



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA**

### **INGENIERÍA MECÁNICA**

#### **TRABAJO ESTRUCTURADO DE MANERA**

#### **INDEPENDIENTE**

**TEMA:**

ESTUDIO ERGONOMICO DE LOS PUESTOS DE TRABAJO EN MAQUINARIA PESADA Y EXTRAPESADA EN EL AREA MINERA DE CONSTRUCTORAS ALVARADO-ORTIZ, PARA DISMINUIR LOS PROBLEMAS MUSCULOESQUELETICOS Y MEJORAR EL AMBIENTE LABORAL DE LOS TRABAJADORES.

**Egda. Erika Maricela Capuz Balladares**

**AUTOR:**

**Ing. M.Sc. Manolo Córdova Suarez**

**TUTOR:**

**Ambato – Ecuador**

**2012**

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

### **CERTIFICACIÓN**

En mi calidad de director de tesis de grado, previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico, con el tema Estudio ergonómico de los puestos de trabajo en maquinaria pesada y extrapesada en el área minera de constructoras alvarado-ortiz, para disminuir los problemas musculoesqueleticos y mejorar el ambiente laboral de los trabajadores; elaborada por la sta. Erika Maricela Capuz Balladares, egresada de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica de la Universidad Técnica de Ambato.

Certifico:

- Que la presente tesis es original de su autor
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos
- Está concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ambato, Febrero 2012

.....  
Ing. Manolo Córdova

Director de Tesis

## **AUTORÍA DE LA TESIS**

El contenido del presente trabajo investigativo, así como sus ideas, opiniones, resultados y análisis, son exclusiva responsabilidad de su autor.

Ambato, Febrero 2012

.....

Erika Maricela Capuz Balladares

C.I. 060463435-2



## **DEDICATORIA**

Esta tesis es el fin de una etapa de mi vida y el comienzo de otras, por esta razón la dedico:

A Dios por darme la vida y la fuerza necesaria para no rendirme, siempre me mantuvo con optimismo a pesar de los tropiezos, sabiendo que mañana será un día mejor para continuar.

A mis padres, que me enseñaron a luchar y ser constante a nunca rendirse y mirar al frente para llegar a la meta, por su ánimo y consejos siempre acertados supieron llevarme por el camino correcto, finalmente por dar todo sin esperar nada a cambio.

A mi familia y a todos aquellos que siempre estuvieron a mi lado compartiendo momentos significativos, por estar presentes con una palabra de apoyo “si puedes sigue adelante”.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios porque siempre estuvo conmigo a lo largo de toda mi vida estudiantil, por darme la sabiduría y entendimiento para culminar esta investigación.

Al Ing. Manolo Córdova por sus enseñanzas y consejos supo guiarme en éste proyecto, por su paciencia que refleja al maestro amigo.

## ÍNDICE GENERAL DE CONTENIDOS

### Páginas Preliminares

Página de título.....	I
Página de aprobación por el tutor .....	II
Página de atoría de la tesis. ....	III
Página de aprobación del tribunal de grado .....	IV
Página de Dedicatoria .....	VI
Página de Agradecimiento .....	VI
Indice de contenidos.....	VII
Introducción .....	XII

CAPITULO I.....	1
EL PROBLEMA .....	1
1.1.Tema de Investigación .....	1
1.2.Planteamiento del Problema.....	1
1.2.1.Contextualización.....	1
1.2.2.Análisis crítico .....	2
1.2.3.Prognosis .....	2
1.2.4.Formulación del problema .....	2
1.2.5.Preguntas directrices .....	3
1.2.6.Delimitación del problema.....	3
1.3.Justificación.....	4
1.4.Objetivos .....	5
1.4.1.Objetivo General .....	5
1.4.2.Objetivos Específicos.....	5

CAPITULO II .....	6
MARCO TEORICO.....	6
2.1. Antecedentes investigativos .....	6
2.2. Fundamentación legal .....	6
2.3. Categorías fundamentales .....	8
2.3.1. Gestión de riesgos .....	8
2.3.1.1. Identificación del riesgo.....	8
2.3.1.2. Análisis del riesgo .....	9
2.3.1.3. Evaluación del riesgo .....	9
2.3.1.4. Control del riesgo.....	9

2.3.2.	Definición de ergonomía.....	9
2.3.2.1.	Objetivo de la ergonomía.....	10
2.3.2.2.	Alcances y ventajas de la ergonomía.....	12
2.3.3.	Método Reba.....	13
2.3.3.1.	Generalidades.....	13
2.3.3.2.	Aplicación del método REBA.....	17
2.3.4.	Método WBGT.....	32
2.3.4.1.	Intercambio térmico entre el hombre y el medio ambiente.....	32
2.3.4.2.	Ambiente térmico.....	32
2.3.4.3.	Metodología.....	34
2.3.4.4.	Medidas de control.....	40
2.3.5.	Ruido.....	41
2.3.5.1.	Definiciones.....	41
2.3.5.2.	Características del sonido.....	42
2.3.5.3.	Tipos de Ruido.....	45
2.3.5.4.	Definiciones de magnitudes de medidas.....	45
2.3.5.5.	Instrumentos de medición.....	47
2.3.5.6.	Evaluación del ruido.....	51
2.3.5.7.	Metodología de evaluación.....	52
2.3.5.8.	Valores límite de exposición y valores de exposición que da lugar a una acción.....	59
2.3.5.9.	Prevención del ruido.....	60
2.3.5.10.	Métodos que reduzcan la exposición al ruido.....	61
2.3.6.	Vibraciones.....	64
2.3.6.1.	Las oscilaciones pueden clasificarse según:.....	65
2.3.6.2.	Magnitud.....	68
2.3.6.3.	Frecuencia.....	69
2.3.6.4.	Dirección.....	69
2.3.6.5.	Duración.....	70
2.3.6.6.	Instrumentos de medición de vibraciones.....	71
2.3.6.7.	Metodología de evaluación.....	74
2.3.6.8.	Metodología de medición.....	75
2.3.6.9.	Evaluación de vibraciones.....	79
2.3.6.10.	Valoración de vibraciones.....	85
2.3.6.11.	Métodos de prevención a vibraciones.....	87
2.3.7.	Material particulado.....	90



2.3.7.1.	Definiciones .....	90
2.3.7.2.	Equipos para medir material particulado .....	90
2.3.7.3.	Metodología de la evaluación .....	92
2.3.7.4.	Exposición Diaria.....	98
2.3.7.5.	Exposición de corta duración .....	98
2.3.7.6.	Valores Límite Ambientales .....	99
2.3.7.7.	Valores Límite de exposición .....	100
2.3.7.8.	Métodos de prevención y reducción de material particulado.....	102
2.3.8.	Trastornos músculo esqueléticos.....	104
2.3.8.1.	Músculos .....	106
2.3.8.2.	Tendones .....	108
2.3.8.3.	Huesos y articulaciones.....	111
2.3.8.4.	Enfermedades en extremidades superiores .....	116
2.4.	Hipotesis.....	118
2.5.	Señalamiento de variables.....	118
CAPITULO III.....		119
MÉTODOLOGIA .....		119
3.1.	Modalidad básica de la investigación .....	119
3.1.1.	Investigación bibliográfica.....	119
3.1.2.	Investigación de campo.....	120
3.2.	Nivel o tipo de investigación.....	120
3.2.1.	Investigación exploratoria .....	120
3.2.2.	Investigación descriptiva.....	120
3.2.3.	Investigación correlacional .....	120
3.2.4.	Investigación explicativa.....	120
3.2.5.	Investigación Experimental.....	121
3.3.	Población y muestra .....	121
3.3.1.	Población.....	121
3.3.2.	Muestra.....	121
3.4.	Operacionalización de variables .....	121
3.4.1.	Variable Independiente .....	122
3.4.2.	Variable Dependiente:.....	123
3.5.	Plan de recolección de información .....	124
3.6.	Plan de procesamiento de la información .....	124

CAPITULO IV.....	126
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	126
4.1. Análisis de resultados.....	126
4.1.1. Identificación del peligro por presencia de lesiones y absentismo causado por trastornos musculo esqueléticos.....	126
4.1.2. Estimación del riesgo .....	127
4.1.3. Evaluación del riesgo .....	127
4.1.3.1. Factores de riesgos físicos.....	127
4.1.3.2. Factores de riesgo ergonómicos .....	147
4.1.3.3. Factores de riesgo psicosociales.....	161
4.1.4. Obtención de datos.....	167
4.1.4.1. Factores ergonómicos.....	167
4.1.4.2. Factores Físicos.....	175
4.1.4.3. Factores Psicosociales.....	186
4.2. Interpretación de datos .....	202
4.2.1. Identificación del peligro .....	202
4.2.2. Estimación de los factores de riesgo .....	202
4.2.3. Evaluación del riesgo .....	202
4.2.3.1. Factores ergonómicos.....	202
4.2.3.2. Factores físicos .....	204
4.2.3.3. Factores psicosociales .....	205
4.3. Verificación de hipótesis.....	207
CAPITULO V .....	209
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	209
5.1. Conclusiones .....	209
5.2. Recomendaciones.....	210
CAPITULO VI.....	211
PROPUESTA.....	211
6.1. Datos informativos .....	211
6.2. Antecedentes de la propuesta .....	212
6.3. Justificación.....	213
6.4. Objetivos .....	213
6.5. Análisis de factibilidad.....	214
6.5.1. Análisis de costo .....	214
6.5.1.1. Costos directos .....	214

6.5.1.2. Costos indirectos .....	215
6.6.Fundamentación .....	215
6.6.1.Matriz de riesgos .....	215
6.6.2.Distribución de riesgos por maquinaria .....	216
6.7.Metodología .....	216
6.7.1.Programa de Prevención de Riesgos Físicos, Ergonómicos y Psicosociales .....	216
6.7.2. Conclusiones .....	248
BIBLIOGRAFIA.....	251
ANEXOS.....	253

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El estudio ergonómico de los puestos o actividades de trabajo críticas, se realiza para mejorar exigencias de productividad, eficiencia y bienestar en la salud del trabajador.

La lucha para prevenir los accidentes de trabajo requiere el utilizar unas técnicas que permita evaluar los riesgos físicos, mecánicos, ergonómicos y psicosociales que se han denominado Técnicas Analíticas, en las cuales tratan de identificar los peligros existentes con el objeto de poner medidas adecuadas para que no se materialice el accidente, figurando entre ellas la Evaluación de Riesgo.

A partir de la entrada en auge de la ley de Prevención de Riesgos Laborales a causa del índice elevado de accidentabilidad en el lugar de trabajo; los riesgos como lesiones, el estrés térmico, ruido, vibración y material particulado son agentes más comunes en los puestos de trabajo en área minera. En cada puesto de trabajo hay agentes que priman según las condiciones de uso de la maquinaria y el área donde se desarrolla la actividad.

El método REBA es una herramienta de análisis postural especialmente sensible con las tareas que conllevan cambios inesperados de postura, como consecuencia normalmente de las posiciones requeridas por la máquina y el tiempo al cual esta expuesto, lo que provoca lesiones principalmente de tipo músculoesqueléticos.

La existencia de calor tanto por producción de la misma máquina como del ambiente constituye frecuentemente una fuente de problemas que se traducen en quejas por falta de confort, bajo rendimiento en el trabajo, y en ocasiones los riesgos para la salud.

Entre los riesgos de mayor grado de peligrosidad tenemos al ruido, vibración, material particulado, son sin duda factores que traen consecuencias graves para la salud.

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA

#### 1.1. Tema de investigación

ESTUDIO ERGONÓMICO DE LOS PUESTOS DE TRABAJO EN MAQUINARIA PESADA Y EXTRAPESADA EN EL ÁREA MINERA DE CONSTRUCTORAS ALVARADO-ORTIZ, PARA DISMINUIR LOS PROBLEMAS MUSCULO ESQUELÉTICOS Y MEJORAR EL AMBIENTE LABORAL DE LOS TRABAJADORES.

#### 1.2. Planteamiento del problema

##### 1.2.1. Contextualización

A nivel mundial en el área minera el riesgo ergonómico es un factor determinante que genera afectación directamente con los trabajadores dedicados a la operación de maquinaria, Según el Gabinete Tecnico en Prevención de Riesgos Laborables GTPRL (España). Al operar máquinas que por su actividad de ante mano las hace de alto riesgo de accidentabilidad no solo causa problemas músculo esqueléticos, sino que diariamente los trabajadores están expuestos a peligros constantes y enfermedades profesionales.

En el **Ecuador** la ergonomía en un tiempo atrás fue un área desatendida y más aun cuando se trata de analizar las actividades u operaciones que realizan los empleados del sector minero, pese a que **la Legislación Ecuatoriana en el Decreto Ejecutivo 2393 el artículo 9,11 y el Registro Oficial N° 999 regalmento de seguridad minera** exige identificar, evaluar y controlar dichos riesgos; dando origen a un alto índice de accidentes y enfermedades profesionales reportadas según el IESS, teniendo como causa fundamental los factores de riesgo ergonómicos.

En este sentido entendemos que una deficiente aplicación de la ergonomía constituye un fenómeno que además de erosionar en daños físicos y mentales, deteriora la estructura social y económica del país.

En la ciudad de **Ambato** la Constructoras Alvarado-Ortiz, no es la excepción por lo que el presente trabajo pretende identificar, evaluar y controlar los factores de riesgo ergonómico, para lograr un mejor ambiente laboral.

### **1.2.2. Análisis crítico**

La preocupación por la seguridad es una de las características más importante de nuestra civilización y del ambiente empresarial.

La productividad en el campo empresarial, está vinculada directamente con la salud mental y física de la población laboral. La operación de una máquina en condiciones ergonómicas no adecuadas provocan lesiones y problemas músculo esqueléticos que tienen una alta incidencia, provocando pérdidas de días de trabajo y costos por la atención médica, por no contar con un plan de prevención que disminuya el riesgo ergonómico.

### **1.2.3. Prognosis**

Al no realizar este estudio ergonómico, los operadores de maquinaria, presente en la mina Alvortiz, realizaran actos y condiciones subestándar con riesgo de sufrir algún accidente por desconocimiento de procedimientos de trabajo seguro o por la exposición a los factores ergonómicos no apropiados, causando problemas que tendrían incidencia directa en gastos médicos por el tratamiento de los trastornos músculo esqueléticos de los trabajadores y probablemente jurídicos.

### **1.2.4. Formulación del problema**

¿El estudio ergonómico de los puestos de trabajo en maquinaria pesada y extrapesada en el area minera de Constructoras Alvarado-Ortiz disminuirá los problemas músculo esqueléticos y mejorará el ambiente laboral de los trabajadores?

### **1.2.5. Preguntas directrices**

- ¿Un registro estadístico podrá identificar el índice de problemas causados por los trastornos musculo esqueléticos en los operadores de maquinaria de la mina Alvortiz?
- ¿Utilizando una matriz de riesgos de probabilidad, daño y vulnerabilidad se podrá conocer los factores de riesgo ergonómicos que tienen incidencia en causar trastornos musculo esqueléticos en la operación de la maquinaria en la mina Alvortiz?
- ¿La evaluación ergonómica en los puestos de trabajo sacará un ponderado total de la exposición a los factores ergonómicos considerados como críticos para sufrir trastornos músculo esqueléticos y causar un inadecuado ambiente laboral?
- ¿Desarrollando medidas de control para prevenir riesgos ergonómicos disminuirá los trastornos musculo esqueléticos en los operadores de Constructoras Alvarado-Ortiz?

### **1.2.6. Delimitación del problema**

#### **1.2.6.1. Delimitacion temporal**

El presente estudio se realizará entre Junio y Febrero de 2011

#### **1.2.6.2. Delimitación espacial**

El presente estudio e investigación se realizó en la mina Alvortiz propiedad de Constructoras Alvarado-Ortiz, ubicada en la provincia de Tungurahua cantòn Ambato sector Las viñas.

#### **1.2.6.3. Delimitación del contenido**

La evaluación de los factores de riesgo ergonómico que causan trastornos musculo esqueléticos está delimitada al área de Seguridad Industrial y Salud Ocupacional, pero no se evaluó por problemas psicosociales ni tampoco se

comprobó la salud con exámenes médicos. Esta evaluación determinó la aplicación de acciones correctivas.

### **1.3. Justificación**

Este trabajo investigativo contiene un análisis del área más importante y descuidada en técnicas ergonómicas de prevención de trastornos musculoesquelético, utilizando procedimientos, equipos de medición y normas técnicas aprobadas a nivel nacional e internacional.

La evaluación y valoración de los factores de riesgo físicos, ergonómicos y psicosociales se realizó con la guía técnica de evaluaciones para ruido, vibraciones y material particulado del Real Decreto (286/2006, 1311/2005, 374/2001,) respectivamente e indentificó el nivel de riesgo que causa los trastornos músculo esqueléticos para tomar medidas correctivas aplicando métodos de prevención, evitando las afecciones a la salud, aparición de enfermedades profesionales y accidentes laborales en los trabajadores.

Por ello, esta tesis se centra en desarrollar un programa de prevención y así facilitar los medios para que la empresa objeto de nuestro estudio, pueda asumir un compromiso por la prevención y conformar un sistema que permita alcanzar resultados satisfactorios demostrables, como un lugar de trabajo seguro y saludable.



## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

- Realizar un estudio ergonómico de los puestos de trabajo en la maquinaria pesada y extrapesada del area minera de Constructoras Alvarado-Ortiz en condiciones diurnas.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Identificar los problemas causados por los trastornos musculo esqueléticos utilizando los registros estadísticos de la empresa Constuctoras Alvarado-Ortiz.
- Conocer los factores de riesgo ergonómico que tienen incidencia en causar trastornos músculo esqueléticos para las actividades del operador de maquinaria de la Constructoras Alvarado- Ortiz usando la matriz de riesgos de probabilidad, daño y vulnerabilidad.
- Realizar la evaluación ergonómica de puestos de trabajo para sacar un ponderado total de la exposición a los factores ergonómicos considerados como críticos para sufrir trastornos musculo esqueléticos y causan un ambiente laboral inadecuado.
- Desarrollar medidas de control para la prevención de Trastornos Musculo-esqueléticos en los operadores de Constructoras Alvarado-Ortiz considerando los factores ergonómicos detectados como riesgosos.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes investigativos**

La gran cantidad de trastornos músculo esqueléticos como riesgos ergonómicos en la maquinaria pesada y extrapesada en el area minera, y el desconocimiento de los trabajadores en cuanto a técnicas de trabajo seguro motivaron a desarrollar este trabajo investigativo.

En el campo minero existe un enfoque global a la salud y seguridad de los trabajadores pero no el recomendable para esta area, generando condiciones y actos inseguros que atentan contra la salud mental y física de los trabajadores.

Existen trabajos similares como: EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS FÍSICOS Y MECÁNICOS EN LA EMPRESA NOVACERO S. A. PLANTA LASSO PARA MEJORAR EL AMBIENTE LABORAL y ESTUDIO ERGONÓMICO DE LOS PUESTOS DE TRABAJO DE LA MECÁNICA AUTOMOTRIZ SOLÍS, PARA DISMINUIR LOS PROBLEMAS MUSCULOESQUELÉTICOS DE LOS TRABAJADORES pero difieren por el puesto de trabajo y condiciones del entorno ya que en seguridad y salud los estudios dependen de los filtros en el proceso de prevención de riesgos.

#### **2.2. Fundamentación legal**

La necesidad de establecer procedimientos de trabajo mecánicos seguros por escrito, según la resolución 547 del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo, y del reglamento 2393 Art. 11 resolución 957 del mismo, art 1 que exige a los gerentes a identificar, evaluar y controlar los riesgos de trabajo utilizando técnicas activas y reactivas para precautelar la seguridad e integridad

laboral en todas las condiciones de trabajo, en cualquier área y actividad de la empresa.

**Decreto ejecutivo 2393 Titulo II Capitulo V Art. 55. Ruidos y vibraciones.** La prevención de riesgos por ruidos y vibraciones se efectuará aplicando la metodología expresada en el apartado 4 del artículo 53.

## 2.3. Categorías fundamentales

### 2.3.1. Gestión de riesgos.

Aplicación sistemática de políticas de gestión, procedimientos y prácticas, a las tareas de establecimiento del contexto, identificación, análisis, evaluación, tratamiento, monitoreo y comunicación del riesgo. (NTC 5254 Gestión del Riesgo)<sup>1</sup>.



Fig. 2.1. Esquema Gestión del Riesgo<sup>2</sup>.

#### 2.3.1.1. Identificación del riesgo

Resultado del análisis del Contexto Estratégico, en el proceso de planeación y debe partir de la claridad de los objetivos estratégicos de la entidad para la obtención de resultados.

La identificación de los riesgos se realiza a nivel del Componente de Direccionamiento Estratégico, identificando los factores internos o externos a la entidad, que pueden ocasionar riesgos que afecten el logro de los objetivos. Es la

---

<sup>1</sup> (<http://www.laseguridad.ws>, 2000, pág. 2)

<sup>2</sup> (RUBIO Carlos, 2001, pág. 39)

base del análisis de riesgos que permite avanzar hacia una adecuada implementación de políticas que conduzcan a su control<sup>3</sup>.

### **2.3.1.2. Análisis del riesgo**

Uso sistemático de la información disponible, para determinar la frecuencia con la que pueden ocurrir eventos especificados y la magnitud de sus consecuencias. (NTC 5254 Gestión del Riesgo)<sup>4</sup>.

El análisis del riesgo busca establecer la probabilidad de ocurrencia de los riesgos, calificándolos y evaluándolos con el fin de obtener información para establecer el nivel de riesgo y las acciones que se van a implementar. El análisis del riesgo dependerá de la información obtenida en el formato de identificación de riesgos y la disponibilidad de datos históricos y aportes de los servidores de la entidad<sup>5</sup>.

### **2.3.1.3. Evaluación del riesgo**

Proceso general de estimar la magnitud de un riesgo y decidir si éste es tolerable o no. (NTC OHSAS 18001)<sup>6</sup>.

### **2.3.1.4. Control del riesgo**

Tiende a minimizar los riesgos, significa analizar el desempeño de las operaciones, evidenciando posibles desviaciones frente al resultado esperado para la adopción de medidas preventivas. Los controles proporcionan un modelo operacional de seguridad razonable en el logro de los objetivos<sup>7</sup>.

## **2.3.2. Definición de ergonomía**

Etimológicamente; la palabra ergonomía es una conjunción de los vocablos "ergos" que significa trabajo y "nomos" que es leyes naturales, lo que daría como resultado el "estudio de las leyes naturales que regulan al trabajo".

---

<sup>3</sup> (<http://www.laseguridad.ws>, 2000, pág. 4)

<sup>4</sup> (<http://www.ufps.edu.com>, 2004, pág. 2)

<sup>5</sup> (<http://www.laseguridad.ws>, 2000, pág. 5)

<sup>6</sup> (<http://www.ufps.edu.com>, 2004, pág. 3)

<sup>7</sup> (<http://www.laseguridad.ws>, 2000, pág. 6)

La ergonomía intenta ajustar el trabajo al hombre, pero no ajustar al hombre al trabajo.

Es la adaptación del entorno al individuo, que valiéndose de conocimientos anatómicos, fisiológicos, psicológicos, sociológicos y técnicos, desarrolla métodos para la determinación de los límites que no deben ser superados por las personas en la realización de las distintas actividades laborales.

En cuanto a la protección de la salud, la ergonomía busca reducir o evitar las enfermedades generadas por el trabajo, que históricamente fueron atribuidas en las personas de mayor edad por el envejecimiento natural del cuerpo y que hoy en día gracias al avance en esta materia se puede demostrar, que son consecuencia de un sin número de sobresolicitaciones, tales como las posturas antinaturales, los movimientos repetitivos o no adecuados, y las exposiciones a ruidos, vibraciones, gases, iluminación, etc., que afectan al organismo en el transcurso del tiempo<sup>8</sup>.

#### **2.3.2.1. Objetivo de la ergonomía**

El objetivo básico de la ergonomía es conseguir la eficiencia en cualquier actividad realizada con un propósito, eficiencia en el sentido más amplio, de lograr el resultado deseado sin desperdiciar recursos, sin errores y sin daños en la persona involucrada o en los demás. No es eficaz desperdiciar energía o tiempo debido a un mal diseño del trabajo, del espacio de trabajo, del ambiente o de las condiciones de trabajo.

La ergonomía es garantizar que el entorno de trabajo esté en armonía con las actividades que realiza el trabajador. Este objetivo es válido en sí mismo, pero su consecución no es fácil por una serie de razones<sup>9</sup>. El operador humano es flexible y adaptable y aprende continuamente, pero las diferencias individuales pueden ser muy grandes. Algunas diferencias, tales como las de constitución física y fuerza,

---

<sup>8</sup> (AREF. A, FERNÁNDEZ. W., 2007, págs. 3-4)

<sup>9</sup> (OIT, 1998, pág. 4)

son evidentes, pero hay otras, como las diferencias culturales, de estilo o de habilidades que son más difíciles de identificar<sup>10</sup>.

Por otro lado diremos que un objetivo fundamental para la ergonomía es la búsqueda de la buena racionalización técnico-económica, tratando de hallar la correcta coordinación funcional del acople hombre máquina y procurando un buen rendimiento del sistema laboral en vista de un incremento de la rentabilidad<sup>11</sup>.

Los siguientes puntos están entre los objetivos generales de la ergonomía:

- Reducción de lesiones y enfermedades ocupacionales.
- Disminución de los costos por incapacidad de los trabajadores.
- Aumento en la productividad y calidad.
- Aumento en la productividad y eficacia.
- Fiabilidad.
- Satisfacción con el trabajo.
- Desarrollo personal
- Aplicación de las normas existentes.
- Disminución de la pérdida de materia prima.
- Disminución del ausentismo.
- Aumento del confort y el bienestar de los trabajadores.
- Aseguramiento de condiciones que favorezcan un trabajo de calidad.

Es el enfoque en el ser humano y su interacción con los productos, equipo, instalaciones, procedimientos y medio ambiente usando en el área de trabajo y en su diario vivir.

La función de la ergonomía en las empresas va más allá: concebir, conjuntamente con responsables técnicos, máquinas, organizaciones, dispositivos técnicos, formaciones, que permitan alcanzar los objetivos de la producción y al mismo tiempo garanticen el bienestar físico, psíquico y social de las personas.

---

<sup>10</sup> (<http://www.prevencion.wordpress.com>, 2007, pág. 2)

<sup>11</sup> (AREF. A, FERNÁNDEZ. W., 2007)

Ocupa un lugar destacado en aquella teoría preventiva más moderna. Dicho pensamiento amplía el ámbito de intereses preventivos al interior de una institución o empresa, pasando desde una mirada inicial centrada en evitar lesiones, a un punto de vista integral, sistémico y complejo en el cual persiste el interés en prevenir los daños a las personas (problemas de seguridad) y a la propiedad, pero también se interesa en evitar los defectos (problemas de calidad) y los derroches (problemas de productividad).

### **2.3.2.2. Alcances y Ventajas de la ergonomía**

En la actualidad, ésta área es una combinación de: fisiología, anatomía y medicina en una rama, fisiología y psicología experimental en otra y física e ingeniería en una tercera. Las ciencias biológicas proporcionan la información acerca de la estructura del cuerpo: capacidades y limitaciones físicas del operario, dimensiones del cuerpo, que tanto puede levantar de peso, presiones físicas que puede soportar, etc. Finalmente, la física y la ingeniería proporcionan información similar acerca de la máquina y el ambiente con que el operador tiene que enfrentarse. Bajo estas ideas, la ergonomía busca aumentar la seguridad, lo cual debería dar como resultado la reducción de tiempo perdido a través de la enfermedad y un incremento correspondiente de la eficiencia.

Es evidente que las ventajas de la ergonomía pueden reflejarse de muchas formas distintas: en la productividad y en la calidad, en la seguridad y la salud, en la fiabilidad, en la satisfacción con el trabajo y en el desarrollo personal. El decidir acerca de los valores relativos de los hombres y de las máquinas se vuelve una tarea difícil y más compleja cuando se plantea la pregunta de los costos respectivos.

De este modo, la ergonomía aplicada a los lugares de trabajo puede reducir el riesgo de sufrir lesiones, reducir el potencial de fatiga, de error y de actos inseguros. Al reducir las lesiones disminuyen los costos médicos, el tiempo de trabajo perdido y los costos relacionados al reemplazo del trabajador lesionado.



Cuando existe un mejor ajuste entre el hombre, sus tareas de trabajo y su ambiente, con frecuencia se puede trabajar más rápido y eficientemente.

Cuando el hombre trabaja en posiciones o posturas incómodas incluso expuesto a ruido, vibraciones y material particulado que causan tensión y lesiones severas lo que puede tener dificultad en el desempeño correcto de su trabajo<sup>12</sup>.

### **2.3.3. Método REBA**

#### **2.3.3.1. Generalidades**

El método es el resultado del trabajo conjunto de un equipo de ergónomos, fisioterapeutas, terapeutas ocupacionales y enfermeras, que identificaron alrededor de 600 posturas para su elaboración<sup>13</sup>.

El método permite el análisis conjunto de las posiciones adoptadas por los miembros superiores del cuerpo (brazo, antebrazo, muñeca), del tronco, del cuello y de las piernas. Además, define otros factores que considera determinantes para la valoración final de la postura, como la carga o fuerza manejada, el tipo de agarre o el tipo de actividad muscular desarrollada por el trabajador.

Permite evaluar tanto posturas estáticas como dinámicas, e incorpora como novedad la posibilidad de señalar la existencia de cambios bruscos de postura o posturas inestables<sup>14</sup>.

Cabe destacar la inclusión en el método de un nuevo factor que valora si la postura de los miembros superiores del cuerpo es adoptada a favor o en contra de la gravedad. Se considera que dicha circunstancia acentúa o atenúa, según sea una postura a favor o en contra de la gravedad, el riesgo asociado a la postura.

El método REBA es una herramienta de análisis postural especialmente sensible con las tareas que conllevan cambios inesperados de postura, como consecuencia normalmente de la manipulación de cargas inestables o impredecibles. Su

---

<sup>12</sup> (<http://www.prevencion.wordpress.com>, 2007, págs. 3-4)

<sup>13</sup> (NTP 601, 2000, pág. 1)

<sup>14</sup> (<http://www.prevencion.wordpress.com>, 2007, pág. 5)

aplicación previene al evaluador sobre el riesgo de lesiones asociadas a una postura, principalmente de tipo músculo esquelético, indicando en cada caso la urgencia con que se deberían aplicar acciones correctivas. Se trata, por tanto, de una herramienta útil para la prevención de riesgos capaz de alertar sobre condiciones de trabajo inadecuadas.

En la actualidad, un gran número de estudios avalan los resultados proporcionados por el método REBA, consolidándolo como una de las herramientas más difundidas y utilizadas para el análisis de la carga postural.

La descripción de las características más destacadas del método REBA, orientarán al evaluador sobre su idoneidad para el estudio de determinados puestos.

- Es un método especialmente sensible a los riesgos de tipo músculo esquelético.
- Divide el cuerpo en segmentos para ser codificados individualmente, y evalúa tanto los miembros superiores, como el tronco, el cuello y las piernas.
- Analiza la repercusión sobre la carga postural del manejo de cargas realizado con las manos o con otras partes del cuerpo.
- Considera relevante el tipo de agarre de la carga manejada, destacando que éste no siempre puede realizarse mediante las manos y por tanto permite indicar la posibilidad de que se utilicen otras partes del cuerpo.
- Permite la valoración de la actividad muscular causada por posturas estáticas, dinámicas, o debidas a cambios bruscos o inesperados en la postura.
- El resultado determina el nivel de riesgo de padecer lesiones estableciendo el nivel de acción requerido y la urgencia de la intervención.

El método REBA evalúa el riesgo de posturas concretas de forma independiente; por tanto, para evaluar un puesto se deberán seleccionar sus posturas más representativas, bien por su repetición en el tiempo o por su precariedad. La selección correcta de las posturas a evaluar determinará los resultados proporcionados por método y las acciones futuras.

Pasos previos a la aplicación propiamente dicha del método se debe:

- Determinar el periodo de tiempo de observación del puesto considerando, si es necesario, el tiempo de ciclo de trabajo.
- Realizar, si fuera necesario debido a la duración excesiva de la tarea a evaluar, la descomposición de ésta en operaciones elementales o subtareas para su análisis por menorizado.
- Registrar las diferentes posturas adoptadas por el trabajador durante el desarrollo de la tarea, bien mediante su captura en video, bien mediante fotografías, o mediante su anotación en tiempo real si ésta fuera posible.
- Identificar de entre todas las posturas registradas aquellas consideradas más significativas o "peligrosas" para su posterior evaluación con el método REBA.
- El método REBA se aplica por separado al lado derecho y al lado izquierdo del cuerpo. Por tanto, el evaluador según su criterio y experiencia, deberá determinar, para cada postura seleccionada, el lado del cuerpo que "a priori" conlleva una mayor carga postural. Si existieran dudas al respecto se recomienda evaluar por separado ambos lados.

La información requerida por el método es básicamente la siguiente:

- Los ángulos formados por las diferentes partes del cuerpo (tronco, cuello, piernas, brazo, antebrazo, muñeca) con respecto a determinadas posiciones de referencia. Dichas mediciones pueden realizarse directamente sobre el trabajador (transportadores de ángulos, u otros dispositivos de medición angular), o bien a partir de fotografías, siempre que éstas garanticen mediciones correctas (verdadera magnitud de los ángulos a medir y suficientes puntos de vista).
- La carga o fuerza manejada por el trabajador al adoptar la postura en estudio indicada en kilogramos.
- El tipo de agarre de la carga manejada manualmente o mediante otras partes del cuerpo.

- Las características de la actividad muscular desarrollada por el trabajador (estática, dinámica o sujeta a posibles cambios bruscos).

La aplicación del método puede resumirse en los siguientes pasos:

- División del cuerpo en dos grupos, siendo el grupo A, el correspondiente al tronco, el cuello y las piernas y el grupo B el formado por los miembros superiores (brazo, antebrazo y muñeca). Puntuación individual de los miembros de cada grupo a partir de sus correspondientes tablas.
- Consulta de la Tabla A para la obtención de la puntuación inicial del grupo "A" a partir de las Puntuaciones individuales del tronco, cuello y piernas.
- Valoración del grupo B a partir de las Puntuaciones del brazo, antebrazo y muñeca mediante la Tabla B.
- Modificación de la puntuación asignada al grupo A (tronco, cuello y piernas) en función de la carga o fuerzas aplicadas, en adelante "Puntuación A".
- Corrección de la puntuación asignada a la zona corporal de los miembros superiores (brazo, antebrazo y muñeca) o grupo B según el tipo de agarre de la carga manejada, en lo sucesivo "Puntuación B".
- A partir de la "Puntuación A" y la "Puntuación B" y mediante la consulta de la Tabla C se obtiene una nueva puntuación denominada "Puntuación C".
- Modificación de la "Puntuación C" según el tipo de actividad muscular desarrollada para la obtención de la puntuación final del método.
- Consulta del nivel de acción, riesgo y urgencia de la actuación correspondientes al valor final calculado.

Finalizada la aplicación del método REBA se aconseja:

- La revisión exhaustiva de las Puntuaciones individuales obtenidas para las diferentes partes del cuerpo, así como para las fuerzas, agarre y actividad, con el fin de orientar al evaluador sobre dónde son necesarias las correcciones.

- Rediseño del puesto o introducción de cambios para mejorar determinadas posturas críticas si los resultados obtenidos así lo recomendasen.
- En caso de cambios, reevaluación de las nuevas condiciones del puesto con el método REBA para la comprobación de la efectividad de la mejora<sup>15</sup>.

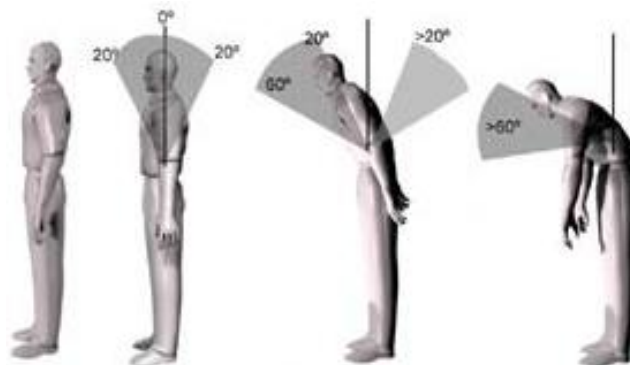
### 2.3.3.2. Aplicación del método REBA

#### 2.3.3.2.1. Grupo A

El método comienza con la valoración y puntuación individual de los miembros del grupo A, formado por el tronco, el cuello y las piernas.

- **Posiciones de tronco**

El primer miembro a evaluar del grupo A es el tronco. Se deberá determinar si el trabajador realiza la tarea con el tronco erguido o no, indicando en este último caso el grado de flexión o extensión observado.



**Fig.2.2 Posiciones del tronco.**

(Fuente: NTP 601).

---

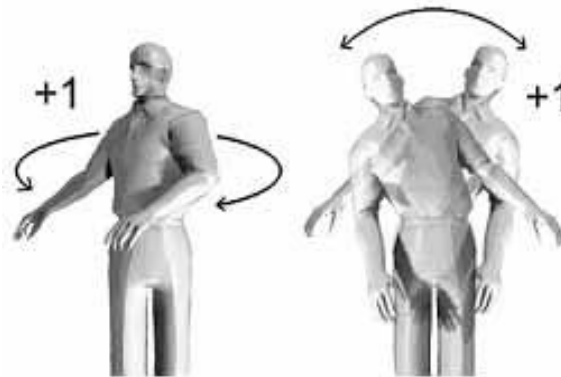
<sup>15</sup> (NTP 601, 2000, págs. 3-5)

- **Puntuación del tronco**

**Tabla.2.1 Puntuación del tronco. (Fuente: NTP 601).**

<b>Puntos</b>	<b>Posición</b>
1	El tronco está ergido
2	El tronco está entre 0 20 grados de flexión ó 0 y 20 grados de extensión.
3	El tronco está entre 20 y 60 grados de flexión ó más de 20 grados de extensión.
4	El tronco está flexionado más de 60 grados.

La puntuación del tronco incrementará su valor si existe torsión o inclinación lateral del tronco.



**Fig.2.3. Posiciones que modifican la puntuación del tronco.**

(Fuente: NTP 601).

- **Modificación de la puntuación del tronco.**

**Tabla.2.2. Modificación de la Puntuación del tronco. (Fuente: NTP 601).**

<b>Puntos</b>	<b>Posición</b>
+ 1	Existe torsión o inclinación lateral del tronco.

- **Posiciones del cuello**

En segundo lugar se evaluará la posición del cuello. El método considera dos posibles posiciones del cuello.



**Fig.2.4. Posiciones del cuello.**

(Fuente: NTP 601).

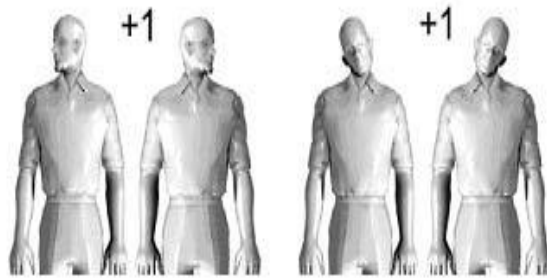
- **Puntuación del cuello.**

En la primera el cuello está flexionado entre 0 y 20 grados y en la segunda existe flexión o extensión de más de 20 grados.

**Tabla.2.3. Puntuación del cuello. (Fuente: NTP 601).**

<b>Puntos</b>	<b>Posición</b>
1	El cuello está entre 0 y 20 grados de flexión.
2	El cuello está flexionado o extendido más de 20 grados.

La puntuación calculada para el cuello podrá verse incrementada si el trabajador presenta torsión o inclinación lateral del cuello.



**Fig.2.5. Posiciones que modifican la puntuación del cuello.**

(Fuente: NTP 601).

- **Modificación de la puntuación del cuello.**

**Tabla.2.4. Modificación de la Puntuación del cuello. (Fuente: NTP 601).**

Puntos	Posición
+ 1	Existe torsión y/o inclinación lateral del cuello.

- **Posiciones de las Piernas**



**Fig.2.6. Posiciones de las Piernas.**

(Fuente: NTP 601).



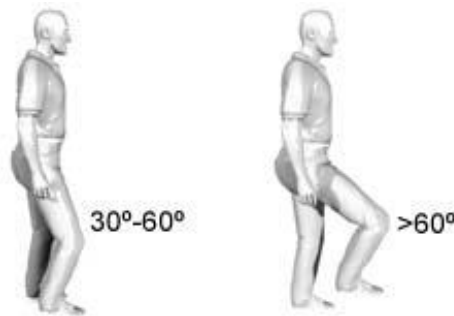
- **Puntuación de las Piernas.**

Para terminar con la asignación de puntuaciones de los miembros del grupo A se evaluará la posición de las piernas. La siguiente tabla permitirá obtener la puntuación inicial asignada a las piernas en función de la distribución del peso.

**Tabla.2.5. Puntuación de las Piernas. (Fuente: NTP 601).**

<b>Puntos</b>	<b>Posición</b>
1	Soporte bilateral, andando o sentado.
2	Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable.

La puntuación de las piernas se verá incrementada si existe flexión de una o ambas rodillas. El incremento podrá ser de hasta 2 unidades si existe flexión de más de 60°. Si el trabajador se encuentra sentado, el método considera que no existe flexión y por tanto no incrementa la puntuación de las piernas.



**Fig.2.7. Ángulo de flexión de las Piernas.**

(Fuente: NTP 601).

- **Modificación de la puntuación de las Piernas.**

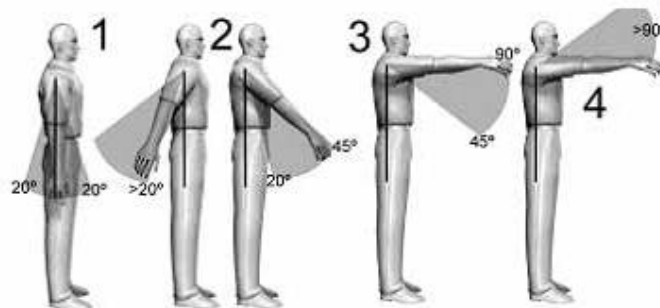
**Tabla.2.6. Modificación de la Puntuación de las Piernas. (Fuente: NTP 601).**

Puntos	Posición
+ 1	Existe flexión de una o ambas rodillas entre 30 y 60°.
+ 2	Existe flexión de una o ambas rodillas de más de 60° (salvo postura sedente).

### 2.3.3.2.2. Grupo B

La valoración de cada miembro del grupo B, formado por el brazo, antebrazo y la muñeca. Cabe recordar que el método analiza una única parte del cuerpo, lado derecho o izquierdo, por tanto se puntuará un único brazo, antebrazo y muñeca, para cada postura.

- **Posiciones del brazo**



**Fig.2.8. Posiciones del brazo.**

(Fuente: NTP 601).

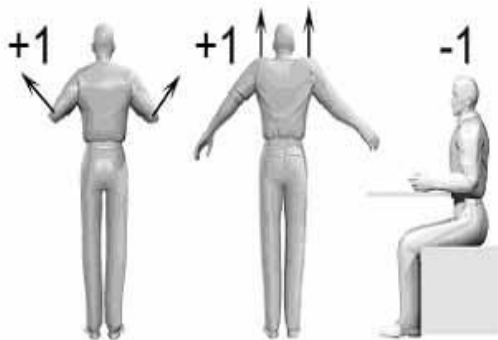
- **Puntuaciones del brazo**

Para determinar la puntuación a asignar al brazo, se deberá medir su ángulo de flexión. En función del ángulo formado por el brazo se obtendrá su puntuación consultando la siguiente tabla.

**Tabla.2.7. Puntuación del brazo. (Fuente: NTP 601).**

<b>Puntos</b>	<b>Posición</b>
1	El brazo esta entre 0 y 20 grados de flexión ó 0 y 20 grados de extensión.
2	El brazo está entre 21 y 45 grados de flexión o más de 20 grados de extensión.
3	El brazo está entre 46 y 90 grados de flexión.
4	El brazo está flexionado más de 20 grados.

La puntuación asignada al brazo podrá verse incrementada si el trabajador tiene el brazo abducido o rotado o si el hombro está elevado. Sin embargo, el método considera una circunstancia atenuante del riesgo la existencia de apoyo para el brazo o que adopte una posición a favor de la gravedad, disminuyendo en tales casos la puntuación inicial del brazo. Las condiciones valoradas por el método como atenuantes o agravantes de la posición del brazo pueden no darse en ciertas posturas, en tal caso el resultado consultado en la tabla anterior permanecerían sin alteraciones.



**Fig.2.9. Posiciones que modifican la puntuación del brazo.**

(Fuente: NTP 601).

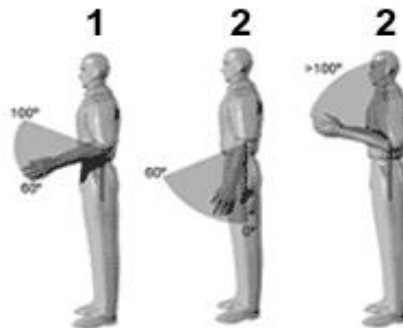
- **Modificaciones sobre la puntuación del brazo.**

**Tabla.2.8. Modificaciones sobre la puntuación del brazo. (Fuente: NTP 601).**

Puntos	Posición
+ 1	El brazo está abducido o rotado.
+1	El hombro está elevado.
-1	Existe apoyo o postura a favor de la gravedad.

- **Posiciones del antebrazo**

A continuación será analizada la posición del antebrazo. La consulta de la siguiente tabla proporcionará la puntuación del antebrazo en función su ángulo de flexión, la figura muestra los ángulos valorados por el método. En este caso el método no añade condiciones adicionales de modificación de la puntuación asignada.



**Fig.2.10. Posiciones del antebrazo.**

(Fuente: NTP 601).

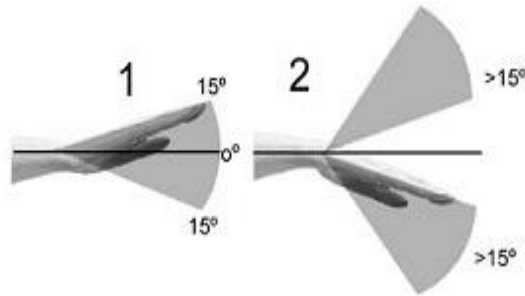
- **Puntuaciones del antebrazo**

**Tabla.2.9. Puntuación del antebrazo. (Fuente: NTP 601).**

Puntos	Posición
1	El antebrazo está entre 60 y 100 grados de flexión. .
2	El antebrazo está flexionado por debajo de 60 grados o por encima de 100 grados.

- **Posiciones de la muñeca**

Para finalizar con la puntuación de los miembros superiores se analizará la posición de la muñeca. La figura muestra las dos posiciones consideradas por el método. Tras el estudio del ángulo de flexión de la muñeca se procederá a la selección de la puntuación correspondiente consultando los valores proporcionados por la tabla siguiente.



**Fig.2.11. Posiciones de la muñeca.**

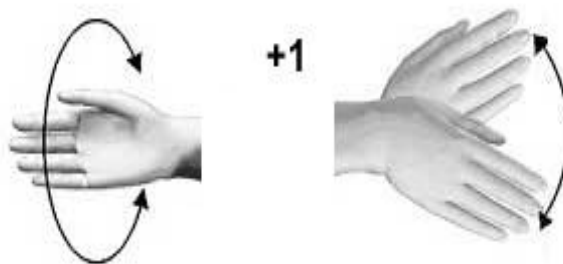
(Fuente: NTP 601).

- **Puntuación de la muñeca.**

**Tabla.2.10. Puntuación de la muñeca. (Fuente: NTP 601).**

Puntos	Posición
1	La muñeca está entre 0 y 15 grados de flexión o extensión.
2	La muñeca está flexionada o extendida más de 15 grados.

El valor calculado para la muñeca se verá incrementado en una unidad si esta presenta torsión o desviación lateral.



**Fig.2.12. Torsión o desviación de la muñeca.**

(Fuente: NTP 601).

- **Modificación de la puntuación de la muñeca.**

**Tabla.2.11. Modificación de la puntuación de la muñeca. (Fuente: NTP 601).**

Puntos	Posición
+ 1	Existe torsión o desviación lateral de la muñeca.

- **Puntuaciones de los grupos A y B.**

Las puntuaciones individuales obtenidas para el tronco, el cuello y las piernas, permitirá obtener una primera puntuación de dicho grupo mediante la consulta de la tabla siguiente.

**Tabla.2.12. Puntuación inicial para el grupo A. (Fuente: NTP 601).**

TABLA A	CUELLO												
	1				2				3				
PIERNAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
TRONCO	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

La puntuación inicial para el grupo B se obtendrá a partir de la puntuación del brazo, el antebrazo y la muñeca consultando la siguiente tabla.

**Tabla.2.13. Puntuación inicial para el grupo B. (Fuente: NTP 601).**

TABLA B		ANTEBRAZO					
		1			2		
MUÑECA		1	2	3	1	2	3
BRAZO	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

- **La puntuación de la carga o fuerza.**

La carga o fuerza manejada modificara la puntuación asignada al grupo A (tronco, cuello y piernas), excepto si la carga no supera los 5 kilogramos de peso, en tal caso no se incrementará la puntuación. La siguiente tabla muestra el incremento a aplicar en función el peso de la carga.

**Tabla.2.14. Puntuación para la carga o fuerzas. (Fuente: NTP 601).**

Puntos	Posición
+ 0	La carga o fuerza es menor de 5Kgs.
+ 1	La carga o fuerza está entre de 5 y 10 Kgs.
+ 2	La carga o fuerza es mayor 10 Kgs.

Además, si la fuerza se aplica bruscamente se deberá incrementar una unidad.

En adelante la puntuación del grupo A, debidamente incrementada por la carga o fuerza, se denominará “Puntuación A”.

**Tabla.2.15.Modificación de la puntuación para la carga o fuerzas.**

(Fuente: NTP 601).

Puntos	Posición
+ 1	La fuerza se aplica bruscamente.

- **Puntuación del tipo de agarre**

El tipo de agarre aumentará la puntuación del grupo B (brazo, antebrazo y muñeca), excepto en el caso de considerarse que el tipo de agarre es bueno. La tabla siguiente muestra los incrementos a aplicar según el tipo de agarre. En lo sucesivo la puntuación del grupo B modificada por el tipo de agarre se denominará “Puntuación B”.

**Tabla.2.16. Puntuación del tipo de Agarre. (Fuente: NTP 601).**

<b>Puntos</b>	<b>Posición</b>
+ 0	<p style="text-align: center;"><b>Agarre Bueno</b></p> <p style="text-align: center;">El agarre es bueno y la fuerza de agarre de rango medio.</p>
+ 1	<p style="text-align: center;"><b>Agarre Regular</b></p> <p style="text-align: center;">El agarre con la mano es aceptable pero no ideal o el agarre es aceptable utilizando otras partes del cuerpo.</p>
+ 2	<p style="text-align: center;"><b>Agarre Malo</b></p> <p style="text-align: center;">El agarre es posible pero no aceptable.</p>
+ 3	<p style="text-align: center;"><b>Agarre Inaceptable</b></p> <p style="text-align: center;">El agarre es torpe e inseguro, no es posible el agarre manual o el agarre es inaceptable utilizando otras partes del cuerpo.</p>

- **Puntuación C**

La “Puntuación A” y la “Puntuación B” permitirán obtener una puntuación intermedia denominada “Puntuación C”. La siguiente tabla muestra los valores para la “Puntuación C”.



**Tabla.2.17. Puntuación C en función de las puntuaciones A y B. (Fuente: NTP 601).**

TABLA C												
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	11	11	11	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 Final**

Es el resultado de sumar a la “Puntuación C” el incremento debido al tipo de actividad muscular. Los tres tipos de actividad consideradas por el método no son excluyentes y por tanto podrían incrementar el valor de la ”Puntuación C” hasta en tres unidades.

**Tabla.2.18. Puntuación del tipo de actividad muscular. (Fuente: NTP 601).**

Puntos	Actividad
+ 1	Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, por ejemplo soportadas durante más de un minuto.
+ 1	Se producen movimientos repetitivos, por ejemplo repetidos más de 4 veces por minuto (excluyendo caminar).
+ 1	Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables.

El método clasifica la puntuación final en cinco rangos de valores. A su vez cada rango se corresponde con un Nivel de Acción. Cada Nivel de Acción determina un nivel de riesgo y recomienda una actuación sobre la postura evaluada, señalando en cada caso la urgencia de la intervención.

El valor del resultado será mayor cuanto mayor sea el riesgo previsto para la postura, el valor uno indica un riesgo inapreciable mientras que el valor máximo quince, establece que se trata de una postura de riesgo muy alto sobre la que se debería actuar de inmediato.

**Tabla.2.19. Niveles de actuación según la puntuación final obtenida.**

(Fuente: NTP 601).

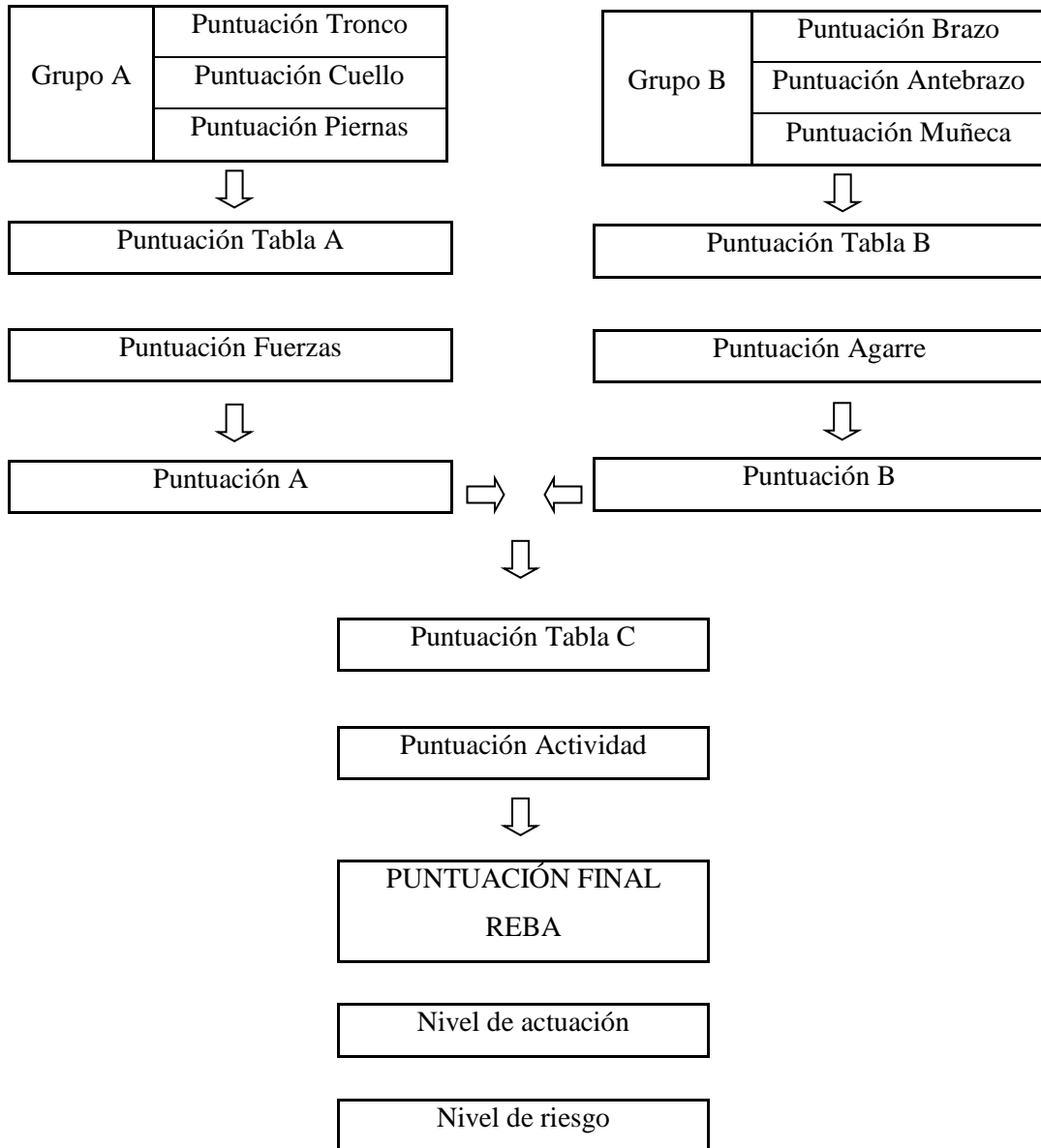
<b>Puntuación Final</b>	<b>Nivel de Acción</b>	<b>Nivel de Riesgo</b>	<b>Actuación</b>
<b>1</b>	0	Inapreciable	No es necesaria actuación.
<b>2-3</b>	1	Bajo	Puede ser necesaria la actuación.
<b>4-7</b>	2	Medio	Es necesaria la actuación.
<b>8-10</b>	3	Alto	Es necesaria la actuación cuanto antes.
<b>11-15</b>	4	Muy alto	Es necesaria la actuación de inmediato.

Para el análisis de puestos la aplicación del método deberá realizarse para las posturas más representativas.

El análisis del conjunto de resultados permitirá al evaluador determinar si el puesto resulta aceptable tal y como se encuentra definido, si es necesario un estudio más profundo para mayor concreción de las acciones a realizar, si es

posible mejorar el puesto con cambios concretos en determinadas posturas o si, finalmente, es necesario plantear el rediseño del puesto<sup>16</sup>.

- **Síntesis de la aplicación del método Reba**



**Fig.2.13.Flujo de obtención de puntuaciones en el método Reba.**

**Fuente:** NTP 601.

<sup>16</sup> (NTP 601, 2000, págs. 6-15)

#### **2.3.4. Método WBGT**

La existencia de calor en el ambiente laboral constituye frecuentemente una fuente de problemas que se traducen en quejas por falta de confort, bajo rendimiento en el trabajo, y en ocasiones los riesgos para la salud.

##### **2.3.4.1. Intercambio térmico entre el hombre y el medio ambiente**

El cuerpo humano esta constantemente recibiendo o cediendo calor al medio ambiente, a través de diversos mecanismos. Los más importantes son: la evaporación, la convección y la radiación.

- **Evaporación**

Es un mecanismo de eliminación de calor, pues el sudor para evaporarse, toma de la piel con la que esta en contacto el calor necesario para el paso del estado líquido a vapor. La cantidad de vapor que puede evaporarse por unidad de tiempo depende fundamentalmente de la humedad y velocidad del aire.

- **Convección**

El organismo puede ganar o perder calor por este mecanismo, dependiendo de la diferencia del mismo con el medio. La temperatura de la piel varía poco, en situaciones de agresión térmica intensa es de 35°C. por lo tanto la magnitud del intercambio dependerá fundamentalmente de la temperatura del aire.

- **Radiación**

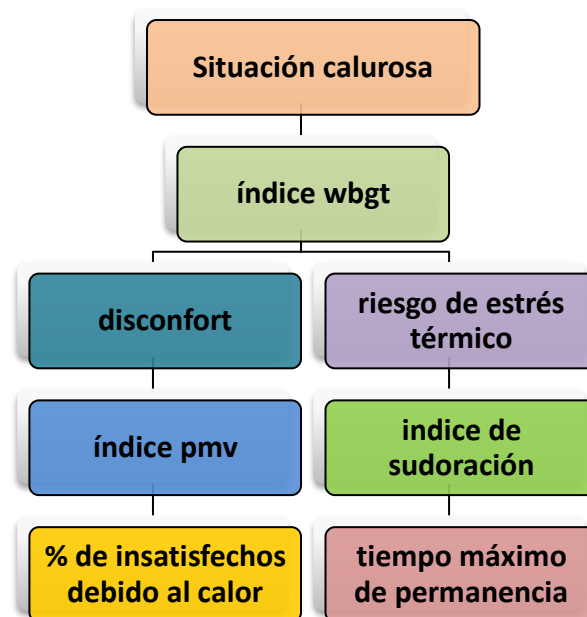
Es un fenómeno de intercambio térmico que se produce entre dos cuerpos sólidos a diferente temperatura y que se encuentra uno “a la vista” del otro.

##### **2.3.4.2. Ambiente térmico**

El estudio del ambiente térmico requiere el conocimiento de una serie de variables del ambiente, del tipo de trabajo y del individuo. La mayor parte de las posibles combinaciones de estas variables que se presentan en el mundo del trabajo, dan lugar a situaciones de inconfort, sin que exista riesgo para la salud. El riesgo de

estrés térmico, para una persona expuesta a un ambiente caluroso, depende de la producción de calor de su organismo como resultado de su actividad física y de las características del ambiente que le rodea, que condiciona el intercambio de calor entre el ambiente y su cuerpo. Cuando el calor generado por el organismo no puede ser emitido al ambiente, se acumula en el interior del cuerpo y la temperatura de éste tiende a aumentar, pudiendo producirse daños irreversibles.

Existen diversos métodos para valorar el ambiente térmico en sus diferentes grados de agresividad<sup>17</sup>.



**Figura2.14: Índices de valoración ambiente térmico.**

**Fuente:** NTP 322.

El índice WBGT, objeto de este estudio, se utiliza, por su sencillez, para discriminar rápidamente si es o no admisible la situación de riesgo de estrés térmico, aunque su cálculo permite a menudo tomar decisiones, en cuanto a las posibles medidas preventivas que hay que aplicar<sup>18</sup>.

<sup>17</sup> (NTP 322, 2000, págs. 1-3)

<sup>18</sup> (NTP 322, 2000, pág. 4)

### 2.3.4.3. Metodología

El índice WBGT se calcula a partir de la combinación de dos parámetros ambientales:

Tg= temperatura de globo.

Th= temperatura húmeda natural.

Ta= temperatura seca del aire.

(Exteriores con radiación solar)

Mediante las ecuaciones se obtiene el índice WBGT:

$$\text{WBGT} = 0.7 \text{ Th} + 0.2 \text{ Tg} + 0.1 \text{ Ta} \quad (2.1)$$

- **Variación de las condiciones de trabajo con el tiempo**

Cuando la exposición es continua durante varias horas o durante todo el día, los valores medidos se calculan tomando como base una hora, es decir:

$$t_1 + t_2 \dots + t_n = 60 \text{ min.}$$

t<sub>1</sub>, t<sub>2</sub>... t<sub>n</sub>= tiempo de muestra

Durante la jornada de trabajo pueden variar las condiciones ambientales o el consumo metabólico, al realizar tareas diferentes o en diferentes ambientes. En estos casos se debe hallar el índice **WBGT**, ponderados en el tiempo.

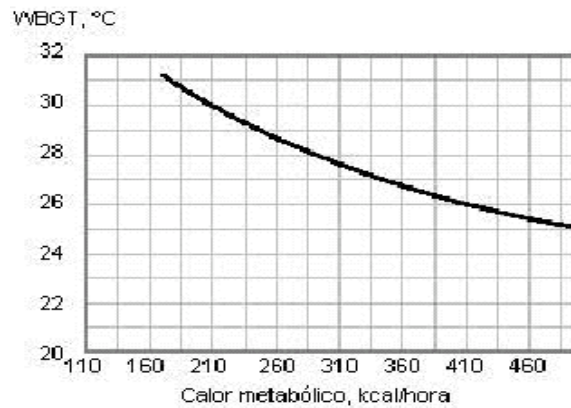
$$\text{WBGT}_{\text{promedio}} = \frac{\text{WBGT}_1 * t_1 + \text{WBGT}_2 * t_2 \dots}{t_1 + t_2 \dots} \quad (2.2)$$

En donde:

WBGT<sub>1</sub>= temperatura WBGT del proceso

t<sub>1</sub>= tiempo de proceso

Este índice así hallado, expresa las características del ambiente y no debe sobrepasar un cierto valor límite que depende del calor metabólico que el individuo genera durante el trabajo (M).



**Figura 2.15. Valores límite del índice WBGT (ISO 7243).**

**Fuente:** NTP 322

Mediante lectura en la curva correspondiente, el máximo que puede alcanzar el índice WBGT según el valor que adopta el término M.

- **Consumo metabólico (M)**

La cantidad de calor producido por el organismo por unidad de tiempo es una variable que es necesario conocer para la valoración del estrés térmico como se lo indica en las siguientes tablas<sup>19</sup>.

---

<sup>19</sup> (NTP 322, 2000, pág. 5)

**Tabla.2.20. Valores medios de las tasas metabólicas en función de la actividad desarrollada.ISO 8996. (Fuente: NTP 322).**

<b>Clase</b>	<b>Tasa metabólica en W/m<sup>2</sup></b>	<b>Ejemplos de actividades</b>
Descanso	65	Descansando, sentado cómodamente.
Tasa metabólica baja	100	Escribir, teclear, dibujar, coser, anotar contabilidad, manejo de herramientas pequeñas, caminar sin prisa (velocidad hasta 2,5 Km/h)
Tasa metabólica moderada	165	Clavar clavos, limar, conducción de camiones, tractores o máquinas de obras, caminar a una velocidad de 2,5 Km/h hasta 5,5Km/h.
Tasa metabólica alta	230	Trabajo intenso con brazos y tronco, transporte de materiales pesados, pedalear, empleo de sierra, caminar a una velocidad de 5,5 Km/h hasta 7 Km/h.
Tasa metabólica muy alta	260	Actividad muy intensa a ritmo de muy rápido a máximo, trabajo con hacha, cavado o pelado intenso, subir escaleras, caminar a una velocidad superior a 7 Km/h.

Para estimarla se puede utilizar el dato de tablas de consumo metabólico, que es la energía total generada por el organismo por unidad de tiempo (potencia), como consecuencia de la tarea que desarrolla el individuo, despreciando en este caso la potencia útil (puesto que el rendimiento es muy bajo) y considerando que toda la energía consumida se transforma en calorífica<sup>20</sup>.

M, según la posición y movimiento del cuerpo, el tipo de trabajo y el metabolismo basal. Este último se considera de 1 Kcal / min como media para la población laboral, y debe añadirse siempre.

---

<sup>20</sup> (<http://www.ergonautas.upv.es>, 2006, pág. 5)



Mediante la ecuación se obtiene CTM:

$$CTM = PMC + TT + MB \quad (2.3)$$

Donde:

PMC: Posición y movimiento del cuerpo

TT: Tipo de trabajo

MB: Metabolismo basal

Durante la jornada de trabajo pueden variar las condiciones ambientales o el consumo metabólico, al realizar tareas diferentes o en diferentes ambientes. En el **consumo metabólico**, ponderados en el tiempo.

$$CTM_{\text{promedio}} = \frac{CTM_1 * t_1 + CTM_2 * t_2 \dots}{t_1 + t_2 \dots} \quad (2.4)$$

**Tabla.2.21. Valores de la carga térmica metabólica durante la realización de distintas actividades. (Fuente: NTP 322).**

<b>Valoración de la carga de trabajo</b>		
Valores medios de la carga térmica metabólica durante la realización de distintas actividades		
<b>A. Postura y Movimientos Corporales</b>		<b>Kcal/minuto</b>
Sentado		0,3
De pie		0,6
Andando		2,0-3,0
Subida de una pendiente andando		Añadir 0,8 por metro (yarda) de subida
<b>B. Tipo de Trabajo</b>		<b>Media Kcal/minuto</b>
Trabajo Manual	Ligero	0,4
	Pesado	0,9
Trabajo con un brazo	Ligero	1,0

	Pesado	1,7
Trabajo con dos brazos	Ligero	1,5
	Pesado	2,5
Trabajo con el cuerpo	Ligero	3,5
	Moderado	5,0
	Pesado	7,0
	Muy pesado	9,0

**Tabla.2.22. TLV para la exposición al calor (Valores en °C WGT).**

**(Fuente: NTP 322).**

Régimen de trabajo y descanso	Tipo de Trabajo		
	Ligero	Moderado	Pesado
Trabajo Continuo	30,0	26,7	25,0
75% trabajo y 25% descanso, cada hora	30,6	28,0	25,9
50% trabajo y 50% descanso, cada hora	31,4	29,4	27,9
25% trabajo y 75%descanso, cada hora	32,2	31,1	30,0

Los valores de WBGT vienen corregidos según el tipo de actividad, las condiciones del individuo, la carga metabólica y los regímenes de trabajo y descanso.

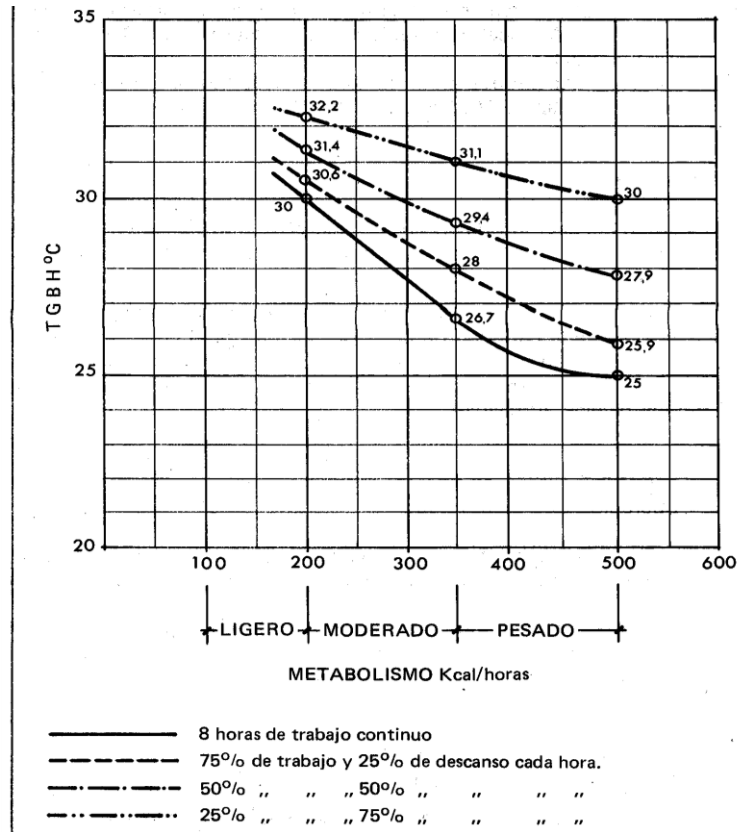


Fig.2.16. Valores permisibles de exposición al calor.

Fuente: NTP 322.

Tabla 2.23. Valores límite de referencia para el índice WBGT .ISO 7243.

(Fuente: NTP 322).

Consumo metabólico Kcal/h	WBGT Limite °C			
	Persona aclimatada		Persona no aclimatada	
	V = 0	V ≠ 0	V = 0	V ≠ 0
≤ 100	33	33	32	32
100 – 200	30	30	29	29
200 – 310	28	28	26	26
310 – 400	25	26	22	23
> 400	23	25	18	20

## **Cálculo de dosis permitida**

$$\text{Dosis} = \frac{\text{WBGT}_{\text{Promedio}}}{\text{WBGT}_{\text{Permitido}}} \quad (2.5)$$

### **2.3.4.4. Medidas de Control**

- Suministrar agua y sal
- Aclimatación
- Formación en primeros auxilios
- Ventilación General
- Ventilación Localizada
- Aislamiento o Sustitución
- Disminución del gasto metabólico
- Exámenes médicos<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> (NTP 322, 2000, pág. 6)

### **2.3.5. Ruido**

Dentro de los agentes físicos que se consideran en higiene industrial, uno de los más importantes debido a su existencia en gran número de industrias es el ruido.

Si tenemos en cuenta el extraordinario funcionamiento del oído humano y la importancia de las relaciones sociales de todo tipo, resalta la importancia de la conservación del mismo. El ruido constituye uno de los problemas a vencer en una sociedad desarrollada, ya que produce una progresiva pérdida de la capacidad auditiva del hombre<sup>22</sup>.

#### **2.3.5.1. Definiciones**

##### **2.3.5.1.1. Ruido**

Es un Sonido indeseable o perturbante que afecta psicológicamente o físicamente al ser humano<sup>2</sup>, es decir es una apreciación subjetiva de un sonido. Un mismo sonido puede ser considerado como molesto o agradable dependiendo de la situación y sensibilidad concreta de la persona.

##### **2.3.5.1.2. Sonido**

Fenómeno vibratorio en el cual la materia se pone en vibración de tal forma que se afecta su densidad. Los cambios en la densidad de la materia (por lo tanto en la presión sonora que ejerce) habrán de ser rítmicos o periódico, es decir, aquella vibración que el oído humano puede detectar. Puede ser producido por diferentes fuentes, desde una persona hablando, la vibración de una máquina o un altavoz, donde una membrana móvil comprime el aire, generando las ondas sonoras<sup>23</sup>.

##### **2.3.5.1.3. Vibración**

Cualquier movimiento oscilatorio al azar de cuerpos sólidos descrito por el desplazamiento, velocidad, o aceleración con respecto a un punto de referencia dado.

---

<sup>22</sup> (FALAGÁN M, CANGA A, FERRER P, FERNÁNDEZ JOSÉ, 2000, pág. 131)

<sup>23</sup> (ALLAN HERRA, 2004, págs. 2-4)

#### **2.3.5.1.4. Tono Puro**

Es un sonido cuyas variaciones de presión dependen de una sola frecuencia. Los sonidos reales están compuestos por la suma de un gran número de tonos puros, por lo que interesa descomponer un sonido real en grupos de tonos puros. Esta operación se denomina análisis de frecuencias y es muy útil en el control de ruido y para seleccionar protectores auditivos adecuados<sup>24</sup>.

#### **2.3.5.2. Características del sonido**

##### **2.3.5.2.1. Frecuencia**

La frecuencia de una onda sonora se define como el número de pulsaciones (ciclos) que tiene por unidad de tiempo (segundos). Las frecuencias más bajas corresponden con los que habitualmente se llaman sonidos “graves” y son sonidos de vibraciones menos repetitivas. Las frecuencias más altas corresponden con los que se llaman “agudos” y son vibraciones más repetitivas<sup>25</sup>.

##### **2.3.5.2.2. Análisis de Frecuencias**

Los ruidos complejos tienen componentes en la mayoría de las frecuencias comprendidas en el espectro audible, por lo que es muy difícil y poco práctico determinar a una de las frecuencias comprendidas.

Por ello se divide el espectro de frecuencias en bandas de ancho proporcional y lo que se hace es medir con unos filtros que dejarán "pasar" el ruido entre unas frecuencias máxima y mínima características. Estos filtros "rechazarán" el ruido cuyas frecuencias sean superiores o inferiores a estos límites. Las bandas más utilizadas en acústica son las bandas de octava y tercio de octava.

##### **2.3.5.2.3. Intensidad**

Es la energía que atraviesa en la unidad de tiempo la unidad de superficie, perpendicular a la dirección de propagación de las ondas, se mide en watt/m<sup>2</sup>.

---

<sup>24</sup> (LINO, 2011, pág. 12)

<sup>25</sup> (<http://www.monografias.com>, 2004, págs. 1-3)

Viene determinada por la amplitud del movimiento oscilatorio, subjetivamente, la intensidad es la propiedad del sonido que hace que éste se oiga débil o fuerte.

#### **2.3.5.2.4. Amplitud**

Es la característica de las ondas sonoras que percibimos como volumen. La amplitud es la máxima distancia que un punto del medio en que se propaga la onda se desplaza de la posición de equilibrio; esta distancia corresponde al grado de movimiento de las moléculas de aire en una onda sonora. Al aumentar su movimiento, golpean el tímpano con una fuerza mayor, por lo que el oído percibe un sonido más fuerte. Un tono con amplitudes baja, media y alta demuestra el cambio del sonido resultante<sup>26</sup>.

#### **2.3.5.2.5. Velocidad**

La frecuencia de una onda de sonido es una medida del número de vibraciones por segundo de un punto determinado. La distancia entre dos compresiones o dos enrarecimientos sucesivos de la onda se denomina longitud de onda. El producto de la longitud de onda y la frecuencia es igual a la velocidad de propagación de la onda, que es la misma para sonidos de cualquier frecuencia.

La velocidad de propagación del sonido en aire seco a una temperatura de 0 °C es de 331,6 m/s. Al aumentar la temperatura aumenta la velocidad del sonido; por ejemplo, a 20 °C, la velocidad es de 344 m/s. Los cambios de presión a densidad constante no tienen prácticamente ningún efecto sobre la velocidad del sonido. En muchos otros gases, la velocidad sólo depende de su densidad. Si las moléculas son pesadas, se mueven con más dificultad, y el sonido avanza más despacio por el medio. En la mayoría de los gases, la velocidad del sonido también depende de otro factor, el calor específico, que afecta a la propagación de las ondas de sonido<sup>27</sup>.

---

<sup>26</sup> (FALAGÁN M, CANGA A, FERRER P, FERNÁNDEZ JOSÉ, 2000, pág. 139)

<sup>27</sup> (<http://www.medspain.com>, 2004, págs. 1-3)

#### **2.3.5.2.6. Duración del sonido**

El sonido desaparece rápidamente en el tiempo cuando cesa la causa que lo produce, pero no así sus efectos.

#### **2.3.5.2.7. Longitud de onda**

Es la distancia que separa dos estados iguales de una onda sonora. Conociendo la velocidad y la frecuencia del sonido podemos calcular su longitud de onda<sup>28</sup>.

#### **2.3.5.2.8. Presión Acústica**

Es una medida de la cantidad de energía asociada al ruido.

Es la relación entre la presión de un sonido cualquiera y una presión sonora de referencia. Equivale a diez veces el logaritmo decimal del cociente de los cuadrados de una presión acústica cualquiera y la referencia que es de 20 micropascales<sup>29</sup>.

#### **2.3.5.2.9. Valor Pico**

Es el valor máximo de la presión acústica instantánea. Sirve para evaluar la exposición cuando hay ruidos de impulso.

#### **2.3.5.2.10. Escala A de ponderación en frecuencia**

El comportamiento del oído, basándose en las curvas de igual sensación sonora, hace que se introduzcan, en los aparatos de medición de presión sonora, filtros de ponderación, que aproximen la respuesta a la del oído humano.

La escala A de ponderación en frecuencia está pensada como atenuación similar al oído humano. El resto de escalas de ponderación (C, B) se utilizan para otros tipos

---

<sup>28</sup> (FALAGÁN M, CANGA A, FERRER P, FERNÁNDEZ JOSÉ, 2000, págs. 140-142)

<sup>29</sup> (REAL DECRETO 286/2006, 2006, pág. 40)



de ruido y otros efectos. Cuando se utiliza la escala A, el nivel de presión acústica se mide en dBA<sup>30</sup>.

### **2.3.5.3. Tipos de ruido**

Dependiendo de su variación en el tiempo, los ruidos se dividen en:

#### **2.3.5.3.1. Ruido estable**

Aquél cuyo nivel de presión acústica ponderada A ( $L_{AeqT}$ ) permanece esencialmente constante. Se considerará que se cumple tal condición cuando la diferencia entre los valores máximo y mínimo de  $L_{AeqT}$  sea inferior a 5 dB.

#### **2.3.5.3.2. Ruido periódico**

Aquél cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de ( $L_{AeqT}$ ) es superior o igual a 5 dB y cuya cadencia es cíclica.

#### **2.3.5.3.3. Ruido aleatorio**

Aquél cuya diferencia entre los valores máximo y mínimo de  $L_{AeqT}$  es superior o igual a 5 dB, variando  $L_{AeqT}$  aleatoriamente a lo largo del tiempo.

#### **2.3.5.3.4. Ruido de Impacto**

Aquél cuyo nivel de presión acústica decrece exponencialmente con el tiempo y tiene una duración inferior a un segundo<sup>31</sup>.

### **2.3.5.4. Definiciones de Magnitudes de Medidas**

#### **2.3.5.4.1. Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, $L_{AeqT}$ .**

El nivel, en decibelios A,

Dado por la expresión (2.6):

---

<sup>30</sup> (LINO, 2011, pág. 13)

<sup>31</sup> (<http://www.prevencionlaboral.org>, 2000, pág. 3)

$$L_{Aeq(T)} = 10 \log \left[ \frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left( \frac{P_a(t)}{P_0} \right)^2 dt \right] dB(A) \quad (2.6)$$

Donde

$L_{AeqT}$  : es el nivel de presión acústica continuo equivalente

T: tiempo de exposición del trabajador al ruido.

**2.3.5.4.2. Nivel de exposición diario equivalente,  $L_{Aeq(d)}$ .**- El nivel, en decibelios A,

Dado por la expresión (2.7):

$$L_{Aeq(d)} = L_{AeqT} + 10 \log \frac{T}{8} \quad (2.7)$$

Donde

T es el tiempo de exposición al ruido, en horas/día. Se considerarán todos los ruidos existentes en el trabajo, incluidos los ruidos de impulsos<sup>32</sup>.

Es el nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A, cuando el tiempo de exposición se refiere a una jornada de trabajo de 8 horas.

En la ecuación 2.6 podemos observar que, si el tiempo de exposición es menor que el tiempo de referencia de 8 horas, el nivel equivalente diario también es menor. Es como si la misma dosis de ruido se tuviese que repartir en más tiempo y que durante ese tiempo el ruido fuese insignificante a la hora de "sumarlo logarítmicamente".

#### **2.3.5.4.3. Cálculo a Partir de Medición de Dosis de Ruido**

Es una medida prescrita en normativas nacionales, de la exposición al ruido a que esta sometida una persona.

---

<sup>32</sup> (REAL DECRETO 286/2006, 2006, págs. 79-81)

1.- En aquellos casos en los que se ha registrado el  $L_{AeqT}$  para las tareas más ruidosas realizadas por el trabajador a lo largo de su jornada, se deberá calcular la Dosis de Exposición Diaria a ruido, para lo cual se considerará por cada puesto de trabajo evaluado:

a) Tiempo de exposición (que no corresponde al tiempo de medición del  $L_{AeqT}$ )

b)  $L_{AeqT}$  medido.

c) Tiempo máximo de exposición permitido para b) (ref. Art 55 del decreto ejecutivo 2393)

2.- La información recopilada se ingresará en la siguiente ecuación, la que considera el cálculo de la Dosis de Exposición a Ruido mediante<sup>33</sup>:

Se expresa así:

$$D = \frac{C_1}{T_1} \quad (2.8)$$

Donde:

D= dosis de exposición a ruido

$C_1$ = tiempo de exposición

$T_1$ = tiempo permitido

### **2.3.5.5. Instrumentos de medición**

#### **2.3.5.5.1. Sonómetro**

Es un aparato normalizado que permite la medición del nivel de presión acústica, expresando dicha medida en decibelios. Es capaz de detectar un nivel global o lineal de la energía en un rango comprendido entre 0 – 20000 Hz.

Con objeto de tener en cuenta las distintas sensibilidades del oído humano, según su frecuencia, los sonómetros están dotados de filtros cuyas curvas de respuesta

---

<sup>33</sup> (<http://www.ehu.es>, 2006, págs. 15-23)

están tomadas aproximadamente de la red de curvas isosónicas. Internacionalmente se han normalizado diferentes curvas de sensibilidad, siendo la curva de ponderación A la que da los niveles más próximos a los percibidos por el oído humano. Para su correcto uso el sonómetro debe ser calibrado con un pistófono<sup>34</sup>.



**Fig. 2.17. Sonómetro.**

**Fuente:** (OIT, 1998, págs. 6 Tomo2, Cap. 47)

La lectura promedio se considerará igual al nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A (LAeq). Deben ajustarse a las prescripciones establecidas por la norma IEC 651–1979, IEC 804–1985 y ANSI S 1.4–1983, para los instrumentos del "tipo 1" o del "tipo 2"<sup>35</sup>. El sonómetro se compone de una serie de elementos: micrófono, atenuador, amplificador, circuito de medida y uno o varios filtros, con la misión de “descomponer” las presiones acústicas según su frecuencia. Estos filtros tienen la finalidad de “cribar” el ruido según su frecuencia, considerando las diferentes sensibilidades del oído humano. Los filtros responden al sonido con una curva de respuesta, estas curvas isosónicas representan la manera en que el oído humano reacciona al ruido en sus diferentes frecuencias. Los filtros descomponen las presiones acústicas recibidas en base a su frecuencia y el sonómetro da como única lectura la suma ponderada de todas esas presiones.

---

<sup>34</sup> (FALAGÁN M, CANGA A, FERRER P, FERNÁNDEZ JOSÉ, 2000, págs. 145-146)

<sup>35</sup> (LINO, 2011, pág. 15)

Existen a nivel internacional, cuatro curvas normalizadas de ponderación, denominadas A, B, C y D. De las cuatro, la curva de ponderación A es la que ofrece los niveles más cercanos a los percibidos por el oído humano. Para que el sonómetro ofrezca mediciones de confianza, debe calibrarse periódicamente con un aparato denominado calibrador<sup>36</sup>.

**Tabla 2.24. Constantes de tiempo de los sónómetros.**

(Fuente:<http://www.elergonomista.com>)

Constantes de tiempo de los sónómetros			
Designación	Símbolo	Concepto medio	Constante de tiempo
Slow (lento)	S	Valor eficaz	1sg
Fast (rápido)	F	Valor eficaz	125msg
Impulse (impulso)	I	Valor eficaz	35msg
Peak (pico)	P	Valor pico	<100mcmsg

El sonómetro ofrece normalmente una medida que es el reflejo de la energía acústica del ruido, promediando el tiempo durante el cual se ha realizado la medición, en base al siguiente esquema:

#### 2.3.5.5.1.1. Tipos de sonómetros

- **Los sonómetros (no integradores-promediadores) o convencionales**

Podrán emplearse únicamente para la medición de Nivel de presión acústica ponderado A ( $L_{Aeq}$ ) del ruido estable. La lectura promedio se considerará igual al Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ( $L_{AeqT}$ ) de dicho ruido.

- **Sonómetros integradores-promediadores:**

Los sonómetros integradores promediadores podrán emplearse para la medición del Nivel de presión acústica continuo equivalente ponderado A ( $L_{AeqT}$ ) de

<sup>36</sup> (<http://www.elergonomista.com>, 2004, págs. 1-3)

cualquier tipo de ruido<sup>37</sup>, siempre que se ajusten a las prescripciones establecidas por la norma CEI-804 para los instrumentos del "tipo 1" o del "tipo 2"<sup>38</sup>.

### **2.3.5.5.2. Dosímetro**

Es un aparato que integra de forma automática los dos parámetros importantes desde el punto de vista higiénico: el nivel de presión acústica y el tiempo de exposición, obteniéndose directamente lecturas de riesgo expresadas en porcentajes de la dosis máxima permitida legalmente para ocho horas diarias de exposición al riesgo<sup>39</sup>.

Los medidores personales de exposición al ruido (dosímetros) podrán ser utilizados para la medición del Nivel de exposición diario equivalente ( $L_{Aeqd}$ ) de cualquier tipo de ruido.

Los medidores personales de exposición al ruido deberán ajustarse a las especificaciones de la norma UNE-EN 61252:1998 o a las de cualquier versión posterior de dicha norma, o la norma CEI-651 y CEI-804 para los instrumentos del "tipo 2"<sup>40</sup>.

En general, se considerará un error de  $\pm 1$  dB cuando se utilicen instrumentos del "tipo 2" y ningún error instrumental cuando el aparato sea del "tipo 1"<sup>41</sup>.

Los medidores personales de exposición al ruido, también denominados dosímetros, miden la exposición sonora resultante de sonidos estacionarios, intermitentes, fluctuantes, irregulares o impulsivos.

Por tanto, la utilización más adecuada de los dosímetros es la valoración acústica de los puestos de trabajo de movilidad elevada (por ejemplo, tareas de mantenimiento, alimentación de máquinas, etc.), cuyo nivel de exposición al ruido

---

<sup>37</sup> (REAL DECRETO 286/2006, 2006, págs. 43-45)

<sup>38</sup> (<http://www.prevencionlaboral.org>, 2000, pág. 2)

<sup>39</sup> (FALAGÁN M, CANGA A, FERRER P, FERNÁNDEZ JOSÉ, 2000, págs. 145-146)

<sup>40</sup> (REAL DECRETO 286/2006, 2006, pág. 44)

<sup>41</sup> (<http://www.prevencion.wordpress.com>, 2007, pág. 2)

varía constantemente durante toda la jornada laboral y que por otros métodos sería muy compleja<sup>42</sup>.

#### 2.3.5.5.2.1. Tipos de dosímetros

- **Dosímetro de servicio**

Los dosímetros en servicio a la entrada en vigor de la Orden ITC/2845/2007 podrán seguir siendo utilizados siempre que hayan superado satisfactoriamente lo establecido para la fase de control metrológico de verificación periódica<sup>43</sup>.



**Fig.2.18. Dosímetro<sup>44</sup>.**

#### 2.3.5.6. Evaluación del ruido

Puesto que el procedimiento de evaluación utilizado debe proporcionar confianza sobre su resultado, la evaluación de la exposición al ruido exigirá, como norma general, la medición de los niveles de ruido. De esta regla podrán exceptuarse aquellas situaciones en las que, a juicio de una persona que tenga la cualificación apropiada, no se superen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción establecida cuya evaluación ponga de manifiesto la necesidad de tomar alguna medida preventiva, los siguientes datos:

- a.) La identificación del puesto de trabajo.
- b.) El riesgo o riesgos existentes y la relación de trabajadores afectados.

---

<sup>42</sup> (REAL DECRETO 286/2006, 2006, pág. 45)

<sup>43</sup> (REAL DECRETO 286/2006, 2006, pág. 50)

<sup>44</sup> (<http://www.cirrusresearch.co.uk>, 2003, pág. 1)

c.) El resultado de la evaluación y las medidas preventivas procedentes.

d.) La referencia de los criterios y procedimientos de evaluación y de los métodos de medición utilizados.

La evaluación y la medición mencionadas se programarán y efectuarán a intervalos apropiados de conformidad con las normas establecidas, y como mínimo, cada año en los puestos de trabajo en los que se sobrepasen los valores superiores de exposición que dan lugar a una acción, o cada tres años cuando se sobrepasen los valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción<sup>45</sup>.

### **2.3.5.7. Metodología de evaluación**

#### **a.) Ruido estable**

Si el ruido es estable durante un periodo de tiempo (T) determinado de la jornada laboral, no es necesario que la duración total de la medición abarque la totalidad de dicho periodo.

En caso de efectuar la medición con un sonómetro se tendrán en cuenta las características mencionadas anteriormente, realizando como mínimo 4 mediciones de una duración mínima de 5 minutos cada una y obteniéndose el nivel equivalente del periodo T ( $L_{AeqT}$ ) directamente de la media aritmética.

Si la medición se efectuase con un sonómetro integrador-promediador o con un dosímetro se tendrían en cuenta, así mismo, las características descritas y se obtendría directamente el  $L_{AeqT}$ .

#### **b.) Ruido periódico**

Si el ruido fluctúa de forma periódica durante un tiempo T, cada intervalo de medición deberá cubrir varios periodos. Las medidas deben ser efectuadas con un sonómetro integrador-promediador o un dosímetro según lo indicado anteriormente. El  $L_{AeqT}$  se calcula entonces a partir del valor medio de los

---

<sup>45</sup> (REAL DECRETO 286/2006, 2006, págs. 74-76)



$L_{Aeq}$  obtenidos, si difieren entre ellos 5 dB o menos. Si la diferencia es mayor a 5 dB se actuará según se especifica a continuación.

### **c.) Ruido aleatorio**

Si el ruido fluctúa de forma aleatoria durante un intervalo de tiempo T determinado, las mediciones se efectuarán con un sonómetro integrador-promediador o con un dosímetro. Se pueden utilizar dos métodos:

- **Método directo**

El intervalo de medición debe cubrir la totalidad del intervalo de tiempo considerado.

- **Método de muestreo**

Se efectuarán diversas mediciones, de forma aleatoria, durante el intervalo de tiempo considerado. La incertidumbre asociada será función del número de mediciones efectuadas y la variación de los datos obtenidos.

### **d.) Ruido de impacto**

La evaluación del ruido de impacto se efectuará, tal como exige el Real Decreto 1316/89, mediante la medición del nivel de pico, que se realizará en el momento en que se espera que la presión acústica instantánea alcance su valor máximo.

"Los instrumentos empleados para medir el nivel de pico o para determinar directamente si éste ha superado los 140 dB, deben tener una constante de tiempo en el ascenso no superior a 100 microsegundos. Si se dispone de un sonómetro con ponderación frecuencial A y características «IMPULSE» (de acuerdo a la norma CE1-651) podrá considerarse que el nivel de pico no ha sobrepasado los 140 dB cuando el  $L_{pA}$  no ha sobrepasado los 130 dBA »<sup>46</sup>.

#### **2.3.5.7.1. Mediciones del nivel de ruido**

---

<sup>46</sup> (<http://www.prevencion.wordpress.com>, 2007, págs. 3-4)

- **Medición con el sonómetro**

Para realizar correctamente la medición del nivel sonoro con un sonómetro, éste se debe mantener separado del cuerpo del operario, pero colocándolo a la altura de su pabellón auricular. Se anotarán todos los datos que aparecen y se localizará en un plano de la empresa el lugar o la máquina donde se ha realizado la medición.

- **Medición con dosímetro**

Para realizar correctamente la medición del ruido con un dosímetro, se le instalará al operario, colocándole el micrófono a la altura del pabellón auricular y se le mantendrá en funcionamiento durante un tiempo T (representativo de toda la jornada laboral), admitiéndose que el resto de la jornada estará sometido al mismo nivel de ruido<sup>47</sup>.

- **Método de Medición del Ruido.**

**a.-)** Las mediciones deberán realizarse, siempre que sea posible, en ausencia del trabajador afectado, colocando el micrófono a la altura donde se encontraría su oído. Si la presencia del trabajador es necesaria, el micrófono se colocará, preferentemente, frente a su oído, a unos 10 centímetros de distancia; cuando el micrófono tenga que situarse muy cerca del cuerpo deberán efectuarse los ajustes adecuados para que el resultado de la medición sea equivalente al que se obtendría si se realizara en un campo sonoro no perturbado.

**b.-)** Número y duración de las mediciones: El número, la duración y el momento de realización de las mediciones tendrán que elegirse teniendo en cuenta que el objetivo básico de éstas es el de posibilitar la toma de decisión sobre el tipo de actuación preventiva que deberá emprenderse en virtud de lo dispuesto en el presente real decreto. Por ello, cuando uno de los límites o niveles establecidos en el mismo se sitúe dentro del intervalo de incertidumbre del resultado de la medición podrá optarse: a) por suponer que se supera dicho límite o nivel, o b) por incrementar (según el instrumental utilizado) el número de las mediciones

---

<sup>47</sup> (<http://www.fremm.es>, 2000, pág. 3)

(tratando estadísticamente los correspondientes resultados) y/o su duración (llegando, en el límite, a que el tiempo de medición coincida con el de exposición), hasta conseguir la necesaria reducción del intervalo de incertidumbre correspondiente. En el caso de la comparación con los valores límites de exposición, dicho intervalo de incertidumbre deberá estimarse teniendo en cuenta la incertidumbre asociada a la atenuación de los protectores auditivos.

c.-) Las incertidumbres de medición a las que se hace referencia en el apartado anterior se determinarán de conformidad con la práctica metrológica.

- **Selección de la jornada de medición**

Para efectuar las mediciones se elegirán una o más jornadas que el técnico, sobre la base de la información recibida de la empresa y de los trabajadores, considere características (o representativas) del trabajo habitual. Cuando la exposición al ruido varía sistemáticamente entre diferentes jornadas, en virtud de lo dispuesto en el artículo 5.3, se debería tomar como referencia el período semanal en lugar del diario.

- **Estrategias de medición**

La necesidad de obtener una exactitud razonable en los resultados de las mediciones hace que éstas deban organizarse de forma distinta según cuales sean las condiciones del trabajo. Así, si el trabajo se realiza en un puesto fijo y sus características son relativamente estables en relación con el ruido generado, la estrategia de medición será distinta de la empleada en el caso en que el trabajador se desplace a distintas ubicaciones y en cada una de ellas se registren niveles de ruido distintos.

En ISO/TC 43/SC1 N1649, se consideran tres estrategias diferenciadas: las mediciones basadas en la operación o la tarea, las mediciones basadas en el trabajo y las mediciones de jornada completa.

La tabla resume las características de los tipos de trabajo a los que se adapta cada estrategia y la aplicabilidad de la misma<sup>48</sup>.

**Tabla 2.25. Selección de estrategias de Medición.**

(Fuente: REAL DECRETO 286/2006).

Características del trabajo			Tipo de estrategia de medición		
Movilidad del puesto	Complejidad de la tarea	Ejemplo	Mediciones basadas en la operación	Mediciones basadas en el trabajo	Mediciones de la jornada completa
fijo	Sencilla o una sola operación	Soldar componentes electrónicos en línea de montaje	Recomendada		
fijo	Compleja o con muchas operaciones	Cortar, preparar, soldar piezas	Recomendada	Aplicable	Aplicable
Móvil	Patrón de trabajo definido con pocas operaciones	Cargar y descargar camiones en puerto descarga	Recomendada	Aplicable	Aplicable
Móvil	Trabajo definido con muchas operaciones o con un patrón de trabajo complejo	Taller de carpintería operaciones con sierra, tupí, cepillado, etc.	Aplicable	Aplicable	Aplicable

<sup>48</sup> (REAL DECRETO 286/2006, 2006, págs. 79-81)

Móvil	Patrón de trabajo impredecible	Reparaciones mantenimient. Conductor de toro	Aplicable	Recomendada
Fijo o Móvil	Compuesta de muchas operaciones cuyo tiempo de duración es impredecible	Trabajos en Taller calderería	Recomendada	Aplicable
Fijo o Móvil	Sin operaciones asignadas, trabajo con unos objetos a conseguir	Encargado de un taller	Recomendada	Aplicable

- **Mediciones basadas en la operación o la tarea**

Se divide en operaciones o tareas la jornada de trabajo. Dentro de cada operación el trabajo que se realiza debe ser similar y el nivel equivalente,  $L_{AeqT}$  correspondiente debe ser repetible y representativo de ella.

El tiempo de medición en cada operación depende de la variación del nivel de ruido. Si la operación dura menos de 5 minutos, se debe medir durante toda la operación. Si la operación dura más, como mínimo debe medirse el  $L_{AeqT}$  durante 5 minutos.

Cuando el ruido durante la operación es cíclico, la medición debe cubrir al menos tres ciclos enteros y en todo caso un número entero de ciclos.

Cuando la duración de tres ciclos es menor de 5 minutos, la duración de la medición debe extenderse por encima de 5 minutos cubriendo un número entero de ciclos.

Cuando el ruido es estable la duración de la medición puede ser mucho menor que la de la operación (aunque no se puede establecer un tiempo mínimo de aplicación general, se puede optar por realizar mediciones de, como mínimo, 1 minuto)<sup>49</sup>.

---

<sup>49</sup> (REAL DECRETO 286/2006, 2006, págs. 80-82)

- **Mediciones basadas en el muestreo durante el trabajo**

En este tipo de estrategia, se trata de tomar aleatoriamente muestras durante el desarrollo del trabajo. La estrategia es apropiada cuando la jornada no puede dividirse en operaciones o no está clara dicha división. No es un sistema adecuado cuando hay episodios de ruido muy intensos y de corta duración.

El muestreo puede llevarse a cabo en un grupo homogéneo de exposición (GHE), es decir, un grupo de trabajadores cuya exposición, a la vista de las condiciones de su trabajo, debería ser similar.

De acuerdo con la tabla se selecciona la duración acumulada mínima de las mediciones.

Hay que asegurarse de que las muestras se distribuyen aleatoriamente tanto entre los trabajadores del GHE, como a lo largo de la jornada de trabajo.

**Tabla 2.26. Selección de la duración del muestreo.**

(Fuente: REAL DECRETO 286/2006).

Nº de trabajadores del grupo homogéneo (G)	Duración mínima acumulada (Horas)
$G \leq 5$	5
$5 < G \leq 15$	$5 + (G - 5) / 2$
$15 < G \leq 40$	$10 + (G - 15) / 4$
$G > 40$	17 o subdividir el grupos

- **Mediciones de la jornada completa**

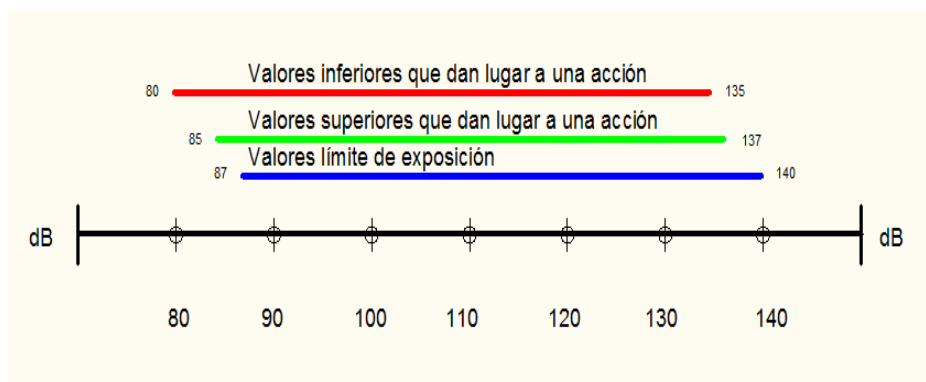
Este tipo de medición supone cubrir la totalidad del tiempo de trabajo de la jornada, incluyendo tanto los periodos más ruidosos como los más tranquilos. Lo más práctico es, en estos casos, utilizar dosímetros personales. Cuando no es posible que las mediciones se extiendan a la totalidad de la jornada, deben cubrir lo máximo posible e incluir los periodos más significativos de ruido.

Al emplear periodos prolongados y utilizar dosímetros personales, este tipo de medición tiene el riesgo de incluir contribuciones falsas. La forma de contrarrestar este riesgo es disponer de buena información sobre lo que ha ocurrido durante la medición mediante la observación, la realización de mediciones prospectivas, interrogando a los trabajadores sobre las actividades realizadas y los lugares donde ha permanecido o valorando la exposición alternativamente sobre trabajadores seleccionados<sup>50</sup>.

### 2.3.5.8. Valores límite de exposición y valores de exposición que dan lugar a una acción.

A los efectos de este, los valores límite de exposición y los valores de exposición que dan lugar a una acción, referidos a los niveles de exposición diaria y a los niveles de pico, se fijan en:

- a) Valores límite de exposición:  $L_{Aeq,d} = 87$  dB(A) y  $L_{pico} = 140$  dB (C), respectivamente.
- b) Valores superiores de exposición que dan lugar a una acción:  $L_{Aeq,d} = 85$  dB(A) y  $L_{pico} = 137$  dB(C), respectivamente.
- c) Valores inferiores de exposición que dan lugar a una acción:  $L_{Aeq,d} = 80$  dB(A) y  $L_{pico} = 135$  dB(C), respectivamente<sup>1</sup>.



**Fuente:** Autor

<sup>50</sup> (REAL DECRETO 286/2006, 2006, pág. 83)

**Tabla 2.27 Exposiciones permisibles.**

**Fuente:** (NORMATIVA ESPAÑOLA, 1998)

<b>Exposiciones Permisibles (TLV)</b>			
<b>Duración h/d</b>	<b>Criterio OSHA</b>	<b>Criterio ISO</b>	<b>Criterio ACGIH</b>
8	90	90	85
4	95	93	90
2	100	96	95
1	105	99	100
½	110	102	105
¼	115	105	110
	115	108	115
TOPE	115	115	115
PAISES	USA ,CANADA ,I.	F, D, GB, DK, S, AUS.	

**Tabla 2.28 Exposiciones permisibles.**

**Fuente:** (REGLAMENTO, 2000)

<b>Decibeles</b>	<b>Tiempo máximo de exposición (sumados los tiempos totales en una jornada)</b>
85	8 (horas)
90	4 (horas)
95	2 (horas)
100	1 (horas)
110	0,20 (horas)
115	1,25 (minutos)

### **2.3.5.9. Prevención del Ruido.**

Los riesgos derivados de la exposición al ruido deberán eliminarse en su origen o reducirse al nivel más bajo posible, teniendo en cuenta los avances técnicos y la disponibilidad de medidas de control del riesgo en su origen.



Los principios generales establecidos por Ley de Prevención de Riesgos

Laborales son los siguientes:

- a) Evitar los riesgos.
- b) Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
- c) Combatir los riesgos en su origen.
- d) Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular, a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud.
- e) Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- f) Sustituir lo peligroso por lo que entrane poco o ningún peligro.
- g) Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.
- h) Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.
- i) Dar las debidas instrucciones a los trabajadores<sup>51</sup>.

#### **2.3.5.10. Métodos que reduzcan la exposición al Ruido.**

##### **a.) Elección de equipos de trabajo adecuados.**

En la elección de los equipos de trabajo deberá prestarse atención a que generen el menor ruido posible y, cuando estén incluidos en el ámbito del citado Real Decreto 212/2002, deberán respetar lo establecido en el mismo en relación con la limitación de emisiones sonoras.

---

<sup>51</sup> (REAL DECRETO 286/2006, 2006, págs. 27-30)

**b.) Concepción y disposición de los lugares y puestos de trabajo.**

Una concepción y disposición apropiadas de los lugares y puestos de trabajo ha de permitir minimiza el número de personas expuestas a ruido, así como reducir al mínimo la exposición de dichas personas, recurriendo no sólo al empleo de equipos que emitan el mínimo posible de energía sonora, sino también dotando a los lugares y puestos de trabajo de los elementos apropiados para minimizar la transmisión del ruido, tanto por vía aérea como a través de las estructuras sólidas.

**c.) Información y formación adecuadas a los trabajadores en la exposición al ruido.**

En algunos casos la forma de utilizar el equipo de trabajo puede influir decisivamente en la cantidad de energía sonora emitida por el mismo; cuando se den tales circunstancias deberá prestarse especial atención a la información y formación dadas a las personas usuarias del equipo, a fin de que, mediante una utilización adecuada del mismo, se minimice la exposición tanto de dichas personas como de quienes se encuentren en las proximidades.

**d.) Reducción técnica del ruido.**

Una vez minimizada la emisión de ruido por parte del equipo que lo produce, el siguiente paso en la estrategia de reducción debe ser minimizar la transmisión del ruido emitido: aunque normalmente la vía de transmisión más importante es la aérea, no debe olvidarse que, en ocasiones, la transmisión del ruido a través de las estructuras del edificio o cuerpos sólidos en general puede desempeñar un papel importante.

**e.) Reducción del Ruido Aéreo.**

La reducción de la transmisión aérea del ruido emitido por los equipos de trabajo puede lograrse, fundamentalmente: Empleando recubrimientos absorbentes del ruido en los paramentos del local, aislando la fuente de ruido al ubicarla en el interior de una cabina o recinto cuyo diseño impida que el ruido generado llegue al exterior, Utilizando barreras que limiten el ámbito de transmisión del ruido.

**f.) Programas apropiados de mantenimiento de los equipos de trabajo.**

Equipos de trabajo en los que se dé tal circunstancia, se deberá incluir en su plan de mantenimiento un apartado específico de control del ruido emitido.

**g.) Reducción del ruido transmitido por cuerpos sólidos, mediante amortiguamiento o aislamiento.**

Los equipos de trabajo que, por sus características, pueden transmitir vibraciones a la estructura, han de ser aislados de la misma con las técnicas apropiadas a cada caso, que pueden ir desde apoyarlos sobre un soporte amortiguador hasta la construcción de una cimentación específica separada de la del resto del local.

**h.) Limitación de la duración e intensidad de la exposición**

Puesto que la capacidad de un ruido para dañar el oído depende fundamentalmente de la cantidad de energía sonora que aquél recibe, tan importante es reducir el nivel sonoro como el tiempo de exposición al mismo.

**i.) Ordenación adecuada del tiempo de trabajo.**

En ocasiones es posible que determinadas operaciones ruidosas puedan realizarse de manera que se minimice el número de personas expuestas, si se realizan en el momento adecuado<sup>52</sup>.

---

<sup>52</sup> (REAL DECRETO 286/2006, 2006, págs. 30-31)

### 2.3.6. Vibraciones

Se define como el movimiento oscilante que hace una partícula alrededor de un punto fijo. Este movimiento puede ser regular en dirección, frecuencia e intensidad; aleatorio, que es lo más normal. Todos los cuerpos que poseen masa y elasticidad son capaces de vibrar.

La importancia de una vibración, desde un punto de vista ergonómico, está dada por dos magnitudes, la intensidad y la frecuencia<sup>53</sup>.

Se puede decir que es un intercambio de energía cinética en cuerpos con rigidez y masa finitas, el cual surge de una entrada de energía dependiente del tiempo.

Este intercambio de energía puede ser producido por desequilibrio en máquinas rotatorias, Entrada de Energía Acústica, Circulación de Fluidos o masas, Energía Electromagnética<sup>54</sup>.

Los sistemas oscilatorios pueden clasificarse como lineales o no lineales. Para los sistemas lineales, rige el principio de la superposición y las técnicas matemáticas para su tratamiento están bien desarrolladas. Por el contrario, las técnicas para el análisis de sistemas no lineales son menos conocidas y difíciles de aplicar. Sin embargo, algún conocimiento de sistemas no lineales es deseable puesto que todos los sistemas tienden a volverse no lineales cuando crece la amplitud de la oscilación.

Hay dos clases generales de vibraciones, libres y forzadas. La vibración libre es la que ocurre cuando un sistema oscila bajo la acción de fuerzas inherentes al sistema mismo y, cuando las fuerzas externamente aplicadas son inexistentes. El sistema bajo vibración libre vibrará a una o más de sus frecuencias naturales que, son propiedades del sistema dinámico que dependen de su distribución de masa y de rigidez.

---

<sup>53</sup> (<http://www.ual.es>, 2005, págs. 1-4)

<sup>54</sup> (MÁRQUEZ Daniel, 2004, pág. 1)

La vibración que tiene lugar bajo la excitación de fuerzas externas es una vibración forzada. Cuando la excitación es oscilatoria, el sistema es obligado a vibrar a la frecuencia de excitación. Si ésta coincide con una de las frecuencias naturales del sistema, se produce una situación de resonancia y ocurren oscilaciones peligrosamente grandes.

Todos los sistemas vibratorios están sometidos a cierto grado de amortiguamiento puesto que la energía se disipa por fricción y otras resistencias. Si el amortiguamiento es pequeño, tiene escasa influencia sobre las frecuencias naturales del sistema y, por consiguiente, los cálculos de las frecuencias naturales se hacen generalmente ignorando el amortiguamiento. Por otra parte, el amortiguamiento es de gran importancia como limitador de la amplitud de oscilación en resonancia.

#### **2.3.6.1. Las oscilaciones pueden clasificarse según:**

##### **1. La parte del cuerpo a la que afectan, en:**

- Vibraciones globales (afectan al cuerpo en su totalidad).
- Vibraciones parciales (afectan a subsistemas del cuerpo, las más conocidas son las vibraciones mano-brazo).

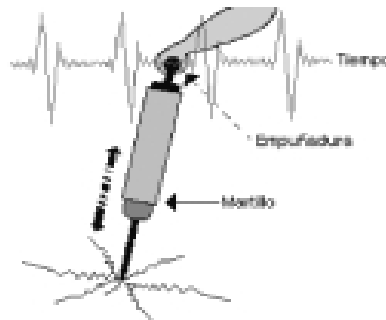
##### **2. Sus características físicas, en:**

- Vibraciones libres, periódicas, o sinusoidales, cuando no existen fuerzas externas que modifiquen la amplitud de las sucesivas ondas.
- Vibraciones no periódicas (choques).
- Vibraciones aleatorias, donde sí actúan dichas fuerzas.

##### **3. Su origen, en:**

- **Vibraciones producidas en procesos de transformación.**

Las interacciones producidas entre las piezas de la maquinaria y los elementos que van a ser transformados, generan choques repetidos que se traducen en vibraciones de materiales y estructuras, cuya transmisión se efectuará bien directamente, bien mediante medios de propagación adecuados. Como ejemplos más frecuentes, pueden citarse las originadas en prensas, tronzadoras, martillos neumáticos, y algunas herramientas manuales.



**Fig.2.19. Martillos Neumáticos**

**Fuente:** (FALAGÁN M, CANGA A, FERRER P, FERNÁNDEZ JOSÉ, 2000)

- **Vibraciones generadas por el funcionamiento de la maquinaria o los materiales.**

Las producidas como consecuencia de fuerzas alternativas no equilibradas (motores, alternadores, útiles percutores, u otras herramientas) y las que provienen de irregularidades del terreno sobre el que circulan los medios de transporte.

- **Vibraciones debidas a fallos de la maquinaria.**

Pudiendo diferenciarse: fallos de concepción, fallos de utilización, fallos de funcionamiento, o fallos de mantenimiento; en cualquier caso, generadores de fuerzas dinámicas, susceptibles de generar vibraciones. Los más frecuentes se producen por tolerancias de fabricación, desgaste de superficies, excentricidades, desequilibrio de elementos giratorios, cojinetes defectuosos, etc.

- **Vibraciones de origen natural.**

Se producen de forma aleatoria, ya que dependen de fenómenos naturales, difícilmente previsibles (viento, tormentas, sismos), y de compleja valoración, respecto a su efecto sobre el organismo. Por otro lado, su acción se circunscribe a los puestos de trabajo que se desarrollen al aire libre<sup>55</sup>.

#### **2.3.6.1.1. Vibración transmitida al sistema mano-brazo.**

La vibración mecánica que, cuando se transmite al sistema humano de mano y brazo, supone riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, problemas vasculares, de huesos o de articulaciones, nervios o músculos.

El conjunto de efectos para la salud integrado por problemas vasculares, de huesos o de articulaciones y nerviosos o musculares es lo que se conoce con el término “síndrome de vibración mano-brazo” (SVMB). Estos efectos para la salud se pueden presentar simultáneamente o por separados<sup>56</sup>.



**Figura2.20. Vibración Transmitida al sistema Mano-Brazo.**

**Fuente:** (MENDAZA Pablo, 2000)

#### **2.3.6.1.2. Vibración transmitida al cuerpo entero.**

La vibración mecánica que, cuando se transmite a todo el cuerpo, conlleva riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores, en particular, lumbalgias y

---

<sup>55</sup> (FALAGÁN M, CANGA A, FERRER P, FERNÁNDEZ JOSÉ, 2000, págs. 159-160)

<sup>56</sup> (REAL DECRETO 1311/2005, 2005, pág. 8)

lesiones de la columna vertebral<sup>57</sup>. Las vibraciones del cuerpo completo ocurren cuando el cuerpo está apoyado en una superficie vibrante (por ejemplo, cuando se está sentado en un asiento que vibra, de pie sobre un suelo vibrante o recostado sobre una superficie vibrante). Las vibraciones de cuerpo completo se presentan en todas las formas de transporte y cuando se trabaja cerca de maquinaria industrial.



**Figura2.21. Vibración transmitida a cuerpo entero.**

**Fuente:** (SALAZAR Juan, 2008)

### **2.3.6.2. Magnitud**

Los desplazamientos oscilatorios de un objeto implican, alternativamente, una velocidad en una dirección y después una velocidad en dirección opuesta. Este cambio de velocidad significa que el objeto experimenta una aceleración constante, primero en una dirección y después en dirección opuesta. La magnitud de una vibración puede cuantificarse en función de su desplazamiento, su velocidad o su aceleración. A efectos prácticos, la aceleración suele medirse con acelerómetros. La unidad de aceleración es el metro por segundo al cuadrado ( $m/s^2$ )<sup>58</sup>.

---

<sup>57</sup> (REAL DECRETO 1311/2005, 2005, pág. 8)

<sup>58</sup> (OIT, 1998, págs. 2-3 Tomo 2, Cap 50))



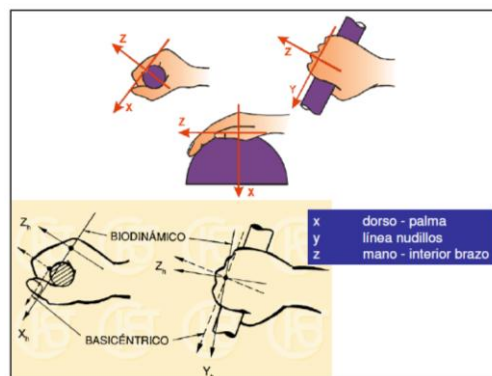
### 2.3.6.3. Frecuencia

La frecuencia de vibración, que se expresa en ciclos por segundo (hertzios, Hz), afecta a la extensión con que se transmiten las vibraciones al cuerpo (ej., a la superficie de un asiento o a la empuñadura de una herramienta vibrante). La relación entre el desplazamiento y la aceleración de un movimiento depende también de la frecuencia de oscilación: un desplazamiento de un milímetro corresponde a una aceleración muy pequeña a bajas frecuencias, pero a una aceleración muy grande a frecuencias altas.

Los efectos de las vibraciones de cuerpo completo suelen ser máximos en el límite inferior del intervalo de frecuencias, de 0,5 a 100 Hz. En el caso de las vibraciones transmitidas a las manos, las frecuencias del orden de 1.000 Hz o superiores pueden tener efectos perjudiciales. Las frecuencias inferiores a unos 0,5 Hz pueden causar mareo inducido por el movimiento.

### 2.3.6.4. Dirección

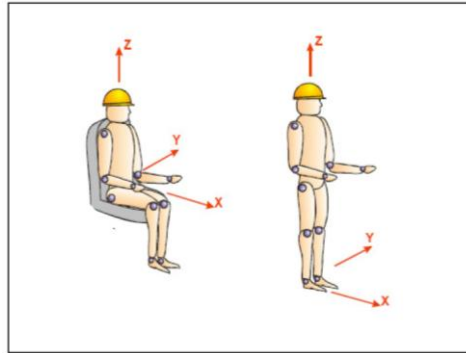
Las vibraciones pueden producirse en tres direcciones lineales y tres rotacionales. En el caso de personas sentadas, los ejes lineales se designan como eje  $x$  (longitudinal), eje  $y$  (lateral) y eje  $z$  (vertical)<sup>59</sup>.



**Figura 2.22. Ejes Biscéntricos y Biodinámico de Mano-Brazo.**

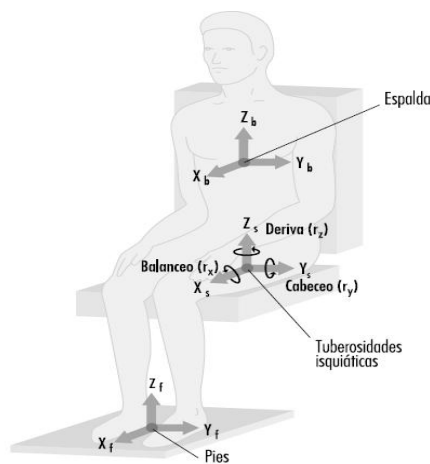
**Fuente:** (MENDAIZA Pablo, 2000, pág. 22)

<sup>59</sup> (OIT, 1998, págs. 2-3 Tomo 2, Cap 50)



**Figura 2.23. Ejes Biscéntricos del cuerpo humano.**

**Fuente:** (MENDAZA Pablo, 2000, pág. 21).



**Figura2.24. Ejes para medir exposiciones a la vibración en personas sentadas.**

**Fuente:** (OIT, 1998, págs. 7 Tomo2, Cap50)

### 2.3.6.5. Duración

La respuesta humana a las vibraciones depende de la duración total de la exposición a las vibraciones. Si las características de la vibración no varían en el tiempo. Si varían las características de la vibración, la vibración promedio medida dependerá del período durante el que se mide.

Muchas exposiciones profesionales son intermitentes, tienen una magnitud variable en cada momento o contienen choques esporádicos. La intensidad de tales movimientos complejos puede acumularse de manera que dé un peso

apropiado a, por ejemplo, períodos cortos de vibración de alta magnitud y períodos largos de vibración de baja magnitud<sup>60</sup>.

#### **2.3.6.6. Instrumentación de Medición de las Vibraciones**

La medición de las vibraciones permite determinar las vibraciones recibidas por los trabajadores mediante el uso de herramientas manuales vibrantes (guiadas y sostenidas), por la conducción de vehículos industriales, etc. que pueden ocasionar daños para la salud. Debe cumplir la normativa en vigor. UNE-EN ISO 8041:2000 “Respuesta humana a las vibraciones. Instrumentos de medida”

El instrumento de medida que se usa para medir las vibraciones es **el vibrómetro, que está compuesto por el acelerómetro**, un dispositivo para tratamiento y salida de datos y el cable de conexión entre ambos. A partir del acelerómetro la señal de vibración puede procesarse de diferentes formas para alcanzar una medición de la aceleración eficaz ponderada en frecuencia durante un periodo de medida<sup>61</sup>.

**Los analizadores de vibraciones en tiempo real**, que son sistemas de medida más sofisticados que permiten almacenar la información en el tiempo y obtener el análisis de frecuencia. Estos sistemas se recomiendan cuando exista alguna duda sobre la calidad de la señal de aceleración, ya que permite detectar la mayoría de distorsiones que pueden ocurrir durante las mediciones (sobrecargas, problemas de montaje del acelerómetro, conexiones defectuosas...) y para identificar frecuencias dominantes y armónicos, es decir, para el control de las vibraciones. Este tipo de equipos de medida también puede ser útil en el caso de choques simples repetidos.

##### **2.3.6.6.1. Acelerómetros**

El acelerómetro es el elemento capaz de detectar la vibración y transformar la energía que transmite en una corriente eléctrica analógica proporcional a la fuerza

---

<sup>60</sup> (OIT, 1998, págs. 2-3 Tomo 2, Cap 50)

<sup>61</sup> (REAL DECRETO 1311/2005, 2005, págs. 44-46)

aplicada al sistema, o mecanismo sometido a vibración o aceleración utilizando para ello, por lo general, el efecto piezoeléctrico. Hay acelerómetros monoaxiales, es decir, capaces de medir la aceleración según uno de los ejes, y triaxiales, que lo hacen en los tres ejes simultáneamente.

Los acelerómetros miden la aceleración en unidades “g”. Un g se define como la fuerza gravitacional de la tierra aplicada sobre un objeto o persona.

Los acelerómetros son direccionales, esto quiere decir que sólo miden aceleración en un eje. Para monitorear aceleración en tres dimensiones, se emplea acelerómetros multi-ejes (ejes x, y, z), los cuales son ortogonales. Existen dos tipos de acelerómetros a saber: pasivos y activos.

Los acelerómetros **pasivos** envían la carga generada por el elemento sensor (puede ser un material piezoeléctrico), y debido a que esta señal es muy pequeña, estos acelerómetros requieren de un amplificador para incrementar la señal.

Los acelerómetros **activos** incluyen circuitos internos para convertir la carga del acelerómetro a una señal de voltaje, pero requieren de una fuente constante de corriente para alimentar el circuito<sup>62</sup>.



**Figura 2.25. Apariencia Física de un Acelerómetro**

**Fuente:** (MÁRQUEZ Daniel, 2004)

Existen también, diferentes configuraciones mecánicas de las masas y cristales dentro de la carcasa del acelerómetro. Las configuraciones típicas incluyen compresión aislada, esquila, y esquila en anillo.

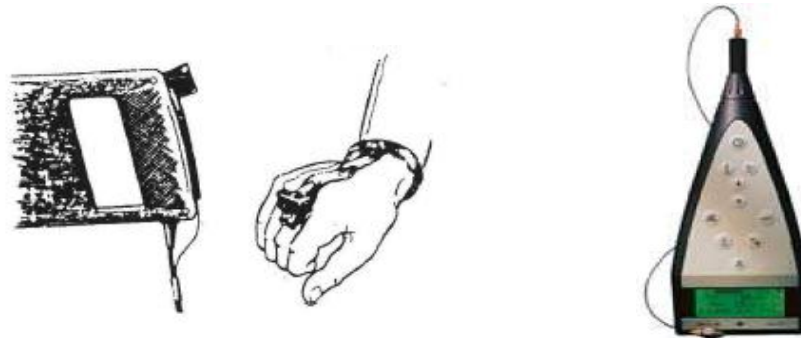
---

<sup>62</sup> (MÁRQUEZ Daniel, 2004, págs. 4-6)

Los acelerómetros piezoeléctricos son extremadamente versátiles y ampliamente usados para la supervisión de maquinarias industriales.

### **Sistemas para medir vibraciones transmitidas en el sistema mano-brazo**

- Normalmente para herramientas de percusión o similares.
- Adaptador para la mano.
- Adaptador para la herramienta.
- Situación del cable del acelerómetro:
  - Mano: sujeto a muñeca y brazo hasta el hombro.
  - Herramienta: sujeto al cable de la herramienta.



**Figura 2.26. Acelerómetro para medir vibraciones transmitidas en el sistema Mano-Brazo**

**Fuente:** (SALAZAR Juan, 2008, pág. 28)

### **Sistemas para medir vibraciones de cuerpo entero (ISO 2631).**

- Transductores triaxiales montados dentro de un disco.
- El disco se interpone entre el asiento o la máquina que genera las vibraciones, y la zona del cuerpo más próxima a él.



**Figura 2.27. Acelerómetro para medir vibraciones transmitidas en el sistema Cuerpo Entero.**

**Fuente:** (CISTERNAS Pablo, 2007, pág. 10)

### **2.3.6.7. Metodología de Evaluación**

Evaluación debe realizarse para todos los puestos de trabajo en que los trabajadores estén o puedan estar expuestos a los riesgos de vibraciones mecánicas como consecuencia de su trabajo.

Para evaluar el nivel de exposición a la vibración mecánica, podrá recurrirse a la observación de los métodos de trabajo concretos y remitirse a la información apropiada sobre la magnitud probable de la vibración del equipo o del tipo de equipo utilizado en las condiciones concretas de utilización, incluida la información facilitada por el fabricante. Esta operación es diferente de la medición, que precisa del uso de aparatos específicos y de una metodología adecuada.

La evaluación consiste en determinar el parámetro A (8), que depende del tiempo de exposición y de la magnitud de la vibración expresada a través de su aceleración, y compararlo con el valor que da lugar a una acción y con el valor límite, lo que conducirá a tres posibles escenarios: A (8) está por debajo del valor que da lugar a una acción, está entre éste y el valor límite o está por encima de él.

El tipo de evaluación basada en períodos de 40 horas, en el caso de actividades que procuren niveles de exposición variables entre jornadas laborales cuando en ese puesto de trabajo, y en el transcurso del tiempo, se den simultáneamente las siguientes circunstancias:

- en la mayoría de jornadas no se supera el valor que da lugar a una acción
- en alguna jornada se supera el valor límite.

Se calculará el valor de la aceleración promediado respecto a 40 horas y se comparará con los mismos valores límite según se trate de vibraciones de mano-brazo o de cuerpo entero, respectivamente, para determinar si la situación es aceptable o no.

### **2.3.6.8. Metodología de la medición**

#### **2.3.6.8.1. Procedimiento para la medición de la exposición a vibraciones**

La exposición a las vibraciones puede variar considerablemente de una operación a otra, debido al uso de diferentes herramientas o a diferentes modos de operación de cada una de estas máquinas.

La evaluación de la exposición a vibraciones por medición consta de las siguientes etapas:

- a) Identificación de las operaciones discretas que constituyen el modo normal de trabajo.
- b) Selección de las operaciones a medir.
- c) Medición de la aceleración para cada operación seleccionada.
- d) Estimación del tiempo de exposición diario representativo de cada operación identificada.

#### **2.3.6.8.2. Organización de las mediciones:**

- Mediciones de larga duración en operaciones continuas con herramientas.
  - Buena representatividad.
  - Tiempo de exposición diaria: directamente el que se usa la herramienta

- Mediciones de larga duración en operaciones intermitentes con herramientas:
  - Tiempo de funcionamiento largo, pero con cortos descansos donde no hay exposición, pero se mantiene el contacto del trabajador con la herramienta.
  - Medición durante un periodo largo, incluyendo los descansos como parte normal del ciclo de trabajo
  - Tiempo de exposición: el del uso diario de la herramienta.
  
- Mediciones de corta duración de operaciones intermitentes:
  - La herramienta no trabaja continuamente, y hay largos descansos donde el trabajador pierde el contacto con la herramienta.
  - Se hacen medidas de corta duración sobre un periodo de operación en continuo. El tiempo de exposición no incluye los descansos ni los periodos en que se pierde el contacto con la herramienta
  
- Mediciones de duración fija para impactos o disparos de operaciones de herramientas:
  - Cuando la exposición con la herramienta supone impactos o choques múltiples, con largas interrupciones entre cada uno de ellos.
  - Se hace una medida de las vibraciones sobre una duración fija que incluye un número conocido de impactos.
  - El tiempo de exposición es la duración de la medición por el número de impactos al día, dividido por los impactos en el periodo de medición<sup>63</sup>.

---

<sup>63</sup> (SALAZAR Juan, 2008, págs. 32-41)



### **2.3.6.8.3. Duración de las mediciones:**

La medición de las vibraciones en el puesto de trabajo se deberá efectuar de preferencia durante toda la jornada laboral, bajo condiciones normales de operación.

No obstante lo señalado anteriormente se podrá considerar un tiempo de medición inferior a la jornada laboral siempre y cuando la muestra obtenida represente el comportamiento del agente durante la jornada completa. Para este fin, se deberán tomar en cuenta los antecedentes obtenidos durante el estudio previo.

De cualquier forma, se deberá señalar explícitamente el tiempo de medición utilizado.

Si la actividad implica la exposición a vibraciones de un trabajador a distintas fuentes de vibración, tiempos de exposición distintos, en procesos distintos etc., se deberá medir la Aeq de cada caso de manera individual, para luego obtener la Aeq representativa de la jornada completa. Si un proceso está constituido por varios ciclos de trabajo, con varios ciclos de exposición, el tiempo de medición que se utilice corresponderá a la suma de todos los ciclos de exposición que se consideren según el estudio previo<sup>64</sup>.

- Si es posible, deben tomarse varias muestras a distintas horas del día, y promediarlas para que la medida sea más representativa de la exposición.
- La duración mínima depende del tipo de operación. El tiempo total de medición (número de muestras por duración de cada medición) debe ser al menos de 1 minuto y componerse como mínimo de 3 muestras para cada operación.
- Es preferible tomar más muestras de corta duración que una de larga duración.

---

<sup>64</sup> (SANCHEZ Manuel, 2006, pág. 9)

- Para cada operación deben tomarse al menos tres muestras.
- Mediciones de menos de 8 segundos deben evitarse (no son fiables)<sup>65</sup>.

Los tiempos mínimos de medición dependiendo tanto del tipo de exposición, del tipo de vibración, y de los ciclos de exposición.

**Tabla2.29. Tiempos mínimos de medición. Fuente:** (SANCHEZ Manuel, 2006)

Tipo de exposición	Vibración	Tiempos mínimos de medición
Cuerpo Entero	Aleatoria	30 minutos
	Cíclica	1 ciclo a lo menos
	Estable	5 minutos
Mano-Brazo	Cíclica	1 ciclo a lo menos

#### **2.3.6.8.4. Determinación del tiempo de exposición.**

Para determinar el valor de A (8) debe conocerse el tiempo durante el que, diariamente, el trabajador está expuesto a las vibraciones. En el caso de que realice diferentes tareas en las que se dé esta circunstancia, deberá conocerse el tiempo de exposición correspondiente a cada una de ellas.

En el caso de que dichas tareas se realicen en forma de ciclos de trabajo deberá determinarse el tiempo de exposición en cada tarea o ciclo de trabajo y el número de veces que éste se realiza en cada jornada laboral.

Es importante que los tiempos medidos se correspondan con los datos de la aceleración que vayan a utilizarse. Es decir, si los datos de la aceleración corresponden a una operación determinada de la máquina, el tiempo de exposición será el correspondiente a aquella operación<sup>1</sup>.

La aceleración equivalente ponderada en frecuencia (Aeq) máxima permitida para una jornada de 8 horas por cada eje de medición, será la que se indica en la siguiente tabla:

---

<sup>65</sup> (REAL DECRETO 1311/2005, 2005, págs. 47-50)

**Tabla2.30. Aceleración equivalente máxima permitida.**

**Fuente:** (CISTERNAS Pablo, 2007, pág. 22)

Eje de Medición	Aeq Máxima Permitida (m/s <sup>2</sup> )
Z	0,63
X	0,45
Y	0,45

**Tabla. 2.31. Aceleración equivalente máxima permitida.**

**Fuente:** (CISTERNAS Pablo, 2007, pág. 23)

Tiempo de Exposición (horas)	Aeq. Máxima Permitida (m/s <sup>2</sup> )		
	Z	X	Y
12	0.5	0.35	0.35
11	0.53	0.38	0.38
10	0.56	0.39	0.39
9	0.59	0.42	0.42
8	0.63	0.45	0.45
7	0.70	0.50	0.50
6	0.78	0.54	0.54
5	0.90	0.61	0.61
4	1.06	0.71	0.71
3	1.27	0.88	0.88
2	1.61	1.25	1.25
1	2.36	1.70	1.70
0,5	3.30	2.31	2.31

### 2.3.6.9. Evaluación de Vibraciones

Para la evaluación de la exposición del cuerpo completo a las vibraciones se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Recogida de datos relacionados con:

- a) Características de la tarea (tipo, duración, atención requerida, posturas, etc.).
- b) Condiciones ambientales (ruido, condiciones termohigrométricas, etc).
- c) Características del individuo (edad, sexo, hábitos, etc.).

2. Aplicar los criterios para la evaluación de las vibraciones globales descritas en la norma ISO 2631 e ISO 5349<sup>66</sup>.

### **Vibraciones Mano-Brazo (UNE-EN ISO 5349-2 (2002)).**

La evaluación de la vibración transmitida al sistema mano-brazo se basa en el cálculo del valor de exposición diaria normalizado para un período de referencia de ocho horas, A (8).

La evaluación del nivel de exposición puede efectuarse mediante una estimación basada en las informaciones relativas al nivel de emisión de los equipos de trabajo utilizados, proporcionadas por los fabricantes de dichos materiales y mediante la observación de las prácticas de trabajo específicas o mediante medición<sup>67</sup>.

Las vibraciones mecánicas producida por procesos o herramientas a motor que se utilizan en fabricación (ej., herramientas de percusión para trabajo de metales, amoladoras y otras herramientas rotativas, llaves de impacto), explotación de canteras, minería y construcción (ej., martillos perforadores de roca, martillos rompedores de piedra, martillos picadores, compactadores vibrantes), y que penetran en el cuerpo por los dedos o la palma de las manos<sup>68</sup>.

### **Ubicación de los acelerómetros**

- Deben fijarse rígidamente a la superficie vibrante y de forma que interfieran lo mínimo en la tarea del trabajador.

---

<sup>66</sup> (NTP 784, 2011, pág. 2)

<sup>67</sup> (REAL DECRETO 1311/2005, 2005, págs. 41-42)

<sup>68</sup> (OIT, 1998, págs. 4-5 Tomo 2 Cap 50)

- En caso mano-brazo, lo habitual es situar el acelerómetro en el centro de la zona de agarre (mitad del ancho de la mano) con la herramienta.
- La vibración debe ser representativa de la que habitualmente recibe.
- Tener en cuenta que el resultado puede verse afectado por características de la empuñadura (rígida o flexible) o la fuerza de agarre.
- Si la herramienta se utiliza con ambas manos, deben medirse ambas y evaluar con la mayor exposición de las dos<sup>69</sup>.

### **Vibraciones Cuerpo Entero (UNE-EN ISO 5349-2 (2002)).**

Las vibraciones de cuerpo completo deben medirse en las interfases entre el cuerpo y la fuente de vibración. En el caso de personas sentadas esto implica la colocación de acelerómetros en la superficie del asiento, debajo de las tuberosidades isquiáticas de los sujetos. A veces las vibraciones se miden también en el respaldo del asiento (entre el respaldo y la espalda).

Se considera que lo importante es la exposición total, no la exposición promedio, y que por lo tanto es adecuado medir la dosis.

El valor de la dosis de vibración proporciona una medida que permite comparar exposiciones muy variables y complejas. Las organizaciones pueden especificar límites o niveles de acción utilizando el valor de la dosis de vibración.

Además de valorar las vibraciones medidas de acuerdo con las normas actuales, es aconsejable informar de los espectros de frecuencia, las magnitudes de los diferentes ejes y otras características de la exposición, incluyendo las duraciones de la exposición diaria y la de toda la vida<sup>70</sup>.

### **Ubicación de los acelerómetros**

---

<sup>69</sup> (SALAZAR Juan, 2008, págs. 32-40)

<sup>70</sup> (OIT, 1998, págs. 6 Tomo 2, Cap 50)

- La medición debe hacerse en el lugar donde se produce el contacto entre el cuerpo humano y la fuente de vibración y de forma que interfieran lo mínimo en la tarea del trabajador.
- La vibración debe ser representativa de la que habitualmente recibe.
- En caso de cuerpo completo, la medición debe hacerse sobre el asiento (personas sentadas) o sobre el suelo (personas de pié), con el acelerómetro lo más cerca posible del área de contacto y unido rígidamente a la superficie<sup>71</sup>.

### 2.3.6.9.1. Evaluación de Vibraciones Cuerpo Completo.

Para determinar la exposición a vibraciones de cuerpo entero del trabajador en posición fija, se deberá efectuar la medición en forma simultánea para cada eje coordinado ( $a_x$ ,  $a_y$  y  $a_z$ ), considerándose como magnitud adecuada para la evaluación de exposición, el valor de la aceleración equivalente ponderada en frecuencia ( $A_{eq}$ ). Los tres valores de  $A_{eq}$  en las respectivas direcciones deberán corresponder al mismo evento de vibración que se está estudiando<sup>72</sup>.

Además de valorar las vibraciones medidas de acuerdo con las normas actuales, es aconsejable informar de los espectros de frecuencia, las magnitudes de los diferentes ejes y otras características de la exposición, incluyendo las duraciones de la exposición diaria y la de toda la vida. También debería tenerse en cuenta la presencia de otros factores ambientales adversos, en especial la postura sentada.<sup>73</sup>

- **Vibraciones de cuerpo entero con una sola fuente de exposición**

Se toma como valor del parámetro  $A$  (8) el mayor de los tres valores siguientes:

$$Aw_x(d) = 1.4 a_{wx} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}; Aw_y(d) = 1.4 a_{wy} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}; Aw_z(d) = a_{wz} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}; \quad (2.9)$$

---

<sup>71</sup> (SALAZAR Juan, 2008, págs. 35-40)

<sup>72</sup> (SANCHEZ Manuel, 2006, pág. 8)

<sup>73</sup> (OIT, 1998, págs. 7 Tomo 2, Cap 50)

- **Vibraciones de cuerpo entero y exposición a varias fuentes de vibraciones**

Se determinan los valores de la exposición diaria a vibraciones parciales en las tres direcciones para cada fuente de exposición de la forma indicada anteriormente.

A continuación se calcula el valor global en cada eje utilizando la expresión<sup>74</sup>:

$$A_{w_{i(d)}} = \sqrt{(A_{i1})^2 + (A_{i2})^2 + (A_{i3})^2 \dots} \quad (2.10)$$

**a.) Cálculo a Partir de Medición de Dosis de Vibraciones**

a) Dosis de Exposición Vibraciones, para lo cual se considerará por cada puesto de trabajo evaluado:

a) Tiempo de exposición (que no corresponde al tiempo de medición del  $A_{w_{eq(T)}}$ ).

b)  $A_{w_{eq(d)}}$  medida.

c) Tiempo máximo de exposición permitido para b)(ref. norma ISO 2631).

b) La información recopilada se ingresará en la siguiente ecuación, la que considera el cálculo de la dosis de exposición a vibraciones mediante:

$$D = \frac{(A_{w_{eq(d)Max}})}{TVL} \quad (2.11)$$

Dónde:

$(A_{yw})_{eq(T)Max}$ : Nivel de aceleración equivalente Máxima

$TVL$ : Aceleración Máxima Permitido<sup>75</sup>.

---

<sup>74</sup> (REAL DECRETO 1311/2005, 2005, págs. 41-42)

<sup>75</sup> (LINO, 2011, pág. 27)

### 2.3.6.9.2. Evaluación de Vibraciones Mano Brazo

Para determinar la exposición a vibraciones del componente mano–brazo, se deberá efectuar la medición en forma simultánea en los tres ejes de coordenadas, considerándose como magnitud adecuada para la evaluación de la exposición, el valor de la aceleración equivalente ponderada en frecuencia (Aeq). Los tres valores de Aeq en las respectivas direcciones deberán corresponder al mismo evento de vibración que se está estudiando.

Independiente del tipo de vibración, se deberá estar atento a la medición, de forma de considerar los eventos que aportan a la exposición que recibe el trabajador evaluado, según estudio previo. Se deberán descartar aquellas vibraciones producidas de manera accidental o inducidas por el trabajador como parte de la actividad de su trabajo<sup>76</sup>.

- **Vibraciones mano-brazo y una sola fuente de exposición**

Donde  $ah_{wes}$  es la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de las componentes de la aceleración ponderada en frecuencia en los tres ejes:

$$aw_{eq(T)} = \sqrt{(a_{x,h,w})^2 + (a_{y,h,w})^2 + (a_{z,h,w})^2} \quad (2.12)$$

En este caso el valor de A (8) se determina por:

$$Aw_{eq(d)} = aw_{eq(T)} \sqrt{\frac{T_{exp}}{T_0}}; \quad (2.13)$$

$T_{exp}$  = Tiempo de exposición

$T_0$  = Tiempo de referencia de 8 horas

- **Vibraciones mano-brazo y exposición a varias fuentes**

---

<sup>76</sup> (SANCHEZ Manuel, 2006, págs. 11-12)



Se determinan los valores parciales correspondientes a cada exposición de la forma indicada anterior en (2.11) y a continuación el valor global dado por<sup>77</sup>:

$$A_{w_{eq}(d)} = \sqrt{A_{w1} + A_{w2} + A_{w3} \dots}; \quad (2.14)$$

#### a.) Cálculo a Partir de Medición de Dosis de Vibraciones

a) Dosis de Exposición Vibraciones, para lo cual se considerará por cada puesto de trabajo evaluado:

- Tiempo de exposición (que no corresponde al tiempo de medición del  $A_{w_{eq}(T)}$ )
- $(A_{w_{eq}(d)})$  medido.
- Tiempo máximo de exposición permitido para b) (ref. norma ISO 5349)

b) La información recopilada se ingresará en la siguiente ecuación, la que considera el cálculo de la Dosis de Exposición a Vibraciones mediante:

$$D = \frac{(A_{yw})_{eq(d)Max}}{TLV} \quad (2.15)$$

Dónde:

$(A_{yw})_{eq(T)Max}$ : Nivel de aceleración equivalente Máxima

$TLV$ : Aceleración Máxima Permitido<sup>78</sup>.

#### 2.3.6.10. Valoración de vibraciones

En la Directiva sobre exposición laboral a vibraciones se proponen dos valores: valor de acción y valor límite de exposición para un período de referencia normalizado de 8 horas.

---

<sup>77</sup> (REAL DECRETO 1311/2005, 2005, págs. 41-43)

<sup>78</sup> (LINO, 2011, págs. 28-29)

- **Valor de acción**

Valor de la exposición a partir del cual se debe dar información a los trabajadores expuestos a este nivel; impartir formación sobre la aplicación de medidas de control; proporcionar información sobre la vibración producida por los equipos de trabajo en un período de referencia de 8 horas; y establecer el programa de medidas técnicas y/o de organización del trabajo destinadas a reducir la exposición.

- **Valor límite**

Valor de la exposición a partir del cual la persona no protegida corre riesgos inaceptables. En ningún caso se debe sobrepasar este valor.

Hay que señalar que esta Directiva establece disposiciones mínimas, por lo que al transponerla al ordenamiento jurídico español se podrán adoptar valores límite y/o valores de acción inferiores a los que figuran en la tabla. En la tabla siguiente se presentan los valores propuestos por la Directiva para exposición a VMB y VCC.

**Tabla2.32. Valores de Límite de Acción para Mano-Brazo y Cuerpo Entero.**

**Fuente:** (REAL DECRETO 1311/2005, 2005, pág. 9)

	<b>Vibraciones Mano-Brazo</b>	<b>Vibraciones Cuerpo Entero</b>
<b>Límite de exposición Diaria A (8).</b>	5 m/s <sup>2</sup>	1.15m/s <sup>2</sup>
<b>Exposición diaria que da lugar a una acción A (8).</b>	2.5 m/s <sup>2</sup>	0.5 m/s <sup>2</sup>

**Tabla 2.33. Valores Límite -Umbral para vibraciones transmitidas Mano-brazo y Cuerpo Completo.**

**Fuente:** (UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA, 2000, pág. 3)

Tiempo (horas)	Mano-Brazo		Cuerpo Completo	
	Aceleración Umbral (m/s <sup>2</sup> )	Aceleración Límite ( m/s <sup>2</sup> )	Aceleración Umbral (m/s <sup>2</sup> )	Aceleración Límite ( m/s <sup>2</sup> )
10	2.2	4.5	0.45	0.9
8	2.5	5	0.5	1
6	2.9	5.8	0.58	1.2
4	3.5	7.1	0.71	1.4
2	5	10	1	2
1	7.1	14.1	1.41	2.8
30(minutos)	10	20	2	4
≤10minutos	17.3	3.46	3.46	6.9

### 2.3.6.11. Métodos de Prevención a Vibraciones

#### 2.3.6.11.1. Medidas preventivas

##### 1. Procedimientos Técnicos

- Identificación de las fuentes principales de vibraciones. Selección de maquinaria con bajo nivel de vibraciones y con sistemas antivibratorios. Protección personal (guantes antivibratorios, UNE-EN ISO 10819:1996)

##### 2. Medidas Organizativas

- Reducción de la exposición a vibraciones. Formación e información.

##### 3. Medidas Médicas

- Reconocimientos preempleo.
- Vigilancia médica.
- Promoción de la salud en el trabajo<sup>79</sup>.

---

<sup>79</sup> (SALAZAR Juan, 2008, págs. 32-40)

**a) La elección del equipo de trabajo adecuado.** La declaración de los valores de emisión por parte del fabricante, suministrador y/o importador permite al empresario comparar máquinas ensayadas con los mismos códigos de ensayo normalizados, de manera que pueda elegir aquellas que impliquen un menor nivel de vibraciones.

**b) Suministro de equipo auxiliar que reduzca los riesgos de lesión por vibraciones.-** Los fabricantes de algunas herramientas mecánicas portátiles equipan sus productos con empuñaduras antivibratorios. En otros casos, es posible dotar de empuñaduras antivibratorios a las herramientas de las que ya se dispone, pero asegurando que realmente atenúan las vibraciones transmitidas al operario.

**c) Programas apropiados de mantenimiento de los equipos de trabajo.-** Para muchos equipos de trabajo, las vibraciones producidas durante su funcionamiento varían de manera importante en función de su estado de mantenimiento. Por ello, para los equipos de trabajo en los que se dé tal circunstancia, se deberá incluir en su plan de mantenimiento un apartado específico de control de las vibraciones producidas, comparando el nivel de aquéllas con su valor en la primera puesta en funcionamiento del equipo (correctamente ajustado), y la realización de las operaciones oportunas para minimizar la diferencia entre ambos valores.

**d) Concepción y disposición de los lugares y puestos de trabajo.-** Una concepción y disposición apropiadas de los lugares y puestos de trabajo ha de permitir minimizar el número de personas expuestas a las vibraciones, así como reducir al nivel más bajo posible la exposición de dichas personas, recurriendo no sólo al empleo de equipos que generen las mínimas vibraciones, sino también dotando a los lugares y puestos de trabajo de los elementos apropiados que reduzcan la transmisión a través de las estructuras sólidas.

**e) Limitación de la duración e intensidad de la exposición.-** Puesto que la capacidad de una vibración para producir daño depende fundamentalmente de la cantidad de energía recibida por el cuerpo, tan importante es reducir la magnitud de la vibración como el tiempo de exposición a la misma, lo que hace necesario

establecer algún tipo de rotación entre los trabajadores y que, aún siendo teóricamente posible, no suele ser una solución fácil de llevar a la práctica.

**f) Ordenación adecuada del tiempo de trabajo.**-Dado que la exposición continua a las vibraciones se considera que incrementa el daño, conviene organizar el horario de trabajo a fin de incorporar períodos de descanso<sup>80</sup>.

---

<sup>80</sup> (REAL DECRETO 1311/2005, 2005, págs. 18-22)

## **2.3.7. Material particulado**

### **2.3.7.1. Definiciones**

#### **2.3.7.1.1. Material Particulado**

A las partículas y a las pequeñas gotas suspendidas en el aire. El material particulado recibe mucha atención debido a su relación con la salud.

Los contaminantes del aire atmosférico se clasifican en primarios y secundarios. Entre los contaminantes primarios se encuentran el material particulado y algunos gases, mientras que entre los contaminantes secundarios están el ozono, ácido sulfúrico y sus derivados neutralizados.

La incorporación directa de contaminantes gaseosos y particulados a la atmósfera es por dos vías. Una de ellas son las fuentes emisoras de origen natural (erupciones volcánicas, incendios de bosques, erosión eólica, entre otros), la otra vía es de origen antrópico producto de las diferentes actividades que desarrolla el hombre (procesos industriales y de combustión, transporte de vehículos, actividades de construcción, etc...que emiten gases y partículas según el proceso)<sup>81</sup>.

#### **2.3.7.1.2. Sólido inhalante (Material Particulado)**

Conociendo que el polvo respirable se forma en las operaciones de trituración, molienda y corte de las estructuras minerales sólidas, interesa conocer los principios básicos de control del polvo, así como las técnicas desarrolladas en la puesta en práctica de los mismos<sup>82</sup>.

### **2.3.7.2. Equipos para medir Material Particulado**

- **Bomba de aspiración**

---

<sup>81</sup> (<http://www.ucbca.edu.bo/Publicaciones>, 2010, págs. 1-2)

<sup>82</sup> (<http://www.ecopibes.com>, 2000, pág. 2)

Bomba para muestreo personal y ambiental, cuyo caudal se mantenga dentro del valor determinado, con una exactitud de  $\pm 5\%$ .

La calibración de la bomba debe realizarse con el mismo tipo de soporte o unidad de captación, con el fin de que la pérdida de carga sea similar a la que se tendrá en el muestreo.

### **Unidad de captación**

- **Filtro**

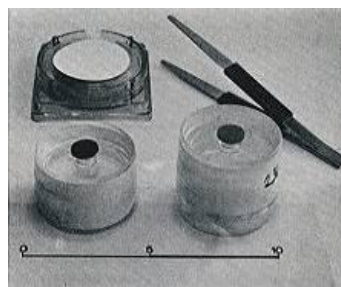
Filtro de membrana de cloruro de polivinilo (PVC), de 37 mm.de diámetro y 0,5 (ó 5) micras de tamaño de poro, previamente tarado con una aproximación mínima de 0,01 mg.

### **Soporte de celulosa**

- **Portafiltros o cassettes**

Cassettes de poliestireno de 2 ó 3 cuerpos, de 37 mm.de diámetro, en los que se coloca el filtro sobre el soporte de celulosa.

(Los cassettes moldeados con acetato-butirato de celulosa (Tenita) no deben utilizarse para el muestreo, dado que originan un incremento de peso en los filtros blanco. Utilizar cassettes de 2 cuerpos, para muestrear fracción de polvo respirable).



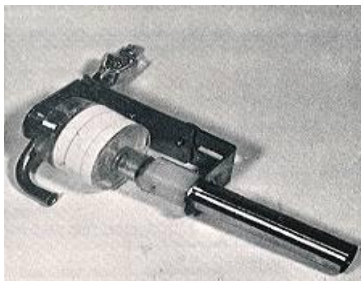
**Figura.2.28: Portafiltros o cassette de 2 ó 3 cuerpos.**

**Fuente:** (NTP 021, 2000, págs. 2-4)

## Ciclón

(Solo utilizarlo para muestras de fracción de polvo respirable)

Ciclón de nylon de 10 mm.



**Figura.2.29: Unidad de captación con ciclón.**

**Fuente:** (NTP 021, 2000, págs. 2-4)

Cuando deba utilizarse ciclón, este previamente deberá ser desmontado e inspeccionado en su interior. Si en él, aparece suciedad, deberá limpiarse frotando cuidadosamente con un trozo de algodón húmedo. Siempre que se aprecien muescas o rayas, el ciclón deberá desecharse.

(Se alterarían las características granulométricas del polvo separado por el ciclón)<sup>83</sup>.

### 2.3.7.3. Metodología de la evaluación

La metodología de medición que se planteó busca obtener muestras representativas.

Cualquier medición de contaminación del aire comprende dos grandes problemas.

El primero es obtener una muestra representativa y adecuada y el segundo es determinar correctamente la concentración del contaminante de interés<sup>84</sup>.

---

<sup>83</sup> (NTP 021, 2000, págs. 3-4)

<sup>84</sup> (<http://www.ecopibes.com>, 2000, págs. 4-5)



La medición de la concentración ambiental del contaminante y la comparación de este valor con el valor límite pertinente. La medición de la concentración ambiental del agente químico deberá ser representativa de la exposición por inhalación y para ello tendrá que cumplir los requisitos siguientes:

- Las condiciones de trabajo al efectuar la medición deberán ser las habituales.
- El resultado debe corresponder al período de tiempo de referencia para el que está definido el valor límite con el que se vaya a comparar.
- La forma de expresión del resultado debe ser la misma que la utilizada por el valor límite con el que se vaya a comparar.
- Se utilizará una estrategia de medición (número de muestras, duración de cada muestra, momento de muestreo, etc.)
- Si existe normativa específica para el agente en cuestión, la estrategia de medición y el procedimiento de medida deberán cumplir los requisitos establecidos en ella.
- Los métodos de medición utilizados deberán garantizar la fiabilidad de los resultados<sup>85</sup>.

#### **2.3.7.3.1. Procedimiento para la medición de Material Particulado.**

La evaluación será función, entre otros factores, de las características propias de la actividad, de los agentes presentes y de los sistemas de control existentes.

En este apartado quedan comprendidos los siguientes puntos:

- Identificación de las exposiciones potenciales

---

<sup>85</sup> (REAL DECRETO 374/2001, 2001, págs. 13-18)

Conocer los agentes químicos presuntamente presentes en el puesto de trabajo, procedentes de materias primas, impurezas, productos intermedios, productos finales, productos de reacción y subproductos. Selección de los límites a aplicar.

- Determinación de los factores de exposición en el lugar de trabajo

Las características de los procesos y de los procedimientos de trabajo (tareas, proceso de producción, sistemas de control del riesgo, carga de trabajo, etc...) son determinantes para establecer un programa de medición y evaluación apropiado.

- Evaluación de la exposición

Para efectuar la comparación con el valor límite deben recogerse datos sobre la distribución temporal y espacial de las concentraciones en los puestos de trabajo, lo cuál supone realizar un proceso de medición fino.

- Selección de las condiciones de medición

Comprende la definición de todos los aspectos que hagan que los resultados sean representativos (muestreos personales en la zona respiratoria del trabajador), que correspondan con condiciones de trabajo y de las instalaciones normales que identifiquen las variaciones temporales (dentro de la jornada y en la jornada), etc...

Ocasionalmente, pero siempre que sea válido para evaluar la exposición del trabajador, es posible sustituir el muestreo personal por mediciones en un punto fijo o de la situación más desfavorable.

- Procedimiento de medida

El procedimiento de medida debe incluir aspectos tales como los agentes objeto de la evaluación, el procedimiento de muestreo y análisis, la duración del muestreo.

#### **2.3.7.3.2. Evaluación de la exposición por inhalación.**

La evaluación de los riesgos debe incluir la medición de las concentraciones del

agente en el aire o indicar las razones por las que no se considera necesario efectuar mediciones. El número de mediciones y las características de las mismas para determinar, con una probabilidad dada, el nivel de riesgo de una exposición ambiental.

### **2.3.7.3.3. Medición de Material Particulado**

El número de mediciones dependerá de:

Precisión necesaria

Proximidad al valor límite

Características del agente químico

#### **2.3.7.3.3.1. Condiciones de medida**

- **Lo ideal:**

Muestras personales que cubran toda la jornada de trabajo y sean representativas de las distintas tareas. Se pueden utilizar muestras ambientales si se puede relacionar con la exposición del trabajador.

- **Consideraciones:**

Se puede utilizar datos de tareas ya medidas.

Se puede mostrar en un número suficiente de días.

Tener en cuenta variaciones debidas a turnos o diferentes épocas del año.

Se puede utilizar procedimientos analíticos para identificar los periodos o los lugares de mayor exposición. Si la exposición no varía en un cierto periodo, no es necesario muestrearlo entero<sup>86</sup>.

---

<sup>86</sup> (TRASPADERNE Jose, 2008, págs. 35-37)

### 2.3.7.3.3.2. Métodos de Toma de muestras y análisis

- La evaluación de riesgos derivados de la exposición por inhalación a un agente químico peligroso deberá incluir la medición de las concentraciones del agente en el aire, en la zona de respiración del trabajador, y su posterior comparación con el valor límite ambiental que corresponda.
- También se menciona que los procedimientos de medida a utilizar se establezcan siguiendo la normativa específica que sea de aplicación, incluyendo aquella relativa a los requisitos exigibles a los instrumentos de medida, y que en todo caso se utilizarán métodos validados que proporcionen resultados con el grado de fiabilidad requerido.

Los requisitos más resaltables recogidos en esta norma exigibles a los métodos de toma de muestra y análisis para este tipo de determinaciones se resumen en:

- El intervalo de medida del método incluya, en todos los casos, el valor límite ambiental (VLA) correspondiente. En el caso de los valores límite de exposición diaria (VLA-EDR) deberá extenderse al menos de 0,1 VLA-EDR a 2 VLA-EDR. En cuanto a los valores límite de corta duración (VLA-ECR), el intervalo de medida se extenderá al menos de 0,5 VLA-ECR a 2 VLA-ECR.
- El tiempo de muestreo debe ser menor o igual que el período de referencia del valor límite, para aquellos métodos de medida cuyos resultados tienen por objeto la comparación con los valores límite.

Es de gran importancia, a la hora de seleccionar un método, el que se tengan en cuenta las consideraciones expuestas. La descripción de los métodos de toma de muestra y análisis seleccionados debería contener toda la información necesaria para llevar a cabo el procedimiento, con indicación expresa del intervalo de medida, de los límites de detección y cuantificación, de las interferencias y de las informaciones relativas a las condiciones ambientales u otras que pudiesen influir, además de la incertidumbre expandida alcanzable.

En todo caso, es aconsejable utilizar métodos recomendados y publicados por Instituciones de reconocido prestigio en este campo y que dispongan de programas de normalización y validación, especialmente aquellas que publican los protocolos de validación que recogen los requisitos exigidos a sus métodos y que junto con los métodos hacen publicos los resultados de la validación<sup>87</sup>.

#### **2.3.7.3.3.3. Características de las muestras**

Duración de cada muestra

Duración total del período de muestreo } Depende del período de exposición  
Hora adecuada del muestreo } y del tipo de valor límite.

Número de días necesarios para el muestreo

Tiempo entre dos evaluaciones

Basta con muestrear el 25% del período de exposición siempre y cuando la exposición durante el período sea homogénea.

#### **2.3.7.3.3.4. Consideraciones sobre el muestreo**

Siempre que sea posible la duración de las muestras se adaptará a las distintas fases o tareas de trabajo.

Siempre que sea posible se tomarán muestras de ciclos de trabajo (conjunto de tareas que se repiten una y otra vez durante la jornada)<sup>88</sup>.

---

<sup>87</sup> (MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACIÓN, 2011, págs. 20-27)

<sup>88</sup> (TRASPADERNE Jose, 2008, págs. 35-37)

#### 2.3.7.3.4. Duración de la medición

**Tabla 2.34. Mínimo numero de muestras en función de la duración de cada una de ellas. Fuente: (TRASPADERNE Jose, 2008, pág. 37)**

<b>Tiempo de Duración de la muestra (horas)</b>	<b>Número de muestras</b>
10 (seg)	30
1 (min)	20
5 (min)	12
15 (min)	4
30 (min)	3
1 (hora)	2
≥2 (horas)	1

#### 2.3.7.4. Exposición diaria (ED)

Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador medida, o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de ocho horas diarias.

Referir la concentración media a dicha jornada estándar implica considerar el conjunto de las distintas exposiciones del trabajador a lo largo de la jornada real de trabajo, cada una con su correspondiente duración, como equivalente a una única exposición uniforme de ocho horas.

#### 2.3.7.5. Exposición de corta duración (EC)

Es la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier período de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un período de referencia inferior, en la lista de Valores Límite.

Lo habitual es determinar las EC de interés, es decir, las del período o períodos de máxima exposición, tomando muestras de 15 minutos de duración en cada uno de

ellos. De esta forma, las concentraciones muestrales obtenidas coincidirán con las **EC** buscadas.

No obstante, si el método de medición empleado, por ejemplo basado en un instrumento de lectura directa, proporciona varias concentraciones dentro de cada período de 15 minutos.

### **2.3.7.6. Valores límite ambientales**

#### **2.3.7.6.1. Unidades de los Valores Límite Ambientales**

El valor límite para los gases y vapores se establece originalmente en ml/m<sup>3</sup> (ppm), valor independiente de las variables de temperatura y presión atmosférica, pudiendo también expresarse en mg/m<sup>3</sup> para una temperatura de 20°C y una presión de 101,3 kPa, valor que depende de las citadas variables. La conversión de ppm a mg/m<sup>3</sup> se efectúa utilizando la siguiente ecuación:

$$VLA \text{ en } mg/m^3 = \frac{(VLA \text{ en } ppm)(\text{peso molecular del agente químico en granos})}{24.04}$$

Siendo 24,04 el volumen molar en litros en tales condiciones estándar.

El valor límite para la materia particulada no fibrosa se expresa en mg/m<sup>3</sup> o submúltiplos y el de fibras, en fibras/m<sup>3</sup> o fibras/cm<sup>3</sup>, en ambos casos para las condiciones reales de temperatura y presión atmosférica del puesto de trabajo. Esto significa que las concentraciones medidas en estas unidades, en cualquiera de las condiciones de presión y temperatura, no requieren ninguna corrección para ser comparadas con los valores límite aplicable.

En ausencia de cualquier otra indicación los valores límite se refieren a la fracción inhalable.

#### **2.3.7.6.2. Tipos de Valores Límite Ambientales**

- **Valor Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED)**

Es el valor de referencia para la Exposición Diaria (ED), de esta manera los (VLA-ED) representan condiciones a las cuales se cree, basándose en los conocimientos actuales, que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos ocho horas diarias y 40 horas semanales durante toda su vida laboral, sin sufrir efectos adversos para su salud.

- **Valor Límite Ambiental-Exposición de Corta Duración (VLA-EC)**

Es el valor de referencia para la Exposición de Corta Duración (EC), el **VLA-EC** no debe ser superado por ninguna **EC** a lo largo de la jornada laboral.

Para aquellos agentes químicos que tienen efectos agudos reconocidos pero cuyos principales efectos tóxicos son de naturaleza crónica, el **VLA-EC** constituye un complemento del **VLA-ED** y, por tanto, la exposición a estos agentes habrá de valorarse en relación con ambos límites.

En cambio, a los agentes químicos de efectos principalmente agudos como, por ejemplo, los gases irritantes, sólo se les asigna para su valoración un **VLA-EC**<sup>89</sup>.

### **2.3.7.7. Valores límite de exposición**

#### **2.3.7.7.1. Valores Límite Ambientales:**

Valores límite de referencia para las concentraciones de los agentes químicos en la zona de respiración de un trabajador. Se distinguen dos tipos de Valores Límite Ambientales:

a) Valor Límite Ambiental para la Exposición Diaria: valor límite de la concentración media, medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo para la jornada laboral real y referida a una jornada estándar de 8 horas diarias.

b) Valor Límite Ambiental para Exposiciones de Corta Duración: valor límite de la concentración media, medida o calculada para cualquier periodo de 15 minutos

---

<sup>89</sup> (MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACIÓN, 2011, págs. 25-27)



a lo largo de la jornada laboral, excepto para aquellos agentes químicos para los que se especifique un periodo de referencia inferior.

### 2.3.7.7.2. Valor Límite Biológico:

El límite de la concentración, en el medio biológico adecuado, del agente químico o de uno de sus metabolitos o de otro indicador biológico directa o indirectamente relacionado con los efectos de la exposición del trabajador al agente en cuestión<sup>90</sup>.

**Tabla2.35. Valores Límite Ambientales.**

**Fuente:** (MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACIÓN, 2011, pág. 95)

Nº CE	CAS	AGENTE QUIMICO	VALORES LÍMITE			
			VLA-ED		VLA-EC	
			ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>
215-2314-61-0	1314-61-0	óxido de tántalo, polvo, Ta		5		
225-141-7	4685-14-7	Paracuat: Fracción inhalable respirable Fracción		0,5		
				0,1		
217-615-7	1910-42-5	Pracuatdicloruro		0,1		
200-271-7	56-38-2	Paratión		0,1		
		Partículas(insolubles o poco solubles)no especificadas de otra forma: Fracción inhalable Fracción respirable		10		
				3		

Teniendo esto en cuenta, las conclusiones pueden agruparse en tres categorías, a saber:

- **Exposición aceptable:** Significa que la exposición observada es de una magnitud tan pequeña que resulta prácticamente imposible que se superen los valores límite tanto en el período de tiempo en que se ha realizado la evaluación como en el futuro. En estas condiciones se considera la situación como aceptable, lógicamente mientras que no haya cambios de la situación que puedan modificar la exposición.

<sup>90</sup> (REAL DECRETO 374/2001, 2001, págs. 55-58)

- **Exposición inaceptable:** A esta conclusión puede llegarse bien porque las mediciones realizadas muestran que se superan los valores límites aplicables o bien porque, aunque no se hayan obtenido resultados superiores a los valores límite, la exposición medida es de tal magnitud que resulta probable que se superen los valores límite en algunas ocasiones no medidas directamente.

En estas condiciones se considera la situación como no aceptable, y lógicamente, se deberá proceder a su corrección.

- **Indeterminación:** Significa que la exposición observada es tal que no permite alcanzar ninguna de las dos conclusiones anteriores. Es decir, los resultados obtenidos en las mediciones no superan los valores límite pero no permiten concluir con una fiabilidad aceptable si se superarán en el futuro, ni tampoco permiten asegurar que no se superarán<sup>91</sup>.

#### **2.3.7.8. Métodos de Prevención y Reducción de Material Particulado.**

Por lo tanto, resulta imprescindible reducir al mínimo la exposición de los trabajadores a las concentraciones de polvo mediante la aplicación de medidas de control estricto.

Para prevenir el desarrollo de enfermedades pulmonares en los trabajadores de la minería se recomienda mejorar los controles técnicos mediante el barrenado en húmedo, la ventilación y la manipulación a distancia. En los casos en que no sean posibles controles técnicos eficaces, es obligado el uso de equipos de protección respiratoria aprobados, incluidos los respiradores.

La sustitución industrial de los agentes menos peligrosos puede reducir también la exposición ocupacional. Por último, es fundamental en cualquier programa de prevención la formación de los trabajadores y de las empresas en lo que respecta a los riesgos y medidas de control adecuadas.

Los trabajadores que presenten los primeros signos de cambios pulmonares han de

---

<sup>91</sup> (REAL DECRETO 374/2001, 2001, pág. 72)

ser asignados a otros puestos en los que no están expuestos a los riesgos del polvo<sup>92</sup>.

### **Son cuatro los principios básicos para el control definitivo del polvo:**

Reducir la generación de polvo en el desarrollo de la tarea.

Controlar y eliminar el polvo generado lo más cerca posible del punto de origen, evitando su paso al ambiente.

Control del polvo suspendido en el ambiente.

Consolidación del polvo sedimentado.

### **Suspensión de polvo en perforaciones de roca**

La técnica de control del polvo en las operaciones de perforación de rocas, se divide en dos grandes grupos:

- Vía húmeda.
- Evacuación en seco.

#### **Vía húmeda**

El equipamiento de las perforadoras con sistema de inyección de agua, supuso el primer gran paso para el control de la silicosis, ya que las tareas de perforación en seco estaban consideradas como las responsables de los más altos niveles de polvo.

El método consiste en la introducción de agua a través de la barrena hueca, hasta el fondo del taladro que se está perforando, consiguiendo de esta forma la fijación del polvo a medida que se va produciendo y justo en el lugar de origen.

El método requiere:

---

<sup>92</sup> (OIT, 1998, págs. 10-15 Tomo1, Cap10)

- Garantía en el suministro de agua.
- Dispositivo de eliminación de burbujas, debido a que el polvo respirable puede incorporarse a las burbujas, sin mojarse, pasando al ambiente una vez que estallen éstas en la boca del taladro.

### **Evacuación del polvo en seco**

Cuando el análisis de las diferentes condiciones técnicas de una labor desaconseja la vía húmeda, como sistema de barrido y por consiguiente como sistema de control del polvo, se hace necesario el uso de equipos perforadores dotados de captadores de polvo que eliminen éste justo a la salida de la boca del taladro.

Este sistema, aunque rudimentario, conseguía disminuirla concentración de polvo a nivel de vías respiratorias del operador, alejándolo del mismo y orientándolo en la dirección más favorable.

Posteriormente, y para controlar de manera eficaz el polvo en la perforación en seco se han desarrollado diferentes sistemas de aspiración, filtrado y eliminación<sup>93</sup>.

### **2.3.8. Trastornos músculo esqueléticos**

Los TME son procesos, que afectan principalmente a las partes blandas del aparato locomotor: músculos, tendones, nervios y otras estructuras próximas a las articulaciones.

Al realizar ciertas tareas, se producen pequeñas agresiones mecánicas (estiramientos, roces, compresiones), que cuando se repiten durante largos periodos de tiempo (meses o años), acumulan sus efectos hasta causar una lesión manifiesta.

Estas lesiones se manifiestan con dolor y limitación funcional de la zona afectada, que dificultan o impiden realizar el trabajo<sup>94</sup>.

---

<sup>93</sup> (NTP 257, 2000, págs. 1-8)

Su principal síntoma es el dolor localizado osteoarticular y muscular. Aunque en muchas ocasiones pueden tener origen extra-laboral, incluso pueden deberse a factores personales, son las condiciones de trabajo las que suelen desencadenar gran número de ellos, principalmente los relacionados con posturas forzadas, movimientos repetitivos, esfuerzos, manipulación manual de cargas y otros como ruido, frío, calor, estrés, etc., que están condicionadas por el diseño del puesto de trabajo, por el tipo de tareas que deben hacerse así como la organización de las mismas<sup>95</sup>.

Casi todas las enfermedades músculo queléticas guardan relación con el trabajo, en el sentido de que la actividad física puede agravarlas o provocar síntomas, incluso aunque las enfermedades no hayan sido causadas directamente por el trabajo.



**Fig. 2.30. Factores relacionados con los trastornos musculo esqueléticos.**

**Fuente:** (COMUNIDAD DE MADRID, 2003, pág. 1)

El sistema músculo quelético está formado en esencia por tejidos similares en las diferentes partes del organismo que presentan un extenso panorama de enfermedades. Los músculos son la localización más frecuente del dolor. En la región lumbar, los discos intervertebrales son los tejidos que habitualmente

<sup>94</sup> (<http://www.madrid.org>, 2003, págs. 1-5)

<sup>95</sup> (<http://www.upcomillas.es>, 2009, págs. 1-2)

presentan problemas. En el cuello y las extremidades superiores son frecuentes los trastornos de tendones y nervios, mientras que en las extremidades inferiores es la osteoartritis el proceso patológico más importante.

El método primario para la prevención de los trastornos músculo queléticos relacionados con el trabajo es volver a diseñarlo para optimizar la carga de trabajo y hacerla compatible con la capacidad de rendimiento físico y mental de los trabajadores. También es importante estimularles para que se mantengan en forma mediante el ejercicio físico regular<sup>96</sup>.

### **2.3.8.1. Músculos**

La actividad física puede aumentar la fuerza muscular y la capacidad de trabajo mediante cambios como el aumento del volumen muscular y de la capacidad metabólica.

Los diferentes patrones de actividad producen diversas adaptaciones bioquímicas y morfológicas en los músculos. En general, un tejido debe ser activo para poder seguir viviendo. La inactividad produce atrofia, sobre todo en el tejido muscular.

En consecuencia, los nervios que transportan las señales de los músculos al cerebro (aférentes sensitivos) pueden sensibilizarse con el tiempo, lo que significa que una dosis dada de sustancias causantes de dolor desencadena una respuesta de excitación más potente. Es decir, se reduce el umbral de activación, y exposiciones más pequeñas pueden producir respuestas mayores. Es interesante señalar que las células que normalmente sirven como receptores del dolor (nociceptores) en el tejido no lesionado se mantienen silentes, pero estos nervios pueden desarrollar también una actividad dolorosa continua que puede persistir incluso una vez terminada la causa del dolor.

---

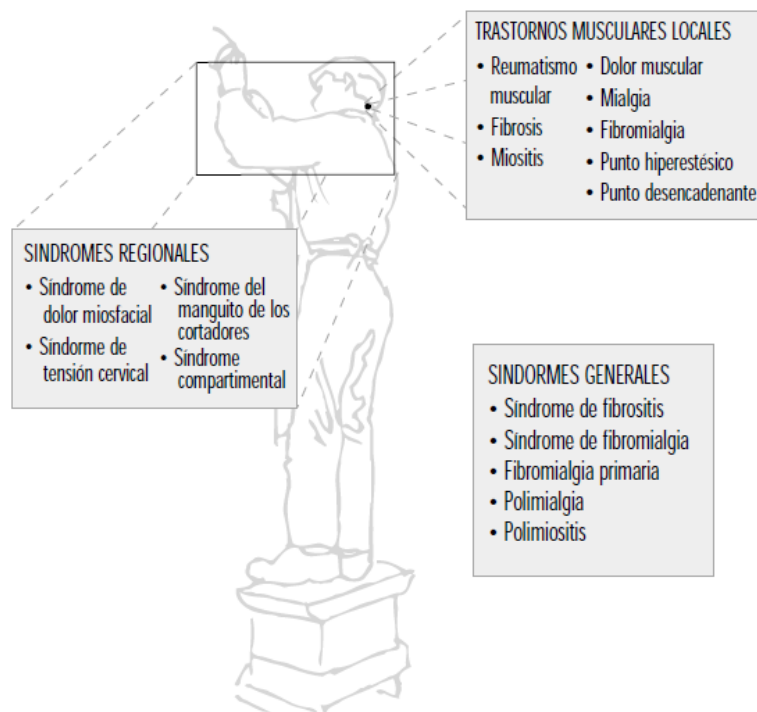
<sup>96</sup> (OIT, 1998, págs. 2-6)

### 2.3.8.1.1. Factores de riesgo

Los factores de riesgo de los trastornos musculares relacionados con el trabajo son: la repetición, fuerza, carga estática, postura, precisión, demanda visual y la vibración. Los ciclos inadecuados de trabajo/descanso son un factor de riesgo potencial de trastornos músculo queléticos si no se permiten suficientes períodos de recuperación antes del siguiente período de trabajo, con lo que nunca se da un tiempo suficiente para el descanso fisiológico.

### 2.3.8.1.2. Enfermedades profesionales

El dolor muscular relacionado con el trabajo se presenta casi siempre en la zona del cuello y los hombros, el antebrazo y de la región lumbar. Aunque es una causa importante de baja laboral, existe una gran confusión en cuanto a la clasificación del dolor y a los criterios diagnósticos específicos. Los términos utilizados habitualmente se presentan en tres categorías:



**Fig. 2.31. Clasificación de las enfermedades musculares.**

**Fuente:** (OIT, 1998, págs. 4 Tomo1, Cap 6)

Cuando se supone que el dolor muscular está relacionado con el trabajo, se puede clasificar en uno de los siguientes trastornos:

- Trastornos profesionales cervicobraquiales (TPC).
- Lesión por tensión de repetición (LTR).
- Trastornos traumáticos acumulados (TTA).
- Síndrome de (lesión por) uso excesivo.
- Trastornos del cuello y de las extremidades superiores relacionados con el trabajo.

La taxonomía de los trastornos del cuello y de las extremidades superiores relacionados con el trabajo demuestra claramente que la etiología incluye cargas mecánicas externas, que bien pueden ocurrir en el lugar de trabajo. Además de los trastornos en el propio tejido muscular, en esta categoría se incluyen también los de otros tejidos blandos del sistema músculo quelético.

Hay que destacar que los criterios diagnósticos quizá no permitan identificar la localización del trastorno específicamente en uno de estos tejidos blandos. De hecho, es probable que en la percepción del dolor muscular influyan cambios morfológicos en las uniones músculotendinosas. Esto hace recomendable la utilización del término fibromialgia para los trastornos musculares locales.

El síndrome de dolor miofascial, el síndrome de tensión cervical (en el cuello) y el síndrome del manguito de los rotadores son trastornos dolorosos localizados que pueden considerarse enfermedades relacionadas con el trabajo.

#### **2.3.8.2. Tendones**

La deformación que se produce al aplicar y retirar una fuerza se denomina deformación “elástica”. La producida después de la aplicación o la retirada de una fuerza se denomina deformación “viscosa”. Debido a que los tejidos del



organismo presentan propiedades tanto elásticas como viscosas, se denomina “viscoelásticos”.

Si el tiempo de recuperación entre esfuerzos sucesivos no es lo bastante largo para una fuerza y duración dadas, la recuperación no será completa y el tendón sufrirá un estiramiento adicional con cada esfuerzo sucesivo.

Los tendones pueden definirse como estructuras compuestas con haces paralelos de fibras de colágeno dispuestas en una matriz gelatinosa de mucopolisacárido. Las fuerzas de tracción en los extremos del tendón eliminan las ondulaciones y causan el enderezamiento de las bandas de colágeno. Cargas adicionales producen el estiramiento de las bandas enderezadas. En consecuencia, el tendón se hace más rígido a medida que se alarga.

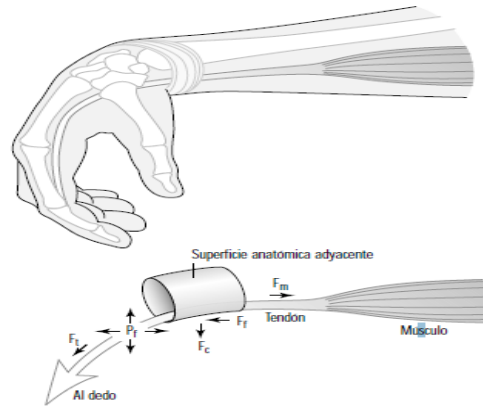
Fuerzas de compresión perpendiculares al eje largo del tendón hacen que las bandas de colágeno se aproximen entre sí, lo que ocasiona el aplanamiento del tendón. Fuerzas de cizallamiento laterales al tendón producen el desplazamiento de las bandas de colágeno más próximas a la superficie con respecto a las más alejadas, lo que da un aspecto sesgado al perfil del tendón.

#### **2.3.8.2.1. Los tendones como estructuras**

A través de los tendones se transmiten las fuerzas que mantienen el equilibrio estático y dinámico en los diversos requerimientos del trabajo. Los músculos, al contraerse, tienden a rotar las articulaciones en una dirección, mientras que el peso del cuerpo y de los objetos del trabajo tiende a rotarlas en la opuesta. No es posible la determinación exacta de estas fuerzas de los tendones, ya que alrededor de cada estructura articular actúan numerosos músculos y tendones; no obstante, es posible demostrar que las fuerzas musculares que actúan sobre los tendones son mucho mayores que el peso o las fuerzas de reacción de los objetos del trabajo.

Las fuerzas ejercidas por los músculos al contraerse se denominan fuerzas de tracción porque estiran el tendón. Estas fuerzas pueden demostrarse tirando de los extremos de una banda de goma. Los tendones también están sujetos a fuerzas

compresoras y de cizallamiento, y a presiones de líquidos, para los tendones flexores de los dedos en la muñeca.



**Fig. 2.32. Diagrama esquemático de un tendón estirado alrededor de una superficie anatómica o polea.**

**Fuente:** (OIT, 1998, págs. 5 Tomo1, Cap 6)

#### 2.3.8.2.2. Los tendones como tejidos vivos

La fuerza de los tendones contradice la fragilidad de los mecanismos fisiológicos subyacentes por los que se nutren y curan.

Intercaladas dentro de la matriz del tendón hay células vivas, terminaciones nerviosas y vasos sanguíneos. Las terminaciones nerviosas proporcionan información al sistema nervioso central para el control motor y para advertir de sobrecargas agudas. Los vasos sanguíneos desempeñan un papel importante en la nutrición de ciertas zonas del tendón. Algunas zonas de los tendones son avasculares y dependen de la difusión del líquido secretado por los revestimientos sinoviales de las vainas externas de los tendones (Gelberman y cols. 1987). El líquido sinovial lubrica también los movimientos de los tendones. Las vainas sinoviales se encuentran en las localizaciones donde los tendones entran en contacto con las superficies anatómicas adyacentes.

### **2.3.8.2.3. Trastornos de los tendones**

Se ha demostrado que los trastornos de los tendones se producen según patrones previsibles (Armstrong y cols. 1993). Se localizan en las partes del organismo con altas concentraciones de tensión (ej., en los tendones del supraespinoso, el bíceps y los flexores y extensores de los dedos). Asimismo, existe una asociación entre la intensidad del trabajo y la prevalencia de trastornos tendinosos.

Este patrón también se ha demostrado en deportistas aficionados y profesionales (Leadbetter 1989). Los factores comunes, tanto en los trabajadores como en los deportistas, son los esfuerzos repetidos y la sobrecarga de las unidades musculotendinosas.

Dentro de ciertos límites, las lesiones producidas por sobrecarga mecánica se curarán<sup>97</sup>.

Los efectos de la carga repetida son evidentes en los tendones del flexor de los dedos en el antebrazo, en el punto donde contactan con las paredes interiores del túnel de carpo (Louis 1992; Armstrong y cols. 1984). Se ha demostrado que existe un engrosamiento progresivo del tejido sinovial entre los bordes del túnel del carpo y el centro, donde las tensiones de contacto sobre los tendones son máximas.

### **2.3.8.3. Huesos y Articulaciones**

El hueso y el cartílago forman parte de los tejidos conjuntivos especializados que constituyen el sistema esquelético. El hueso es un tejido vivo que se repone a sí mismo continuamente. Su dureza es la adecuada para la tarea de proporcionar una función de soporte mecánico, mientras que la elasticidad del cartílago lo es para proporcionar a las articulaciones la capacidad de moverse. Tanto el cartílago como el hueso están formados por células especializadas que producen y controlan una substancia intercelular de material en su exterior. Esta substancia es

---

<sup>97</sup>ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO. (Tomo1, Cap6, Pag2-16).

abundante en colágenos, proteoglicanos y proteínas no colágenas. En la misma también están presentes minerales.

La parte externa del hueso se denomina corteza, y está formada por hueso compacto. La parte interna es más esponjosa (hueso trabecular) está rellena de médula ósea formadora de sangre (hematopoyética). Las partes interna y externa del hueso poseen diferentes índices de recambio metabólico, lo que tiene consecuencias importantes para la osteoporosis en etapas posteriores de la vida. El hueso trabecular se regenera a mayor velocidad que el hueso compacto, motivo por el que la osteoporosis se observa primero en los cuerpos vertebrales de la columna, que poseen grandes cantidades de hueso trabecular.

El hueso del cráneo y de otras zonas específicas se forma directamente mediante formación ósea (osificación intramembranosa), sin pasar por fase intermedia de cartílago. Los huesos largos de las extremidades se desarrollan a partir de cartílago, por un proceso denominado osificación endocondral. Este proceso es el que da lugar al crecimiento normal de los huesos largos, a la reparación de las fracturas y, en la vida adulta, a la formación específica de hueso nuevo en las articulaciones con osteoartritis<sup>98</sup>.

El osteoblasto es un tipo de célula ósea responsable de la síntesis de los componentes de la sustancia intercelular en el hueso: el colágeno específico

(Tipo I) y los proteoglicanos. Los osteoblastos sintetizan también otras proteínas no colágenas del hueso, algunas de las cuales pueden medirse en suero para determinar el índice del recambio óseo.

La otra célula ósea específica se denomina osteoclasto, y es la responsable de la resorción ósea. En circunstancias normales, se reabsorbe el tejido óseo viejo al tiempo que se genera tejido óseo nuevo. El hueso es reabsorbido mediante la producción de enzimas que disuelven las proteínas. El recambio óseo se denomina remodelación y en condiciones normales es un proceso equilibrado y coordinado

---

<sup>98</sup>ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO. (Tomo1, Cap6, Pag2-16).

de resorción y formación. La remodelación está influida por hormonas corporales y por factores de crecimiento locales.

Las articulaciones móviles (diartrodiales) se forman entre dos huesos que se ajustan entre sí. Las superficies articulares están diseñadas para el soporte de peso y para admitir una cierta amplitud de movimiento. La articulación está dentro de una cápsula fibrosa, cuya superficie interna es una membrana sinovial, que secreta líquido sinovial. La superficie articular está formada por cartílago hialino, bajo el cual existe un fondo de hueso duro (subcondral). Dentro de la articulación, los ligamentos, tendones y estructuras fibrocartilaginosas (meniscos en ciertas articulaciones, como la rodilla) proporcionan estabilidad y una adaptación exacta entre las superficies articulares. Las células especializadas de estos componentes articulares sintetizan y mantienen las macromoléculas de la sustancia intercelular cuyas interacciones son las responsables del mantenimiento de la resistencia a la tracción de ligamentos y tendones, el tejido conjuntivo laxo que soporta los vasos sanguíneos y los elementos celulares de la membrana sinovial, el líquido sinovial viscoso, la elasticidad del cartílago hialino y la resistencia rígida del hueso subcondral<sup>99</sup>.

#### **2.3.8.3.1. Enfermedades específicas de huesos y articulaciones**

Osteopenia es el término general utilizado para describir la reducción de la sustancia ósea detectada radiológicamente. A menudo asintomática en las primeras fases, puede manifestarse finalmente como debilitamiento de los huesos. Casi todos los procesos reseñados a continuación producen osteopenia, aunque difieren los mecanismos.

La osteoartritis es el principal trastorno crónico de ciertas articulaciones móviles, y su incidencia aumenta con la edad.

Las principales articulaciones que soportan carga propensa a la osteoartritis son la cadera, la rodilla, los pies y las articulaciones de la columna vertebral. El hombro, aunque no soporta peso, también puede sufrir diversas alteraciones artríticas,

---

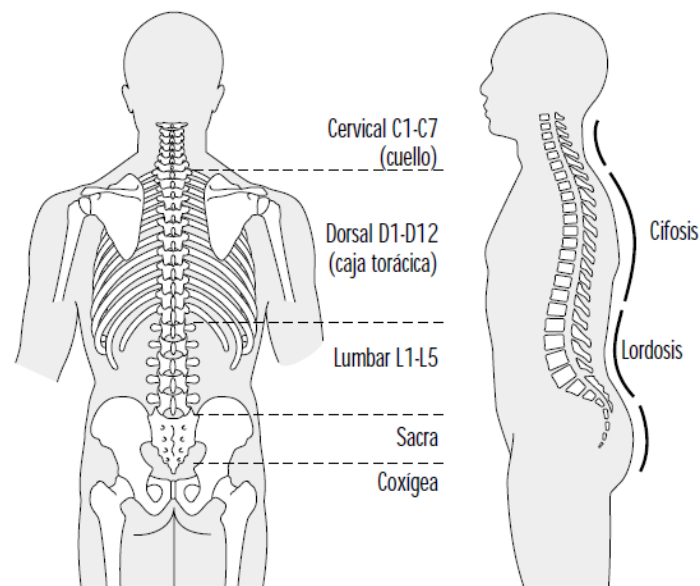
<sup>99</sup>ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO. (Tomo1, Cap6, Pag2-16).

como desgarro del manguito de los rotadores, subluxación de la cabeza humeral y un derrame rico en enzimas proteolíticas, un cuadro clínico a menudo conocido como “hombro de Milwaukee” que va acompañado de dolor importante y de limitación de la movilidad. La principal alteración en la artrosis es sobre todo la degradación del cartílago, aunque radiológicamente suele observarse la formación de hueso nuevo, los denominados osteofitos.

### 2.3.8.3.2. Procesos que afectan Espalda y Columna Vertebral

Los que afectan a la espalda y la columna vertebral: cervicalgia, dorsalgia, lumbalgia, hernias del disco intervertebral, compresión de las raíces nerviosas, etc.

Estudios epidemiológicos han demostrado que existe una mayor incidencia de dolor lumbar en los sujetos expuestos a niveles altos de vibración. La columna vertebral es susceptible a las lesiones a sus frecuencias naturales, sobre todo desde 5 a 10 Hz. Numerosos vehículos provocan vibraciones a estas frecuencias<sup>100</sup>.



**Figura.2.33. Columna Vertebral, sus vértebras y curvaturas.**

**Fuente:** (OIT, 1998, págs. 11 Tomo1, Cap 6 )

---

<sup>100</sup> (OIT, 1998, págs. 6-16 Tomo1, Cap 6)

### **2.3.8.3.2.1. Región Lumbar**

El dolor lumbar se asocia a diversos factores psicosociales laborales, como el trabajo monótono y el realizado con agobio de tiempo, así como el escaso apoyo social por parte de los compañeros y superiores. Los factores psicosociales afectan a la comunicación y a la recuperación del dolor lumbar, pero existe controversia acerca de su papel etiológico.

El dolor lumbar crónico se asocia a factores psicológicos (ej., depresión), pero no todas las personas que lo sufren presentan problemas psicológicos. Se han utilizado diversos métodos para diferenciar el dolor lumbar causado por factores psicológicos del ocasionado por factores físicos, pero los resultados han sido contradictorios. Los síntomas de tensión mental son más frecuentes en las personas con dolor lumbar que en las asintomáticas, e incluso parece que la tensión mental pueda ser un factor de predicción de la incidencia de dolor lumbar en el futuro.

### **Carga sensorial**

Considera la sensomotricidad y la carga sensorial separadamente de la carga mental, teniendo en cuenta las muchas tareas en las funciones sensoriales son importantes o apremiantes, mientras que las operaciones mentales o intelectuales son muy escasas.

Este factor incluye la atención, en el sentido de disponibilidad sensorial u orientación electiva, a la recepción de señales e información procedente del medio de trabajo, que determina la evaluación situacional y la toma de decisiones.

La discriminación sensorial se refiere a la capacidad de recibir y seleccionar información del medio externo, reconocer formas, objetos, sonidos, matices, texturas, orientaciones, etc., que permitan efectuar discriminación de colores, distancias, tamaños, detalles, defectos, temperaturas, consistencia, etc.

### **Complejidad contenido del trabajo**

Este factor es identificable con el de carga mental en el sentido operacional, si bien la carga mental suele ser la presión sobre las personas resultante de la complejidad y exigencias intelectuales de las tareas.

Como se ha señalado no existe hasta la fecha un método fiable y preciso para la evaluación de la carga mental, incluyendo o no las cargas sensoriales. La norma ISO 10075 denominada principios ergonómicos relacionados con la carga mental de trabajo contempla los procesos basados en la experiencia y la conducta humana que están relacionados con las funciones cognitivas, informacionales y emocionales del ser humano. El término mental se emplea en la medida en que los procesos que implican no pueden analizarse fácilmente por separado.

### **Turnos / Horarios. Pausas (tiempo de trabajo)**

La organización del tiempo de trabajo es uno de los factores más importantes que pueden influir directamente sobre la cantidad/calidad del trabajo y la fatiga del trabajador, e incluso condiciona la vida privada.

A su vez, algunos aspectos básicos de este factor están determinados en otros ámbitos y sobrepasan las posibilidades de articulación ergonómica, si bien quedan otros muchos aspectos que pueden analizarse y mejorarse.

Se utiliza el método desarrollado por LEST y P, DUBOIS considerando el tipo de horario y relaciones del tiempo con la organización del trabajo.

### **2.3.8.4. Enfermedades en Extremidades Superiores**

Los que afectan a las extremidades superiores e inferiores: Tendinitis, tenosinovitis, epicondilitis, bursitis, mialgias, gangliones, neuropatías por presión

(Síndrome del túnel carpiano, Síndrome del desfiladero torácico), etc.

### **Enfermedades**

- Epicondilitis

Movimientos compuestos de codo y muñeca



Fuerza en trabajo dinámico codo

- STC

Flexo extensión de dedos, muñeca

Desviación Ulnar y Radial

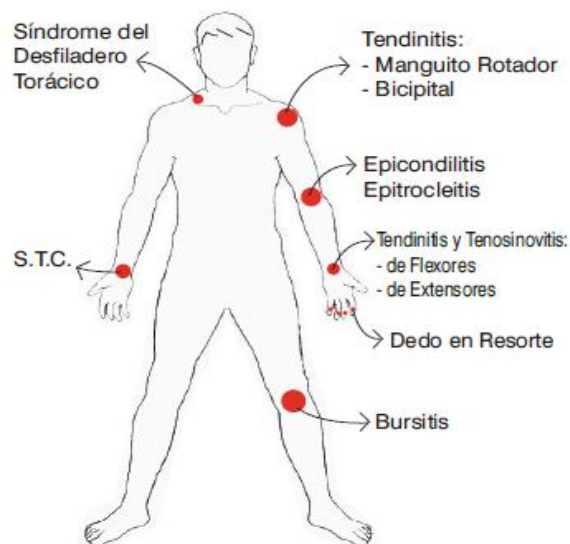
Repetitividad

Fuerza

Vibración

- Enfermedad de Quervain

Postura forzada de muñeca con repetitividad<sup>101</sup>.



**Figura.2.34: Extremidades Superiores.**

**Fuente:** (<http://www.madrid.org>, 2003, pág. 8)

---

<sup>101</sup> (<http://www.madrid.org>, 2003, págs. 4-12)

## 2.4. Hipótesis

La aplicación de un estudio ergonómico que contemple legislación y normativa vigente, permitirá evidenciar los problemas músculo esqueléticos y mejorar el ambiente laboral de los trabajadores de la maquinaria en la mina de Constructoras Alvarado-Ortiz.

## 2.5. Señalamiento de variables

**Variable Independiente:** Estudio Ergonómico

**Variable Dependiente:** Problemas Musculoesqueleticos y mejoramiento laboral.

### Categorización

### Supereordinación de Variables

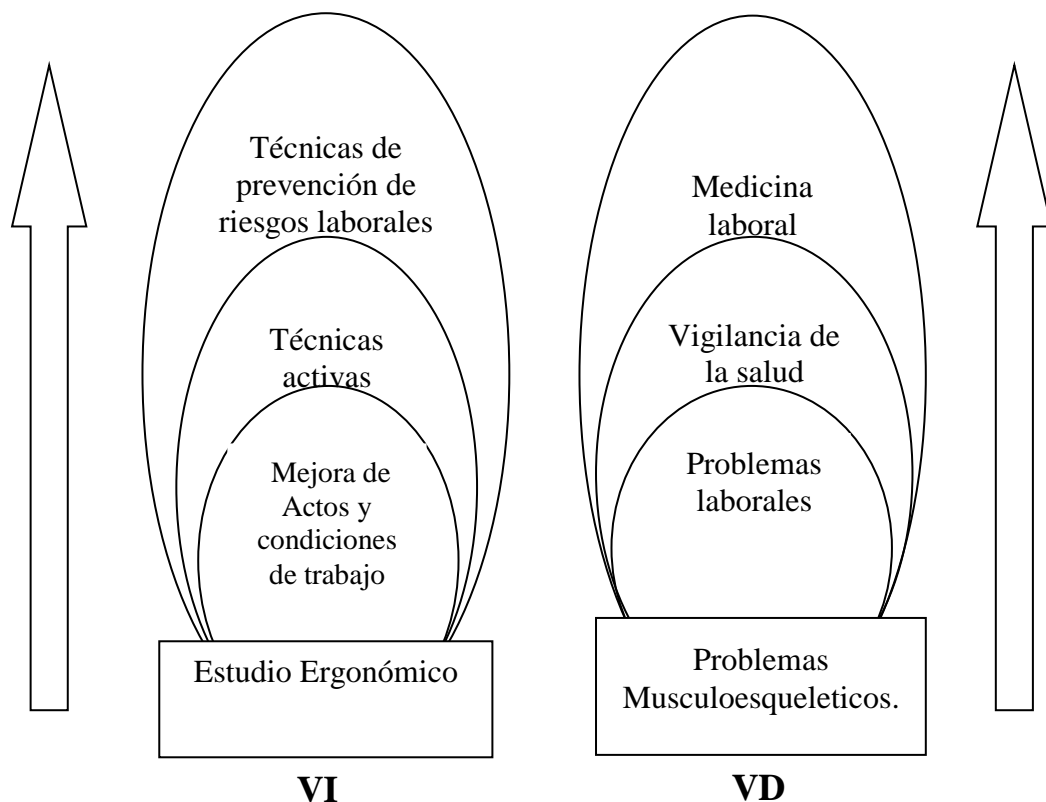


Fig. 2.5. Supereordinación de variables (Fuente Autor)

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Modalidad básica de la investigación**

A la investigación que estamos realizando le daremos un enfoque cuali-cuantitativo, porque el paradigma a utilizarse en las dos partes de la investigación, acorde con una realidad cambiante, que demanda respuestas integrales, con un compromiso de búsqueda para la mejor calidad de vida del ser humano, en cambio a lo que concierne a factores de riesgo físicos dentro de ergonomía ambiental daremos un enfoque cuantitativo, de acuerdo a las necesidades de dar un valor significativo para una mejor aceptación en soluciones.

Y está dado por la preferente utilización de los siguientes datos:

- Identificar los riesgos laborales en la maquinaria de la mina de Constructoras Alvarado-Ortiz.
- Medir los factores de riesgo ergonómico.
- Utilizar métodos estandarizados en la evaluación de riesgos ergonómicos.

El diseño de la investigación estará de acuerdo con las siguientes modalidades:

##### **3.1.1. Investigación bibliográfica**

Profundizar diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre la aplicación de la ergonomía (normas, reglamentos, leyes...etc.) basándose en documentos (fuentes primarias), o en libros, revistas y otras publicaciones (fuentes secundarias).

### **3.1.2. Investigación de campo**

Es importante porque en la mina de Constructoras Alvarado-Ortiz se obtuvo información de los procesos y actividades en los cuales se realizó la identificación inicial de riesgos ergonómicos.

### **3.2. Nivel o tipo de investigación**

Para el presente trabajo de investigación, nos referimos a los siguientes:

#### **3.2.1. Investigación exploratoria**

Permite el planteamiento del problema, a fin de tener una idea precisa de lo que se desea estudiar, por tanto viene a constituirse en un soporte para el cabal conocimiento del problema y al diseño de la propuesta.

Se la utilizó porque permitirá un contacto y familiarización con la realidad estudiada, con los datos y elementos de juicio obtenidos permitió plantear problemas o formular la hipótesis de investigación y planificar éstas con un mayor rigor científico y ajustado a la realidad imperante.

#### **3.2.2. Investigación descriptiva**

El problema en una circunstancia temporal- espacial, esta investigación fue el más adecuado al problema de un inexistente estudio ergonómico de los puestos de trabajo en la maquinaria de la mina de Constructoras Alvarado-Ortiz, de la Ciudad de Ambato.

#### **3.2.3. Investigación correlacional**

Medir el grado de relación que existe entre dos o más variables, examinar asociaciones, donde el cambio en una variable va a influir directamente en el cambio de la otra.

#### **3.2.4. Investigación explicativa**

Esta investigación permitió dar capacidad de análisis, síntesis e interpretación, en este problema específico orientado a identificar las causas principales de un inexistente estudio ergonómico en la maquinaria de Constructoras Alvarado-Ortiz.

### **3.2.5. Investigación Experimental**

Es indispensable puesto que en el desarrollo del trabajo se analizó y evaluó los datos de monitoreo para la cuantificación de los riesgos.

### **3.3. Población y muestra**

Para el desarrollo del presente trabajo, la población objeto de estudio, hace referencia a la mina de Constructoras Alvarado-Ortiz.

**3.3.1. Población.-** Son 6 los operadores encargados de la maquinaria pesada y extra-pesada en la Constructoras Alvarado-Ortiz.

**3.3.2. Muestra.-** No existe muestra porque se escogio a toda la población.

### **3.4. Operacionalización de variables**

Es el proceso por medio del cual se pasa del plano abstracto de la investigación a un plano concreto, transformando la variable a categorías, las categorías a indicadores, los indicadores a ítems para facilitar la recolección de información por medio de un proceso de deducción lógica. Todo esto para probar la hipótesis como se lo demuestra en las tablas 3.1 y 3.2, de las variables independiente y dependiente.

**3.4.1. Variable Independiente:** Estudio Ergonómico.

Tabla 3.1. Variable Independiente (Fuente Autor)

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
<p>A nivel técnico; es una tecnología de las comunicaciones entre el hombre y las máquinas.</p> <p>A nivel laboral; es la disciplina que tiene como meta primordial la de medir las capacidades del hombre y ajustar el ambiente para ellas.</p> <p>A nivel metodológico; es un conjunto de estudios e investigaciones sobre la organización metódica del trabajo, en función de las posibilidades del hombre.</p> <p>A nivel legal: representa "leyes del trabajo", que son operaciones de carácter multidisciplinario encargadas del estudio de la conducta y las actividades de las personas.</p>	Hombre	<p>Posturas del cuerpo</p> <p>Ángulos de confort</p>	<p>¿El operador se adapta a la máquina en el día laboral?</p>	Observación .- Directa
	Máquina	Vibraciones	<p>¿Qué malestar provoca la máquina al operador?</p>	<p>Observación .- Directa</p> <p>Ficha de observacion</p>
	Ambiente Laboral	Ruido	<p>¿Se han desarrollado mediciones del ambiente laboral?</p>	<p>Observación .- Directa</p> <p>Ficha de observacion</p>
		<p>Ambiente térmico</p> <p>Material Particulado</p>	<p>¿Cumplen disposiciones legales de seguridad en el trabajo?</p>	<p>Observación .- Directa</p> <p>Ficha de observacion</p>

**3.4.2. Variable Dependiente:** Problemas Musculoesqueleticos y Mejoramiento ambiente laborar.

Tabla 3.2. Variable Dependiente (Fuente Autor)

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
Los problemas músculo esqueléticos son una infinidad de dolencias que aqueja al trabajador, acareando a la incapacidad temporal o permanente.	Problemas	Sensoriales Musculares Mentales	¿Existe un plan de manejo de riesgos ergonómico que ayude a prevenir los problemas Músculo esqueléticos y que mejore el ambiente laboral?	Encuesta
Los métodos ergonómicos que cuantifican los problemas músculo esqueléticos con una serie de estándares relacionados con la gestión de seguridad y salud ocupacional.	Estándares	Seguridad y salud ocupacional.	¿Existe un manual que indique la causa de los problemas músculo esqueleticos?	Observación .- Directa
Estos métodos buscan a través de una gestión sistemática y estructurada asegurar el mejoramiento de la salud y seguridad del trabajador.	Métodos	Evaluación de condiciones del espacio de trabajo	¿En su labor diaria existen normas o estándares de seguridad y salud en la operación de maquinaria?	Observación .- Directa

### **3.5. Plan de recolección de información**

La información del presente proyecto está basada en la observación directa y aplicación de los métodos para poder identificar los factores de riesgo ergonómico.

Los pasos que se utilizó para la recopilar los datos del estudio se detalla a continuación:

- Determinar muestra y población.
- Investigación de instrumentos para recopilar información.
- Depuración de los instrumentos descritos.
- Adquisición de los instrumentos.
- Aplicación de los instrumentos desarrollados a la muestra.
- Tabulación de datos
- Procesamiento de la información
- Verificación de los objetivos específicos

### **3.6. Plan de procesamiento de la información**

El método que se utilizará para procesar la información la describiremos en cada etapa del proceso de gestión de riesgos:

- Identificación del peligro por alteraciones musculo esqueléticas en los operadores de maquinaria, utilizando estadísticos de ausentismos, y enfermedades relacionadas con trastornos musculo esqueléticos.
- Estimación del riesgo:

Revisión crítica de la información usando una matriz de riesgos de probabilidad, recomendada por el Ministerio de Relaciones Laborales del Ecuador para



identificar la actividad con exposición a más factores de riesgos. Y luego se significó los factores de riesgo ergonómico críticos.

- Valoración de riesgos:

Utilización de la guía técnica de evaluaciones recomendada por el Real Decreto para la evaluación ergonómica de puestos de trabajo y sacar un ponderado de la exposición a los factores de riesgo considerados como incidentes en la aparición de trastornos músculo esqueléticos en los operadores de maquinaria; por lo que se valoró: Angulos de posiciones de referencia, tipo de agarre, características de la actividad muscular y Carga física estática postural con el método REBA, Condiciones térmicas con el método WBGT, Ruido, Vibraciones y concentración de material particulado (dosis).

- Control

Al final de acuerdo a los resultados en cuanto a: contenido de trabajo, condiciones del espacio y confort del trabajo, factores organizacionales, se desarrolla medidas de control adecuadas en un programa de prevención de Trastornos Musculo esqueléticos usando formato y estructura recomendada por la legislación Ecuatoriana y el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del trabajo de España para que sean aplicables y tengan seguimiento.

## **CAPITULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

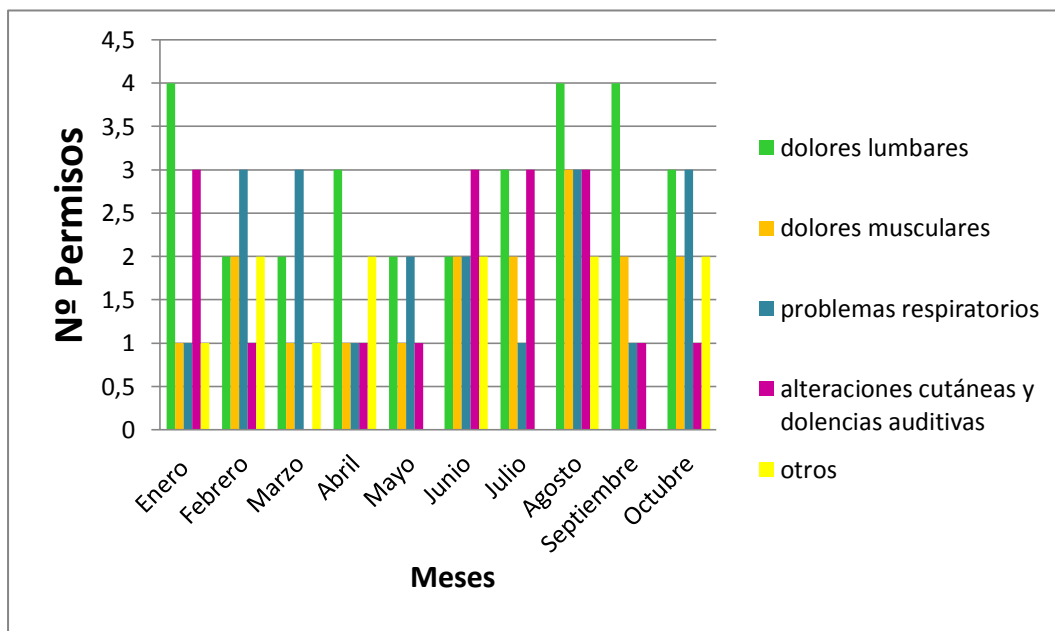
#### **4.1. Análisis de Resultados**

El análisis de las variables que intervienen en los métodos de evaluación ergonómicos utilizados además en los procedimientos y métodos de evaluación de riesgos físicos y mecánicos (ruido, vibración y material particulado) son aprobados por el INSHT y se basan en métodos cuantitativos, estadísticos cuyos procedimientos fueron desarrollados por expertos.

A continuación detallaremos los resultados de la evaluación de los riesgos ergonómico, físico y psicosociales obtenidos en la investigación para cada puesto de trabajo utilizando el método adecuado.

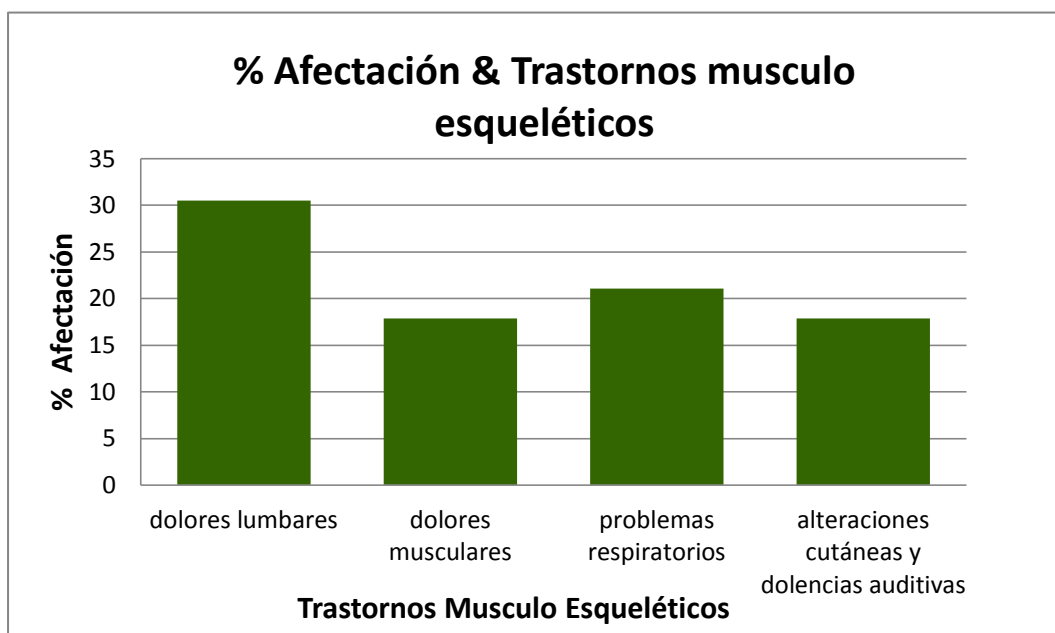
##### **4.1.1. Identificación del peligro por presencia de lesiones y ausentismo causado por trastornos músculo esqueléticos.**

El método utilizado se basa en ordenar los registros de permisos y ausentismo por dolores lumbares, musculares, problemas respiratorios, alteraciones cutáneas y dolencias auditivas proporcionado por los Jefes de planta del departamento de Producción de la Constructora Alvarado-Ortiz, para identificar cuál de ellos es el más recurrente. **(Anexo1)**



**Grafica 4.1. Índice de Lesiones por TME 2011**

**Fuente:** Departamento de Producción Constructoras Alvarado-Ortiz.



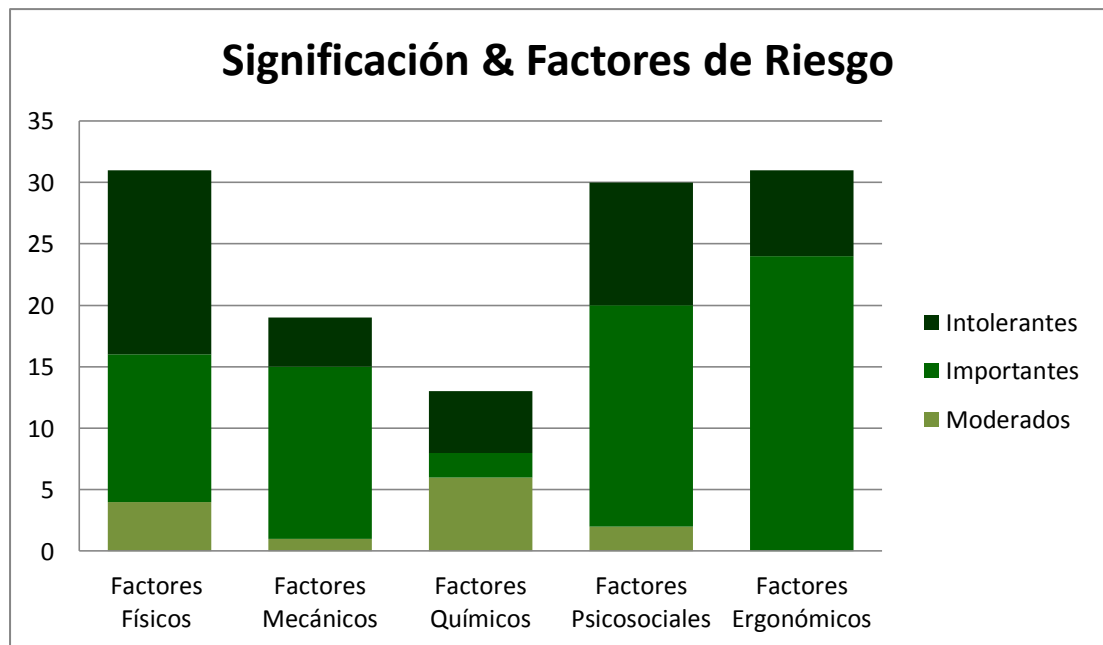
**Grafica 4.2. Porcentaje de Afectación para trastornos musculoesqueléticos**

**Fuente:** Autor

Se aplica la matriz triple efecto utilizada por el Ministerio de Relaciones Laborales, para identificar los riesgos de mayor significación (**Anexo2**). Obteniendo la priorización de los factores de riesgo como se muestra a continuación:

**Tabla 4.1. Estimación de los Factores de Riesgo. (Fuente: Autor).**

Factores de Riesgo	Interacciones		
	Moderados	Importantes	Intolerantes
Factores Físicos	4	12	15
Factores Mecánicos	1	14	4
Factores Químicos	6	2	5
Factores Psicosociales	2	18	10
Factores Ergonómicos	0	24	7



**Grafica 4.3. Significación de los Factores de Riesgo.**

Fuente: Autor

#### **4.1.2. Estimación del Riesgo**

De los resultados de la significación de riesgos según la matriz PGV de todas las actividades realizadas en la Constructoras Alvarado-Ortiz se observa que el factor de riesgo con mayor número de interacciones entre: intolerables, importantes y moderados son los factores físicos con 31. (**Anexo3**)

Y para la aparición de los trastornos musculo esqueléticos en los operadores son los riesgos Físicos, psicosociales y ergonómicos con 92 interacciones de las cuales 6 son moderadas, 54 importantes y 32 intolerables por lo que es necesario actuación inmediata.

#### **4.1.3. Evaluación del riesgo.**

##### **4.1.3.1. Factores de riesgo físicos**

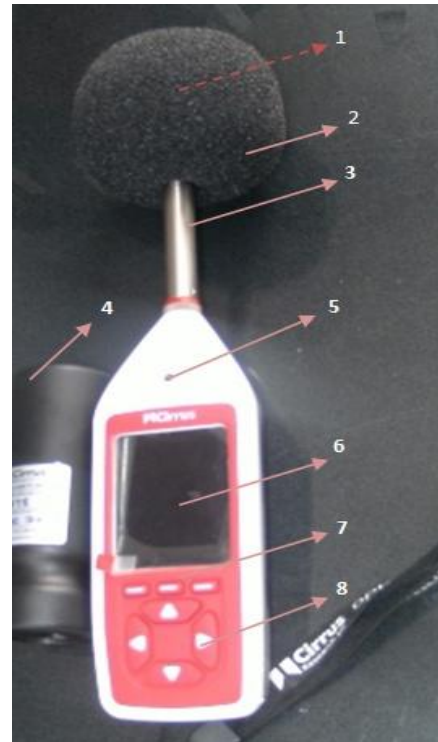
Se procede a evaluar al trabajador en las áreas de mayor riesgo físico ergonómico y psicosocial (**Anexo4**), en base a las normas ISO 9613 (Ruido), ISO 5349-2631 (Vibraciones VMB- VCC), ISO/TR 7708: 1983. (Agentes Químicos) y NTP 322, 601; y que se detallan a continuación:

- **Ruido**

##### **Instrumentación**

Las mediciones de ruido estable se efectuarán con un sonómetro integrador-promediador que cumpla como mínimo con las exigencias para un instrumento Tipo 2, establecidas en las normas CEI-804. El certificado de los equipos encontramos en los Anexo (5).

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Microfono
2	Esfera antiviento
3	Amplificador
4	Pistofono (calibrar)
5	Sensor ambiental
6	Display
7	Teclas suaves
8	Teclas de control



**Figura.4.1: Sonómetro**

**Fuente:** Autor

### **Procedimiento de Medición de Ruido**

#### **a.) Ubicación del instrumento**

Las mediciones se efectuaron en cada puesto de trabajo designado respectivamente con la presencia del trabajador, ubicando el micrófono del instrumento de medición a 10cm de nivel del oído (sentado o de pie, según corresponda).



**Figura.4.2: Ubicación del micrófono con la presencia del trabajador (De pie).**

**Fuente:** Autor



**Figura.4.3: Ubicación del micrófono con la presencia del trabajador (Sentado).**

**Fuente:** Autor

## **b.) Tiempo de Medición**

La evaluación se realiza mediante la medición de los decibeles ( $L_{Aeq}$ ) con un valor promedio en distintos puestos de trabajo a través del sonómetro integrador-promediador. La determinación que se hace respecto al tipo de ruido en las tareas realizadas considerando el intervalo de medida y el periodo de tiempo.

La jornada laboral consta de 8-10 horas, se toma una medición de aproximadamente 5 minutos para **ruido estable**, tome el valor promedio registrado y anote en el formato correspondiente.

**c.) Proceso de medición**

- Selección del puesto de trabajo en el que se realizará la medición.
- Certificar que las actividades se desarrollen dentro de lo normal (con la máquinas encendidas y los trabajadores en realizando sus tareas.
- Ubicación del sonómetro a la altura del oído del trabajador; manteniendo estable para que no varíe la medición.
- Encendido del instrumento de medición, el mismo que debe ser encendido y colocado en la opción de ponderación "A" para ruidos generales.
- Obtención de datos cada cierto tiempo con un total de 5-10 valores con una duración de 5 minutos.

**Cálculos de los niveles de medición**

**a.) Nivel de Presión Continuo Equivalente ( $L_{AeqT}$ ).**

El valor del nivel equivalente de presión sonora para cada operación se calcula mediante la expresión (2.6)

**Ejemplo**

Cálculo de ruido Asfalto (Exterior)

Datos

$$L_{AeqT,m1} = 90,7$$

$$L_{AeqT,m2} = 90,7$$

$$L_{AeqT,m3} = 90,8$$



$$L_{AeqT,m4} = 90,8$$

$$L_{AeqT,m5} = 90,8$$

$$L_{Aeq(T)} = 10 \log \left[ \frac{1}{N} \sum_{n=1}^{n=N} 10^{0,1 * L_{AeqT,m}} \right] dB(A)$$

$$L_{Aeq(T)} = 90,76 \text{ dB(A)}$$

**b.) Nivel Diario Equivalente**

El valor del nivel diario equivalente de presión sonora para cada operación se calcula mediante la expresión (2.7)

$$L_{Aeq(d)} = L_{AeqT} + 10 \log \frac{T}{8}$$

$$L_{Aeq(d)} = 90,76 \text{ dB(A)}$$

**c.) Tipo de Ruido**

Se calcula mediante la diferencia entre el valor máx y mín cuyo valor es  $\leq 5$  continuo y  $> 5$  es fluctuante.

$$TR = V_{\text{máx}} - V_{\text{mín}}$$

$$TR = 90,8 - 90,7$$

$$TR = 0,1$$

$0,1 < 5 =$  ruido constante o estable.

**d.) Tiempo de Exposición Permitido**

Este valor se obtiene mediante el Tabla 2.28 con el valor de nivel de presión continuo equivalente.

$$90,76 \longrightarrow 91 \text{ dB}$$

$$TEP = 2 \text{ horas}$$

**e.) Cálculo Dosis Permitida**

El valor de la dosis permitida se calcula mediante la expresión (2.8)

$$D = \frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_n}{T_n}$$

$$D = 4$$

**f.) Evaluación de Riesgo**

➤ Si la dosis es:

**D<1** Se determina riesgo Tolerable

**D>1** Existe riesgo Intolerable

El riesgo es intolerable a causa de que el tiempo de exposición es mayor el permitido.

➤ Si los niveles de exposición diaria son:

$$85 \geq VA \leq 87$$

VA= Valor de Acción

$$VL > 87$$

VL= Valor Límite

$$L_{Aeq(d)} = 90,76 \text{ dB(A)} = \text{Valor Límite}$$

- **Vibraciones**

**Instrumentación**

Las mediciones de vibración MB y Vibración CC, se efectuará con un medidor de vibración, que cumple con las exigencias establecidas en las normas UNE-EN ISO 8041:2000. El certificado de los equipos encontramos en los Anexo (5)

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Cable
2	Display
3	Teclas táctil de control
4	Sensor
5	Adaptador



**Figura.4.4: Vibrómetro.**

**Fuente:** Autor

### **Procedimiento de Medición de Vibración**

#### **a.) Ubicación del instrumento**

##### **Vibración M-B.**

Las mediciones se efectuaron en cada puesto de trabajo designado respectivamente con la presencia del trabajador y si es el caso de la utilización de ambas manos se deberán evaluar ambas, ubicando el sensor del instrumento de medición en los tres ejes de coordenadas ortogonales **Biodinámicas** (x, y y z), la medición se efectuó en forma basicéntrica según lo establecido en la norma ISO 5349.



**Figura.4.5: Medición Biodinámica de Mano-Brazo (Operador del Compresor).**

**Fuente:** Autor

### **Vibración Cuerpo Completo**

Para el caso donde el trabajador permanece en posición fija, la medición se efectúa en la interface entre el cuerpo del trabajador y la superficie vibrante, en cada puesto de trabajo designado respectivamente con la presencia del trabajador, en el caso de personas sentadas, los ejes lineales se designan como eje  $x$  (longitudinal), eje  $y$  (lateral) y eje  $z$  (vertical). La colocación de acelerómetros en la superficie del asiento también en el respaldo del asiento.



**Figura.4.6: Medición Biodinámica de Cuerpo Completo (Operador de Excavadora).**

**Fuente:** Autor



**Figura.4.7: Medición Biodinámica de Cuerpo Completo (Operador de Volqueta).**

**Fuente:** Autor

### **Tiempo de Medición**

La medición de las vibraciones en el puesto de trabajo se efectúa durante los tiempos mínimos de medición dependiendo tanto del tipo de exposición, del tipo de vibración y de los ciclos de exposición, determinado en el estudio previo de reconocimiento en la Tabla 2.29.

La jornada laboral consta de 6 y 10 horas, se toma una medición de aproximadamente 5 minutos para vibración estable y un ciclo a lo menos (1min) para vibración cíclica, tome el valor registrado y anote en el formato correspondiente.

### **Proceso de medición**

- Selección del puesto de trabajo en el que se realizará la medición.
- Certificar que las actividades se desarrollen dentro de lo normal (con la máquinas encendidas y los trabajadores en realizando sus tareas.
- Conectar el cable que contiene el sensor.

- Encendido del instrumento de medición, el mismo que debe ser encendido y colocado el sensor en los ejes biodinámicos del trabajador tanto para Vibración Mano-Brazo y Vibración Cuerpo Completo.
- Obtención de datos cada cierto tiempo con un total de 5 valores con una duración de 5 minutos y 1 minuto respectivamente.

### Cálculos de los niveles de medición

#### a.) Vibración Mano-Brazo

#### Ejemplo (Operador Compresor)

➤ Nivel de Aceleración continua equivalente ( $A_{hweqT}$ ).

El parámetro es calculado mediante la ecuación (2.12) con los datos obtenidos.

**Tabla 4.2. Datos de aceleración mano-brazo. (Fuente: Autor).**

Aceleración (m/s <sup>2</sup> )					
Mano Derecha			Mano Izquierda		
Ahwx	Ahwy	Ahwz	Ahwx	Ahwy	Ahwz
8,07	8,50	17,20	10,10	8,42	9,39
9,14	6,16	15,23	9,70	7,47	9,16
8,83	7,14	19,10	6,23	8,18	7,24
10,39	8,50	10,39	10,01	6,56	10,15
11,90	7,11	13,90	4,44	8,61	7,01
<b>9,666</b>	<b>7,482</b>	<b>15,16</b>	<b>8,096</b>	<b>7,848</b>	<b>8,59</b>

Mano Derecha

$$a_{wh_{eq}(T)} = \sqrt{(a_{x,h,w})^2 + (a_{y,h,w})^2 + (a_{z,h,w})^2}$$

$$a_{wh_{eq}(T)} = 19,48 \text{ m/s}^2$$

Mano Izquierda

$$awh_{eq(T)} = \sqrt{(a_{x,h,w})^2 + (a_{y,h,w})^2 + (a_{z,h,w})^2}$$

$$awh_{eq(T)} = 14,18 \text{ m/s}^2$$

➤ **Nivel Diario equivalente (A8)**

El parámetro es calculado mediante la ecuación (2.13) con los datos obtenidos.

Mano derecha

$$Aw_{eq(d)} = (A_{yw})_{eq(T)} \sqrt{\frac{T_{exp}}{8}}$$

$$Aw_{eq(d)} = 16,87 \text{ m/s}^2$$

Mano Izquierda

$$Aw_{eq(d)} = (A_{yw})_{eq(T)} \sqrt{\frac{T_{exp}}{8}}$$

$$Aw_{eq(d)} = 12,28 \text{ m/s}^2$$

➤ **Aceleración Máxima Permitida TVL (m/s<sup>2</sup>)**

Este valor se obtiene mediante la Tabla 2.32 con el dato del valor límite de exposición.

$$TVL = 5 \text{ m/s}^2$$

➤ **Cálculo de Dosis Permitida**

El parámetro es calculado mediante la ecuación (2.15) con los datos obtenidos.

$$TVL = 5 \text{ m/s}^2$$

$$D = \frac{(A_{yw})_{eq(d)}Max}{TVL}$$

$$D = 3,37$$

➤ **Evaluación de riesgo**

**Si la dosis es:**

**D<1** Se determina riesgo Tolerable

**D>1** Existe riesgo Intolerable

El riesgo es intolerable a causa de que la aceleración real es mayor a la aceleración límite de exposición.

**Tabla 4.3. Niveles de exposición diaria.**

(Fuente: (REAL DECRETO 1311/2005, 2005)).

	<b>Vibraciones Mano- Brazo</b>	<b>Vibraciones Cuerpo Entero</b>
<b>Limite de exposición Diaria A (8).</b>	5 m/s <sup>2</sup>	1.15m/s <sup>2</sup>
<b>Exposición diaria que da lugar a una acción A (8).</b>	2.5 m/s <sup>2</sup>	0.5 m/s <sup>2</sup>

$$A_{hweq(d)} = 16.87 \text{ (m/s}^2\text{)} = \text{Valor Límite}$$

**b.) Vibración Cuerpo Completo**

➤ **Nivel Diario equivalente (A8)**

El parámetro es calculado mediante la ecuación (2.9) con los datos obtenidos.

**Ejemplo (Operador de Excavadora)**



**Tabla 4.4. Datos de aceleración cuerpo entero. (Fuente: Autor).**

Aceleración (m/s <sup>2</sup> )					
Espaldar			Asiento		
Ahwx	Ahwy	Ah wz	Ahwx	Ahwy	Ah wz
0,21	0,54	1,03	0,77	0,24	1,46
0,18	1,31	0,50	0,63	0,28	1,10
0,15	0,45	0,34	0,43	0,44	2,45
0,18	0,34	0,31	0,36	0,52	1,98
0,15	0,45	0,41	0,35	0,22	1,55
<b>0,172</b>	<b>0,616</b>	<b>0,519</b>	<b>0,505</b>	<b>0,339</b>	<b>1,708</b>

Espaldar

$$Aw_{eq(d)} = 1.4 * aw_{x(T)} * \sqrt{\frac{T_{exp}}{8}}; Aw_{eq(d)} = 1.4 * aw_{y(T)} * \sqrt{\frac{T_{exp}}{8}}; Aw_{eq(d)} = aw_{z(T)} * \sqrt{\frac{T_{exp}}{8}}$$

$$Aw_{eq(d)} = 0,96 \text{ m/s}^2 \text{ (y)}$$

Asiento

$$Aw_{eq(d)} = 1.4 * aw_{x(T)} * \sqrt{\frac{T_{exp}}{8}}; Aw_{eq(d)} = 1.4 * aw_{y(T)} * \sqrt{\frac{T_{exp}}{8}}; Aw_{eq(d)} = aw_{z(T)} * \sqrt{\frac{T_{exp}}{8}}$$

$$Aw_{eq(d)} = 1,91 \text{ m/s}^2 \text{ (z)}$$

➤ **Aceleración Máxima Permitida TVL (m/s<sup>2</sup>)**

Este valor se obtiene mediante la Tabla 2.32 con el dato del valor límite de exposición.

$$TVL = 1,15 \text{ m/s}^2$$

➤ **Cálculo de Dosis Permitida**

El parámetro es calculado mediante la ecuación (2.11) con los datos obtenidos.

TVL= 1,15 m/s<sup>2</sup>

$$D = \frac{(A_w)_{eq(d)Max}}{TVL}$$

$$D = 1,66$$

➤ **Evaluació de riesgo**

**Si la dosis es:**

**D<1** Se determina riesgo Tolerable

**D>1** Existe riesgo Intolerable

El riesgo es intolerable a causa de que la aceleración real es mayor a la aceleración límite de exposición.

**Tabla 4.5. Niveles de exposición diaria.**

**Fuente:** (REAL DECRETO 1311/2005, 2005)

	<b>Vibraciones Mano- Brazo</b>	<b>Vibraciones Cuerpo Entero</b>
<b>Limite de exposición Diaria A (8).</b>	5 m/s <sup>2</sup>	1.15m/s <sup>2</sup>
<b>Exposición diaria que da lugar a una acción A (8).</b>	2.5 m/s <sup>2</sup>	0.5 m/s <sup>2</sup>

$A_{hweq(d)} = 1,91 \text{ (m/s}^2\text{)} = \text{Valor Límite}$

- **Material Particulado**

**Instrumentación**

Las mediciones de Material Particulado, se efectuará con un medidor de material particulado, que cumple con las exigencias establecidas en las normas **UNE-EN 1050:1997** y **LPRL (Ley de Prevención de Riesgos Laborales), art. 16; RSP arts. 3 a 7**. El certificado de los equipos encontramos en el **(Anexo5)**.

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Cable
2	Sensor
3	Display
4	Teclas de control



**Figura.4.8: Medidor de Material Particulado.**

**Fuente:** Autor

### **Procedimiento de Medición de Material particulado**

#### **b.) Ubicación del instrumento**

Las mediciones se efectuaron en los puestos de trabajo designados respectivamente con la presencia del trabajador, ubicando el sensor del instrumento de medición en la zona de respiración según lo establecido en la norma UNE-EN 689.



**Figura.4.9: Ubicación del sensor de material particulado con la presencia del trabajador.**

**Fuente:** Autor

## **Tiempo de Medición**

La medición del Material Particulado en el puesto de trabajo se efectúa durante los tiempos mínimos de medición, la duración de las muestras se adaptará a las distintas fases o tareas de trabajo, determinado en el estudio previo de reconocimiento en la Tabla 2.34.

La jornada laboral consta de 6 y 10 horas, se toma una medición de aproximadamente 3 minutos cada muestra para exposición uniforme, tome el valor registrado y anote en el formato correspondiente.

## **Proceso de medición**

- Selección del puesto de trabajo en el que se realizará la medición.
- Certificar que las actividades se desarrollen dentro de lo normal (con la máquinas encendidas y los trabajadores en realizando sus tareas.
- Encendido del instrumento de medición, el mismo que debe ser limpiado, encerado y colocado el sensor a nivel de la zona respiratoria del trabajador.
- Obtención de datos cada cierto tiempo con un total de 10 valores con una duración de total de 30 minutos.

## **Cálculos de los niveles de medición**

### **a.) Nivel de Concentración Diario equivalente ( $NC_{eq(d)}$ ).**

El parámetro es calculado mediante la ecuación (2.16) con los datos obtenidos.

**Tabla 4.6. Niveles de exposición diaria. (Fuente: Autor)**

<b>Muestra</b>	
<b>Max</b>	<b>Media</b>
<b>Nivel de concentración (mg/m<sup>3</sup>)</b>	
36,4	6,57
45,8	7,54
67,3	8,6
176,3	23,82
176,3	30,3
176,3	13,21
176,3	26,1
176,3	26,5
176,3	25,3
176,3	20,31
<b>Nceq(T)</b>	<b>18,825</b>

$$NC_{eq(T)} = 18,825 \text{ mg/m}^3$$

$$NC_{eq(d)} = NC_{eq(T)} * \frac{T_{exp}}{8}$$

$$NC_{eq(d)} = 14,12 \text{ mg/m}^3$$

**b.) Aceleración Máxima Permitida TVL (m/s<sup>2</sup>)**

Este valor se obtiene mediante la Tabla 2.35 con el dato del valor límite ambiental.

Fracción Inhalable

$$VLA = 10 \text{ mg/m}^3$$

Fracción Respirable

$$VLA = 3 \text{ mg/m}^3$$

**c.) Cálculo de Dosis Permitido**

Valor Límite Ambiental

$$VLA = 10 \text{ mg/m}^3$$

$$VLA = 3 \text{ mg/m}^3$$

$$D = \frac{NC_{eq(d)}}{VLA}$$

$$D = 1,41$$

$$D = 4,7$$

**d.) Evaluación de riesgo**

- Si la dosis es:

**D<1** Se determina riesgo Tolerable

**D>1** Existe riesgo Intolerable

El riesgo es intolerable a causa de que el nivel de concentración diario es mayor al valor límite ambiental.

- Si los niveles de exposición diaria son:

Valor Límite Ambiental

**Fracción Inhalable**

$$VLA = 10 \text{ mg/m}^3$$

**Fracción Respirable**

$$VLA = 3 \text{ mg/m}^3$$

$$NC_{eq(d)} = 14,12 \text{ (mg/m}^3\text{)} = \text{Valor Límite (inhalable/respirable)}$$

#### 4.1.3.2. Factores de riesgo ergonómicos

- **Carga Postural**

##### **Instrumentación**

Las mediciones de carga postural se efectuarán con la ayuda de una cámara que nos permitirá obtener imágenes durante el desarrollo de la tarea, que cumpla como mínimo con las exigencias establecidas en las normas NTP 601. El método Reba una herramienta de análisis postural.



**Figura.4.10: Cámara.**

**Fuente:** Autor

##### **Procedimiento del análisis de Carga Postural (Método Reba).**

Es un método especialmente sensible a los riesgos de tipo músculo esquelético, en el que se analiza el riesgo de posturas concretas de forma independiente, por tanto para evaluar un puesto se deberán seleccionar sus posturas más representativas, bien por su repetición en el tiempo o por su precariedad.

La selección correcta de las posturas a evaluarse determinará los resultados proporcionados por el método y las acciones futuras.

Se comienza dividiendo al cuerpo en dos grupos, siendo el grupo A, el correspondiente al tronco, el cuello y las piernas y el grupo B el formado por los miembros superiores (brazo, antebrazo y muñeca).

La puntuación individual de los miembros de cada grupo a partir de sus correspondientes tablas:

- Procedemos a consultar de la Tabla 2.12, para la obtención de la puntuación inicial del grupo A, a partir de las Puntuaciones individuales del tronco, cuello y piernas.
- La valoración del grupo B a partir de las Puntuaciones del brazo, antebrazo y muñeca, mediante la Tabla 2.13.
- La modificación de la puntuación asignada al grupo A (tronco, cuello y piernas) en función de la tabla de carga o fuerzas aplicadas, que se denominará "Puntuación A" y se puede observar en la Tabla 2.14.
- La corrección de la puntuación asignada a la zona corporal de los miembros superiores (brazo, antebrazo y muñeca) o grupo B según la tabla del tipo de agarre de la carga manejada, se denomina "Puntuación B" y se puede observar en la Tabla 2.16.
- De la "Puntuación A" y la "Puntuación B" y mediante la consulta de la Tabla 2.17, se obtiene una nueva puntuación denominada "Puntuación C".
- La modificación de la "Puntuación C" según la tabla de actividad muscular desarrollada para la obtención de la puntuación final del método, como se lo puede observar en la Tabla 2.18.
- Se consulta la tabla de nivel de acción, riesgo y urgencia de la actuación correspondientes al valor final calculado, y se lo puede observar en la Tabla 2.19.

En los siguientes análisis se evalúa las posturas penosas en base a los procedimientos y normas como lo indica la NTP 601 Método Reba.



## **Análisis de la carga postural del operador del Compresor.**

La evaluación del Método Reba se realiza para el lado derecho e izquierdo

### **LADO DERECHO**



**Figura.4.11: Análisis de la operación o manipulación de la máquina para perforación de piedra.**

**Fuente:** Autor.

Se detalla en que ubicación se encuentran las partes del cuerpo del trabajador y su respectivos ángulos, como se puede observar en la figura 6.11.

### **Grupo A**

- Tronco

El tronco está entre 20° y 60° de flexión o 20° y 60° de extensión (3)

- Cuello

El cuello está flexionado o extendido más de 20° (2)

- Piernas

Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable (2)

Existe flexión de una o ambas rodillas entre 30 y 60° (+1)

## GRUPO B

- Brazo

El brazo está flexionado más de 90°. (4)

El brazo está abducido o rotado (+1)

El brazo está elevado (+1)

- Antebrazo

El antebrazo está flexionado por debajo de 60° o por encima de 100° (2)

- Muñeca

La muñeca está entre 0 y 15° de flexión o extensión (1)

Existe torsión o desviación lateral de la muñeca (+1)

## PUNTUACIÓN EN TABLAS

Con las puntuaciones del grupo A, nos dirigimos a la Tabla 2.12, donde se obtiene un valor denominado puntuación A.

**Tabla. 4.7. Puntuación A, lado derecho (Fuente: NTP 601)**

TABLA A	CUELLO												
	1				2				3				
PIERNAS	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
TRONCO	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

Con la observación de la tarea y del empleado como la realiza, se obtiene la puntuación de la Tabla 2.14.

**Tabla. 4.8. Carga y fuerza, lado derecho (Fuente: NTP 601).**

TABLA CARGA/FUERZA			
0	1	2	+ 1
Inferior a 5Kg	5-10Kg	10Kg	Instauración rápida o brusca

PUNTUACIÓN FINAL TABLA A: Puntuación A (6) + Carga y Fuerza (2+1)=9

Con las puntuaciones del grupo B, nos dirigimos a la Tabla 2.13, donde se obtiene un valor denominado puntuación B.

**Tabla. 4.9. Puntuación B, lado derecho (Fuente: NTP 601).**

TABLA B	ANTEBRAZO						
	1			2			
MUÑECA	1	2	3	1	2	3	
BRAZO	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

Con la observación de la tarea y del empleado como la realiza, se obtiene la puntuación de la Tabla 2.16.

**Tabla. 4.10. Agarre, tracción delantera lado derecho (Fuente: NTP 601).**

AGARRE			
0 BUENO	1 REGULAR	2 MALO	3 INACEPTABLE
Buen agarre y fuerza de agarre.	Agarre aceptable.	Agarre posible pero no aceptable.	Incomodo, sin agarre manual. Aceptable usando otras partes del cuerpo.

PUNTUACIÓN FINAL TABLA B: Puntuación B (9) + Agarre aceptable (1) = 10

Con las puntuaciones finales de las tablas A y B, nos dirigimos a la Tabla 2.17, donde se obtiene la puntuación final combinada.

**Tabla. 4.11. Puntuación combinada, lado derecho (Fuente: NTP 601).**

TABLA C												
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	11	11	11	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

Con la observación de la tarea y del empleado como la realiza, se obtiene la puntuación de la Tabla 2.18.

**Tabla. 4.12. Puntuación del tipo de actividad muscular (Fuente: NTP 601).**

Puntos	Actividad
+ 1	Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, Ej. (Más de un minuto).
+ 1	Se producen movimientos repetitivos, Ej. Más de 4 veces por minuto (excluyendo caminar).
+ 1	Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables.

Con la puntuación de la tabla C más la actividad, se obtiene el nivel de riesgo como se lo observa en la Tabla 2.19.

PUNTUACIÓN FINAL: Puntuación C (12) + Actividad (1) = 13

**Tabla. 4.13 Nivel de riesgo y acción, lado derecho. (Fuente: NTP 601).**

Puntuación Final	Nivel de Acción	Nivel de Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No necesario.
2-3	1	Bajo	Puede ser necesario.
4-7	2	Medio	Necesario.
8-10	3	Alto	Necesaria pronto.
11-15	4	Muy alto	Actuación inmediata.

LADO IZQUIERDO



**Figura.4.12: Análisis de la operación o manipulación de la máquina para perforación de piedra.**

**Fuente:** Autor

Se detalla en que ubicación se encuentran las partes del cuerpo del trabajador y su respectivos angulos, como se puede observar en la figura 6.12.

### **Grupo A**

- Tronco

El tronco está entre 0 y 20° de flexión o 0 y 20° de extensión (2)

- Cuello

El cuello está flexionado o extendido más de 20° (2)

- Piernas

Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable (2)

Existe flexión de una o ambas rodillas entre 30 y 60° (+1)

### **GRUPO B**

- Brazo

El brazo está entre 46° y 90° de flexión. (3)

El brazo está abducido o rotado (+1)

El brazo está elevado (+1)

- Antebrazo

El antebrazo está flexionado por debajo de 60° o por encima de 100° (2)

- Muñeca

La muñeca está flexionada 0 extendida más de 15°. (2)

Existe torsión o desviación lateral de la muñeca (+1)

### **PUNTUACIÓN EN TABLAS**

Con las puntuaciones del grupo A, nos dirigimos a la Tabla 2.12, donde se obtiene un valor denominado puntuación A.

**Tabla. 4.14 Puntuación A, lado derecho (Fuente: NTP 601)**

TABLA A		CUELLO											
		1				2				3			
PIERNAS		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
TRONCO	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

Con la observación de la tarea y del empleado como la realiza, se obtiene la puntuación de la Tabla 2.14.

**Tabla. 4.15. Carga y fuerza, lado derecho (Fuente: NTP 601).**

TABLA CARGA/FUERZA			
0	1	2	+ 1
Inferior a 5Kg	5-10Kg	10Kg	Instauración rápida o brusca

PUNTUACIÓN FINAL TABLA A: Puntuación A (5) + Carga y Fuerza (2+1)=8

Con las puntuaciones del grupo B, nos dirigimos a la Tabla 2.13, donde se obtiene un valor denominado puntuación B.

**Tabla. 4.16. Puntuación B, lado derecho (Fuente: NTP 601).**

TABLA B		ANTEBRAZO					
		1			2		
MUÑECA		1	2	3	1	2	3
BRAZO	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

Con la observación de la tarea y del empleado como la realiza, se obtiene la puntuación de la Tabla 2.16

**Tabla. 4.17. Agarre, tracción delantera lado derecho (Fuente: NTP 601).**

AGARRE			
0 BUENO	1 REGULAR	2 MALO	3 INACEPTABLE
Buen agarre y fuerza de agarre.	Agarre aceptable.	Agarre posible pero no aceptable.	Incomodo, sin agarre manual. Aceptable usando otras partes del cuerpo.

PUNTUACIÓN FINAL TABLA B: Puntuación B (8) + Agarre aceptable (1) = 9

Con las puntuaciones finales de las tablas A y B, nos dirigimos a la Tabla 2.17, donde se obtiene la puntuación final combinada.

**Tabla. 4.18 Puntuación combinada, lado derecho(Fuente: NTP 601).**

TABLA C												
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	11	11	11	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



Con la observación de la tarea y del empleado como la realiza, se obtiene la puntuación de la Tabla 2.18.

**Tabla 4.19. Puntuación del tipo de actividad muscular (Fuente: NTP 601).**

Puntos	Actividad
+ 1	Una o más partes del cuerpo permanecen estáticas, Ej. (Más de un minuto).
+ 1	Se producen movimientos repetitivos, Ej. Más de 4 veces por minuto (excluyendo caminar).
+ 1	Se producen cambios de postura importantes o se adoptan posturas inestables.

Con la puntuación de la Tabla C más la actividad, se obtiene el nivel de riesgo como se lo observa en la Tabla 2.19.

PUNTUACIÓN FINAL: Puntuación C (12) + Actividad (1) = 11

**Tabla. 4.20 Nivel de riesgo y acción, lado derecho(Fuente: NTP 601).**

Puntuación Final	Nivel de Acción	Nivel de Riesgo	Actuación
1	0	Inapreciable	No necesario.
2-3	1	Bajo	Puede ser necesario.
4-7	2	Medio	Necesario.
8-10	3	Alto	Necesaria pronto.
11-15	4	Muy alto	Actuación inmediata.

- **Estrés térmico**

### **Instrumentación**

Las mediciones de estrés térmico se efectuarán con un medidor de temperatura que cumpla como mínimo con las exigencias establecidas en las normas ISO 7726. 1985. El certificado de los equipos encontramos en el **(Anexo 5)**.

ITEM	DESCRIPCIÓN
1	Bola negra (sensor)
2	Sensor (con cubierta)
3	Display
4	Teclas de control



**Figura.4.13: Medidor de Temperatura**

**Fuente:** Autor

### **Procedimiento de Medición de Temperatura**

#### **d.) Ubicación del instrumento**

Las mediciones se efectuaron en cada puesto de trabajo designado respectivamente con la presencia del trabajador, ubicando el medidor de temperatura cerca del operador.



**Figura.4.14: Ubicación del medidor de temperatura (Conductor de Volqueta).**

**Fuente:** Autor

**e.) Tiempo de Medición**

La medición de temperatura se realiza en distintos puestos de trabajo a través del medidor de temperatura.

La jornada laboral consta de 10 horas, se toma una medición de aproximadamente 5 minutos para cada proceso, tome el valor promedio registrado y anote en el formato correspondiente.

**f.) Proceso de medición**

- Selección del puesto de trabajo en el que se realizará la medición.
- Certificar que las actividades se desarrollen dentro de lo normal (con la máquinas encendidas y los trabajadores en realizando sus tareas).
- Ubicación del medidor de temperatura creca del operado y/o conductor; manteniendo estable para que no varíe la medición.
- Encendido del instrumento de medición.
- Obtención de datos cada cierto tiempo con un total de 3 valores para cada actividad con una duración de aproximada de 2 minutos.

**Cálculos de los niveles de medición**

**a.) Método WBGT (CARGADORA)**

$$WBGT_{\text{promedio}} = \frac{WBGT_1 * t_1 + WBGT_2 * t_2 \dots \dots}{t_1 + t_2 \dots \dots}$$

$$WBGT_{\text{promedio}} = 29,86 \text{ °C}$$

• **CTM Abastecimiento Trituradora**

$$CTM = PMC + TT + MB$$

$$CTM = 6,3 \text{ K/min}$$

- **CTM Cargar Volquetas**

$$CTM = PMC + TT + MB$$

$$CTM = 6,3 \text{ K/min}$$

- **CTM Promedio**

$$CTM_{\text{promedio}} = \frac{CTM_1 * t_1 + CTM_2 * t_2 \dots \dots}{t_1 + t_2 \dots \dots}$$

$$CTM_{\text{promedio}} = 378 \text{ Kcal/h}$$

b.) Según la Fig 2.16 el CTM (Carga Térmica Metabólica) el trabajo es moderado y el régimen de trabajo debe ser **50% de trabajo y 50% de descanso cada hora.**

c.) **Temperatura WBGT Permitida**

Este valor se obtiene mediante la Tabla 2.23 con el valor de consumo metabólico.

$$WBGT = 26 \text{ °C}$$

d.) **Cálculo Dosis Permitida**

$$WBGT = 26 \text{ °C}$$

$$Dosis = \frac{WBGT_{\text{Promedio}}}{WBGT_{\text{Permitido}}}$$

$$Dosis = 1,15$$

a.) **Evaluación de Riesgo**

➤ Si la dosis es:

**D<1** Se determina riesgo Tolerable

**D>1** Existe riesgo Intolerable

El riesgo es intolerable a causa de que el tiempo de exposición es mayor el permitido.

Si los valores límites de exposición dependen del consumo metabólico son:

310-400 Kcal/h  $\longrightarrow$  26 °C

VL= Valor Límite

*TWBGT* = 29,86 °C = Valor Límite

#### 4.1.3.3. Factores de riesgo psicosociales

- Estrés (carga sensorial, complejidad y contenido de trabajo y Turnos, horarios, pausas)

#### Instrumentación

Las mediciones de estrés se efectuarán con la técnica del cuestionario con la formulación de preguntas adecuadas que nos permitirán saber es estado spicosocial del trabajador.

#### Procedimiento en la Aplicación del Cuestionario

Se efectúa contestar el respectivo cuestionario para cada puesto designado con la presencia del trabajador.



**Figura.4.15: Aplicación de la técnica del cuestionario (Operador de Excavadora).**

**Fuente:** Autor

**Proceso de respuesta al cuestionario**

**Ejemplo**

**Tabla. 4.21. Cuestionario carga sensorial. (Fuente: Autor)**

FACTOR	ESFUERZO SENSOMOTRIZ				
Nivel	Escaso	Difuso	Periodico	Sostenida	Permanente
Valor	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Visual					5
Auditivo					5
Tactil					5
FACTOR	ATENCIÓN				
Nivel	Bajo	No muy bajo	Medio	No muy alto	Alto
Valor	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Concentrada					5
Distribuida				4	
Continua			3		
Intermitente			3		
Hipervigilancia			3		
Hipovigilancia			3		
FACTOR	COORDINACIÓN SENSOMOTORA				
Nivel	Bajo	No muy bajo	Medio	No muy alto	Alto
Valor	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Destreza tactil					5
Viso manual					5
Bimanual					5
Mano pie				4	

<b>total</b>	<b>55/13</b>	<b>4</b>
--------------	--------------	----------

<b>Valoración</b>	1	2	3	4	5
	Muy bueno	Bueno	Medio	Regular	Malo
<b>Puntuación carga sensorial</b>				<b>4</b>	

**Tabla. 4.22. Complejidad y contenido de trabajo. (Fuente: Autor)**

<b>FACTOR</b>	<b>TRABAJO</b>				
Nivel	Nunca	Casi nunca	A veces	Casi frecuente	Frecuente
Valor	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Trabajo en serie		2			
Trabajo cadena	1				
Trabajo alternado		2			
Rotacion tareas	1				
Polivalencias					5
Sobrecargas cualitativas					5
Sobrecargas cuantitativas			3		
<b>FACTOR</b>	<b>PRESIÓN DE</b>				
Nivel	Nunca	Casi nunca	A veces	Casi frecuente	Frecuente

Valor	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Tiempos				4	
Plazos					5
Calidad					5
Velocidad				4	
<b>FACTOR</b>	<b>AMBIGÜEDAD DEL ROL</b>				
Nivel	Nunca	Casi nunca	A veces	Casi frecuente	Frecuente
Valor	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Que hacer		2			
Como			3		
Cuando			3		
Para que		2			
<b>Total</b>	<b>47/15</b>			<b>3,13</b>	

Valoracion	1	2	3	4	5
	Muy bueno	Bueno	Medio	Regular	Malo
<b>Puntuación complejidad contenido trabajo</b>			3		

**Tabla. 4.23. Horarios, turnos, pausas. (Fuente: Autor)**

	<b>GRADO</b>				
	1	2	3	4	5
<b>Horario de trabajo</b>	Normal, flexible opciona 1	Fijo diurno	Diario rotativo 2x8	Turnos 3x8 descanso fin semana	Turno rotativo non stop
<b>VALOR</b>		2			
	<b>GRADO</b>				



	1	0,5	0
<b>Tiempo organización trabajo</b>	Imposibilidad de rechazo	Posibilidad parcial de rechazo	Posibilidad total de rechazo
<b>horas extraordinarias</b>			
VALOR	<b>1</b>		
	GRADO		
	1	0,5	0
<b>Tiempo organización trabajo</b>	Imposibilidad de retrasos	Poca tolerancia	Tolerancia de retrasos
<b>Rechazo de horarios</b>			
VALOR	<b>1</b>		
	GRADO		
	1	0,5	0
<b>Tiempo organización trabajo</b>	Imposibilidad de fijar duración y tiempos	Posibilidad de fijar el momento	Posibilidad de fijar el momento y duración
<b>Pausas</b>			
VALOR	<b>1</b>		
	GRADO		
	1	0,,5	0
<b>Tiempo organización trabajo</b>	Posibilidad cesar el trabajo solo a la hora prevista	Posibilidad de acabar antes con la obligación de permanencia allí	Posibilidad de acabar antes y abandonar el lugar de trabajo
<b>Término del trabajo</b>			
VALOR	<b>1</b>		

	GRADO		
	1	0,5	0
<b>Tiempo organización trabajo</b>	Imposibilidad de tomar descanso en caso de incidente	Tiempo de descanso de media hora o menor	Tiempo de descanso de mas de media hora
<b>Tiempo de descanso</b>			
VALOR		0,5	<b>0</b>
<b>Puntuación Total</b>	= (PUNTUACIÓN HORARIO DE TRABAJO+ PUNTUACIÓN TIEMPO ORGANIZACIÓN DE TRABAJO)		
<b>Puntuación Total</b>	= (4,5+2)= <b>6,5</b>		

Valoracion	1	2	3	4	5
	Muy bueno	Bueno	Medio	Regular	Malo
	Satisfactorio	Molestias débiles	Molestias medias	Fatiga	Nocividad
<b>Puntuación</b>				<b>6,5</b>	
lest					

#### **4.1.4. Obtención de datos.**

##### **4.1.4.1. Factores ergonómicos**

##### **Carga postural (Método REBA).**

En la Constructora Alvarado-Ortiz Cía Ltda. se evaluó los puestos de trabajo en Maquinaria Pesada y Extra-Pesada considerados como críticos, siguiendo el procedimiento de la norma correspondiente dando los siguientes resultados indicados en las tablas 4.2 hasta la 4.5.

Tabla.4.2. Resultados de valoración de cuerpo lado derecho Operador de la Planta de Asfalto (Fuente Autor)

<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>ESTUDIO N°: 01</b> <b>MÉTODO REBA</b> <b>DATOS INICIALES LUGAR: MINA ALVORTIZ</b> <b>TIPO DE TRABAJO: PRODUCCION DE ASFALTO</b> <b>LADO DEL CUERPO: DERECHO</b>			
<b>Grupo A</b>	<b>Puntaje A</b>	<b>Grupo B</b>	<b>Puntaje B</b>
<b>Lado Derecho</b>		<b>Lado Derecho</b>	
Tronco	2	Brazo	2
Cuello	2	Antebrazo	1
Piernas	1	Muñeca	2
<b>Puntuación A</b>	<b>4</b>	<b>Puntuación B</b>	<b>2</b>

<b>METODO REBA</b>		<b>ESTUDIO N°: 01</b>	
<b>PUNTUACIÓN FINAL</b>			
<b>Puntuación C</b>	6	<b>Nivel de Riesgo</b>	2 Medio
		<b>Acción</b>	Necesario

Tabla.4.3. Resultados de valoración de cuerpo lado Izquierdo Operador de la  
Planta de Asfalto (Fuente Autor)

<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>ESTUDIO N°: 02</b> <b>MÉTODO REBA</b> <b>DATOS INICIALES LUGAR: MINA ALVORTIZ</b> <b>TIPO DE TRABAJO: PRODUCCIÓN DE ASFALTO</b> <b>LADO DEL CUERPO: IZQUIERDO</b>			
<b>Grupo A</b>	<b>Puntaje A</b>	<b>Grupo B</b>	<b>Puntaje B</b>
<b>Lado Derecho</b>		<b>Lado Derecho</b>	
Tronco	2	Brazo	4
Cuello	2	Antebrazo	2
Piernas	1	Muñeca	2
<b>Puntuación A</b>	<b>4</b>	<b>Puntuación B</b>	<b>6</b>

<b>METODO REBA</b>		<b>ESTUDIO N°: 02</b>	
<b>PUNTUACIÓN FINAL</b>			
<b>Puntuación C</b>	8	<b>Nivel de Riesgo</b>	3 Alto
		<b>Acción</b>	Necesario Pronto

Tabla.4.4. Resultados de valoración de cuerpo lado derecho operador del Compresor (Fuente Autor)

<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>ESTUDIO N°: 03</b> <b>MÉTODO REBA</b> <b>DATOS INICIALES LUGAR: MINA ALVORTIZ</b> <b>TIPO DE TRABAJO: PERFORACIÓN DE PIEDRAS</b> <b>LADO DEL CUERPO: DERECHO</b>			
<b>Grupo A</b>	<b>Puntaje A</b>	<b>Grupo B</b>	<b>Puntaje B</b>
<b>Lado Derecho</b>		<b>Lado Derecho</b>	
Tronco	3	Brazo	6
Cuello	2	Antebrazo	2
Piernas	3	Muñeca	2
<b>Puntuación A</b>	<b>9</b>	<b>Puntuación B</b>	<b>10</b>

<b>METODO REBA</b>		<b>ESTUDIO N°: 03</b>	
<b>PUNTUACIÓN FINAL</b>			
<b>Puntuación C</b>	13	<b>Nivel de Riesgo</b>	4 Muy Alto
		<b>Acción</b>	Actuación Inmediata

Tabla.4.5. Resultados de valoración de cuerpo lado izquierdo operador del Compresor (Fuente Autor)

<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>ESTUDIO N°: 04</b> <b>MÉTODO REBA</b> <b>DATOS INICIALES LUGAR: MINA ALVORTIZ</b> <b>TIPO DE TRABAJO: PERFORACIÓN DE PIEDRAS</b> <b>LADO DEL CUERPO: IZQUIERDO</b>			
<b>Grupo A</b>	<b>Puntaje A</b>	<b>Grupo B</b>	<b>Puntaje B</b>
<b>Lado Derecho</b>		<b>Lado Derecho</b>	
Tronco	2	Brazo	5
Cuello	2	Antebrazo	2
Piernas	3	Muñeca	3
<b>Puntuación A</b>	<b>8</b>	<b>Puntuación B</b>	<b>9</b>

<b>METODO REBA</b>		<b>ESTUDIO N°: 04</b>	
<b>PUNTUACIÓN FINAL</b>			
<b>Puntuación C</b>	11	<b>Nivel de Riesgo</b>	4 Muy Alto
		<b>Acción</b>	Actuación Inmediata

### **Estrés térmico (Método WBGT).**

En la Constructora Alvarado-Ortiz se analizó en el área de transporte, debido al entorno en que se maneja, ambiente totalmente cerrado con altas temperaturas provocando sufrir riesgo de stress térmico, como lo indican los datos obtenidos en las tablas 4.6 y 4.7.



Tabla.4.6. Resultados del stress térmico en el transporte de material petreo. (Fuente Autor)

<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>ESTUDIO N°: 05</b> <b>MÉTODO WGT</b>									
<b>DATOS INICIALES LUGAR: MINA ALVORTIZ</b> <b>MÁQUINA: CARGADORA KOMATSU</b> <b>TIPO DE TRABAJO: TRASLADO DE MATERIAL EN MINA (Operador)</b>									
N° MEDICIONES	ACTIVIDADES	TIEMPO (min)		TEMPERATURAS (°C)			POSICIÓN Y MOVIMIENTO CUERPO (Kcal/min)	TIPO DE TRABAJO (Kcal/min)	METABOLISMO BASAL MB(Kcal/min)
		T(m)	T(p)	TA	WBGT	Tg			
1	ABASTECIMIENTO TRITURADORA	1,5	120	35,72	26,7	35,44	0,3	5	1
2		1,5		36,05	28,55	35,55	0,3	5	1
3		1,5		36,22	29,11	35,67	0,3	5	1
1	CARGAR VOLQUETAS	1,5	480	36,61	29,72	38,17	0,3	5	1
2		1,5		36,94	30,38	38,33	0,3	5	1
3		1,5		37,39	30,77	39,11	0,3	5	1
<b>TIEMPO EXPOSICIÓN</b>			600	36,49	29,21	37,05			
<b>PROMEDIO</b>									

<b>MÉTODO WBGT</b>				<b>ESTUDIO N° 05</b>		
<b>RESULTADO DE TEMPERATURA</b>						
<b>TEMPERATURA WBGT (°C)</b>	28,12	<b>WBGT Promedio 29,86 °C</b>	<b>CALCULO DE CARGA TÉRMICA METABÓLICA CTM (Kcal/min)</b>	6,3	<b>CTM Promedio 378 Kcal/h</b>	<b>DOSIS 1,15</b>
	30,29			6,3		

Tabla.4.7. Resultados del stress térmico en el transporte de material petreo. (Fuente Autor)

<b>UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA</b> <b>ESTUDIO N°: 06</b> <b>MÉTODO WGT</b>									
<b>DATOS INICIALES LUGAR: MINA ALVORTIZ</b> <b>MÁQUINA: VOLQUETA MACK</b> <b>TIPO DE TRABAJO: TRASLADAR MATERIAL EN MINA (Conductor)</b>									
N° MEDICIONES	ACTIVIDADES	TIEMPO (min)		TEMPERATURAS (°C)			POSICIÓN Y MOVIMIENTO CUERPO (Kcal/min)	TIPO DE TRABAJO (Kcal/min)	METABOLISMO BASAL MB(Kcal/min)
		T(m)	T(p)	TA	WBGT	Tg			
1	CARGA Y DESCARGA DE MATERIAL	1,3	240	30,10	25,281	33,00	0,3	5	1
2		1,3		30,56	26,34	33,56	0,3	5	1
3		1,3		32,89	26,72	35,28	0,3	5	1
1	TRANSPORTE DE MATERIAL	1,3	360	34,22	27,22	36,17	0,3	5	1
2		1,3		35,00	28,16	37,50	0,3	5	1
3		1,3		34,67	28,83	37,05	0,3	5	1
<b>TIEMPO DE EXPOSICIÓN PROMEDIO</b>		600		32,907	27,092	35,427			

<b>MÉTODO WBGT</b>				<b>ESTUDIO N° 06</b>		
<b>RESULTADO DE TEMPERATURA</b>						
TEMPERATURA WBGT (°C)	26,11	WBGT Promedio 27,3 °C	CALCULO DE CARGA TÉRMICA METABÓLICA CTM (Kcal/min)	1,8	CTM Promedio 378 Kcal/h	DOSIS 1,05
	28,07			1,8		

#### **4.1.4.2. Factores Físicos.**

##### **Ruido.**

Para la medición del ruido se usa la instrucción de operación de Sonómetro CIRRUS.

En la Constructora Alvarado-Ortiz se analizó en el área de producción en las plantas de Asfalto y Trituración, además Máquina Compresor debido al entorno en que se maneja, ambiente totalmente ruidoso provocando sufrir riesgo de sordera, como lo indican los datos obtenidos en las tablas 4.8 al 4.10.


Tabla.4.8. Resultados de Sonometría Planta de Asfalto. (Fuente Autor)

		UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				<b>FMR- 007</b>							
<b>MEDICIÓN DE RUIDO ESTABLE</b>													
Sonómetro: <b>CIRRUS</b> Tipo:					Serie: <b>CR: 160</b>			Fecha: <b>08/11/2011</b>					
N° Mediciones	Actividad	N° de Puestos	Puesto de Medición	Tiempo (s)	Muestras Laeq,T, m (dB)	Nivel de Exposición				Riesgo		Evaluación	
						Laeq,T	TER	TEP	Dosis	Tolerante <1	Intolerante >1	Laeq,d	85>=VA<=87
1	PRODUCCIÓN DE ASFALTO	1	PLANTA DE ASFALTO (Cabina)	30	68,10	68,08 dB(A)	8 Horas	16 Horas	0,5	Tolerante	68,08 dB(A)	N.A	
2				30	68,00								
3				30	68,20								
4				30	68,00								
5				30	68,10								
1		2	PLANTA DE ASFALTO (Exterior)	50	90,7	90,76 dB(A)	8 Horas	2 Horas	4	Intolerante	90,76 dB(A)	Limite	
2				50	90,7								
3				50	90,8								
4				50	90,8								
5				50	90,8								

Tabla.4.9. Resultados de Sonometría Planta de Trituración. (Fuente Autor)

 <b>CONSTRUCTORA ALVARADO</b> PRODUCCION Y TENDIDO DE ASFALTO www.grupoalvarado.com		UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				<b>FMR- 008</b>						
<b>MEDICIÓN DE RUIDO ESTABLE</b>												
Sonómetro: <b>CIRRUS</b> Tipo:					Serie: <b>CR: 160</b>			Fecha: <b>08/11/2011</b>				
N° Mediciones	Actividad	N° de Puestos	Puesto de Medición	Tiempo (s)	Muestras Laeq, T, m (dB)	Nivel de Exposición			Riesgo		Evaluación	
						Laeq, T	TER	TEP	Dosis	Tolerante <1	Intolerante >1	Laeq,d
1	PRODUCCIÓN DE TRITURADORA	1	PLANTA DE TRITURACIÓN N (Cabina)	20	64,70	64,87 dB(A)	10 Horas	16 Horas	0,63	Tolerable	65,84 dB(A)	N.A
2				20	64,80							
3				20	64,60							
4				20	65,20							
5				20	65,00							
1		2	PLANTA DE TRITURACIÓN N (Exterior)	100	87,5	88,45 dB(A)	10 Horas	4 Horas	2,5	Intolerante	89,42 dB(A)	Limite
2				100	88,7							
3				100	88,5							
4				100	89							
5				100	88,4							

Tabla.4.10. Resultados de Sonometría Compresor. (Fuente Autor).

				UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA CARRERA DE INGENIERIA MECANICA					<b>FMR- 009</b>			
<b>MEDICIÓN DE RUIDO ESTABLE</b>												
Sonómetro: <b>CIRRUS</b> Tipo:				Serie: <b>CR: 160</b>				Fecha: <b>08/11/2011</b>				
N° Mediciones	Actividad	Puesto de Medición	Tiempo (s)	Muestra	Nivel de Exposición			Riesgo		Evaluación		
				Laeq,T,m (dB)	Laeq,T	TER	TEP	Dosis	Tolerante <1	Intolerante >1	Laeq,d	85>=VA<=87
1	PERFORACIÓN DE PIEDRA	COMPRESOR	40	98,8	97,31 dB (A)	6	1	6	Intolerable	96,06 dB (A)	Límite	85>=VA<=87 VL>87
2			40	97,7								
3			40	96,5								
4			40	97,4								
5			40	97,2								
6			40	96,9								
7			40	97,4								
8			40	96,5								
9			40	97,7								
10			40	96,4								

## **Vibraciones.**

Para la medición de Vibraciones se usa la instrucción de operación de Vibrometro CIRRUS.

En la Constructora Alvarado-Ortiz se analizó en el área de máquinas, debido al entorno en que se maneja, ambiente totalmente expuesto a vibraciones provocando sufrir riesgo de síndrome de dedo blando en vibraciones Mano-Brazo y lesiones de los discos intervertebrales, lumbalgias en vibraciones de Cuerpo Entero como lo indican los datos obtenidos en las tablas 4.11 al 4.13.

Tabla.4.11. Resultados de Mediciones de Vibraciones Mano-Brazo (Fuente autor)


				UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA CARRERA DE INGENIERIA MECANICA						FMR- 010								
MEDICIÓN DE VIBRACIÓN ( MANO -BRAZO )																		
TIPODE VIBRACIÓN: ESTABLE																		
Vibrómetro:			Tipo:			Serie:			Fecha: 08/11/2011									
N° Mediciones	Actividad	Puesto de Medición	Tiempo de Muestra (S)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )						Ahwd (A8) (m/s <sup>2</sup> )	AMP (m/s <sup>2</sup> )	Dosis	valoración de riesgos			Evaluación de exposición (A8)		
				Derecha			Izquierda						Tolerante <1	Intolerante e>1	Dosis (A8)	Izquierda (A8)	2,5>=VA<=5	VL>5
				Ahwx	Ahwy	Ahwz	Ahwx	Ahwy	Ahwz									
6	Perforación de piedra	Compresor	30	8,07	8,50	17,20	10,10	8,42	9,39	16,87	5	3,7	Intolerante	16,87 (m/s <sup>2</sup> )	12,28 (m/s <sup>2</sup> )	Límite		
7			30	9,14	6,16	15,23	9,70	7,47	9,16									
8			30	8,83	7,14	19,10	6,23	8,18	7,24									
9			30	10,39	8,50	10,39	10,01	6,56	10,15									
10			30	11,90	7,11	13,90	4,44	8,61	7,01									
<b>Promedio</b>				9,666	7,482	15,16	8,096	7,848	8,59									
<b>Ahw (T) (m/s<sup>2</sup>)</b>				19,48			14,18											
<b>Duración diaria de exposición</b>				6 (Horas)														



Tabla.4.12. Resultados de Mediciones de Vibraciones Cuerpo Completo (Fuente autor)


				UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA CARRERA DE INGENIERIA MECANICA						FMR- 011								
MEDICIÓN DE VIBRACIÓN ( CUERPO - COMPLETO )																		
TIPODE VIBRACIÓN: ESTABLE																		
Vibrómetro:		Tipo:		Serie:						Fecha: 08/11/2011								
N° Mediciones	Actividad	Puesto de Medición	Tiempo de Muestra (S)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )						Ahwd (A8) (m/s <sup>2</sup> )	AMP (m/s <sup>2</sup> )	Dosis	valoración de riesgos		Evaluación de exposición (A8)			
				Espaldar			Asiento						Tolerante <1	Intolerante >1	Espaldar (A8)	Asiento (A8)	0,5 >= VA <= 1,15	VL > 1,15
				Ahwx	Ahwy	Ahwz	Ahwx	Ahwy	Ahwz									
1	Excavar piedra	Excavadora	40	0,21	0,54	1,03	0,77	0,24	1,46	1,91	1,15	1,66	Tolerante	0,96	1,91	Límite		
2			40	0,18	1,31	0,50	0,63	0,28	1,10									
3			40	0,15	0,45	0,34	0,43	0,44	2,45									
4			40	0,18	0,34	0,31	0,36	0,52	1,98									
5			40	0,15	0,45	0,41	0,35	0,22	1,55									
<b>Promedio</b>				0,172	0,616	0,519	0,505	0,339	1,708									
<b>Ahw (d) (m/s<sup>2</sup>)</b>				0,96			1,91											
<b>Duración diaria de exposición</b>				10 (Horas)														

Tabla.4.13. Resultados de Mediciones de Vibraciones Cuerpo Completo (Fuente autor)

				UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA CARRERA DE INGENIERIA MECANICA						FMR- 012								
MEDICIÓN DE VIBRACIÓN ( CUERPO - COMPLETO )																		
TIPODE VIBRACIÓN: ESTABLE																		
Vibrómetro:		Tipo:		Serie:						Fecha: 08/11/2011								
N° Mediciones	Actividad	Puesto de Medición	Tiempo de Muestra (S)	Aceleración (m/s <sup>2</sup> )						Ahwd (A8) (m/s <sup>2</sup> )	AMP (m/s <sup>2</sup> )	Dosis	valoración de riesgos		Evaluación de exposición (A8)			
				Espaldar			Asiento						Tolerante<1	Intolerante>1	Espaldar (A8)	Asiento (A8)	0,5>=VA<=1,1 5	VL>1,15
				Ahwx	Ahwy	Ahwz	Ahwx	Ahwy	Ahwz									
1	Transportar Material	Volqueta	80	0,74	1,71	0,55	0,91	0,43	1,14	4,53	1,15	3,94	Tolerante	1,59	4,53	Límite		
2			80	0,77	1,01	0,74	0,90	0,81	1,05									
3			80	0,77	0,25	0,21	0,85	0,92	1,06									
4			80	0,91	0,95	0,16	10,00	0,81	1,09									
5			80	1,01	1,17	0,30	1,80	0,47	1,15									
<b>Promedio</b>				0,839	1,017	0,391	2,891	0,686	1,098									
<b>Ahw (d) (m/s<sup>2</sup>)</b>				1,59			4,53											
<b>Duración diaria de exposición</b>				10 (Horas)														

**Material particulado.**

Para la medición de Material particulado se usa la instrucción de operación con Medidor de Material particulado.

En la Constructora Alvarado-Ortiz se analizó en el área de planta de Trituración y en la Máquina Compresor, debido al entorno en que se maneja, ambiente totalmente expuesto a polvo provocando sufrir riesgo de enfermedades en el aparato respiratorio y molestias al contacto ocular como lo indican los datos obtenidos en las tablas 4.14 y 4.15.

Tabla.4.14. Resultados de Mediciones de Material Particulado (Fuente: autor)



				UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				<b>FMR- 013</b>													
<b>MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO</b>																					
<b>Medidor de Material:</b>			<b>Tipo:</b>		<b>Serie:</b>		<b>Fecha: 23/11/2011</b>														
<b>Nº Mediciones</b>	<b>Actividad</b>	<b>Puesto de Medición</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Muestra</b>		<b>Nivel de Exposición</b>			<b>Valoración del riesgo</b>												
				<b>Max</b>	<b>Media</b>	<b>Nceq(d) (A8)</b>	<b>Tiempo de exposición</b>	<b>Fraccion Inhalable</b>	<b>Fraccion respirable</b>	<b>Dosis</b>	<b>Acceptable &lt;1</b>	<b>Inaceptable &gt;1</b>									
<b>Nivel de concentración (mg/m³)</b>				14,12 (mg/m³)	6 (Horas)								3 (mg/m³)	10 (mg/m³)	respirable 1,41	Inaceptable	inalable 4,7	Inaceptable			
1	PERFORACIÓN DE PIEDRA	COMPRESOR	20			36,4	6,57	14,12 (mg/m³)	6 (Horas)	3 (mg/m³)	10 (mg/m³)	respirable 1,41							Inaceptable	inalable 4,7	Inaceptable
2			20			45,8	7,54														
3			20			67,3	8,6														
4			20			176,3	23,82														
5			20			176,3	30,3														
6			20			176,3	13,21														
7			20			176,3	26,1														
8			20			176,3	26,5														
9			20			176,3	25,3														
10			20	176,3	20,31																
<b>Duración del periodo de muestra</b>			200	<b>Nceq(T)</b>	18,825																

Tabla.4.15. Resultados de Mediciones de Material Particulado (Fuente autor)

			UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y MECANICA CARRERA DE INGENIERIA MECANICA				<b>FMR- 014</b>														
<b>MEDICIÓN DE MATERIAL PARTICULADO</b>																					
<b>Medidor de Material:</b>			<b>Tipo:</b>		<b>Serie:</b>		<b>Fecha: 23/11/2011</b>														
<b>N° Mediciones</b>	<b>Actividad</b>	<b>Puesto de Medición</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Muestra</b>		<b>Nivel de Exposición</b>			<b>Valoración del riesgo</b>												
				<b>Max</b>	<b>Media</b>	<b>Nceq(d) (A8)</b>	<b>Tiempo de exposición</b>	<b>Fraccion Inhalable</b>	<b>Fraccion respirable</b>	<b>Dosis</b>	<b>Acceptable &lt;1</b>	<b>Inacceptable &gt;1</b>									
<b>Nivel de concentración (mg/m<sup>3</sup>)</b>				4,16 (mg/m <sup>3</sup> )	10 (Horas)								10 (mg/m <sup>3</sup> )	3 (mg/m <sup>3</sup> )	respirable 1,39	Acceptable	Inhalable 0,42	Inhaceptable			
1	TRITURACIÓN DE PIEDRA	PLANTA DE TRITURACIÓN	20			36,4	3,51	4,16 (mg/m <sup>3</sup> )	10 (Horas)	10 (mg/m <sup>3</sup> )	3 (mg/m <sup>3</sup> )	respirable 1,39							Acceptable	Inhalable 0,42	Inhaceptable
2			20			36,4	3,6														
3			20			36,3	3,54														
4			20			36,4	3,19														
5			20			36,4	2,89														
6			20			36,4	3,17														
7			20			36,4	3,41														
8			20			36,4	3,5														
9			20			36,4	2,9														
10			20	36,4	3,6																
<b>Duración del periodo de muestra</b>			200	<b>Nceq(T)</b>	3,331																

#### **4.1.4.3. Factores psicosociales.**

##### **Carga sensorial.**

En la Constructora Alvarado-Ortiz se analizó en el área de la planta de Asfalto y en la Máquina Excavadora, debido al entorno en que se maneja provocando sufrir riesgo de estrés como lo indican los datos obtenidos en las tablas 4.16 y 4.17.

Tabla.4.16. Resultados de Mediciones de Carga Sensorial al operador de la máquina Excavadora. (Fuente autor)

FACTOR	ESFUERZO SENSOMOTRIZ				
Nivel	Escaso	Difuso	Periodico	Sostenida	Permanente
Valor	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Visual					5
Auditivo					5
Tactil					5
FACTOR	ATENCIÓN				
Nivel	Bajo	No muy bajo	Medio	No muy alto	Alto
Valor	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Concentrada					5
Distribuida				4	
Continua			3		
Intermitente			3		
Hipervigilancia			3		
Hipovigilancia			3		
FACTOR	COORDINACIÓN SENSOMOTORA				
Nivel	Bajo	No muy bajo	Medio	No muy alto	Alto
Valor	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Destreza táctil					5
Viso manual					5
Bimanual					5
Mano pie				4	
<b>Total</b>	<b>55/13</b>			<b>4</b>	

Valoración	1	2	3	4	5
	Muy bueno	Bueno	Medio	Regular	Malo
<b>Puntuación carga sensorial</b>				<b>4</b>	



Tabla.4.17. Resultados de Mediciones de Carga Sensorial al operador de la planta de Asfalto. (Fuente autor)

FACTOR	ESFUERZO SENSOMOTRIZ				
Nivel	Escaso	Difuso	Periodico	Sostenida	Permanente
Valor	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Visual					5
Auditivo					5
Tactil				4	
FACTOR	ATENCIÓN				
Nivel	Bajo	No muy bajo	Medio	No muy alto	Alto
Valor	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Concentrada					5
Distribuida				4	
Continua				4	
Intermitente			3		
Hipervigilancia				4	
Hipovigilancia			3		
FACTOR	COORDINACIÓN SENSOMOTORA				
Nivel	Bajo	No muy bajo	Medio	No muy alto	Alto
Valor	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Destreza táctil				4	
Viso manual					5
Bimanual			3		
Mano pie		2			
<b>Total</b>	<b>51/13</b>			<b>4</b>	

<b>Valoracion</b>	1	2	3	4	5
	Muy bueno	Bueno	Medio	Regular	Malo
<b>Puntuación carga sensorial</b>			3		

### **Complejidad y contenido de trabajo.**

En la Constructora Alvarado-Ortiz se analizó en el área de la planta de Asfalto y en la Máquina Excavadora, debido al entorno en que se maneja provocando sufrir riesgo de estrés como lo indican los datos obtenidos en las tablas 4.18 y 4.19.

Tabla.4.18. Resultados de Mediciones de complejidad y contenido de trabajo al operador de la máquina Excavadora. (Fuente autor)

FACTOR	TRABAJO				
Nivel	Nunca	Casi nunca	A veces	Casi frecuente	Frecuente
Valor	1	2	3	4	5
Trabajo en serie		2			
Trabajo cadena	1				
Trabajo alternado		2			
Rotacion tareas	1				
Polivalencias					5
Sobrecargas cualitativas					5
Sobrecargas cuantitativas			3		
FACTOR	PRESIÓN DE				
Nivel	Nunca	Casi nunca	A veces	Casi frecuente	Frecuente
Valor	1	2	3	4	5
Tiempos				4	
Plazos					5
Calidad					5
Velocidad				4	
FACTOR	AMBIGÜEDAD DEL ROL				
Nivel	Nunca	Casi nunca	A veces	Casi frecuente	Frecuente

Valor	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Que hacer		2			
Como			3		
Cuando			3		
Para que		2			
<b>total</b>	<b>47/15</b>			<b>3,13</b>	

Valoracion	1	2	3	4	5
	Muy bueno	Bueno	Medio	Regular	Malo
<b>Puntuación complejidad contenido trabajo</b>			3		

Tabla.4.19. Resultados de Mediciones de complejidad y contenido de trabajo al operador de la planta de Asfalto. (Fuente autor)

FACTOR	TRABAJO				
Nivel	Nunca	Casi nunca	A veces	Casi frecuente	Frecuente
Valor	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Trabajo en serie				4	
Trabajo cadena	1				
Trabajo alternado		2			
Rotacion tareas	1				
Polivalencias					5
Sobrecargas cualitativas					5
Sobrecargas cuantitativas					5
FACTOR	PRESIÓN DE				
Nivel	Nunca	Casi nunca	A veces	Casi frecuente	Frecuente
Valor	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Tiempos				4	
Plazos				4	
Calidad					5
Velocidad				4	
FACTOR	AMBIGÜEDAD DEL ROL				
Nivel	Nunca	Casi	A veces	Casi frecuente	Frecuente

		nunca			
Valor	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Que hacer		2			
Como		2			
Cuando			3		
Para que				4	
<b>total</b>	<b>47/15</b>			<b>3,13</b>	

Valoracion	1	2	3	4	5
	Muy bueno	Bueno	Medio	Regular	Malo
<b>Puntuación complejidad contenido trabajo</b>				4	

### **Turnos, Horarios, Pausas.**

En la Constructora Alvarado-Ortiz se analizó en el área de la planta de Asfalto y en la Máquina Excavadora, debido al entorno en que se maneja provocando sufrir riesgo de estrés como lo indican los datos obtenidos en las tablas 4.20 y 4.21.



Tabla.4.20. Resultados de Mediciones de Turnos, Horarios, Pausasal operador de la máquina Excavadora. (Fuente autor)

	GRADO				
	1	2	3	4	5
<b>Horario de trabajo</b>	Normal, flexible opcional	Fijo diurno	Diario rotativo 2x8	Turnos 3x8 descanso fin semana	Turno rotativo non stop
VALOR		2			
	GRADO				
	1	0,5		0	
<b>Tiempo organización trabajo</b>	Imposibilidad de rechazo	Posibilidad parcial de rechazo		Posibilidad total de rechazo	
<b>Horas extraordinarias</b>					
VALOR	1				
	GRADO				
	1	0,5		0	
<b>Tiempo organización trabajo</b>	Imposibilidad de retrasos	Poca tolerancia		Tolerancia de retrasos	
<b>Rechazo de horarios</b>					
VALOR	1				
	GRADO				
	1	0,5		0	
<b>Tiempo organización trabajo</b>	Imposibilidad de fijar duración y tiempos	Posibilidad de fijar el momento		Posibilidad de fijar el momento y duración	
<b>Pausas</b>					
VALOR	1				

	GRADO		
	1	0,5	0
<b>Tiempo organización trabajo</b>	Posibilidad cesar el trabajo solo a la hora prevista	Posibilidad de acabar antes con la obligación de permanencia allí	Posibilidad de acabar antes y abandonar el lugar de trabajo
<b>Término del trabajo</b>			
<b>VALOR</b>	<b>1</b>		
	GRADO		
	1	0,5	0
<b>Tiempo organización trabajo</b>	Imposibilidad de tomar descanso en caso de incidente	Tiempo de descanso de media hora o menor	Tiempo de descanso de mas de media hora
<b>Tiempo de descanso</b>			
<b>VALOR</b>		0,5	<b>0</b>
<b>Puntuación Total</b>	= (PUNTUACIÓN HORARIO DE TRABAJO+ PUNTUACIÓN TIEMPO ORGANIZACIÓN DE TRABAJO)		
<b>Puntuación Total</b>	= (4,5+2)= <b>6,5</b>		

Valoración	1	2	3	4	5
	Muy bueno	Bueno	Medio	Regular	Malo
	Satisfactorio	Molestias débiles	Molestias medias	Fatiga	Nocividad
<b>Puntuación</b> lest				<b>6,5</b>	


Tabla.4.21. Resultados de Mediciones de Turnos, Horarios, Pausas al operador de la Planta de Asfalto. (Fuente autor)

	GRADO				
	1	2	3	4	5
<b>Horario de trabajo</b>	Normal, flexible opcional	Fijo diurno	Diario rotativo 2x8	Turnos 3x8 descanso fin semana	Turno rotativo non stop
VALOR		2			
	GRADO				
	1	0,5		0	
<b>Tiempo organización trabajo</b>	Imposibilidad de rechazo	Posibilidad parcial de rechazo		Posibilidad total de rechazo	
<b>horas extraordinarias</b>					
VALOR	1				
	GRADO				
	1	0,5		0	
<b>Tiempo organización trabajo</b>	Imposibilidad de retrasos	Poca tolerancia		Tolerancia de retrasos	
<b>Rechazo de horarios</b>					
VALOR	1				
	GRADO				
	1	0,5		0	
<b>Tiempo organización trabajo</b>	Imposibilidad de fijar duración y tiempos	Posibilidad de fijar el momento		Posibilidad de fijar el momento y duración	
<b>Pausas</b>					
VALOR	1				

	<b>GRADO</b>		
	1	0,,5	0
<b>Tiempo organización trabajo</b>	Posibilidad cesar el trabajo solo a la hora prevista	Posibilidad de acabar antes con la obligación de permanencia alli	Posibilidad de acabar antes y abandonar el lugar de trabajo
<b>Término del trabajo</b>			
<b>VALOR</b>	<b>1</b>		
	<b>GRADO</b>		
	1	0,,5	0
<b>Tiempo organización trabajo</b>	Imposibilidad de tomar descanso en caso de incidente	Tiempo de descanso de media hora o menor	Tiempo de descanso de mas de media hora
<b>Tiempo de descanso</b>			
<b>VALOR</b>		0,5	
<b>PUNTUACIÓN TOTAL</b>	= (PUNTUACIÓN HORARIO DE TRABAJO+ PUNTUACIÓN TIEMPO ORGANIZACIÓN DE TRABAJO)		
<b>PUNTUACIÓN TOTAL</b>	= (4,54+2)= <b>6,5</b>		

Valoración	1	2	3	4	5
	Muy bueno	Bueno	Medio	Regular	Malo
	Satisfactorio	Molestias débiles	Molestias medias	Fatiga	Nocividad
Puntuación lest				<b>6,5</b>	

## Revisión y aprobación de la evaluación de riesgos ergonómicos.

		Fechas
<b>Revisión</b>	Septiembre 12 de 2011	Octubre 18 de 2011
	<b>Autor: Erika Capuz</b>	<b>Tutor: Ing. Manolo Córdova</b>
<b>Aprobación</b>	Noviembre 15 de 2011	
	<b>Ergónomo: Dr. José Molina</b>	

## **4.2. Interpretación de datos.**

### **4.2.1. Identificación del peligro**

- Del Gráfico 4.1 se observa la presencia de Problemas respiratorios y Dolores lumbares, como causa principal de Trastornos musculo esqueléticos.

### **4.2.2. Estimación de los factores de riesgo**

- De la Tabla 4.1 se observa la presencia de todos los factores de riesgo, predominando los Riesgos físicos, psicosociales y ergonómicos por el número de interacciones.
- De la Tabla 4.1 se observa que el número de interacciones de los factores de riesgo físicos, psicosocial y ergonómico determinan un número de 92 interacciones correspondiente al 75% del total.
- Del cuadro 4.1 se observa que existen 32 interacciones del total de intolerables o el 78% que incumben a factores de riesgo físicos, psicosociales y ergonómicos relacionados directamente con trastornos musculo esqueléticos.

### **4.2.3. Evaluación del riesgo**

#### **4.2.3.1. Factores ergonómicos**

##### **Carga postural (Método Reba)**

- De la tabla 4.2 la evaluación de cuerpo de lado derecho da un valor de 2 que corresponde a un nivel de actuación necesaria. Por valores de puntuación relativamente altos en tronco, cuello, brazo y muñeca, acentuándose en el lado derecho por mantenerse en posición estática o de descanso.
- De la tabla 4.3 la evaluación de cuerpo de lado izquierdo da un valor de 3 que corresponde a un nivel de actuación necesaria pronto. Por valores de

puntuación relativamente altos en tronco, cuello y brazo, acentuándose en el lado izquierdo por la utilización de mandos.

- De la tabla 4.4 la evaluación de cuerpo de lado derecho da un valor de 4 que corresponde a un nivel de actuación inmediata. Por valores de puntuación altos en tronco, piernas, y brazo, en el lado derecho por la manipulación de la herramienta.
- De la tabla 4.5 la evaluación de cuerpo de lado izquierdo da un valor de 4 que corresponde a un nivel de actuación inmediata. Por valores de puntuación altos en piernas, brazo y muñeca, en el lado izquierdo por la manipulación de la herramienta.

#### **Estrés térmico (Método WBGT)**

- De la Tabla 4.6 se observa que el valor del riesgo por Estrés Térmico en la dosis es de 1,1 excede al permitido que determina medidas de control inmediato, definida por el factor alto de la carga térmica metabólica por la temperatura más no por el tipo de trabajo.
- Se determinó un valor permisible de exposición al calor del 50% de trabajo y 50% de descanso.
- De la Tabla 4.7 se observa que el valor del riesgo por Estrés Térmico en la dosis es de 1,05 excede al permitido que determina medidas de control inmediato, definida por el factor alto de la carga térmica metabólica por la temperatura más no por el tipo de trabajo.
- Se determinó un valor permisible de exposición al calor del 75% de trabajo y 25% de descanso.

#### **4.2.3.2. Factores Físicos.**

##### **Ruido**

- De la Tabla 4.8 se observa que el valor del riesgo por Ruido en dosis es de 4 que corresponde a riesgo intolerable determinado por valores del nivel de presión sonora equivalente de 90,76 dB resultando superior al límite de exposición. Por el contrario en dentro de la cabina es 68,08 dB inferior al límite de exposición.
- De la Tabla 4.9 se observa que el valor del riesgo por Ruido en dosis es de 2.5 que corresponde a riesgo intolerable determinado por valores del nivel de presión sonora equivalente de 89,42 dB resultando superior al límite de exposición. Por el contrario dentro de la cabina es de 65,84 dB inferior al límite de exposición.
- De la Tabla 4.10 se observa que el valor del riesgo por Ruido en dosis es de 6 que corresponde a riesgo intolerable determinado por valores del nivel de presión sonora equivalente de 96,06 dB resultando superior al límite de exposición.

##### **Vibraciones**

- De la Tabla 4.11 se observa que el valor del riesgo por Vibraciones en dosis es de 3,37 que corresponde a riesgo intolerable para vibraciones mano-brazo determinado por valores de aceleración de 16,87 m/s<sup>2</sup> superando la aceleración máxima permitida.
- De la Tabla 4.12 se observa que el valor del riesgo por Vibraciones en dosis es de 1,66 que corresponde a riesgo intolerable para vibraciones cuerpo completo determinado por valores de aceleración de 1,91 m/s<sup>2</sup> superando la aceleración máxima permitida.
- De la Tabla 4.13 se observa que el valor del riesgo por Vibraciones en dosis es de 3,94 que corresponde a riesgo intolerable para vibraciones



cuerpo completo determinado por valores de aceleración de  $4,59 \text{ m/s}^2$  superando la aceleración máxima permitida.

### **Material Particulado**

- De la Tabla 4.14 se observa que el valor del riesgo por Material Particulado en dosis es de 4,7 y 1,41 que corresponde a riesgo inaceptable (INTOLERABLE) para Fracción respirable como para fracción inhalable determinado por valores de concentración media de  $14,12 \text{ mg/m}^3$ .
- De la Tabla 4.15 se observa que el valor del riesgo por Material Particulado en dosis es de 0,42 que corresponde a riesgo aceptable (TOLERABLE) para Fracción inhalable lo que no ocurre con la dosis de Fracción respirable dando un riesgo inaceptable (INTOLERABLE) determinado por valores de concentración media de  $14,12 \text{ mg/m}^3$ .

### **4.2.3.3. Factores Psicosociales.**

#### **Carga sensorial.**

- De la Tabla 4.16 y 4.17 se observa que el valor del riesgo por carga sensorial corresponde a un valor de riesgo regular (INTOLERABLE) determinado por valores altos del esfuerzo sensomotriz visual y táctil, atención concentrada, coordinación sensomotora por destreza táctil y viso manual según Cuadro 4.3.

#### **Complejidad y contenido de trabajo.**

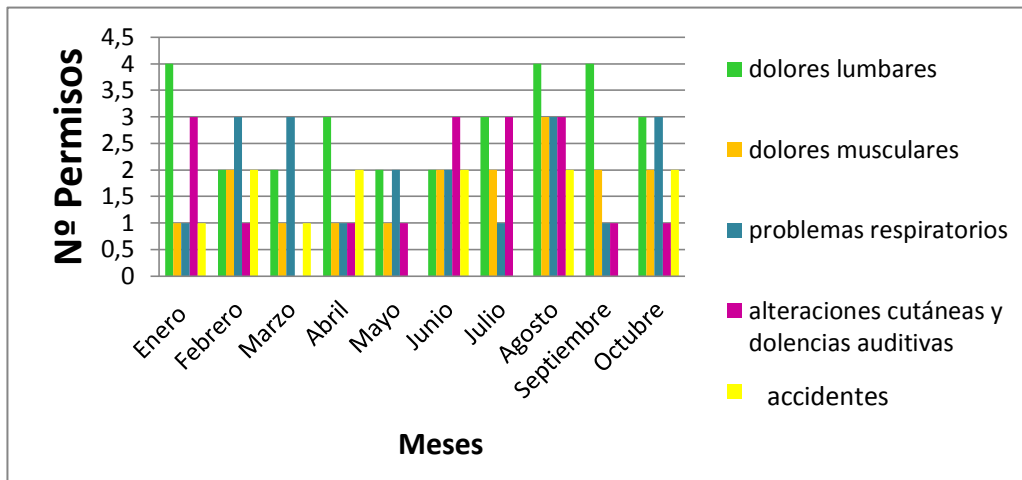
- De la Tabla 4.18 y 4.19 se observa que el valor del riesgo por la Complejidad y Contenido del Trabajo corresponde a un valor de riesgo medio (TOLERABLE) determinado por valores bajos en el trabajo en serie, cadena, alternado, rotación de tareas y Ambigüedad del Rol pero con valores altos del factor de: Trabajo con sobrecargas cualitativas y cuantitativas; Presión de tiempos, plazos y velocidad.

### **Turnos, Horarios, Pausas.**

- De la Tabla 4.20 y 4.21 se observa que el valor del riesgo por los Turnos, Horarios y Pausas corresponde a un valor de riesgo regular (INTOLERABLE) determinado por valores de factores de riesgo por horarios de trabajo con fijo diurno; imposibilidad de rechazo de horas extraordinarias; imposibilidad de retrasos en horarios; imposibilidad de fijar duración y tiempos en pausas; posibilidad de cesar el trabajo solo a la hora prevista al termino del trabajo; imposibilidad de tomar un tiempo superior a media hora en caso de incidente.

### 4.3. Verificación de hipótesis

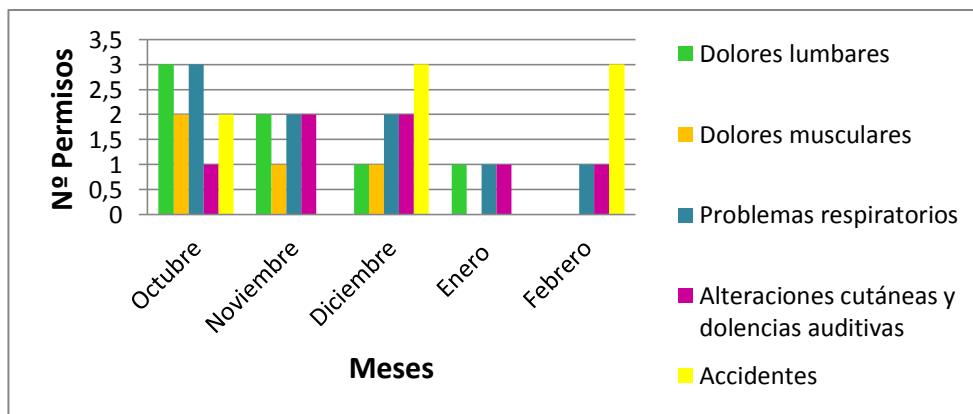
En la empresa Constructoras Alvarado-Ortiz se encontró problemas causados por trastornos musculo esqueléticos siendo estas lesiones y ausentismo



**Gráfica 4.4. Índice de lesiones y permisos por TME 2011**

**Fuente:** Departamento de Producción Constructoras Alvarado-Ortiz.

En la gráfica 4.4. Observamos un alto índice de lesiones y ausentismo causado por trastornos musculo esqueléticos donde la peresencia de dolores lumbares, alteraciones cutáneas, dolores musculares son las más representativas, dando un total de 10 permisos promedio por mes un número significativo.



**Gráfica 4.5. Índice de Lesiones por TME 2011**

**Fuente:** Departamento de Producción de constructoras Alvarado-Ortiz

Al realizar la identificación del peligro y evaluación de los riesgos físicos, ergonómicos y psicosociales de acuerdo a las normas, permitió evidenciar los problemas musculo esqueléticos en los trabajadores.

En la gráfica 4.5. Observamos una disminución razonable del 30% del número de permisos por mes principalmente en lesiones como: dolores musculares y dolores lumbares, quedando de esta manera comprobada la hipótesis planteada.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. CONCLUSIONES**

1. Del análisis del riesgo se identificó la presencia de Dolores lumbares como principal causa de trastornos músculo esquelético en los operadores de maquinaria en la Constructoras Alvarado-Ortiz.
2. De la significación de los riesgos utilizando la Matriz causa efecto se encontró que el 78% de los riesgos intolerables tienen relación directa con trastornos musculo esqueléticos en los operadores de maquinaria en la Constructoras Alvarado-Ortiz.
3. Se evaluó los riesgos físicos y ergonómicos en los puesto de trabajo de la Constructoras Alvarado-Ortiz considerando: la carga postural, Estrés Térmico, Ruido, Vibraciones, exposición a Material particulado, carga sensorial, complejidad y contenido de trabajo, turnos horarios, pausassegún recomiendalas normas NTP (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo), y en el Real Decreto. Resultando valores de dosis  $D > 1$  correspondiente a riesgo INTOLERABLE.
4. De la evaluación del riesgo ergonómico se observa que el 71 % de los factores ergonómicos evaluados corresponden a riesgo INTOLERABLE, el 29 % a Riesgo TOLERABLE.
5. Mediante inspección de campo se determinó la información que se utilizaron para evaluar la Carga postural, Carga Sensorial, Complejidad y Contenido de Trabajo y Turnos, Horarios, Pausas. Y mediante muestreo de campo se determinó la información para evaluar el Ruido, Vibraciones, Estrés Térmico y Concentración de Material Particulado.

6. Se pudo determinar las causas básicas que afectan a la aparición de Trastornos Musculo Esqueléticos en los operadores de maquinaria de la Constructoras Alvarado-Ortiz con el siguiente valor: Carga postural en el Compresor (Accion inmediata “Intoletable”), en la Planta de asfalto, (Accionnecesaria”tolerable”), Ruido en los exteriores de las plantas de Asfalto y Trituradora (Intolerable), Ruido en Compresor (Intolerable), Ruido en la cabina de las plantas de Asfalto y Trituradora (Tolerable), Vibraciones (Intolerable), y el Estrés Térmico (Intolerable), Carga Sensorial (Intolerable), Complejidad y Contenido de Trabajo (Tolerable), y Turnos, Horarios, Pausas (Intolerable).
7. La metodología de evaluación de riesgos que se utilizó, filtra la información en dos fases: el análisis del riesgo (identificación del peligro y estimación del riesgo) y la valoración del riesgo, principio de actuación que no se puede obtener con métodos individuales porque no se basan en el global del problema sino en la valoración individual.
8. Del análisis realizado, las condiciones actuales de trabajo como se ejecutan, pueden causar Trastornos Musculo esqueléticos con riesgo Intolerablepor lo que este trabajo es peligroso y de alto riesgo.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

1. Desarrollar un programa de Prevención Ergonómica para disminuir el riesgo (Intolerable) de sufrir Trastornos Musculo esqueléticos y en los operadores de maquinas de la Constructoras Alvarado-Ortiz.
2. Dar prioridad a los aspectos determinados como significativos en el análisis de los resultados de este estudio ergonómico.
3. Sugerir la designación de un responsable de seguridad que cubra las falencias en cuanto a los niveles de riesgos como son el control permanente a los trabajadores en la utilización de los equipos de Protección; y desarrollo un programa de prevención global.

## **CAPITULO VI**

### **6. PROPUESTA**

#### **6.1. Datos Informativos**

En la actualidad como es de conocimiento, los organismos de control de riesgos exigen a las empresas de todo ámbito a cumplir con normas y reglamentos para precautelar la seguridad y salud de sus trabajadores y de mejorar el ambiente laboral del mismo, para cumplir con estos parámetros las evaluaciones de riesgo físico, ergonómico y psicosocial en particular las exposiciones al ruido, vibración, material particulado, carga postural y estrés térmico, nos ayuda a mejorar dicho objetivo, en el cual se utilizan métodos de evaluación y mediciones según como nos indican el decreto ejecutivo 2393, las normas ISO 9613 (Ruido) ISO 5349-2631(Vibraciones), NTP 601(Carga postural), NTP 322(Estrés Térmico), INSHT y las OSHAS 18001 las cuales poseen mayor efecto en la investigación y estudio que vamos a realizar.

Para la obtención de resultados satisfactorios del proceso de mediciones y evaluaciones de los riesgos físicos-ergonómicos (ruido, vibración, material particulado, estrés térmico) se demanda de instrumentos de medida de alta precisión que nos ayudarán con datos y resultados aceptables para la realización de cálculos y análisis de los riesgos existentes con lo que nos permitirán dar soluciones y recomendar que se debe hacer en cada puesto o área de trabajo para disminuir los riesgos encontrados y mejorar el ambiente laboral.

En la toma de datos de las exposiciones a los riesgos en las que se encuentra el empleado debemos basarnos en las normas y métodos ya descritas anteriormente, en la que evalúa las diferentes amenazas de riesgo existente como exposición al ruido, vibración, material particulado, estrés, estrés térmico y carga postutural.

## 6.2. Antecedentes de la Propuesta

Nos basamos en lo que establece las **normas OSHAS 18001** de los sistemas de gestión de la seguridad y salud de los trabajadores en su guion 4.3 de planificación, 4.3.1 de la identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles.

Para la gestión de los cambios, la organización debe identificar los peligros para la seguridad y salud de los trabajadores (SST) y los riesgos para SST asociado con los cambios de la organización del sistema de la gestión de la SST, o sus actividades antes de la incorporación de dichos cambios.

La organización debe asegurarse de que se consideran los resultados de estas evaluaciones al determinar los controles.

Al establecer los controles o considerar cambios en los controles existentes se debe considerar la reducción de los riesgos de acuerdo a la siguiente jerarquía:

- a) Eliminación
- b) Sustitución
- c) Controles de ingeniería
- d) Señalización/advertencias y/o controles administrativos
- e) Equipos de protección personal

La organización debe documentarse y mantener actualizados los resultados de la identificación de peligros, la evaluación de riesgos y los controles determinados.

La organización debe asegurarse de que los riesgos para la SST y los controles determinados se tengan en cuenta al establecer, implementar y mantener su sistema de gestión de la SST.



Decreto ejecutivo 2393 Titulo II Capitulo V Art. 55. Ruidos y vibraciones. La prevención de riesgos por ruidos y vibraciones se efectuará aplicando la metodología expresada en el apartado 4 del artículo 53.

Al no tener normas pertinentes para esta investigación en el Ecuador, nos basamos en el Ministerio de Trabajo y asuntos sociales de España y del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, que son las NTP las mismas que se basan en la normas ISO que actualmente son UNE vigentes.

### **6.3. Justificación**

Adoptar medidas necesarias para la prevención de los riesgos que puedan afectar a la salud y al bienestar de los trabajadores según Art.11. Lateral.2. D.E. 2393, para minimizar estos trastornos y que se ejecuten los trabajos sin mayor problema, libres de factores que dificulten las tareas a realizarse de producción adoptando las condiciones más adecuadas y brinde una seguridad absoluta.

### **6.4. Objetivos**

- Proporcionar medidas de control básicas para reducir los riesgos significativos de ruido, vibración, material particulado, carga postural, estrés. estrés térmico como indica el decreto ejecutivo 2393 título II capítulo V Art. 55 y 56 de riesgos del trabajo y las notas técnicas de prevención (NTP: 601 y NTP: 322) del INSHT para los trabajadores de la empresa Constructoras Alvarado-Ortiz.
- Cumplir con la estructura de la OHSAS 18001 en el sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo, en su guión 4.3 mediante la determinación de sistemas o medios de control a los factores de riesgos críticos.
- Encontrar medidas o métodos de control que indica el Reglamento de Seguridad, Salud en el Trabajo y Mejoramiento del Medio Ambiente del Ministerio de Relaciones Laborables a los puestos de trabajo estudiados.

- Desarrollar un plan de prevención de riesgos ergonómicos considerando normas técnicas como NTP601, NTP322 para las actividades y el entorno. Para el manejo del estrés la guía de la universidad de Navarra de España.

## 6.5. Análisis de Factibilidad

La elaboración de la propuesta es factible realizar, ya que se cuenta con información necesaria, de Guías, reglamentos y predisposición de la empresa para su aplicación, además del recurso humano e instrumentos de medición que fueron facilitados por el laboratorio de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electronica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato.

Con la utilización de estos recursos nos permitirá tener una disminución del riesgo ergonómico en la operación de maquinaria de Constructora Alvarado-Ortiz.

### 6.5.1. Análisis de Costo

#### 6.5.1.1. Costos Directos

El presente trabajo de investigación y mediciones esta realizado con equipos un tanto difícil de obtenerlos y costosos. En la siguiente tabla podemos encontrar una descripción de los materiales que se utilizaron en el proyecto.

**Tabla.6.1. Gastos Directos (Fuente: Autor)**

INVERSIÓN DE MATERIALES			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Alquiler de sonómetro-promediador integrador	1	350	350
Alquiler de vibrómetro	1	350	350
Alquiler medidor de Material Particulado	1	350	350
Alquiler de Temperatura	1	350	350
Cámara de Fotos	1	200	200
Impresiones	x	150	150
TOTAL			1750

### 6.5.1.1. Costos Indirectos

Los costos indirectos son aquellos que no se exponen en forma directa, pero se lo debe tomar muy en cuenta porque son esenciales para llevar a cabo el trabajo planteado, como por ejemplo el transporte, materiales informáticos, viáticos etc.

**Tabla.6.2. Gastos Indirectos. (Fuente: autor)**

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad (USD)</b>
Material Bibliografico	200
Transporte	100
TOTAL	300

El gasto total del preyecto fue de aproximadamente \$2050; gastos que corrieron en la mayoría por la empresa.

## 6.6. Fundamentación

### 6.6.1. Matriz de riesgos

Lo primero que realizamos es la estimación cualitativa del riesgo por el método del triple criterio, por lo que analizamos los siguientes pasos: la probabilidad de ocurrencia si es (baja, media o alta), la gravedad del daño (ligeramente dañino, dañino o extremadamente dañino), vulnerabilidad (Mediana gestión, incipiente gestión, ninguna gestión). Como lo podemos observar en el **Anexo2**.

Con los resultados obtenidos realizamos la estimación del riesgo (moderado 3 y 4, importante 5 y 6, e intolerante 7, 8 y 9) con el resultado obtenido nos dirigimos a la matriz de riesgos que es una identificación, estimación cualitativa y control de riesgos, en la que consta la información general de la empresa a la que vamos a estudiar (puestos de trabajo, áreas, procesos analizados, actividades, tareas de proceso, número de trabajadores o trabajadoras) seguidamente tenemos los factores de riesgo que son: los físicos, mecánicos, químicos, ergonómicos, psicosociales; todos estos factores tienen sus derivados que son analizados

independientemente en cada área y otorgada su respectiva calificación, según el método de triple criterio.

Luego se realiza la cualificación y estimación del riesgo (moderado, importante, e intolerante). En nuestro estudio los valores de la matriz de riesgos fueron que, en las áreas o actividades de operación y conducción de máquinas; hay riesgos físicos, ergonómicos y psicosociales intolerante, lo cual abaliza nuestro estudio. Como lo podemos observar en el **Anexo3**.


#### **6.6.2. Distribución de riesgos por maquinaria**

Los resultados de la estimación de los riesgos son factores físicos, ergonómicos y psicosociales que organizamos por puesto de trabajo con los de mayor concentración de riesgo intolerable. Como lo podemos observar en el (**Anexo4**).

#### **6.7. Metodología**

Para la ejecución de este proyecto se ha escogido realizar un programa de prevención de riesgos físicos, ergonómicos y psicosociales, por medio del cual podemos disminuir la exposición a los riesgos y dar un mejor conocimiento a los involucrados en el medio y desarrollo de las actividades dentro de la empresa.

##### **6.7.1 Programa de Prevención de Riesgos Físicos, Ergonómicos y Psicosociales.**


	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> <b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>1 de 35</b></p>
---	---	--------------------------------------

## **1. INTRODUCCIÓN**

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales y el Decreto 2393 de Riesgos de Trabajo, indican que la prevención de riesgos laborales, como actuación a desarrollar en el seno de la empresa, deberá integrarse en el conjunto de sus actividades y decisiones, tanto en los procesos técnicos, en la organización del trabajo y en las condiciones en que éste se preste, como en la línea jerárquica de la empresa, específicamente en el departamento de Producción. El establecimiento de una acción preventiva integrada en CONSTRUCTORAS ALVARADO-ORTIZ Cía. Ltda. Mina matriz Alvortiz se efectuará mediante la implantación y aplicación de un programa de prevención que incluya la estructura organizativa, las responsabilidades, las funciones, las prácticas, los procedimientos, los procesos y los recursos necesarios para llevar a cabo dicha acción.

## **2. OBJETIVO**

El objeto del presente Programa de Prevención es establecer y poner por escrito las normas y procedimientos que permitan una correcta gestión de la prevención de riesgos laborales en CONSTRUCTORAS ALVARADO-ORTIZ Cía. Ltda. Mina matriz Alvortiz, cumpliendo la normativa legal que es de aplicación.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> <b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>2 de 35</b></p>
---	---	--------------------------------------

## **1. Organización interna de la empresa**

### **1.1 Descripción general de las instalaciones de Mina Matriz**

CONSTRUCTORAS ALVARADO-ORTIZ Cía. Ltda. Mina matriz Alvortiz se dedica a la producción de agregados (3/4, 3/8, 3/16 o arena) y Producción de mezcla Asfáltica.


CONSTRUCTORAS ALVARADO-ORTIZ Cía. Ltda. Mina matriz Alvortiz dispone de la siguiente área de trabajo:

#### **Área de Producción:**

Se trata del área de producción con una superficie extensa donde brinda las condiciones necesarias y adecuadas para los procesos de producción con sus debidos centros y espacios para las oficinas de control y planificación. La Mina consta de zonas específicas para la planta de Trituración y planta de Asfalto con espacios de abastecimiento. Una de las zonas corresponde a la planta de producción de agregados y junto a ella se ubica la planta de producción de asfalto en la que cada una consta de áreas o espacios donde se encuentran máquinas que sirven para abastecimiento y stock de las plantas.

CONSTRUCTORAS ALVARADO-ORTIZ Cía. Ltda. Mina matriz Alvortiz dispone actualmente de una plantilla de aproximadamente 30 trabajadores entre dirección, oficina y personal operativo.

CONSTRUCTORAS ALVARADO-ORTIZ Cía. Ltda. Mina matriz Alvortiz está organizada por la Dirección de Producción:

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> <b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>3 de 35</b></p>
---	---	--------------------------------------

- **Dirección de producción**

Gestión y coordinación

- Coordinación y supervisión en plantas de producción.

Actividades de Producción

- Jefes de planta

Labores administrativas-control de producción y mantenimiento de planta.

- Operadores de plantas

Manejan los controles de operación de la planta.

- Operadores de máquinas.

Excavadora: excava piedra a cielo abierto

Cargadora: abastece a las plantas de trituración y asfalto.


Compresor: perfora piedra

Volqueta: abastece a las plantas de trituración y asfalto.

La Mina Matriz Alvortiz tiene en propiedad maquinaria como:

Excavadora

Cargadoras

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> <b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>4 de 35</b></p>
---	---	--------------------------------------

Compresor

Volquetas.

## **2. Organización de la prevención en la empresa**

### **2.1. Coordinador de seguridad y salud ocupacional.**

CONSTRUCTORAS ALVARADO-ORTIZ Cía. Ltda. Mina matriz Alvortiz cuenta con una persona para que desarrolle las funciones de coordinación del departamento de seguridad y salud ocupacional.

El trabajador designado tiene formación específica en la prevención de riesgos laborales, de tal manera que está capacitado para el desarrollo de las funciones de técnico en seguridad e higiene del trabajo. De acuerdo al grado de peligrosidad de la empresa, especificado en el Art. 15 literal 2 del decreto ejecutivo 2393.


### **Comité de Seguridad y salud**

El Comité de Seguridad y Salud, órgano de representación mixta, está formado por los delegados de la coordinación del S y SO, por una parte, y por el empresario y/o sus representantes en número igual al de los delegados, por la otra.

### **Funciones y responsabilidades de la empresa**

En cumplimiento del deber de protección, la empresa debe garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores a su servicio, en todos los aspectos relacionados con el trabajo. A tal efecto, en el marco de sus responsabilidades, la empresa realizará la prevención de riesgos físicos, ergonómicos y psicosociales (ruido, vibraciones,




	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b></p> <p align="center"><b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>5 de 35</b></p>
---	---	--------------------------------------

material particulado, carga postural, estrés térmico y estrés) mediante la adopción de evaluaciones de riesgos para la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores.

En líneas generales son funciones y responsabilidades de la empresa y de la dirección en relación con la integración de la prevención en la estructura jerárquica de la misma, las siguientes:


- Definir las funciones y responsabilidades de cada uno de los miembros de Constructora Alvarado-Ortiz. Cía. Ltda. Mina matriz.
- Exigir el cumplimiento de la legislación en materia de prevención de riesgos laborales.
- Dotar de los medios y recursos necesarios para llevar a la práctica las acciones del sistema preventivo de la empresa.
- Exigir la adopción de las medidas necesarias para corregir los fallos detectados en el sistema preventivo de los riesgos físicos, ergonómicos y psicosociales.
- Establecer objetivos anuales en prevención de riesgos físicos, ergonómicos y psicosociales coherentes con la política preventiva.
- Designar una persona que coordine las actuaciones del servicio de prevención ajeno con el personal.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> <b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>6 de 35</b></p>
---	---	--------------------------------------

- Controlar periódicamente el funcionamiento del sistema preventivo y establecer medidas para corregir los malos funcionamientos del mismo.
- Controlar que todas las personas que forman la organización tengan la capacitación adecuada para las funciones que deben realizar dentro del sistema preventivo y establecer los planes de formación necesarios para conseguir esta capacitación.

De acuerdo a los contenidos de la Ley del decreto 2393 de Prevención de riesgos laborales, todo esto se llevará a cabo con arreglo a los siguientes principios generales:

- a) Evitar los riesgos.
- b) Evaluar los riesgos que no se puedan evitar.
- c) Combatir los riesgos en su origen.
- d) Adaptar el trabajo a la persona, en particular en lo que respecta a la concepción de los puestos de trabajo, así como a la elección de los equipos y los métodos de trabajo y de producción, con miras, en particular, a atenuar el trabajo monótono y repetitivo y a reducir los efectos del mismo en la salud.
- e) Tener en cuenta la evolución de la técnica.
- f) Sustituir lo peligroso por lo que entrañe poco o ningún peligro.
- g) Planificar la prevención, buscando un conjunto coherente que integre en ella la técnica, la organización del trabajo, las condiciones de trabajo, las relaciones sociales y la influencia de los factores ambientales en el trabajo.

	<p><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b></p> <p><b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p><b>7 de 35</b></p>
---	---	-----------------------


h) Adoptar medidas que antepongan la protección colectiva a la individual.

El empresario adoptará las medidas necesarias a fin de garantizar que sólo los trabajadores que hayan recibido información suficiente y adecuada puedan acceder a las zonas de riesgo grave y específico.

### **Funciones y responsabilidades de los mandos intermedios**

Dadas las características de la empresa y su estructura empresarial, se considera mandos intermedios de la misma al encargado, cuyas funciones, en materia de prevención de riesgos laborales, serán las siguientes:

- a) Informar e instruir a sus operarios, incluidos los trabajadores con carácter temporal, con anterioridad al desempeño de las tareas asignadas, sobre los riesgos existentes en su tarea, las medidas preventivas, el uso de equipos de protección individual y las normas de seguridad a tener en cuenta en el puesto de trabajo.
- b) Cumplir y hacer cumplir las normas de seguridad, procedimientos e instrucciones sobre prevención de los riesgos.
- c) Colaborar con el responsable del departamento en la investigación y análisis de accidentes de su área de competencia.
- d) Detener los trabajos u operaciones que se realicen con riesgo grave o inminente de accidente o incidente.
- e) Establecer y mantener canales de comunicación para la necesaria información y participación de su personal en la prevención de riesgos físicos, ergonómicos y psicosociales.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> <b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>8 de 35</b></p>
---	---	--------------------------------------


f) Vigilar con especial atención aquellas situaciones críticas que puedan surgir en la realización de las tareas a su cargo, para adoptar medidas preventivas inmediatas.

### **Funciones y responsabilidades de los trabajadores**

Corresponde a cada trabajador velar, según sus posibilidades y mediante el cumplimiento de las medidas de prevención que en cada caso sean establecidas, que por su propia seguridad y salud en el trabajo y por la de aquellas otras personas a las que pueda afectar su actividad profesional, a causa de sus actos y omisiones en el trabajo, de conformidad con su formación y las instrucciones del empresario.

Los trabajadores, con arreglo a su formación y siguiendo las instrucciones de la empresa, deberán en particular:

- a) Usar adecuadamente, de acuerdo con su naturaleza y los riesgos previsibles, las máquinas, aparatos, herramientas, equipos de transporte y, en cualesquiera otros medios con los que desarrollen su actividad.
- b) Utilizar correctamente los medios y equipos de protección facilitados por la empresa, de acuerdo con las instrucciones recibidas de éste.
- c) No poner fuera de funcionamiento y utilizar correctamente los dispositivos de seguridad existentes o que se instalen en los medios relacionados con su actividad o en los lugares de trabajo en los que ésta tenga lugar.
- d) Informar de inmediato a su superior jerárquico directo, y a los trabajadores designados para realizar actividades de protección y de prevención o, en su caso, al servicio de prevención, acerca de cualquier situación que, a su juicio, entrañe, por motivos razonables, un riesgo para la seguridad y la salud de los trabajadores.

	<p><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b></p> <p><b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p><b>9 de 35</b></p>
---	---	-----------------------

e) Contribuir al cumplimiento de las obligaciones establecidas por la autoridad competente con el fin de proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en el trabajo.

f) Cooperar con la empresa para que éste pueda garantizar unas condiciones de trabajo que sean seguras y no entrañen riesgos para la seguridad y la salud de los trabajadores.

### **Funciones y responsabilidades del Comité de Seguridad y Salud**

Son funciones del Comité de Seguridad y Salud las siguientes:

a) Participar en la elaboración, puesta en práctica y evaluación de los planes y programas de prevención de los riesgos físicos, ergonómicos y psicosociales en Constructora Alvarado-Ortiz. Cía. Ltda. Mina.

b) Promover iniciativas para la efectiva prevención de riesgos.


c) Proponer mejoras y correcciones de las deficiencias existentes.

d) Conocer directamente la situación relativa a la prevención de riesgos en el centro de trabajo.

e) Conocer cuántos documentos e informes relativos a las condiciones de trabajo sean necesarios para el cumplimiento de sus funciones.

f) Conocer y analizar.

### **3. Evaluación de los riesgos en los puestos de trabajo**

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> <b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>10 de 35</b></p>
---	---	---------------------------------------

En este apartado se evalúan los riesgos que afectan a los puestos de trabajo que no han sido contemplados en la evaluación de los riesgos.

La metodología de evaluación se estructura en dos fases:

- La enfocada al análisis de las condiciones de trabajo que afectan al puesto de trabajo a evaluar.
- La evaluación de los riesgos identificados en el análisis anterior.

### **3.1. Análisis de las condiciones del puesto de trabajo**


En este apartado se procede al análisis de las condiciones del puesto de trabajo, para lo cual se utiliza el modelo general establecido en la metodología de evaluación, y que se adaptará en función de las particularidades del puesto.

Para hacer efectiva la recepción de la información que pudieran aportar los trabajadores, en el puesto de trabajo se ha realizado la toma de datos de la evaluación con el trabajador del puesto a analizar.

### **3.2. Proceso de evaluación**

El proceso de evaluación de los riesgos físicos, ergonómicos y psicosociales a efectuar para el puesto se efectúa conforme a los siguientes criterios:

- Identificación de las condiciones del puesto.
- Recopilación del criterio de evaluación que afecta a las distintas condiciones seleccionadas.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> <b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>11 de 35</b></p>
---	---	---------------------------------------

- Recopilación de los factores de riesgo que afectan a cada condición evaluada.
- Determinación de las medidas propuestas asociadas a cada uno de los factores de riesgo indicados.
- Calificación del riesgo que ocasiona cada condición analizada y prioridad de las medidas propuestas.

## **1. Programa de control de generación de Ruido**

### **1.1. Objetivo**

Mitigar la generación de ruido durante la operación de la maquinaria.

### **1.2. Justificación**

La operación de equipo de producción y maquinaria producirá ruido que afectara a la salud de los trabajadores.

### **1.3. Metodología de ejecución**

**Tabla 6.1. Medidas de control para planta de asfalto. (Fuente: Autor)**

Máquina	Puesto	Riesgo	Métodos de Control
Planta de Asfalto	Cabina	Tolerable	<p><b>Fuente:</b> Realizar mantenimiento periódico en especial: motores, Drum y mezclador.</p> <p><b>Medio:</b> Se ignora el control en el medio porque se labora a cielo abierto y se complica el azar barreras.</p> <p><b>Trabajador:</b> Uso de tapones auditivos x-100 con grado de atenuación de 37dB como indica la norma UNE-EN-2:2003.</p> <p><b>Organización:</b> Disminución de tiempo de exposición con turnos de cambio de actividad.</p>
	Exterior	Intolerable	




**Tabla 6.2. Medidas de control para planta de trituración. (Fuente: Autor)**

Máquina	Puesto	Riesgo	Métodos de Control
Planta de Trituración	Cabina	Tolerable	<p><b>Fuente:</b> Realizar mantenimiento periódico en especial: motores, rodillos.</p> <p><b>Medio:</b> Se ignora el control en el medio porque se labora a cielo abierto y se complica el azar barreras.</p> <p><b>Trabajador:</b> Uso de tapones auditivos x-100 con grado de atenuación de 37dB como indica la norma UNE-EN-2:2003.</p> <p><b>Organización:</b> Disminución de tiempo de exposición con turnos de cambio de actividad.</p>
	Exterior	Intolerable	

**Tabla 6.3. Medidas de control para compresor. (Fuente: Autor)**

Máquina	Puesto	Riesgo	Métodos de Control
Compresor	Exterior	Intolerable	<p><b>Fuente:</b> Adquisición de equipo con nivel de ruido bajo como el martillo hidráulico que es atenuado el ruido porque trabaja dentro de cabina.</p> <p><b>Medio:</b> Se ignora el control en el medio porque se labora a cielo abierto y se complica el azar barreras.</p> <p><b>Trabajador:</b> Uso de tapones auditivos x-100 con grado de atenuación de 37dB como indica la norma UNE-EN-352-2:2003, y orejeras con grado de atenuación de 23dB según la norma UNE-EN-352-1:2002.</p> <p><b>Organización:</b> Disminución de tiempo de exposición con turnos de cambio de actividad.</p> <p><b>Anexo(6)</b></p>

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> <b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>15 de 35</b></p>
---	---	---------------------------------------

#### **1.4. Beneficiarios**

Los principales beneficiarios serán los trabajadores en los diferentes puestos de trabajo y las poblaciones aledañas así como visitantes.

#### **Responsables**

Las medidas de control de generación de ruido es responsabilidad de Gerencia de la empresa y la unidad seguridad y salud ocupacional.

Además para que el control sea más exacto posible, debe hacer participar a los jefes de planta y trabajadores a modo de asesores debido a su conocimiento de las características de los puestos de trabajo, instalaciones y sus riesgos.

#### **1.5. Recursos**

Protectores anti ruido.


#### **1.6. Cronograma**

Durante la jornada laboral y el tiempo de exposición al riesgo.

### **2. Programa de control de generación de Vibraciones en Mano-Brazo y Cuerpo Entero.**

#### **2.1. Objetivo**

Reducir la generación de vibraciones mano-brazo y cuerpo entero emitido por máquinas durante la operación de las mismas.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> <b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>16 de 35</b></p>
---	---	---------------------------------------


## 2.2. Justificación

La prevención de los daños causados por la transmisión de vibraciones a la zona mano-brazo y cuerpo-entero requiere la implantación de procedimientos técnicos y organizativos.

## 2.3. Metodología de ejecución

**Tabla 6.4. Medidas de control para compresor. (Fuente: Autor)**

Máquina	Puesto	Riesgo	Métodos de Control
Compresor	Exterior	Intolerable	<p><b>Fuente:</b> Adquisición de equipo de vibración reducida como martillo hidráulico adaptable a la máquina excavadora. Realizar mantenimiento periódico especialmente en el barreno.</p> <p><b>Medio:</b> Se ignora el control en el medio porque su actividad efectúa una vibración necesaria.</p> <p><b>Trabajador:</b> Uso de guantes Vibra- Mecanix 271 VR, anti vibración según la norma ISO 10819.</p> <p><b>Organización:</b> Asignar tiempo de descanso durante la ejecución de la actividad.</p>

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b></p> <p align="center"><b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>17 de 35</b></p>
---	---	---------------------------------------

**Tabla 6.5. Medidas de control para excavadora. (Fuente: Autor)**


Máquina	Puesto	Riesgo	Métodos de Control
Excavadora	Cabina	Intolerable	<p><b>Fuente:</b> Realizar mantenimiento periódico especialmente en el cucharón del brazo hidráulico.</p> <p><b>Medio:</b> Uso de asientos acolchonados 3.8cm de espuma una base rígida de 50x50cm.y una compresión admisible máxima de 3.8cm para un peso estándar de 80Kg.</p> <p>Mejorar en lo posible las irregularidades del terreno por la que circulan los medios de Transporte.</p> <p><b>Trabajador:</b> Se omite porque los equipos de protección anti vibración causan incomodidad al trabajador.</p> <p><b>Organización:</b> Asignar tiempo de descanso durante su actividad.</p>

**Tabla 6.6. Medidas de control para volqueta. (Fuente: Autor)**

Máquina	Puesto	Riesgo	Métodos de Control
Volqueta	Cabina	Intolerable	<p><b>Fuente:</b> Realizar mantenimiento periódico especialmente en el hidráulico y ruedas.</p> <p><b>Medio:</b> Uso de asientos acolchonados 3.8cm de espuma una base rígida de 50x50cm.y una compresión admisible máxima de 3.8cm para un peso estándar de 80Kg.</p> <p>Mejorar en lo posible las irregularidades del terreno por la que circulan los medios de Transporte.</p> <p><b>Trabajador:</b> Se Ignora porque los equipos de protección anti vibración causan incomodidad al trabajador.</p> <p><b>Organización:</b> Asignar tiempo de descanso.</p> <p><b>Anexo (6)</b></p>

#### **2.4. Beneficiarios**

Los principales beneficiarios serán los trabajadores que laboran en las máquinas y que están expuestos a los riesgos generados por las vibraciones.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> <b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>19 de 35</b></p>
---	---	---------------------------------------

## **2.5. Responsables**

Las medidas de control de generación de vibraciones responsabilidad de la Gerencia de la empresa y la unidad seguridad y salud ocupacional.

Además para que el control sea más exacto posible, debe hacer participar a los jefes de planta y trabajadores a modo de asesores debido a su conocimiento d las características de los puestos de trabajo, instalaciones y sus riesgos.

## **2.6. Recursos**

Protectores anti vibratorios.

## **2.7. Cronograma**

Durante la jornada laboral y el tiempo de exposición al riesgo.


## **3. Programa de control de generación de Material Particulado.**

### **3.1. Objetivo**

Reducir la generación de Material particulado emitido por máquinas durante la operación de las mismas.

### **3.2. Justificación**

La prevención de los daños causados por la concentración de material particulado requiere la implantación de procedimientos técnicos y organizativos.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> (Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</p>	<p align="center">20 de 35</p>
---	--	--------------------------------

### 3.3. Metodología de ejecución


**Tabla 6.7. Medidas de control para planta de trituración. (Fuente: Autor)**

Máquina	Puesto	Riesgo	Métodos de Control
Planta de Trituración	Exterior	Intolerable	<p><b>Fuente:</b> Se ignora porque necesariamente la actividad produce material particulado.</p> <p><b>Medio:</b> Evitando su paso al ambiente con aspersión de agua y así fijar el material particulado al suelo.</p> <p><b>Trabajador:</b> Uso de Mascarillas que consten de filtros 3M 42 CFR 84 para evitar el ingreso de cualquier partícula y restringido para aerosoles oleosos según la norma EN 140- 143 (Mascarillas y Filtros contra partículas).</p> <p><b>Organización:</b> Disminución de tiempo de exposición con turnos en cambio de actividad.</p>



**Tabla 6.8. Medidas de control para compresor. (Fuente: Autor)**

Máquina	Puesto	Riesgo	Métodos de Control
Compresor	Exterior	Intolerable	<p><b>Fuente:</b> Adquisición de equipos que reduzcan el nivel de concentración de polvo como el martillo hidráulico adaptable a la máquina excavadora.</p> <p><b>Medio:</b> Se ignora porque en la actividad necesariamente produce material particulado.</p> <p><b>Trabajador:</b> Uso de Mascarillas que consten de filtros 3M 42 CFR 84 para evitar el ingreso de cualquier partícula y restringido para aerosoles oleosos según la norma EN 140- 143 (Mascarillas y Filtros contra partículas).</p> <p><b>Organización:</b> Asignar tiempo de descanso durante su actividad.</p> <p><b>Anexo (6)</b></p>

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> <b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>22 de 35</b></p>
---	---	---------------------------------------

### **3.4. Beneficiarios**

Los principales beneficiarios serán los trabajadores que laboran en las máquinas y que están expuestos a los riesgos generados por la concentración de polvo.

### **3.5. Responsables**

Las medidas de control de generación de material particulado es responsabilidad de Gerencia de la empresa y la unidad seguridad y salud ocupacional.

Además para que el control sea más exacto posible, debe hacer participar a los jefes de planta y trabajadores a modo de asesores debido a su conocimiento de las características de los puestos de trabajo, instalaciones y sus riesgos.

### **3.6. Recursos**

Protectores anti material particulado (mascarillas incluidas filtros).

### **3.7. Cronograma**

Durante la jornada laboral y el tiempo de exposición al riesgo.

## **4. Programa de control de generación de Estrés Térmico.**

### **4.1. Objetivo**

Reducir la generación de Estrés térmico emitido por máquinas y ambiente caluroso durante la operación de las mismas.

#### 4.2. Justificación

La prevención de los daños causados por ambientes calurosos requiere la implantación de procedimientos técnicos y organizativos.

#### 4.3. Metodología de ejecución

**Tabla 6.9. Medidas de control para cargadora. (Fuente: Autor)**


Máquina	Puesto	Riesgo	Métodos de Control
Cargadora	Cabina	Intolerable	<p><b>Fuente:</b> realizar mantenimiento periódico especialmente en el motor.</p> <p><b>Medio:</b> Proporcionar agua fresca y aleccionar a los trabajadores para que la beban con frecuencia.</p> <p>Implementar mini ventiladores para vehículos.</p> <p><b>Trabajador:</b> Usar vestimenta ligera que evite mayor concentración de calor.</p> <p><b>Organización:</b> Asignar tiempo de descanso durante la ejecución de la actividad.</p>

**Tabla 6.10. Medidas de control para planta de trituración. (Fuente: Autor)**

Máquina	Puesto	Riesgo	Métodos de Control
Volqueta	Cabina	Intolerable	<p><b>Fuente:</b> Realizar mantenimiento periódico especialmente en el motor.</p> <p><b>Medio:</b> Proporcionar agua fresca y aleccionar a los trabajadores para que la beban con frecuencia. Implementar mini ventiladores para vehículos.</p> <p><b>Trabajador:</b> Usar vestimenta ligera que evite mayor concentración de calor.</p> <p><b>Organización:</b> Asignar tiempo de descanso durante la ejecución de la actividad.</p> <p><b>Anexo (6)</b></p>

#### **4.4. Beneficiarios**

Los principales beneficiarios serán los trabajadores que laboran en la operación de las máquinas y que están expuestos a los riesgos generados por estrés térmico.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> <b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>25 de 35</b></p>
---	---	---------------------------------------

#### **4.5. Responsables**

Las medidas de control de generación de estrés térmico es responsabilidad de la Gerencia de la empresa y la unidad seguridad y salud ocupacional.

Además para que el control sea más exacto posible, debe hacer participar a los jefes de planta y trabajadores a modo de asesores debido a su conocimiento de las características de los puestos de trabajo, instalaciones y sus riesgos.

#### **4.6. Recursos**

Implementación sistema de aire acondicionado y/o ventilación.

#### **4.7. Cronograma**

Durante la jornada laboral y el tiempo de exposición al riesgo.


### **5. Programa de control de generación de Trastornos por Carga Postural.**

#### **5.1. Objetivo**

Reducir la generación de trastornos por carga postural causada por posturas inadecuadas, carga o fuerza, tipo de agarre, tipo de actividad muscular y cambios bruscos de postura o posturas inestables durante la operación de la maquinaria.

#### **5.2. Justificación**


La prevención de los daños causados por carga postural requiere la implantación de procedimientos técnicos y organizativos.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> (Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</p>	<p align="center"><b>26 de 35</b></p>
---	--	---------------------------------------

### 5.3. Metodología de ejecución

**Tabla 6.11. Medidas de control para planta de trituración. (Fuente: Autor)**

Máquina	Puesto	Riesgo	Métodos de Control
Planta de Asfalto	Cabina	Intolerable	<p><b>Fuente:</b> Se omite porque es necesaria la postura que indica para operar.</p> <p><b>Medio:</b> Se ignora por la actividad que realiza.</p> <p><b>Trabajador:</b> Optar por posturas que mejoren la carga postural con capacitaciones en posiciones adecuadas como cuello, tronco, brazo y muñeca.</p> <p><b>Organización:</b> Disminución de tiempo de exposición con rotación parcial de turnos por actividad.</p>


	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b></p> <p align="center"><b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>27 de 35</b></p>
---	---	---------------------------------------

**Tabla 6.12. Medidas de control para planta de trituración. (Fuente: Autor)**

Máquina	Puesto	Riesgo	Métodos de Control
Compresor	Exterior	Intolerable	<p><b>Fuente:</b> Adquisición de equipo que reduzca el esfuerzo en carga postural como el martillo hidráulico adaptable a la máquina excavadora.</p> <p><b>Medio:</b> Se ignora por la actividad que realiza.</p> <p><b>Trabajador:</b> Optar por posturas que mejoren la carga postural con capacitaciones en posiciones adecuadas como tronco, piernas y brazos.</p> <p><b>Organización:</b> Asignar tiempos mínimos de descanso.</p> <p><b>Anexo (6)</b></p>

#### **5.4. Beneficiarios**

Los principales beneficiarios serán los trabajadores que laboran en la operación de las máquinas y que están expuestos a los riesgos generados carga postural.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> <b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>28 de 35</b></p>
---	---	---------------------------------------

### **5.5. Responsables**

Las medidas de control de generación de trastornos por carga postural es responsabilidad de la Gerencia de la empresa y la unidad seguridad y salud ocupacional.

Además para que el control sea más exacto posible, debe hacer participar a los jefes de planta y trabajadores a modo de asesores debido a su conocimiento de las características de los puestos de trabajo, instalaciones y sus riesgos.

### **5.6. Recursos**

Disminución de tiempo de exposición y/o asignar descansos mínimos durante la tarea o actividad.

### **5.7. Cronograma**


Durante la jornada laboral y el tiempo de exposición al riesgo.

## **6. Programa de control de generación de Estrés.**

### **6.1. Objetivo**

Reducir la generación de estrés causada por carga sensorial, complejidad de contenido de trabajo, horarios, turnos y pausas durante la operación de la maquinaria.



	<p><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> <b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p><b>29 de 35</b></p>
---	--	------------------------

## **6.2. Justificación**


La prevención de los daños causados por carga sensorial, complejidad de contenido de trabajo postural requiere la implantación de procedimientos técnicos y organizativos.

## **6.3. Metodología de ejecución**

**El objetivo** de las estrategias individuales es mejorar los recursos de protección o de resistencia individual para afrontar a los ESTRESORES del ambiente laboral, intentando el control personal, mediante las siguientes pautas:


**Tabla 6.13. Medidas de control para excavadora. (Fuente: Autor)**

Máquina	Puesto	Riesgo	Métodos de Control
Excavadora	Cabina	Intolerable	<p><b>Fuente:</b> Se ignora porque la actividad necesariamente se desarrolla con un alto nivel de carga, complejidad de trabajo y horarios.</p> <p><b>Trabajador:</b> Establece prioridades para las actividades con capacitaciones o entrenamiento en solución de problemas, manejo de tiempo eficazmente.</p> <p><b>Grupo:</b> Fomentar la vida social con capacitaciones o entrenamiento para dar estrategias grupales, como el apoyo (cognitivo, emocional, material, observación) a nuestro compañero de trabajo. Organización: Proporcionar vacaciones imprevistas u obligatorias de un día o medio día según sea necesarias.</p>

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> (Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</p>	<p align="center"><b>31 de 35</b></p>
---	--	---------------------------------------

**Tabla 6.14. Medidas de control para planta de asfalto. (Fuente: Autor)**

Máquina	Puesto	Riesgo	Métodos de Control
Planta de asfalto	Cabina	Intolerable	<p><b>Fuente:</b> Se ignora porque la actividad necesariamente se desarrolla con un alto nivel de carga, complejidad de trabajo y horarios.</p> <p><b>Trabajador:</b> Establece prioridades para las actividades con capacitaciones o entrenamiento en solución de problemas, manejo de tiempo eficazmente.</p> <p><b>Grupo:</b> Fomentar la vida social con capacitaciones o entrenamiento para dar estrategias grupales, como el apoyo (cognitivo, emocional, material, observación) a nuestro compañero de trabajo.</p> <p><b>Organización:</b> Proporcionar vacaciones imprevistas u obligatorias de un día o medio día según sea necesarias.</p> <p><b>Anexo (6)</b></p>

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> <b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>32 de 35</b></p>
---	---	---------------------------------------

#### **6.4. Beneficiarios**

Los principales beneficiarios serán los trabajadores que laboran en la operación de las máquinas y que están expuestos a los riesgos generados carga postural.

#### **6.5. Responsables**

Las medidas de control de generación de trastornos por carga postural es responsabilidad de la Gerencia de la empresa y la unidad seguridad y salud ocupacional.

Además para que el control sea más exacto posible, debe hacer participar a los jefes de planta y trabajadores a modo de asesores debido a su conocimiento d las características de los puestos de trabajo, instalaciones y sus riesgos.

#### **6.6. Recursos**


Disminución de tiempo de exposición y/o asignar descansos mínimos durante la tarea o actividad.

#### **6.7. Cronograma**

Durante la jornada laboral y el tiempo de exposición al riesgo.

### **7. Procedimiento de uso equipo personal**

#### **7.1. Propósito**

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b> <b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>33 de 35</b></p>
---	---	---------------------------------------

Para cumplir con el objetivo marcamos el sistema de gestión integrada de prevención de riesgos Físicos, Ergonómicos y Psicosociales, el objetivo del siguiente procedimiento es:

Defina el objetivo o equipo de protección personal que son de utilización obligatoria o recomendada para la realización de determinadas tareas de condiciones de seguridad en Constructoras Alvarado-Ortiz Cía. Lida. Mina Alvortiz.


Establecer el procedimiento para verificar el grado de utilización de los mismos.

Establecer los criterios de control de los registros según la norma OHSAS 18001, para prevenir actos y condiciones inseguras que puedan derivar en la ocurrida de incidentes de trabajo en la empresa Constructoras Alvarado-Ortiz Cía. Lida. Mina Alvortiz.

## **7.2. . Alcance**

Todo el personal que este afectado por un riesgo que no haya podido evitarse o limitarse suficientemente por medios técnicos o procedimientos de organización de trabajo.

El procedimiento corresponde al control de registros generados en el sistema de seguridad, salud y ambiente de Constructoras Alvarado-Ortiz Cía. Lida. Mina Alvortiz.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b></p> <p align="center"><b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>34 de 35</b></p>
---	---	---------------------------------------

### **7.3. Definiciones**

Equipo De Protección Personal: cualquier equipo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos que puede amenazar su seguridad i su salud en el trabajo, así como cualquier complemento o accesorio destinado a tal fin. (Art. 2 del RD 773/1997)

### **7.4. Procedimiento de actuación**


#### **7.4.1. Definición de la obligatoriedad de los equipos de protección individual (EPI)**

El coordinador del departamento S y SO elaborara periódicamente listados con tareas que impliquen la utilización obligatoria de equipos de protección individual, asesorado siempre que lo considere necesario por el departamento S y S.O de Constructoras Alvarado-Ortiz Cía. Lida.

Serán de uso obligatorio los elementos o equipo de protección personal que lo loa analice de ocupaciones, tareas o zonas de trabajo definan como necesario para evitar o reducir los posibles s daños a los trabajadores.

Se entiende de uso obligatorio no solo para los trabajadores sino para cualquier persona que se encuentre en zona donde sea preceptivo el uso del equipo.

La decisión de uso obligatorio de elementos de protección personal se hará de acuerdo con los criterios establecidos en el Real Decreto 773/97, sobre disposiciones mínima de seguridad y salud relativa a la utilización por los trabajadores de equipo de protección individual.

	<p align="center"><b>PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE RIESGOS FÍSICOS, ERGONÓMICOS Y PSICOSOCIALES</b></p> <p align="center"><b>(Ruido, Vibraciones, Material Particulado, Carga Postural, Estrés Térmico, Estrés)</b></p>	<p align="center"><b>35 de 35</b></p>
---	---	---------------------------------------

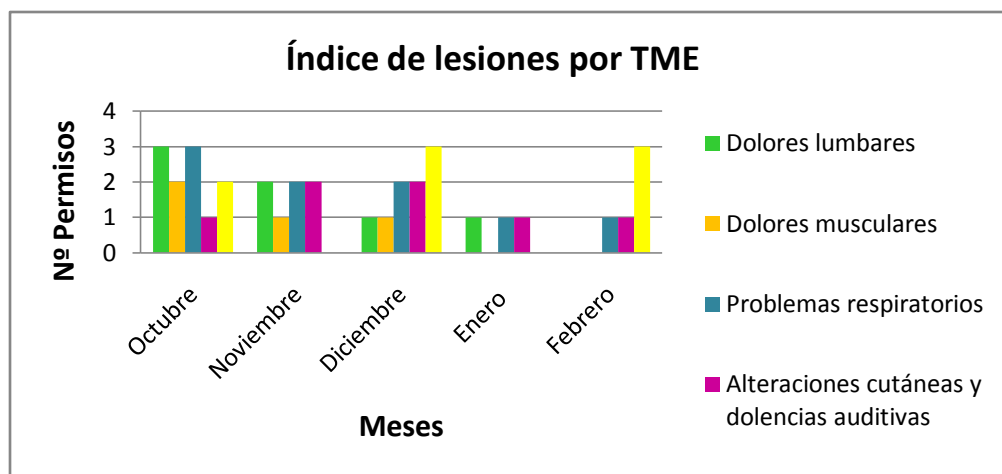
Para cada tipo de protección se tendrán encuentra además los riesgos debidos al equipo (Incomodidad y molestias al trabajar debidas de peso, volumen, adaptación, etc....., Accidentes y peligro para la salud posible, alteración de la función protectora debido al envejecimiento), y los riesgos debidos a su utilización (Eficacia protectora insuficiente por mala elección del equipo, por mala utilización, suciedad, desgaste o deterioro del equipo).

Los elementos de protección individual deberán ser certificados, de acuerdo a la legislación vigente, siendo responsabilidad de coordinador de seguridad y de compras, su control en la adquisición de los mismos.

Se informara adecuadamente al personal afectado. Estos criterios serán ampliables o modificados en virtud de los nuevos reglamentos que hayan aparecido.

### 6.7.2. Conclusiones

- Este procedimiento es una herramienta que da soporte a los requerimientos de la legislación contemplada en los artículos.
- Las medidas de control de prevención ayudó a que el índice de lesiones por trastornos músculo esqueléticos entre el 2011 y 2012 vaya disminuyendo según su práctica cómo podemos ver en la siguiente gráfica.



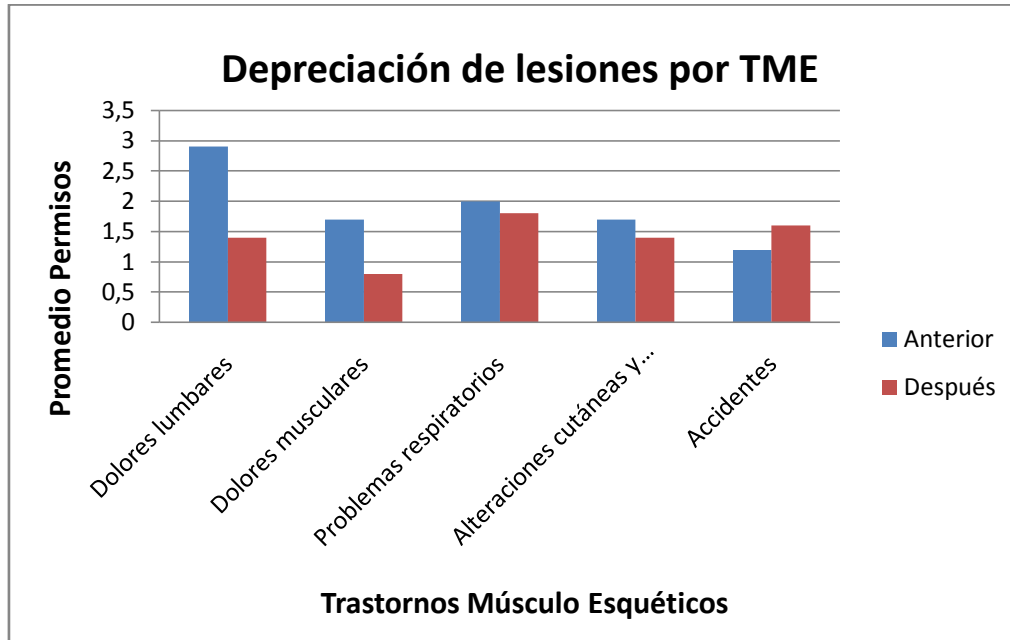
Gráfica 6.1. Índice de lesiones por TME

**Fuente:** Departamento de Producción de constructoras Alvarado-Ortiz

- Los datos obtenidos del registro de permisos a partir de la aplicación de las medidas de prevención se observa en el primer mes una disminución mínima en el índice de lesiones por la falta de costumbre de los trabajadores en uso de los EPI. En el segundo mes el descenso de problemas respiratorios, dolores lumbares, dolores musculares, alteraciones cutáneas, dolencias auditivas y la ausencia de accidentes, es notorio debido a la constancia de los empleados en la aplicación de los métodos de control. El tercer mes permanece igual al anterior y la reaparición de accidentes, alteraciones cutáneas y dolencias, auditivas debido a la falta de control del encargado de seguridad, se observa un incumplimiento de las otras medidas de



seguridad que causan accidentes. Los meses cuarto y quinto se observa una tendencia aceptable de mejora en cuanto a TME por la supervisión constante del empleador y la concientización del trabajador en cuanto a su seguridad.



**Gráfica 6.2. Índice de lesiones por TME**

**Fuente:** Autor

- De la aplicación de la propuesta (manual de bolsillo) se determinó que es viable y de lenguaje sencillo para su aplicación.
- Se recomienda desarrollar un manual de procedimientos de operación segura a todas las máquinas y puestos de trabajo.
- El programa de entrenamiento logró concientizar sobre las posturas forzadas que solían adoptar los trabajadores ayudando con la atenuación de los trastornos.
- El aspecto determinante para la mejora en trastornos musculo esqueléticos fue la disminución del tiempo de exposición en las actividades determinadas como críticas.

## Bibliografía

- OIT. (1998). *ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO*. (Tercera ed., Vols. Tomo 1, Cap 29). Chantal Dufresne, BA.
- AREF. A, FERNÁNDEZ. W. (2007). *Ergonomía*. Argentina.
- CISTERNAS Pablo. (2007). *Vibraciones Riesgos-físicos*. (TERCERA ed.).
- COMUNIDAD DE MADRID. (2003). Trastornos musculoesqueléticos en el trabajo.
- FALAGÁN M, CANGA A, FERRER P, FERNÁNDEZ JOSÉ. (2000). *MANUAL BÁSICO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES* (PRIMERA ed.). Asturias.
- LINO, E. (2011). *EVALUACIÓN DE LOS RIESGOS FÍSICOS Y MECÁNICOS EN LA EMPRESA NOVACERO S. A. PLANTA LASSO PARA MEJORAR EL AMBIENTE LABORAL*. Ecuador.
- MÁRQUEZ Daniel. (2004). *Introducción a la medición de vibración*. Venezuela.
- MENDEZA Pablo. (2000). *ENFOQUE PREVENTIVO DEL RUIDO Y VIBRACIONES*. España. (SEGUNDA ed.)

## Sitios Web

- <http://www.ergonautas.upv.es>. (2006).
- <http://www.medspain.com>. (2004).
- <http://www.monografias.com>. (2004).
- <http://www.prevencion.wordpress.com>. (2007).
- <http://www.prevencionlaboral.org>. (2000).
- <http://www.ufps.edu.com>. (2004).
- <http://www.laseguridad.ws>. (2000).
- <http://www.cirrusresearch.co.uk>. (2003).
- <http://www.ecopibes.com>. (2000).
- <http://www.ehu.es>. (2006).
- <http://www.fremm.es>. (2000).
- <http://www.madrid.org>. (2003).
- <http://www.ual.es>. (2005).
- <http://www.ucbca.edu.bo/Publicaciones>. (2010).
- <http://www.upcomillas.es>. (2009).
- <http://www.elergonomista.com>. (2004).

## Normas

- MINISTERIO DE TRABAJO E INMIGRACIÓN. (2011). Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España .
- NORMATIVA ESPAÑOLA. (1998). Exposiciones permisibles. España.
- NTP 021. (2000). Toma de muestras de polvo inerte o molesto.
- NTP 257. (2000). Perforación de rocas: eliminación de polvo. España.

- NTP 322. (2000). Valoración del riesgo de estrés térmico: Índice WBGT (Estimation de la Cointrante Thermique). España.
- NTP 601. (2000). Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Metodo Reba (Rapid entirebody Assesmente). España.
- NTP 784. (2011). *Evaluación de las vibraciones de cuerpo completo*. España.
- REAL DECRETO 1311/2005. (2005). GUIA TÉCNICA para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con las vibraciones mecánicas. España.
- REAL DECRETO 286/2006. (2006). GUIA PRACTICA para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con la exposición de los trabajadores al ruido. España.
- REAL DECRETO 374/2001. (2001). GUIA TÉCNICA para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con Agentes Quimicos. España.
- REGLAMENTO. (2000). Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo. . Quito, Ecuador.
- ALLAN HERRA. (2004). *Reglamento*. España.
- RUBIO Carlos. (2001). *Evaluación de Riesgos*. España.
- SALAZAR Juan. (2008). *Vibraciones Mecánicas*. España.
- SANCHEZ Manuel. (2006). *Agentes físicos- Vibraciones*.
- TRASPADERNE Jose. (2008). *Evaluación de la exposición por inhalación: Directrices para la estrategia de muestreo*. España.
- UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA. (2000). *Servicio Integrado de Prevención en Riesgos Laborales* . España.

# ANEXOS

## ANEXO 1



### Registro de Permisos

Se ha elaborado una tabla con los datos del registro de permisos del Departamento de Producción los mismos que han sido otorgados y/o validados por el Jefe de Planta asumiendo dicha responsabilidad como justificativa el certificado del seguro IEES.

#### Permisos Mensuales

Meses	Dolores lumbares	Dolores musculares	Problemas respiratorios	Alteraciones cutáneas y dolencias auditivas	Otros	Total
Enero	4	1	1	3	1	10
Febrero	2	2	3	1	2	10
Marzo	2	1	3	0	1	7
Abril	3	1	1	1	2	8
Mayo	2	1	2	1	0	6
Junio	2	2	2	3	2	11
Julio	3	2	1	3	0	9
Agosto	4	3	3	3	2	15
Septiembre	4	2	1	1	0	8



# Anexo 3

CUALIFICACIÓN O ESTIMACIÓN CUALITATIVA DEL RIESGO - METODO TRIPLE CRITERIO - PGV											
PROBABILIDAD DE OCURRENCIA			GRAVEDAD DEL DAÑO			VULNERABILIDAD			ESTIMACIÓN DEL RIESGO		
BAJA	MEDIA	ALTA	LIGERAMENTE DAÑO	DAÑO	EXTREMADAMENTE DAÑO	MEDIANA GESTIÓN	INCIPIENTE GESTIÓN	NINGUNA GESTIÓN	RIESGO MODERADO	RIESGO IMPORTANTE	RIESGO INTOLERANTE
1	2	3	1	2	3	1	2	3	4 Y 3	6 Y 5	9, 8, Y 7

RIESGO MODERADO	RIESGO IMPORTANTE	RIESGO INTOLERANTE
-----------------	-------------------	--------------------

## ANEXO 4

RIESGOS MAQUINARIA	Carga postural	Estrés térmico	Ruido	Vibraciones	Material particulado	Estrés
Planta Asfalto	+	-	+	-	-	+
Planta Trituradora	-	-	+	-	+	-
Cargadora	-	+	-	-	-	-
Compresor	+	-	+	+	+	-
Excavadora	-	-	-	+	-	+
Volqueta	-	+	-	+	-	-



## **ANEXO 5**

### **Certificación de equipos**

# Certificate of Calibration



## Equipment Details

Instrument Manufacturer Cirrus Research plc  
Instrument Type Acoustic Calibrator  
Model Number CR:514  
Serial Number 55718

## Calibration Procedure

The acoustic calibrator detailed above has been calibrated to the published data as described in the operating manual. The procedures and techniques used to follow the recommendations of the IEC standard Electroacoustics – Sound Calibrators IEC 60942:2003, IEC 60942:1997, BS EN 60942:1998 and BS EN 60942:2003 where applicable. The calibrator's main output is 94.00 dB (1 Pa) and this was set within the 0.01 dB resolution of the test system, i.e. one hundredth of a decibel. Numbers in {parenthesis} refer to the paragraph in IEC 60942.

## Calibration Traceability

The calibrator above was calibrated against the calibration laboratory standards held by Cirrus Research plc. These are traceable to International Standards {A.0.6}. The standards are:

Microphone Type	B&K4180	Serial Number	1893453	Calibration Ref.	S 5770
Pistonphone Type	B&K4220	Serial Number	613843	Calibration Ref.	S 5845

## Calibration Climate Conditions

The climatic test conditions were all maintained within the permitted limits of IEC 60942:1997.

Temperature	{B.3.2}	Permitted band	15°C to 25°C
Humidity	{B.3.2}	Permitted band	30% to 90% RH
Static Pressure	{B.3.2}	Permitted band	85 kPa to 105 kPa
Ambient Noise Level	{B.3.3.6}	Max permitted level	64 dB(Z)

## Measurement Results

The figures below are the Calibration Laboratory test limits for this model calibrator and have a smaller tolerance than those permitted in IEC 60942.

94 dB Output	94.00	dB	Permitted band	93.95 to 94.05 dB
Frequency	1000	Hz	Permitted band	990 to 1010 Hz

## Uncertainty

With an uncertainty coefficient of  $k=2$ , i.e. a 95% confidence level, the uncertainty of each measure is

94 dB Output	$\pm 0.13$ dB	104 dB Output	$\pm 0.14$ dB
Frequency	$\pm 0.1$ Hz	Level Stability	$\pm 0.04$ dB

Calibrated by

Calibration Date 14 December 2010

Calibration Certificate Number 182575

This Calibration Certificate is valid for 12 months from the date above.

Cirrus Research plc, Acoustic House, Bridlington Road, Hunmanby, North Yorkshire, YO14 0PH  
Telephone: +44 (0) 1723 891655 Fax: +44 (0) 1723 891742  
Email: sales@cirrusresearch.co.uk

# Certificate of Calibration



---

## Equipment Details

Instrument Manufacturer	Cirrus Research plc
Instrument Type	Sound Level Meter
Model Number	CR:162C
Serial Number	G056269

---

## Calibration Procedure

The instrument detailed above has been calibrated to the published test and calibration data as detailed in the instrument handbook, using the techniques recommended in the latest revisions of the International Standards IEC 61672-1:2002, IEC 60651:1979, IEC 60804:2001, IEC 61260:1995, IEC 60942:1997, IEC 61252:1993, ANSI S1.4-1983, ANSI S1.11-1986 and ANSI S1.43-1997 where applicable.

Sound Level Meters: All Calibration procedures were carried out by substituting the microphone capsule with a suitable electrical signal, apart from the final acoustic calibration.

---

## Calibration Traceability

The equipment detailed above was calibrated against the calibration laboratory standards held by Cirrus Research plc. Which are traceable to the appropriate International Standards.

The Cirrus Research plc calibration laboratory standards are:

Microphone Type	B&K4180	Serial Number	1893453	Calibration Ref.	S 5770
Pistonphone Type	B&K4220	Serial Number	613843	Calibration Ref.	S 5845

---

Calibrated by

Calibration Date 14 December 2010

Calibration Certificate Number 182574

This Calibration Certificate is valid for 12 months from the date above.

Cirrus Research plc, Acoustic House, Bridlington Road, Hunmanby, North Yorkshire, YO14 0PH  
Telephone: +44 (0) 1723 891655 Fax: +44 (0) 1723 891742  
Email: sales@cirrusresearch.co.uk

**Instrument Type:-** Microdust Pro (Standard Range: 0-2.5, 0-25, 0-250, 0-2500mg/m3)  
**Serial Number** 4201376

Calibration is performed using ISO 12103 Pt1 A2 Fine test dust (*Natural ground mineral dust, predominantly silica, Arizona Road Dust equivalent, Particle size range 0.1 to 80 µm*).

A Wright Dust feeder system is used to inject and disperse calibration dust within a wind tunnel system. Particulate mass concentration is established using isokinetic sampling and gravimetric methods.

**Test Conditions:-** 23 °C      **Test Engineer:-** R Taylor  
31 %RH      **Date of Issue:-** October 22, 2010

**Equipment:-**

**Microbalance:-** Cahn C-33 Sn 75611  
**Air Velocity Probe:-** DA40 Vane Anemo. Sn 10060  
**Flow Meter:-** BGI TriCal EQ10851

**Calibration Results Summary:-**

Applied Concentration	Indication	Error	
4.83 mg/m3	4.85	0%	<b>Target Error &lt;15%</b>

**Declaration of conformity:-**

This test certificate confirms that the instrument specified above has been successfully tested to comply with the manufacturer's published specifications. Tests are performed using equipment traceable to national standards in accordance with Casella's ISO 9001:2000 quality procedures. This product is certified as being compliant to the requirements of the CE Directive.

Casella CEL (U.K.)  
Regent House  
Roosey Road  
Kempston  
Bedford  
MK42 7JY

Phone: +44 (0) 1234 844100  
Fax: +44(0) 1234 841490  
E-mail: [info@casellacel.com](mailto:info@casellacel.com)  
Web: [www.casellacel.com](http://www.casellacel.com)

Casella USA  
17 Old Nashua Road #15  
Amherst  
NH 03031-2839  
U.S.A.

Toll Free: +1 (800) 366 2966  
Fax: +1 (603) 672 8053  
E-mail: [info@casellaUSA.com](mailto:info@casellaUSA.com)  
Web: [www.casellaUSA.com](http://www.casellaUSA.com)

Casella España S.A.  
Polígono Európolis  
Calle C, nº4B  
28230 Las Rozas - Madrid

Phone: +34 91 640 75 19  
Fax: +34 91 636 01 96  
E-mail: [online@casella-es.com](mailto:online@casella-es.com)  
Web: [www.casella-es.com](http://www.casella-es.com)



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

### TERMÓMETRO DIGITAL

Modelo: **WBG7**  
Serie: **91959**  
Código: **S/N**

Este documento certifica que el **TERMÓMETRO DIGITAL**, marca: **SPER SCIENTIFIC**, modelo: **WBG7**, serie: **91959**, código: **S/N**, fue calibrado usando estándares de referencia del Centro de Metrología del Ejército, durante un periodo de **02 días**.

La calibración se realizó a una temperatura ambiente media del lugar de  $22 \pm 3$  °C y humedad relativa en el rango de 35% a 65%, para determinar la incertidumbre se considera un nivel de confianza del 95% y un factor de cobertura  $K=2$  de acuerdo a la G.U.M. Se relaciona únicamente a los valores medidos y no incluye estabilidad del instrumento bajo prueba para largo tiempo.

Las mediciones realizadas por nuestros laboratorios se basan en patrones de Referencia que mantienen Trazabilidad a patrones internacionales, los certificados de calibración se encuentran en los archivos del CMEE y pueden ser revisados por cualquier personal autorizado, se utilizan procedimientos reproducidos y/o desarrollados por éste Centro, de acuerdo a requerimientos de la norma NTE INEN ISO/IEC 17025.

La estabilidad y funcionamiento del **TERMÓMETRO DIGITAL**, depende de varios factores, los cuales están fuera del control de nuestros laboratorios de calibración. No obstante, si al equipo se le da un mantenimiento y uso adecuado, los valores descritos en el reporte de calibración pueden mantenerse dentro de los rangos en el periodo que se establezca como válida la calibración.

Este certificado solo se aplicará para el ítem identificado, únicamente se podrá reproducir en forma completa y con la aprobación escrita específica del Centro de Metrología del Ejército. No será usado para reclamo de endoso de productos por el INEN ó cualquier otra entidad Estatal.

**Estándar (es) utilizado (s):**

Equipo	Marca	Modelo	Serie	Fecha de cal.	Fecha próx. Cal.
Ter. PRT SCANNER	Fluke	2562	A71811	2011-02-02	2012-02-02
SENSOR PRT	Hart Scientific	5627	782457	2011-01-21	2012-01-21

\* De requerir el cliente, se entregará el diagrama de trazabilidad del laboratorio.

XAVIER R. CEBEDA CUEVA,  
TCRN. DE E.M.  
DIRECTOR DEL CENTRO DE METROLOGÍA DEL EJÉRCITO  
C21.F1



Número de Reporte: TE110133TER  
Fecha de calibra: 2011-02-25