

**DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN EL ÁREA DE HIGIENE
INDUSTRIAL PARA EL PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**JULIET DAYANA ARDILA CELYS
ANDREA NATALIA RAMÍREZ VESGA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA
2014**

**DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN EL ÁREA DE HIGIENE
INDUSTRIAL PARA EL PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**JULIET DAYANA ARDILA CELYS
ANDREA NATALIA RAMÍREZ VESGA**

**Proyecto de grado para optar el título de
Ingeniero Industrial**

**Director:
JUAN CAMILO LESMEZ PERALTA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
BUCARAMANGA**

2014

AGRADECIMIENTOS

Nos complace enormemente a través de este trabajo exteriorizar nuestro sincero agradecimiento a la Universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, y en ella a los distinguidos docentes quienes con su profesionalismo y ética puesto de manifiesto en las aulas contribuyen a cada uno de los que acudimos con sus conocimientos que nos servirán para ser útiles a la sociedad.

A nuestro director, el Ingeniero Juan Camilo Lesmez quien con su experiencia como docente ha sido la guía idónea, durante el proceso que ha llevado el realizar esta tesis, nos ha brindado el tiempo necesario, como la información para que esta tesis se culmine satisfactoriamente.

A Julio Enrique Rodríguez, agente comercial de High Tec Environmental Ltda., ya que con su entera disposición y colaboración fue clave para el desarrollo de este proyecto.

Al Ingeniero Jorge Eliécer Vidal Rodríguez y al Ingeniero Iván Augusto Rojas, quienes con su buena disposición y colaboración, nos guiaron en la búsqueda y adquisición de la información y nos facilitaron el acceso a las diferentes unidades de la Universidad Industrial de Santander para los diferentes fines del proyecto.

A los estudiantes que participaron en las pruebas piloto de este proyecto, quienes asistieron con gran disposición a la realización de las mismas.

DEDICATORIA

A Dios por ser la luz de mi vida, por todas las bendiciones recibidas para poder cumplir mis sueños.

A mi mami Fabiola y mi hermanita Valentina por ser el motivo más grande para seguir adelante y alcanzar todas mis metas, por su entrega de amor y apoyo constante, porque siempre han creído en mí.

A mi papi Fernando quién me dio esta gran oportunidad de estudiar y estuvo siempre ahí apoyándome.

A mi mami Oliva por su inmenso amor y ayuda incondicional que me ha brindado toda la vida.

A toda mi familia, que de una manera u otra hicieron parte de este proceso.

A mi novio Daniel quién me conforta cada instante y me ha dado tantos momentos de felicidad.

A mis suegros que me acogieron como una hija más y me brindan todo su cariño.

A la Ingeniera Johana mil gracias por sus buenos consejos, disposición y colaboración.

A mis amigos y compañeros de carrera, por los buenos momentos compartidos, gracias.

JULIET DAYANA ARDILA CELYS

A Dios por haberme dado la vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, porque el orgullo que sienten por mí, es lo que me motiva día a día para salir adelante. Dedico todo lo que soy a ustedes, por lo que valen, porque admiro su fortaleza y por lo que han hecho de mí.

A mi madre Victoria por ser el principal motivo para ser mejor cada día, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

A mi padre Luis, quien por su tenacidad y lucha insaciable es un ejemplo a seguir y destacar, gracias por confiar en mí y apoyarme en la realización de mis sueños.

A mis compañeros y amigos presentes y pasados, quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas y a todas aquellas personas que durante estos cinco años estuvieron a mi lado apoyándome para que sueño se hiciera realidad.

ANDREA NATALIA RAMÍREZ VESGA

*“En todos los asuntos humanos hay esfuerzos, y hay resultados, y la fortaleza del esfuerzo es la medida del resultado.” **James Allen***

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	22
CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS	24
1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	26
1.1. TÍTULO DEL PROYECTO	26
1.2. RESPONSABLES.....	26
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	26
1.4. OBJETIVOS.....	27
1.4.1. Objetivo General.....	27
1.4.2. Objetivos Específicos.....	28
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	29
1.6. RESULTADOS ESPERADOS	30
2. MARCO TEÓRICO	31
2.1. HIGIENE INDUSTRIAL.....	31
2.1.1. Definición.....	31
2.1.2. El enfoque ideal de la prevención de riesgos.....	31
2.1.3. Importancia de la higiene industrial.....	32
2.1.4. Etapas de la aplicación de la higiene industrial.....	32
2.1.4.1. Identificación de riesgos	32
2.1.4.2. Evaluación de los peligros	33
2.1.4.3. Mediciones de control	34
2.1.4.4. Prevención y control de riesgos	34

2.1.5. Ramas que componen la higiene industrial.	35
2.2. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO	36
2.2.1. Factores de Riesgo Físico.	37
2.2.1.1. Temperatura:	37
2.2.1.2. Vibración	41
2.2.2. Factores de Riesgo Químico	47
2.2.2.1. Material particulado.....	47
3. MARCO DE REFERENCIA	53
3.1. SALUD OCUPACIONAL.....	53
3.1.1. Asignatura salud ocupacional en la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.....	53
3.1.1.1. Propósito de la asignatura.	53
3.1.1.2. Contenido de la asignatura	54
3.1.2. Estrategias pedagógicas y contextos posibles de aprendizaje para horas tipo TAD y TI.....	56
3.1.3. Trabajo Docente-Educativo.	57
3.1.4. Trabajos de grado guía.....	58
4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN EL ÁREA DE HIGIENE INDUSTRIAL.....	59
4.1. ETAPA 1. DEFINICIÓN DE VARIABLES A ESTUDIAR	59
4.1.1. Identificación De Riesgos.	59
4.1.2. Evaluación De La Exposición.	59
4.1.3 Interpretación De Los Resultados.....	59
4.1.4. Mediciones De Control.....	60
4.1.5. Valoración Del Riesgo Por Temperatura.	60

4.1.5.1. Cálculo WBGT	61
4.1.5.2. Valores límites permisibles (ACGIH).....	62
4.1.5.3. Medidas de control.....	65
4.1.5.4. Efectos sobre la salud.....	66
4.1.6. Valoración Del Riesgo Por Vibración.....	68
4.1.6.1. Cálculo del nivel de exposición a vibraciones.....	69
4.1.6.2. Valores Límites Permisibles.....	71
4.1.6.3. Medidas de control.....	71
4.1.6.4. Efectos sobre la salud.....	72
4.1.7. Valoración Del Riesgo Por Material Particulado.	72
4.1.7.1. Cálculo del nivel de exposición a Material Particulado	73
4.1.7.2. Valores límites permisibles	73
4.1.7.3. Medidas de control.....	73
4.1.7.4. Efectos sobre la salud.....	74
4.2. ETAPA 2. EVALUACIÓN, DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE EQUIPOS	76
4.2.1. Selección De Proveedores.	76
4.2.1.1. Criterios De Selección De Proveedores.....	77
4.2.1.2. Evaluación De Criterios	78
4.2.2. Selección De Equipos.....	81
4.2.2.1. Criterios De Selección De Equipos.....	82
4.2.2.2. Evaluación De Criterios.	83
4.3. ETAPA 3. CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUCTURA QUE DEBE CUMPLIR EL ÁREA PARA LAS PRÁCTICAS.....	86
4.3.1. Estudio De Los Espacios.....	86

4.3.1.1. Espacio destinado para el desarrollo de la práctica de temperatura.....	86
4.3.1.2. Espacio para el desarrollo de la práctica de vibración	88
4.3.1.3. Espacio para el desarrollo de la práctica de material particulado.	90
4.3.2. Costos de equipos para el desarrollo del manual de prácticas.....	94
4.4. ETAPA 4. ESTUDIO, DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	96
4.4.1. Benchmarking.....	96
4.4.1.1. Área De Estudio.....	97
4.4.1.2. Universidades Seleccionadas Para Realizar El Benchmarking	97
4.4.2. Diseño De La Estructura Del Manual De Prácticas De Laboratorio.....	100
4.4.3. Metodología	102
4.4.3.1. Trabajo previo al laboratorio	102
4.4.3.2. Trabajo en el laboratorio	103
4.4.3.3. Validación de las prácticas	103
4.4.4. Encuesta De Satisfacción.....	103
4.5. ETAPA 5. CREACIÓN DE UNA GUÍA PARA EL USO ADECUADO DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO.....	104
4.6. ETAPA 6. IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA MOODLE PARA EL DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO	105
4.7. ETAPA 7. IMPLEMENTACIÓN DE PRUEBAS PILOTO DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO.....	108
4.7.1. Trabajo previo al laboratorio	108
4.7.2. Implementación en el aula de clase.....	108
4.7.3. Aplicación de la encuesta.	110
4.7.4. Resultados de la encuesta.....	110

4.7.4.1. Análisis de los resultados de la encuesta	111
5. CONCLUSIONES	115
6. RECOMENDACIONES.....	117
BIBLIOGRAFÍA.....	119
ANEXOS.....	122

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Cumplimiento de objetivos	24
Tabla 2: Contenido de la Asignatura Salud Ocupacional.....	55
Tabla 3. Límites permisibles de temperatura para estrés térmico	63
Tabla 4. Límites de frío permisibles	64
Tabla 5. Factor multiplicativo según eje y localización.	70
Tabla 6 .Valores límites permisibles a vibraciones mano-brazo y cuerpo completo.	71
Tabla 7. Efectos de las vibraciones en el hombre	72
Tabla 8. Capacidad de penetración pulmonar respecto al tamaño de las partículas	75
Tabla 9. Matriz de Pares de Criterios	78
Tabla 10. Matriz de Pares de Proveedores.....	79
Tabla 11. Resultado de la selección de proveedores	80
Tabla 12. Equipos para las prácticas de Vibración y Temperatura	81
Tabla 13. Matriz de Pares de Criterios.....	83
Tabla 14. Matriz de Pares de Equipos	83
Tabla 15. Resultado de la selección de equipos para la práctica de temperatura .	85
Tabla 16. Costos asociados a la adecuación del laboratorio	94
Tabla 17. Benchmarking	97
Tabla 18. Resultados de la encuesta.....	110
Tabla 19. Resultados de la encuesta presentados en porcentajes.....	110

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Identificación de Peligros	33
Figura 2 Clasificación de los factores de riesgo.....	38
Figura 3: Tipos de material particulado.....	48
Figura 4. Medidas de prevención.....	52
Figura 5. Malla Curricular.....	54
Figura 6. Planta de Aceros	86
Figura 7. Horno Cubilote.....	87
Figura 8. Horno de Crisol.....	87
Figura 9. Elementos de Protección Personal.....	88
Figura 10. Espacio para explicación de la práctica	88
Figura 11. Aula-Taller 317	89
Figura 12. Vista interior del aula-taller	89
Figura 13. Vista interior del aula-taller	89
Figura 14. Taller de carpintería.....	90
Figura 15. Sierra Sin Fin	91
Figura 16. Cepilladora.....	91
Figura 17. Sierra Circular	92
Figura 18. Planeadora	92
Figura 19. Torno	93
Figura 20. Taladro de árbol.....	93
Figura 21. Ranking Scimago de Universidades de Colombia	96
Figura 22. Página principal de la UIS	105
Figura 23. Página principal del Aula Virtual de Aprendizaje Moodle.....	106
Figura 24. Página principal cuando se accede al Aula Virtual de Aprendizaje Moodle	107
Figura 25. Manual de prácticas de laboratorio en la plataforma Moodle	107
Figura 26. Desarrollo práctica temperatura.....	109

Figura 27. Desarrollo práctica vibración.....	109
Figura 28. Desarrollo práctica material particulado.....	109

LISTA DE GRAFICAS

Pág.

Gráfica 1. Gráfico de resultados de la encuesta	111
Gráfica 2. Gráfico de resultados de la encuesta presentados en porcentajes	111

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Descripción De La Asignatura Salud Ocupacional	122
Anexo B. Manual De Prácticas De Laboratorio.....	124
Anexo C. Encuesta De Satisfacción	183
Anexo D. Manual De Equipos De Laboratorio	185

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN EL ÁREA DE HIGIENE INDUSTRIAL PARA EL PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL*

AUTORES: Juliet Dayana Ardila Celys, Andrea Natalia Ramírez Vesga**

PALABRAS CLAVE: HIGIENE INDUSTRIAL, FACTORES DE RIESGO FÍSICO Y QUÍMICO, SALUD OCUPACIONAL, MOODLE.

DESCRIPCIÓN

Este proyecto se desarrolló con el fin de diseñar una estructura dinámica alternativa enfocada a la ampliación de las prácticas involucrando los riesgos de temperatura, vibración y material particulado del laboratorio de Higiene Industrial para la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales de la UIS.

Todo esto está enfocado hacia la mejora del aprendizaje de los estudiantes con el fin de que se adquieran nuevas competencias y así perfeccionar el conocimiento, teniendo en cuenta que las prácticas de laboratorio son uno de los ejes fundamentales del estudio de la salud ocupacional.

El presente trabajo recopila información de libros y documentos virtuales extraídos de las bases de datos a las cuales la Universidad Industrial de Santander está inscrita. La información recopilada da como fruto dos manuales, el primero contiene 3 guías de laboratorio en las cuales se evalúan los riesgos temperatura, vibración y material particulado; el segundo manual contiene una guía detallada del manejo de los equipos que se utilizarán en las prácticas de laboratorio mencionadas anteriormente. Adicional a esto se implementó la plataforma Moodle para facilitar el acceso al contenido de los manuales por parte de los estudiantes.

El trabajo realizado se evaluó mediante una prueba piloto realizada a los estudiantes de salud ocupacional del primer semestre de 2014, además se realizó una encuesta de satisfacción, la cual arrojó resultados satisfactorios con respecto a la dinámica de las prácticas, contenido y ejercicios que se desarrollan a lo largo de la prueba.

En conclusión, este proceso se elaboró de forma estratégica y para ello se ejecutó la documentación respectiva que permita el correcto funcionamiento de la estructura didáctica propuesta conformada por:

- Manual de prácticas de laboratorio de salud ocupacional.
- Manual de equipos de laboratorio.
- Implementación de la plataforma Moodle.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingeniería Físico- Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.
Director: Juan Camilo Lesmez Peralta.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN LABORATORY PRACTICE IN THE AREA OF INDUSTRIAL HYGIENE INDUSTRIAL ENGINEERING PROGRAM*

AUTHORS: Juliet Dayana Ardila Celys. Andrea Natalia Ramírez Vesga **

KEYWORDS: INDUSTRIAL HYGIENE, PHYSICAL AND CHEMICAL RISK FACTORS, OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH, MOODLE.

DESCRIPTION

This project was developed with the purpose of designing a dynamic structure focused on expanding alternative practices involving the risks of temperature, vibration and particulate Industrial Hygiene Laboratory for the Escuela de Estudios Industriales y Empresariales at UIS.

All this is focused towards the improvement of student learning in order to acquire new competencies and thus improve knowledge, considering that the laboratory practices are one of the fundamental pillars of the study of occupational safety and health.

This paper collects information extracted from books and virtual documents of databases to which the Universidad Industrial de Santander is registered. Information collected as a result gives two manuals, the first contains 3 guides laboratory in which the temperature risks, vibration and particulate matter are evaluated; the second manual contains detailed guidance on the handling of equipment to be used in the labs mentioned above. In addition the Moodle platform was implemented to facilitate access to the content of textbooks by students.

The work carried was assessed using a pilot test to the students in occupational safety and health in the first half of 2014, besides was conducted a satisfaction survey, which threw satisfactory results with respect to the dynamics of the practices, content and exercises that develop throughout the test.

In conclusion, this process was developed strategically and for this was executed the respective documentation to allow the proper functioning of the didactic structure proposed comprised:

- * Laboratory Practice occupational health and safety manual.
- * Laboratory equipment manual.
- * Moodle platform Implementation.

* Work Degree

** Faculty Of Mechanical Engineering And Physical. School Of Business And Industrial Studies.
Director: Juan Camilo Lesmez Peralta

INTRODUCCIÓN

El tema de la Seguridad Industrial y Salud Ocupacional se inicia en Colombia con la Ley 57 de 1915, dónde se establece la reglamentación concerniente a los accidentes y enfermedades en el trabajo; actualmente se rige por la Ley 1562 de 2012 por medio de la cual se modificó el sistema general de riesgos laborales en el país. A partir de esto, ha adquirido cada vez más importancia y surge la necesidad de información y apropiación del tema en dos sectores específicos: Empresarial y Educativo.

Las empresas necesitan personal capacitado para la correcta implementación y aplicación de las normas que rigen el tema de la Seguridad Industrial y Salud Ocupacional; es aquí donde las Instituciones de Educación Superior juegan un papel importante, proporcionando las herramientas necesarias para la formación de personal capaz de afrontar las diferentes situaciones que se deriven de su trabajo. El componente práctico y el uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC's) son parte de dichas herramientas, la aplicación de éstas en el proceso de aprendizaje permite que éste sea más provechoso para el estudiante y a su vez para el docente.

Con la ejecución de éste proyecto se pretende fortalecer dicho componente práctico en la academia, a través de un proceso de reconocimiento y uso de equipos y TIC's que permitan al estudiante representar situaciones de un ambiente de trabajo real en un aula de clase.

Con el desarrollo del presente proyecto, se pretende generar una propuesta para la implementación del Laboratorio de Higiene Industrial en el cual se estudien los riesgos vibración, temperatura y material particulado, y para ello utilizar los manuales de prácticas creados con el fin de fomentar la lectura sobre estos

riesgos además de ampliar el conocimiento en esta área, afianzando este conocimiento con la realización de los ejercicios y preguntas propuestas, adicional a esto se utiliza la plataforma Moodle que tiene como fin facilitar el proceso de enseñanza- aprendizaje a los estudiantes que estén cursando la asignatura Salud ocupacional y de esta forma preparar a los futuros Ingenieros Industriales de la UIS para trabajar en un ambiente industrial real.

CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

Tabla 1. Cumplimiento de objetivos

OBJETIVOS	CUMPLIMIENTO
Formular el marco teórico para los factores de riesgo temperatura, vibración y material particulado, objeto del presente proyecto para definir el alcance de las prácticas.	Se evidencia en el numeral 4.1 Etapa1. Definición de variables a estudiar.
Evaluar y definir las especificaciones técnicas que deben tener los equipos necesarios para la creación del laboratorio en el que se estudien los factores físicos temperatura, material particulado y vibración.	Se desarrolló en el numeral 4.2 Etapa 2. Evaluación, definición y selección de equipos.
Definir el costo de inversión requerido para la adquisición de equipos, adecuaciones estructurales e implementación de prácticas, para la medición de los riesgos por vibración, temperatura y material particulado en el laboratorio de Higiene Industrial.	Se evidencia en el desarrollo de la Etapa 3 - numeral 4.3.2. Costos de equipos para el desarrollo del manual de prácticas.
Diseñar y proponer el manual de prácticas de laboratorio de higiene industrial para el estudio de los factores temperatura, material particulado y vibración, con el fin de fortalecer y complementar conceptos básicos de la asignatura Salud Ocupacional.	Se evidencia en el Anexo 2. Manual de prácticas de laboratorio.
Aplicar las prácticas con los estudiantes de Salud Ocupacional, para evaluar las experiencias propuestas.	Se desarrolló en la Etapa 7. Implementación de pruebas piloto de las prácticas de laboratorio – numeral 4.7.1.2.

OBJETIVOS	CUMPLIMIENTO
	Implementación en el aula de clase.
Utilizar la plataforma Moodle, definida por la facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, como herramienta para compartir el contenido correspondiente a las prácticas de laboratorio a los estudiantes de la asignatura Salud Ocupacional.	Se evidencia en la Etapa 6. Implementación de la plataforma Moodle para el desarrollo de las prácticas de laboratorio.

1. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

1.1. TÍTULO DEL PROYECTO

DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN EL ÁREA DE HIGIENE INDUSTRIAL PARA EL PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

1.2. RESPONSABLES

JULIET DAYANA ARDILA CELYS
ANDREA NATALIA RAMÍREZ VESGA

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Universidad Industrial de Santander hace presencia en todo el departamento, tanto a nivel educativo como punto de apoyo y ayuda a las empresas del departamento, es por ello que la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales está comprometida con el fortalecimiento de las competencias básicas, generales, laborales e investigativas, impulsando el desarrollo tecnológico y profesional, pertinente al impacto que este provocará a nivel social, económico, político y cultural del departamento; para ello se debe contar con la implementación de los laboratorios de higiene industrial para adquirir conocimientos y destrezas a través del aprendizaje práctico con el fin que en la vida profesional se puedan enfrentar y solucionar los diversos problemas con respecto al tema. Para poder ejecutar las prácticas de laboratorio, se ve la necesidad de diseñar actividades apoyadas de tecnologías de información y comunicación (TIC'S) y así facilitar la interacción profesor- alumno.

Dentro de la reforma curricular de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales se plantea la necesidad que la asignatura Salud Ocupacional tenga un componente práctico, en este caso la creación de un laboratorio de Higiene Industrial, en el cual se desarrollen prácticas de laboratorio con el fin de reafirmar los conocimientos teóricos que se abordan en el aula de clase.

Además se puede observar la necesidad de acelerar el proceso de acreditación institucional, y para ello se debe dar solución a algunos problemas y fortalecer las diferentes áreas, en cuanto a la ampliación de la utilización de los recursos con los que se cuenta, formar en los estudiantes las competencias laborales necesarias para contribuir con el desarrollo del país.

Por lo anterior, se concibe la idea de crear el laboratorio de Higiene Industrial para el estudio de los riesgos por vibración, temperatura y material particulado, teniendo en cuenta el desarrollo de la temática acordada en el contenido de la asignatura Salud Ocupacional, y relevancia de la evaluación de estos riesgos en los diferentes sectores en los cuales se pueden evidenciar la presencia de los mismos de manera significativa, como en el sector de la construcción, metalmecánica, minería, transporte, hidrocarburos, etc., con el propósito de obtener una formación integral de los futuros Ingenieros Industriales UIS, y de esta forma propiciar la mejora continua del entorno.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General. Diseñar, elaborar e implementar las prácticas de laboratorio para la identificación, evaluación y análisis de los factores de riesgo temperatura, vibración y material particulado para el programa de Ingeniería Industrial de la Universidad Industrial de Santander.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Formular el marco teórico para los factores de riesgo temperatura, vibración y material particulado, objeto del presente proyecto para definir el alcance de las prácticas.
- Evaluar y definir las especificaciones técnicas que deben tener los equipos necesarios para la creación del laboratorio en el que se estudien los factores físicos temperatura, material particulado y vibración.
- Definir el costo de inversión requerido para la adquisición de equipos, adecuaciones estructurales e implementación de prácticas, para la medición de los riesgos por vibración, temperatura y material particulado en el laboratorio de Higiene Industrial.
- Diseñar y proponer el manual de prácticas de laboratorio de higiene industrial para el estudio de los factores temperatura, material particulado y vibración, con el fin de fortalecer y complementar conceptos básicos de la asignatura Salud Ocupacional.
- Aplicar las prácticas con los estudiantes de Salud Ocupacional, para evaluar las experiencias propuestas.
- Utilizar la plataforma Moodle, definida por la facultad de Ingenierías Físico-mecánicas, como herramienta para compartir el contenido correspondiente a las prácticas de laboratorio a los estudiantes de la asignatura Salud Ocupacional.

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto se plantea debido a la necesidad que se percibe en la asignatura de Salud Ocupacional de implementar un componente práctico que permita al estudiante fomentar el desarrollo de sus habilidades y destrezas, teniendo en cuenta la temática acordada en el aula de clase en pro de obtener una formación integral durante el ejercicio académico de la Ingeniería Industrial. Además se busca familiarizar a los estudiantes con los equipos utilizados en el laboratorio de higiene industrial, para que así logren desenvolverse en un ambiente industrial real.

Se pretende a la vez, beneficiar a los estudiantes del programa de Ingeniería Industrial de la UIS, mediante el fortalecimiento de la asignatura de Salud Ocupacional dentro del pensum establecido, logrando mejorar la calidad académica y el desarrollo pleno de sus capacidades; siendo este un requerimiento para la acreditación del programa de Ingeniería Industrial. Asimismo, se pretende aumentar la oferta de programas de posgrado con el objetivo de convertir a la Universidad Industrial de Santander en una institución educativa sólida a nivel investigativo, viendo la creación de un programa de especialización en Salud Ocupacional como oportunidad de negocio para la Escuela.

Se tiene en cuenta que el tercer eje de desarrollo institucional de la UIS es la extensión, por ello se debe fomentar la participación de profesores como de los estudiantes en el desarrollo social y económico de entidades externas, aplicando conocimientos e investigaciones en la solución de los problemas, colaborando con el sector productivo en procesos, cooperando con el sector empresarial en aras del mejoramiento de su competitividad, generando ingresos mediante estas actividades contratadas con los sectores público y privado a nivel nacional, regional y municipal.

1.6. RESULTADOS ESPERADOS

Con el proyecto se pretende alcanzar los siguientes resultados:

- Elaboración del manual de prácticas de laboratorio para los riesgos vibración, temperatura y material particulado, en donde se explique de manera detallada el procedimiento de cada práctica.
- Soporte en el cual se encuentre diligenciado el modo de uso de los equipos que se utilizarán en el desarrollo de las prácticas.
- Estudio comparativo de costos considerando factores como referencia, marca y proveedor.
- Propuesta sobre el costo de inversión en equipos necesarios para la creación del laboratorio.
- Evidencia de la realización de pruebas piloto para cada una de las prácticas a ejecutar.
- Soporte de uso de las TIC's como apoyo para presentar el contenido de las prácticas a los estudiantes y fomentar la interacción docente-alumno.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. HIGIENE INDUSTRIAL

2.1.1. Definición. La higiene industrial es la ciencia de la anticipación, la identificación, la evaluación y control de los riesgos que se originan en un lugar de trabajo o en relación con él y que puedan poner en riesgo el bienestar del trabajador, teniendo en cuenta la repercusión en las comunidades vecinas y en el medio ambiente en general.

Conjunto de conocimientos técnicos dedicados a reconocer, evaluar y controlar aquellos factores del ambiente, psicológicos o tensionales que provienen del trabajo y que pueden causar enfermedades o deterioro de la salud¹.

2.1.2. El enfoque ideal de la prevención de riesgos. El enfoque para la prevención de riesgos y la actuación ideal por parte de las empresas sería:

- Evaluación de los efectos sobre la salud de los trabajadores y del impacto ambiental, antes de diseñar e instalar, en su caso, un nuevo lugar de trabajo.
- Selección de la tecnología más segura, menos peligrosa y menos contaminante.
- Emplazamiento adecuado desde el punto de vista ambiental.
- Diseño adecuado, con una distribución y una tecnología de control apropiadas, que prevea un manejo y una evacuación seguros de los residuos y desechos resultantes.

¹ Robert F. Herrick, Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo, Higiene y Seguridad Industrial.

- Elaboración de directrices y normas para la formación del personal sobre el correcto funcionamiento de los procesos, métodos seguros de trabajo, mantenimiento y procedimientos de emergencia.

2.1.3. Importancia de la higiene industrial. La importancia de anticipar y prevenir todo tipo de contaminación ambiental es decisiva. Por fortuna, existe una creciente tendencia a considerar las nuevas tecnologías desde el punto de vista de los posibles impactos negativos y su prevención, desde el diseño y la instalación del proceso hasta el tratamiento de los residuos y desechos resultantes, aplicando un enfoque integral.

La protección de la salud de los trabajadores y del medio ambiente debe iniciarse mucho antes de lo que habitualmente se hace. Los responsables del diseño de nuevos procesos, maquinaria, equipos y lugares de trabajo deberían disponer siempre de información técnica y asesoramiento sobre higiene industrial y ambiental.

2.1.4. Etapas de la aplicación de la higiene industrial. Las etapas clásicas de la práctica de higiene industrial son las siguientes:

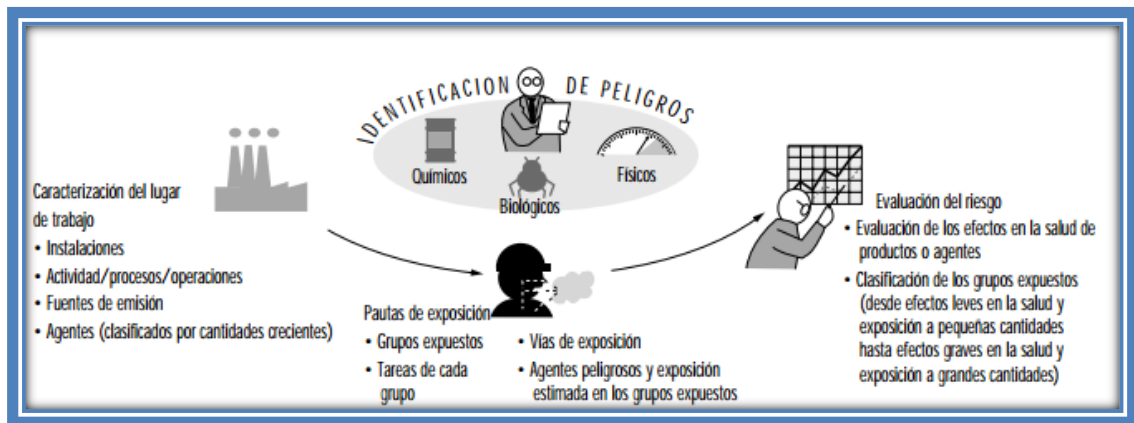
- Identificación de posibles peligros para la salud en el medio de trabajo.
- Evaluación de los peligros, un proceso que permite valorar la exposición y extraer conclusiones sobre el nivel de riesgo para la salud humana.
- Mediciones de control.
- Prevención y control de riesgos, el cual consiste en implementar y generar estrategias para eliminar o reducir a niveles aceptables la presencia de agentes.

2.1.4.1. Identificación de riesgos: La identificación de riesgos es una etapa fundamental en la práctica de la higiene industrial, indispensable para una

planificación adecuada de la evaluación de riesgos y de las estrategias de control masivo para el establecimiento de prioridades de acción. La identificación de riesgos permite determinar:

- Los agentes que pueden estar presentes y en qué circunstancias.
- La naturaleza y la posible magnitud de los efectos nocivos para la salud y el bienestar.

Figura 1. Identificación de Peligros



Fuente: Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo

2.1.4.2. Evaluación de los peligros: Las evaluaciones de higiene industrial se realizan para valorar la exposición de los trabajadores para obtener información que permita diseñar o establecer la eficiencia de las medidas de control.

El objetivo de la evaluación de la exposición es determinar la magnitud, frecuencia y duración de la exposición de los trabajadores a un agente. Se han elaborado directrices al respecto tanto en el ámbito nacional como internacional.

Las evaluaciones de seguimiento son necesarias en numerosas ocasiones, especialmente cuando existe la necesidad de instalar o mejorar las medidas de control o cuando existe la necesidad de instalar o mejorar las medidas de control o

cuando se prevén cambios en los procesos o materiales utilizados. En estos casos, las evaluaciones cuantitativas cumplen una importante función de vigilancia para:

- Evaluar la validez, comprobar la eficiencia o detectar posibles fallos en los sistemas de control.
- Averiguar si se han producido variaciones en los procesos, por ejemplo en la temperatura de funcionamiento o en las materias primas, que hayan modificado la situación de exposición.

2.1.4.3. Mediciones de control: Las mediciones tienen como finalidad investigar la presencia de agentes y las pautas de los parámetros de exposición en el medio ambiente de trabajo pueden ser extremadamente útiles para planificar y diseñar medidas de control y métodos de trabajo. Los objetivos de estas mediciones son:

- Identificar y caracterizar las fuentes contaminantes.
- Localizar puntos críticos en recintos o sistemas cerrados.
- Determinar las vías de propagación en el medio ambiente de trabajo.
- Comparar diferentes intervenciones de control.
- Verificar que el polvo respirable se ha depositado junto con el polvo grueso visible.
- Comprobar que el aire contaminado no procede de un área adyacente.

2.1.4.4. Prevención y control de riesgos: El principal objetivo de la higiene industrial es la aplicación de medidas adecuadas para prevenir y controlar los riesgos en el medio ambiente de trabajo. La ausencia de unas normas obligatorias por ley no debe ser obstáculo para la aplicación de las medidas necesarias a fin de prevenir exposiciones nocivas o de controlarlas para que se mantengan al nivel mínimo posible.

El enfoque más eficiente para prevenir riesgos consiste en introducir controles técnicos que eviten las exposiciones profesionales actuando en el medio ambiente de trabajo y, en consecuencia, reduciendo la necesidad de que los trabajadores o las personas que pueden verse expuestas tengan que poner algo de su parte. La finalidad de las medidas técnicas es eliminar o reducir el uso, la generación o la emisión de agentes peligrosos en la fuente o, cuando no se pueda eliminar la fuente, prevenir o reducir la propagación de agentes peligrosos en el medio ambiente de trabajo:

- Encerrándolo
- Eliminándolos en el momento en que salen de la fuente
- Reduciendo su concentración o intensidad.

Las mejores intervenciones de control son las que consisten en la modificación de la fuente, ya que permiten eliminar el agente peligroso o reducirse con medidas como la sustitución de materiales o equipos.

2.1.5. Ramas que componen la higiene industrial. Las ramas que componen a la higiene industrial son cuatro y están íntimamente relacionados entre sí, y deben estar todas conectadas para un adecuado tratamiento del problema. Estas ramas son:

- **HIGIENE TEÓRICA:** Es la que estudia la relación dosis- respuesta, es decir, la relación contaminante- tiempo de exposición- hombre, estableciendo unos valores estándares de referencia para los cuales la mayoría de las personas expuestas no sufrirían ningún tipo de alteración funcional. Esta es la base de sustentación de la higiene industrial, ya que por debajo de estos valores se espera prevenir las enfermedades profesionales.

- **HIGIENE ANALÍTICA:** Es la identificación cualitativa y cuantitativa de los contaminantes presentes en el ambiente, así como la determinación de éstos o sus metabolitos en muestras biológicas.
- **HIGIENE DE CAMPO:** Es la que efectúa el estudio de la situación higiénica en el propio ambiente de trabajo, reconoce y toma muestras de los agentes y evalúa las exposiciones.
- **HIGIENE OPERATIVA.** Es la que efectúa los estudios tendientes a eliminar el riesgo higiénico detectado. Esta rama está íntimamente ligada a la higiene del campo que generalmente está incluida dentro de ella².

2.2. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO

Según la GTC 45, se tienen las siguientes definiciones:

- **FACTOR DE RIESGO:** Es todo elemento cuya presencia o modificación aumenta la probabilidad de producir un daño a quien está expuesto a él.
- **RIESGO:** Probabilidad de ocurrencia de un evento de características negativas.

El riesgo identifica la probabilidad de sufrir un suceso. Los riesgos se cuantifican en probabilidad de sufrir un suceso, los denominados factores de riesgo son aquellas variables o características que incrementan la probabilidad de sufrirlo.

- **Riesgo común:** Es la probabilidad de sufrir un accidente o enfermedad durante la realización de cualquier actividad cotidiana no laboral.

² Álvarez Francisco, Salud Ocupacional.

- **Riesgo ocupacional:** Es la posibilidad de sufrir un accidente o enfermedad en el trabajo y durante la realización de una actividad laboral no necesariamente con vínculo contractual.
- **Riesgo profesional:** Es la posibilidad de sufrir un accidente o enfermedad en y durante la realización de una actividad laboral con vínculo laboral vigente.

En la figura 2 se presenta la clasificación de los factores de riesgo y los tipos de riesgo correspondientes. Los factores de riesgo que se van a estudiar en el desarrollo del trabajo son:

2.2.1. Factores de Riesgo Físico. Son todos aquellos factores ambientales de naturaleza física que pueden provocar efectos adversos a la salud según sea la intensidad, exposición y concentración de los mismos. Diferentes formas de energía presentes en el medio ambiente que tienen la potencialidad de causar lesiones entre los operarios.

2.2.1.1. Temperatura: La exposición a temperaturas elevadas o bajas, ocasiona síndromes que por lo general son reversibles, pueden aparecer y desaparecer en espacios cortos de tiempo de acuerdo al nivel de exposición.

El cuerpo humano mantiene una temperatura constante, y debe permanecer en un rango muy estrecho porque la biología humana no tolera variaciones apreciables de temperatura interna, especialmente en ciertos órganos críticos como el cerebro, el hígado, las gónadas, etc., por ello, es de gran interés estudiar las relaciones entre la temperatura de estos órganos y las características térmicas del ambiente de trabajo para establecer el factor de riesgo existente que puede colocar en peligro la salud de la persona expuesta.

Figura 2 Clasificación de los factores de riesgo

	Clasificación						
	Biológico	Físico	Químico	Psicosocial	Biomecánicos	Condiciones de seguridad	Fenómenos naturales*
Descripción	Virus	Ruido (de impacto, intermitente, continuo)	Polvos orgánicos inorgánicos	Gestión organizacional (estilo de mando, pago, contratación, participación, inducción y capacitación, bienestar social, evaluación del desempeño, manejo de cambios).	Postura (prolongada mantenida, forzada, antigravitacional)	Mecánico (elementos o partes de máquinas, herramientas, equipos, piezas a trabajar, materiales proyectados sólidos o fluidos)	Sismo
	Bacterias	Iluminación (luz visible por exceso o deficiencia)	Fibras	Características de la organización del trabajo (comunicación, tecnología, organización del trabajo, demandas cualitativas y cuantitativas de la labor).	Esfuerzo	Eléctrico (alta y baja tensión, estática)	Terremoto
	Hongos	Vibración (cuerpo entero, segmentaria)	Líquidos (nieblas y rocíos)	Características del grupo social de trabajo (relaciones, cohesión, calidad de interacciones, trabajo en equipo).	Movimiento repetitivo	Locativo (sistemas y medios de almacenamiento), superficies de trabajo (irregulares, deslizantes, con diferencia del nivel), condiciones de orden y aseo, (caídas de objeto)	Vendaval
	<i>Rickettsias</i>	Temperaturas extremas (calor y frío)	Gases y vapores	Condiciones de la tarea (carga mental, contenido de la tarea, demandas emocionales, sistemas de control, definición de roles, monotonía, etc).	Manipulación manual de cargas	Tecnológico (explosión, fuga, derrame, incendio)	Inundación
	Parásitos	Presión atmosférica (normal y ajustada)	Humos metálicos, no metálicos	Interfase persona - tarea (conocimientos, habilidades en relación con la demanda de la tarea, iniciativa, autonomía y reconocimiento, identificación de la persona con la tarea y la organización).		Accidentes de tránsito	Derrumbe
	Picaduras	Radiaciones ionizantes (rayos x, gama, beta y alfa)	Material particulado	Jornada de trabajo (pausas, trabajo nocturno, rotación, horas extras, descansos)		Públicos (robos, atracos, asaltos, atentados, de orden público, etc.)	Precipitaciones, (lluvias, granizadas, heladas)
	Mordeduras	Radiaciones no ionizantes (láser, ultravioleta, infrarroja, radiofrecuencia, microondas)				Trabajo en alturas	
	Fluidos o excrementos					Espacios confinados	
	* Tener en cuenta únicamente los peligros de fenómenos naturales que afectan la seguridad y bienestar de las personas en el desarrollo de una actividad. En el plan de emergencia de cada empresa, se considerarán todos los fenómenos naturales que pudieran afectarla.						

Fuente: Guía Técnica Colombiana GTC-45

- **Conceptos básicos**

La exposición a temperaturas elevadas o bajas, ocasiona síndromes que por lo general son reversibles, pueden aparecer y desaparecer en espacios cortos de tiempo de acuerdo al nivel de exposición.

El cuerpo humano mantiene una temperatura constante, y debe permanecer en un rango muy estrecho porque la biología humana o tolera variaciones apreciables de temperatura interna, especialmente en ciertos órganos críticos como el cerebro, el hígado, las gónadas, etc., por ello, es de gran interés estudiar las relaciones entre la temperatura de éstos órganos y las características térmicas del ambiente de trabajo para establecer el factor de riesgo existente que puede colocar en peligro la salud de la persona expuesta.

Para supervisar la carga térmica de los trabajadores es necesario medir los factores ambientales que se correlacionan más estrechamente con la temperatura corporal interna y con las demás respuestas fisiológicas al calor. En la actualidad, el índice WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*), constituye la técnica más simple y adecuada para medir estos factores ambientales.

La evaluación del ambiente térmico puede hacerse de dos formas principales, de acuerdo a lo que se pretende evaluar:

1. *Agente que puede provocar riesgos profesionales*: se presenta cuando el nivel de temperatura supera los valores límites permisibles; en ese caso se debe analizar el hecho como una situación con el potencial para provocar riesgos profesionales.
2. *Agente que puede ocasionar problemas de confort*: acontece cuando la temperatura de encuentra dentro de los valores permisibles, pero los trabajadores se quejan respecto al confort climático.

Si se parte de una condición de confort térmico y se aumenta la temperatura, se llegará a una situación de *disconfort térmico por calor*, si la temperatura sigue aumentando se terminará en una situación de *peligro por estrés térmico*. De forma similar, partiendo de una condición de confort térmico, si se disminuye la temperatura, se llegará a una situación de *disconfort térmico por frío*; si la

temperatura sigue disminuyendo se pasará a una situación de *peligro por hipotermia*.

Cuando se analiza el riesgo por temperatura se deben tener en cuenta los conceptos de:

- Nivel de temperatura: puede estar definido por la ubicación geográfica donde se encuentran los trabajadores y la época del año, o por la generación de calor o frío mediante equipos dentro de un proceso productivo o por la presencia de hornos o ingreso a cuartos fríos. El nivel de temperatura se mide con un termómetro.
- Actividad del trabajador: la actividad del trabajador repercute en forma directa en la producción metabólica de calor. La actividad física del cuerpo humano genera calor que se acumula en el propio organismo; la fuente de energía son diversas sustancias químicas que el cuerpo obtiene de los alimentos.

- **Causas del riesgo por temperatura**

Entre las causas más principales para originar riesgos por temperatura se encuentran las siguientes:

1. En ambientes calientes:

- a) Falta de aislamientos térmicos en hornos, calderas y, en general, en cualquier equipo generador de calor.
- b) Procesos de fundición, secado, fabricación de plásticos, tratamientos térmicos, fabricación de vidrios, procesos en hornos.
- c) Temperatura ambiental alta de acuerdo con la ubicación geográfica, época del año, hora del día.
- d) Sistemas de ventilación inadecuados.
- e) Dentro de los sistemas de inyección y extracción de aire, ubicación inadecuada de termostatos.

2. En ambientes fríos:

- a) Ingreso a cuartos fríos.
- b) Temperatura ambiental baja de acuerdo con la ubicación geográfica, época del año y hora del día.
- c) Sistemas de ventilación cuyo ingreso de aire fresco se presenta a una temperatura baja.
- d) Dentro de los sistemas de inyección y extracción de aire, ubicación inadecuada de termostatos.
- e) Falta de aislamiento térmico.

2.2.1.2. Vibración: Se considera vibración todo movimiento oscilatorio de un cuerpo sólido respecto a una posición de equilibrio o de referencia, sin que experimente desplazamiento.

Dentro de los riesgos ocupacionales, frecuentemente no se da la importancia que tiene la exposición a las vibraciones, presentes en trabajos de martillado, operación de martillos neumáticos, conducción de vehículos, compactadores de suelos, taladros percutores y muchas otras herramientas cuya operación puede afectar al trabajador, especialmente en su sistema articular y hematopoyético, actividades que deben ser controladas para evitar que se traduzcan en lesiones para los operadores.

Para establecer medidas de protección integral del trabajador, se deben determinar los parámetros de identificación de vibraciones, mediante procedimientos de medición de acuerdo con los ejes en que se generen las vibraciones y los valores máximos establecidos.

- **Conceptos básicos sobre las vibraciones**

Las vibraciones se caracterizan por las siguientes variables:

1. La frecuencia, que es el número de veces por segundo que se realiza el ciclo completo de oscilación y se mide en hercios (Hz) o ciclos por segundo. Para efectos de su análisis se descompone el espectro de frecuencia de 1 a 1500 Hz, en tercios de banda de octava.
2. La amplitud indica la intensidad de la vibración, la cual se puede medir en: unidades de longitud que expresan la distancia que se aleja del punto de equilibrio, cuando la velocidad es cero; en unidades de velocidad metros sobre segundo, que indican la velocidad con que pasa por el punto de equilibrio, cuando la aceleración es cero; o en unidades de aceleración metros sobre segundo al cuadrado, que indica la aceleración en el punto más distante al de equilibrio, cuando la velocidad es cero. Normalmente la intensidad de la vibración se expresa en unidades de aceleración.
3. Las vías de ingreso al organismo, que puede ser por el sistema mano-brazo como en el caso de las herramientas manuales; o al cuerpo entero cuando ingresan desde el soporte del peso del cuerpo en posición de pie o sentado.
4. El eje espacial x, y, z de la vibración de acuerdo a los ejes normalizados en las vibraciones mano-brazo o de cuerpo entero.
5. El tiempo de exposición.

- **Fuentes de vibraciones**

Las fuentes de vibraciones se originan en la oscilación de:

1. Equipos destinados a transporte, perforación, abrasión, maquinaria para movimiento de tierra, de tareas de agricultura, movimiento de cargas.
2. Los movimientos rotatorios o alternativos, motores de combustión interna, superficies de rodadura de vehículos, zarandas, sedimentación, trituración, centrifugado, corte, etc.
3. Vibración de estructuras.

4. Herramientas manuales eléctricas, neumáticas, hidráulicas y en general, las asistidas mecánicamente y las que ocasionan golpes de percusión.

Dentro de las principales fuentes de vibraciones presentes en los sitios de trabajo, se pueden citar las siguientes:

1. Falta de sistemas de amortización en máquinas y equipos.
2. Las altas velocidades de máquinas, equipos y herramientas.
3. Equipos de manipulación manual sin mangos con material absorbente de vibraciones.
4. Falta de anclaje elásticos.
5. Desgaste y holguras de piezas en contacto.
6. Tribología (lubricación) deficiente.
7. Desbalance dinámico de piezas en revolución.
8. Frecuencia sintonizadas o en armónicos que pueden entrar en resonancia.

- **Efectos del riesgo vibraciones**

Las vibraciones no suelen ser tomadas con la importancia que se merecen, en parte por el desconocimiento de los efectos que producen en el trabajador. Esto genera problemas serios en el ambiente de trabajo, porque las vibraciones son comunes a muchas operaciones laborales y domésticas, sin embargo, no se les da la importancia que merecen como generadoras de numerosos daños al organismo.

Tanto las articulaciones como el sistema circulatorio se ven seriamente afectados por las vibraciones, ya que dichos sistemas no están diseñados para vibrar a las velocidades e intensidades con que lo hacen las máquinas, equipos y herramientas. Las vibraciones normalmente se componen de muchas frecuencias simultáneas en los tres ejes (x, y y z), aunque casi siempre alguno predomina; las lesiones que pueden ocasionar dependen de

estas variables y afectan no solo la parte del cuerpo que hace contacto con la fuente sino que la vibración se transmite por el cuerpo a otras zonas.

Para estudiar los efectos que generan las vibraciones en el cuerpo se debe recordar que según su mecanismo de ingreso al organismo se subdividen en el sistema “mano-brazo” y en “cuerpo entero”.

- **Mano-brazo**

Se presenta al sostener herramientas giratorias o vibratorias de fuerza motriz eléctrica, neumática, hidráulica o manual, tales como martillos, taladros, caladoras, remachadoras, cortadoras, sierras, compactadores, pulidoras, etc. El término “síndrome de vibración” se asocia con un grupo de trastornos que se pueden clasificar en cinco grupos:

1. Trastornos vasculares.
2. Trastornos de hueso y articulaciones.
3. Trastornos neurológicos.
4. Trastornos musculares.
5. Trastorno Síndrome de Dedo Blanco inducido por vibraciones (DBV) o síndrome de Raynaud.

- **Cuerpo entero**

El efecto de la vibración sobre el cuerpo humano es dependiente de la postura y varía entre individuos y ambientes; es decir, puede no tener las mismas consecuencias en todas las situaciones.

Las vibraciones ingresan al cuerpo por los pies, si el trabajador está de pie, y por la parte del cuerpo que toca la silla si está sentado, es el caso de los equipos de transporte o movimiento de cargas tales como montacargas,

retroexcavadoras, motoniveladoras, barcos, vehículos sobre orugas, camiones entre otros.

Los grupos de traumatismos más frecuentemente descritos son los espinales y cambios degenerativos, el dolor lumbar es manifestado mucho antes de que se observe radiológicamente se presentan también desplazamientos de discos intervertebrales.

- **Efecto de las vibraciones de alta frecuencia (Entre 80 y 1500 Hz)**

Algunos de los efectos de las vibraciones son los trastornos osteo-articulares identificables radiológicamente y el sistema vascular, tales como:

1. Artrosis hiperostósante del codo y en general de las articulaciones.
2. Lesiones de muñeca como malacia del semilunar o osteonecrosis de escafoides carpiano.
3. Afecciones angioneuróticas de la mano, calambres, trastornos de la sensibilidad.
4. Expresión vascular manifestada por crisis del tipo de dedos muertos llamado *Síndrome de Raynaud*. Se inicia en la punta de los dedos y se extiende a todos los dedos. Enfermedad de dedo blanco inducido por vibraciones DBV.
5. Aumento de la incidencia de enfermedades estomacales.

- **Efecto de vibraciones de baja frecuencia (De 1 a 80 Hz)**

1. Lumbalgias, lumbociáticas, hernias, pinzamientos discales.
2. Agravamiento de lesiones raquídeas menores e incidencia doble trastornos debidos a vicios postulares.
3. Síntomas neurológicos: variación del ritmo cerebral, alteraciones del equilibrio.
4. Trastornos de visión por resonancia.

- **Efecto de las vibraciones de muy baja frecuencia (De 0 a 1 Hz)**

1. Estimulación del laberinto del oído interno.
2. Trastornos del sistema nervioso central.
3. Mareos y vómitos (el mareo del viajero).

- **Valoración del riesgo de vibraciones**

La valoración del riesgo de vibraciones se hacen por instrumentos de medida, conocidos como vibrómetros o acelerómetros, que contienen en su interior filtros de ponderación que integran, de acuerdo al potencial lesivo, las siguientes variables: frecuencia, amplitud, eje x, y o z de entrada por mano-brazo o por cuerpo entero. El nivel de vibraciones se mide mediante unidades de aceleración en metros sobre segundo al cuadrado.

Los equipos consisten en:

1. Transductor o acelerómetro.
2. Preamplificador.
3. Integrador de la señal del acelerómetro.
4. Analizador de frecuencias.
5. Filtros
6. Sistema de lectura.

En el sistema mano-brazo se interpone entre el asa de la herramienta y la mano del trabajador un elemento que contiene tres acelerómetros (para cada uno de los ejes x, y y z). En el sistema cuerpo entero las vibraciones ingresan al organismo por los pies o la silla donde se ubica el trabajador, en consecuencia, el elemento medidor se coloca en dichos lugares para que detecten la misma vibración que percibe el trabajador³.

³ MANCERA FERNÁNDEZ, Mario Mancera Ruíz, María Teresa Mancera Ruíz, Mario Ramón, Seguridad e Higiene Industrial: Gestión de Riesgos.

2.2.2. Factores de Riesgo Químico

2.2.2.1. Material particulado: El material particulado (PM) constituye una mezcla compleja de sustancias orgánicas e inorgánicas que presentan una composición física y química variable. Las características físicas de las partículas ejercen influencia en su transporte, tiempo de permanencia y posibilidad de deposición, tanto en el medio ambiente como a través del sistema respiratorio, y su composición química interviene directamente sobre los efectos en la salud humana⁴.

El término partícula o material particulado atmosférico se refiere a cualquier sustancia, a excepción del agua pura, presente en la atmósfera en estado sólido o líquido por causas naturales o antropogénicas. En general, los términos aerosol y partícula se utilizan indistintamente, definiéndose los aerosoles como suspensiones relativamente estables de partículas sólidas y líquidas en un gas. Por tanto, la diferencia radica en la consideración añadida del medio gaseoso que contiene las partículas.

La materia particulada incluye tanto las partículas en suspensión como aquellas con un diámetro aerodinámico superior a 20 nm denominadas partículas sedimentables, que se caracterizan por exhibir un corto tiempo de residencia en la atmósfera.

- **Tipos de Material Particulado**

Existen diversas clasificaciones entre los aerosoles no excluyentes entre sí, como se puede observar en la figura 3.

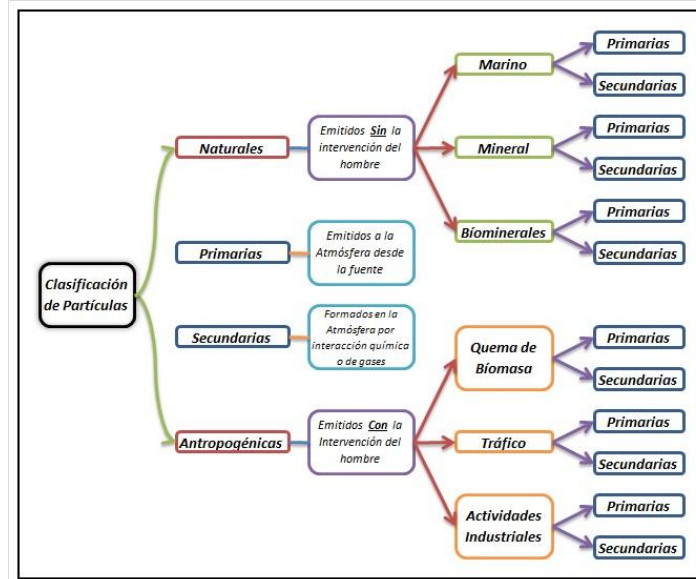
⁴ GARCÍA LOZADA Héctor Manuel, Evaluación del riesgo por emisiones de partículas en fuentes estacionarias de combustión 2006.

- **Distribución de tamaño**

Los aerosoles que forman la mezcla del PM tienen diferentes tamaños asociados a su modo de formación o emisión. Se distinguen:

- **Partículas gruesas o modo grueso:** Aquellas con diámetro aerodinámico superior a 1 micra (μm). La emisión de estas partículas se produce por acciones mecánicas (erosión, combustión incompleta, triturado de materiales, erosión, etc...) por lo que son principalmente primarias.
- **Partículas finas:** Aquellas con diámetro aerodinámico inferior a 1 μm . Esta fracción tiene los siguientes modos principales:
 - Modo nucleación: Tamaño menor de 20 nm ($2 \times 10^{-2} \mu\text{m}$)
 - Modo Aitken: Tamaño entre 20 y 100 nm
 - Modo acumulación: Tamaño entre 100 y 1000 nm

Figura 3: Tipos de material particulado



Las partículas finas son principalmente de naturaleza secundaria, formadas por reacciones de gases precursores en la atmósfera.

Al margen de lo citado anteriormente, por razones de índole epidemiológicas las fracciones a controlar son:

- PTS: Partículas totales
- PM10: Partículas con diámetro aerodinámico menor de 10 μm
- PM2.5: Partículas con diámetro aerodinámico menor de 2.5 μm
- PM1: Partículas con diámetro aerodinámico menor de 1 μm

Inicialmente la legislación sobre calidad del aire establecía el control del parámetro TSP. Actualmente la legislación sólo hace referencia a niveles de PM10 y PM2.5 por su incidencia sobre la salud y el medio ambiente. Desde el ámbito científico, se plantea la posibilidad de, en un futuro añadir a la legislación niveles normativos para el parámetro PM1.

- **Efectos sobre la salud**

La exposición a material particulado en el aire ambiente supone unos de los principales riesgos para la salud humana en el ámbito de la contaminación atmosférica. Para la determinación de sus efectos es fundamental la distribución de tamaños, ya que las partículas más pequeñas penetran con mayor facilidad en los alvéolos pulmonares, y la composición química de las mismas, que determina diferentes niveles de toxicidad.

Los efectos de este contaminante se observan tanto a largo plazo (contaminación crónica) como durante situaciones episódicas (contaminación aguda). El material particulado penetra en el organismo por las vías respiratorias y las partículas profundizan más o menos en función de su diámetro. Así, las partículas inhalables (diámetro inferior a 100 μm) quedan retenidas en las vías respiratorias altas (nariz y boca); las partículas torácicas (diámetro inferior a 10 μm , también denominadas PM10) penetran más allá de la laringe y alcanzan la región traqueo bronquial, y las partículas respirables, debido a su pequeño tamaño (diámetro inferior a 4 μm),

son capaces de acceder hasta la región de intercambio de gases (alvéolos pulmonares).

- **Clasificación de las partículas por efectos en la salud**

Los principales efectos vinculados a la exposición a MPA son aumento en la frecuencia de cáncer pulmonar, muertes prematuras, síntomas respiratorios severos, irritación de ojos y nariz, exacerbación del asma y agravamiento en caso de enfermedades cardiovasculares. Así mismo, su acumulación en los pulmones puede originar enfermedades como la silicosis y la asbestosis.

El material particulado influye en el balance radiactivo absorbiendo o dispersando la radiación solar, procesos que influyen directamente en el clima global de la Tierra. Pese a que en un principio no era tenido en cuenta en los modelos de análisis de cambio climático, actualmente se considera que su influencia es tan importante como la de los gases de efecto invernadero, si bien a una escala menor debido a su pequeño tiempo de residencia en la atmósfera.

Un efecto claramente perceptible del material particulado es la reducción de la visibilidad, que se puede ver alterada por la absorción o dispersión de la radiación solar en el espectro de la luz visible.

- **Criterios de evaluación**

Existen varios criterios de evaluación y responden a situaciones geográficas o a instituciones privadas o gubernamentales.

Unos de los criterios más reconocidos a nivel mundial son los TLV's (valores límites umbrales por sus siglas en inglés) que son dictados por la ACGIH (Conferencia Americana Gubernamental de Higienistas Industriales)

Los TLV's son concentraciones de los contaminantes a las cuales un trabajador puede estar expuesto durante un tiempo determinado sin daños nocivos para la salud.

De acuerdo al tiempo de exposición los TLV's se clasifican en:

- **TLV-TWA:** Es el Valor Límite Umbral ponderado en el tiempo para una jornada laboral de 8 horas y cuarenta horas semanales a la cual la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente, día tras día, sin sufrir efectos adversos.
- **TLV-STEL:** Es el Valor Límite Umbral – Límite de Exposición de Corta Duración a la que los trabajadores pueden estar expuestos durante un corto espacio de tiempo (15 minutos) sin sufrir irritación, cambio crónico o irreversible en los tejidos o narcocis importante. No es un límite independiente, sino que es un complemento del TLV-TWA.
- El **STEL** es la exposición media ponderada en el tiempo durante 15 minutos, que no debe ser sobrepasado en ningún momento de la jornada aunque el TLV-TWA esté en parámetros. Las exposiciones no deben repetirse mas de 4 veces al día y con 60 minutos entre exposiciones.
- **TLV-C:** Valor Límite Umbral Techo es el valor límite que no se debe sobrepasar en ningún momento de exposición durante el trabajo.

- **Valores en mezclas de sustancias**

Cuando 2 o más sustancias tienen un efecto toxicológico similar en el mismo órgano o sistema su efecto combinado deber ser considera y no como efectos individuales. Si no existe información en sentido contrario se debe considerar el efecto combinado, es decir si la suma de las fracciones supera la unidad, entonces se está superando el TLV de la mezcla.

$$\frac{C_1}{TLV_1} + \frac{C_2}{TLV_2} + \dots + \frac{C_n}{TLV_n} \leq 1$$

Si se conocen los efectos de las sustancias y éstos son independientes o bien presentan efectos puramente locales en diferentes órganos del cuerpo, se considera que la mezcla supera el TLV cuando, por lo menos, uno de los componentes supera su TLV⁵.

Figura 4. Medidas de prevención

Técnicas de Control de Explosiones				
Técnica de Control	Agente Contaminante	Proceso Instalación	Local de Trabajo	Método de trabajo
Eliminación	Sustitución total	Sustitución del proceso	Redistribución en la planta	Automatización
				Robotización
				Control Remoto
Reducción	Sustitución parcial	Modificación del proceso	Orden y Limpieza	Buenas Prácticas de trabajo
		Mantenimiento Preventivo		Información
	Cambio de presentación			Formación
				Motivación
			Supervisión	
Aislamiento		Cerramiento o Separación	Segregación de departamentos sucios	
		Cabinas de Seguridad		
Ventilación		Extracción localizada	Ventilación por Dilución	Herramientas con extracción local incorporada
		Extracción tipo push-pull	Duchas de Aire Caliente	
			Cortinas de Aire Caliente	
Impedir la exposición			Cabinas para los trabajadores	Horarios reducidos
	Protección Individual			EPI de vías respiratorias
				Ropa de trabajo

⁵ HIGIENE INDUSTRIAL Y AMBIENTE. [En Línea] Disponible En:<http://www.higieneindustrialyambiente.com/noticias-industria-ambiente-seguridad-salud-laboral-ecuador.php?tablajb=noticias&p=28&t=Prevencion-y-Control-en-Material-Particulado&>

3. MARCO DE REFERENCIA

3.1. SALUD OCUPACIONAL

En los últimos años, se le ha dado relevancia a la salud ocupacional y a la seguridad industrial, con ayuda de un fuerte impulso a la legislación laboral, con el fin de garantizar el bienestar físico y mental del trabajador y con ello crear ambientes y condiciones de trabajo seguras.

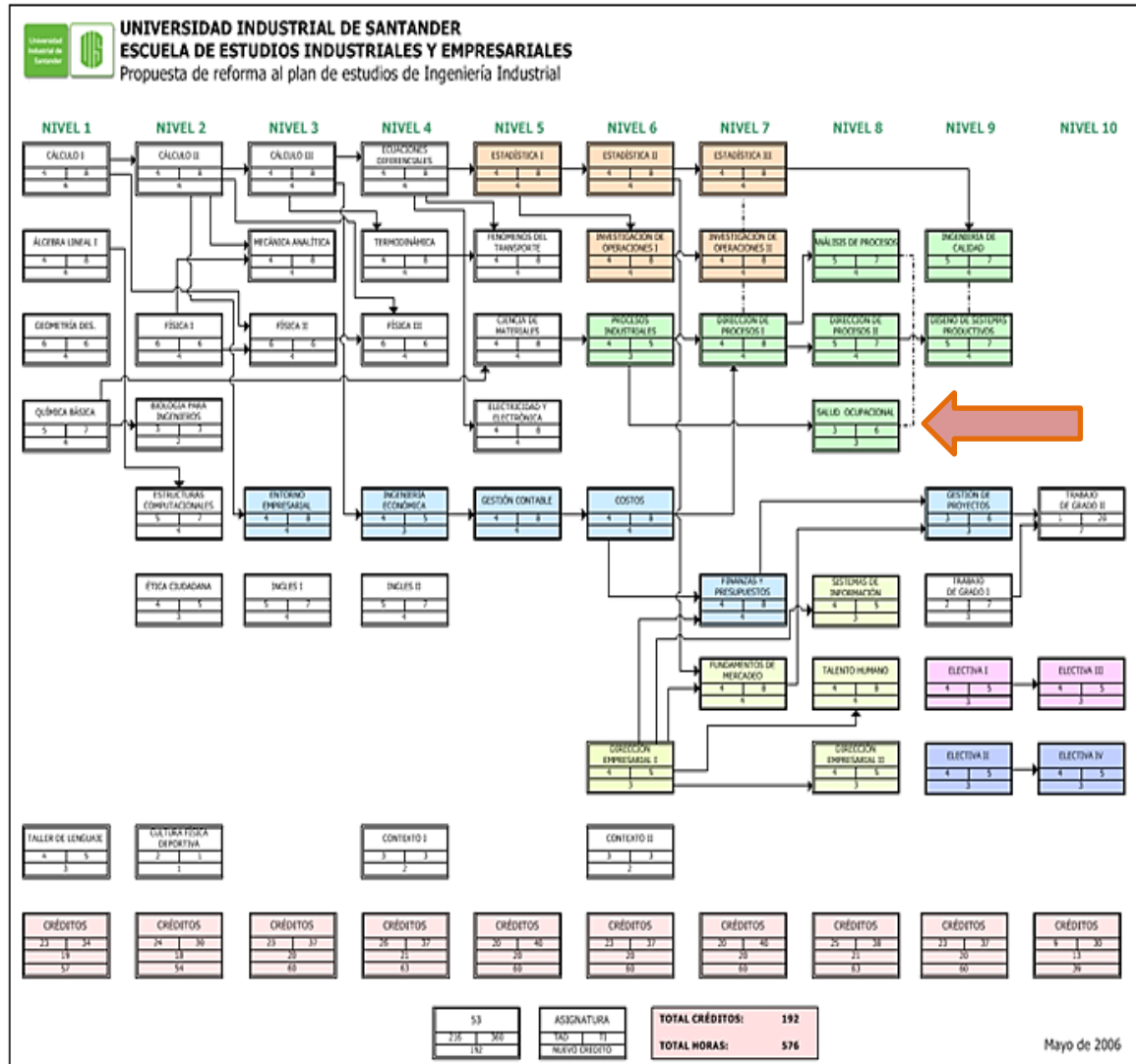
3.1.1. Asignatura salud ocupacional en la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. La asignatura salud ocupacional está dentro del plan de estudios del programa académico de Ingeniería Industrial con el código (23526) y tiene como requisito haber cursado la asignatura procesos industriales; tiene ese nombre y ese código desde la modificación del proyecto educativo del programa (PEP) del año 2006. Anteriormente, la asignatura recibía el nombre de seguridad industrial con código (21517). Actualmente la asignatura se cursa en el octavo nivel y cuenta con tres créditos, con una intensidad horaria correspondiente a tres horas semanales⁶. En la figura 5 se presenta la malla curricular del programa de Ingeniería Industrial.

3.1.1.1. Propósito de la asignatura. La asignatura Salud Ocupacional tiene como propósito dar a conocer al estudiante la importancia de la evolución de la seguridad industrial y la salud ocupacional en el entorno empresarial, proporcionando al futuro profesional conceptos claves como identificación valoración y control de riesgos, apoyados en las normas y leyes que apoyan esta rama. Con lo anterior, se pretende motivar al estudiante a aplicar los

⁶ Tatiana Ruíz, Profesional en Calidad de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales.

conocimientos, mejorando y garantizando las condiciones laborales de los trabajadores de las organizaciones nacionales e internacionales.

Figura 5. Malla Curricular



Fuente: Reforma curricular 2006- Programa de Ingeniería Industrial UIS

3.1.1.2. Contenido de la asignatura. La asignatura salud ocupacional se divide en cinco capítulos como se muestra a continuación.

Tabla 2: Contenido de la Asignatura Salud Ocupacional

1. INTRODUCCIÓN	1.1 Evolución histórica de la salud ocupacional
	1.2 Concepto: Seguridad y Salud en el trabajo
	1.3 Relación con las organizaciones
	1.4 Relación seguridad-calidad-ambiente
	1.5 El sistema general de seguridad social integral
	1.6 Sistema General de Riesgos Laborales
	1.7 Accidente de trabajo y Enfermedad Laboral
	1.8 Responsabilidades en Seguridad y Salud en el Trabajo
2. CONCEPTOS BÁSICOS	2.1 Legislación Colombiana en Salud Ocupacional
	2.2 Peligro – Riesgo – Control
	2.3 Los factores de riesgo y su clasificación
	<ul style="list-style-type: none">• Físicos• Químicos• Biológicos• Mecánico• Eléctrico• Locativo• Físico químico• Tránsito• Público• Biomecánico• Psicosocial

3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, VALORACIÓN DE RIESGOS Y DETERMINACIÓN DE CONTROLES	3.1 Panorama de factores de riesgo 3.2 Sistemas de control de riesgos 3.3 Evaluación de riesgos
4. SISTEMA DE GESTIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO SG-STT	4.1 Definición de medicina preventiva y del trabajo 4.2 Principales actividades de promoción y prevención 4.3 Definición de seguridad industrial e higiene industrial 4.4 Plan de emergencias: Análisis de Amenazas, Plan de evacuación, Señalización de seguridad 4.5 Elementos de protección personal 4.6 Identificación de productos químicos 4.7 Investigación de incidentes y accidentes
5. ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD	5.1 Estadísticas de accidentalidad: Índice de Frecuencia, Severidad, y Lesiones Incapacitantes 5.2 Cultura empresarial en Seguridad 5.3 Administración y prevención

Fuente: Autores

3.1.2. Estrategias pedagógicas y contextos posibles de aprendizaje para horas tipo TAD y TI. Para el adecuado desarrollo de la asignatura, se han establecido principalmente como estratégica principal las clases magistrales, y para el apoyo de las mismas la lectura de artículos y publicaciones, discusiones en clase, videos sobre casos prácticos y talleres de aplicación. Para la verificación

y control del funcionamiento adecuado de estas herramientas, se aplican dos exámenes individuales (con una ponderación del 30% cada uno), quices (15%), trabajo de aplicación (15%) y talleres (10%).

3.1.3. Trabajo Docente-Educativo. El trabajo docente-educativo es el que desarrollan los profesores y estudiantes con el fin de garantizar la calidad de la instrucción y la educación de los nuevos profesionales, de alcanzar los objetivos declarados en el modelo profesional. , con el fin de adquirir un caudal de conocimientos y habilidades relacionadas con el objeto de estudio.

Para ello, las actividades que se proponen como vías de educar durante el proceso y a realizar por estudiantes y profesores logrando influenciar positivamente, y lograr una retroalimentación, apoyados de la correcta selección de los métodos de enseñanza, como el trabajo experimental y técnico, con el fin de dar a la asignatura un peso a las habilidades, creando evaluaciones prácticas que no permitan al estudiante inclinarse sólo por los conceptos y la teoría.

Con el desarrollo de prácticas se desea fomentar el trabajo colectivo, con el fin de crear hábitos de cooperación procurando que los estudiantes influyan de forma positiva entre ellos. Para lograr eficacia y eficiencia en la solución de problemas reales del ambiente profesional⁷.

El profesor universitario, tiene el reto de replantearse su rol y su práctica docente frente a la incorporación de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la construcción didáctica, el desarrollo de competencias específicas que esto conlleva y con la claridad de que el avance y la innovación tecnológica, así

⁷ SILVA MIRANDA Felipe, La educación en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

como su impacto en la educación no se detendrá independientemente de la aceptación que tenga desde la particularidad de los individuos⁸.

3.1.4. Trabajos de grado guía. CREACIÓN DEL LABORATORIO DE HIGIENE INDUSTRIAL PARA LA ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES UIS: Este proyecto se desarrolló en el año 2012 por las estudiantes Silvia Juliana Carreño y Sandra Carolina Mendoza, en este trabajo de grado se desarrollaron las prácticas para los riesgos ruido e iluminación y su respectiva prueba piloto; además de presentar una propuesta con respecto a los costos asociados a la creación del laboratorio de higiene industrial.

MANUAL PARA PRÁCTICAS DE LABORATORIOS HIGIENE Y SEGURIDAD INDUSTRIAL: Este manual fue elaborado por Ciro Martínez Oropesa para la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira en el año 2009; contiene nueve prácticas de laboratorio y las indicaciones generales para la realización de las mismas.

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTEGRAL (GESTIÓN AMBIENTAL, SEGURIDAD Y SALUD OCUPACIONAL) APLICADO AL LABORATORIO DE ANÁLISIS PETROFÍSICOS BASADO EN LOS LINEAMIENTOS DE LAS NORMAS TÉCNICAS NTC – ISO 14001:2004, NTC-OSHAS 18001:2007: Este proyecto se desarrolló en el año 2011 por los estudiantes de Ingeniería de Petróleos Julián Ricardo Pinzón Rojas y Hermann Fidel Ramírez Aparicio; con este trabajo de grado se buscó reducir el impacto ambiental de los residuos que se utilizan en el laboratorio de Análisis Petrofísicos, aplicando los procedimientos y prácticas seguras, ayudados de la utilización adecuada de los elementos de protección personal, elementos de actuación y protección.

⁸ ECHEVERRÍA SÁENZ, Ana Cristina García- Vera, Antonio Bautista, TIC en la formación del Profesorado Educación Especial.

4. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA PROPUESTA PARA EL DISEÑO DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO EN EL ÁREA DE HIGIENE INDUSTRIAL

4.1. ETAPA 1. DEFINICIÓN DE VARIABLES A ESTUDIAR

4.1.1. Identificación De Riesgos. La identificación de riesgos es una etapa fundamental en la práctica de la higiene industrial, indispensable para una planificación adecuada de la evaluación de riesgos y de las estrategias de control, así como para el establecimiento de prioridades de acción. Un diseño adecuado de las medidas de control requiere, asimismo, la caracterización física de las fuentes contaminantes y de las vías de propagación de los agentes contaminantes.

La identificación de riesgos permite determinar:

- Los agentes que pueden estar presentes y en qué circunstancias.
- La naturaleza y la posible magnitud de los efectos nocivos para la salud y el bienestar.

4.1.2. Evaluación De La Exposición. El objetivo de la evaluación de la exposición es determinar la magnitud, frecuencia y duración de la exposición de los trabajadores un agente. Se han elaborado directrices al respecto tanto en el ámbito nacional como internacional.

4.1.3 Interpretación De Los Resultados. El proceso de evaluación termina sólo cuando se interpretan los resultados de las mediciones a la vista de los datos obtenidos a través de estudios y ensayos clínicos.

4.1.4. Mediciones De Control. Las mediciones que tienen como fin investigar la presencia de agentes y las pautas de los parámetros de exposición en el medio ambiente de trabajo pueden ser extremadamente útiles para planificar y diseñar medidas de control y métodos de trabajo.

Los factores de riesgo seleccionaron para trabajar en las prácticas de laboratorio son, temperatura, vibración y material particulado. La elección de estos tres factores se obtiene a partir de la necesidad que tiene la Escuela de crear un laboratorio para el estudio de los mismos, además son factores comunes en los lugares de trabajo, y cuando no se encuentren dentro de los límites establecidos puede afectar la productividad de los trabajadores.

4.1.5. Valoración Del Riesgo Por Temperatura. En la actualidad se conocen varios índices para la evaluación de riesgos por calor; los más utilizados en higiene industrial son:

1. Índice WBGT
2. Índice de la sudoración requerida
3. Índice de temperatura efectiva

El índice de sudoración requerida, es una valoración del estrés térmico, que aporta mayor exactitud que el índice WBGT y cuya aplicación debería hacerse en situaciones en las que la valoración del índice WBGT revelase una situación de riesgo de estrés térmico. Se basa en la comparación de la humedad de la piel y la producción de sudor necesarias en unas determinadas condiciones de trabajo, frente a los valores fisiológicamente posibles en estas variables. La estimación de dichos valores se obtiene en el desarrollo de las siguientes etapas: evaporación requerida, evaporación máxima permitida, sudoración requerida y humedad requerida de la piel.

4.1.5.1. Cálculo WBGT. El WBGT (*Wet Bulb Globe Temperature*), en español se puede traducir como el índice de temperatura de globo y bulbo húmedo.

Los valores del índice WBGT se calculan por medio de las ecuaciones siguientes:

1. Exteriores con carga solar:

$$\text{WBGT} = 0,7 \text{ TH} + 0,2 \text{ TG} + 0,1 \text{ TS}$$

2. Interiores o exteriores sin carga solar:

$$\text{WBGT} = 0,7 \text{ TH} + 0,3 \text{ TG}$$

Dónde:

TH= Temperatura Húmeda natural del bulbo húmedo.

TS= Temperatura Seca de bulbo seco.

TG= Temperatura de Globo o temperatura radiante.

Para determinar el índice WBGT, como resultado a diferentes exposiciones, es necesario calcular la producción metabólica media de calor y el índice WBGT medio.

Para determinar si existe o no sobreexposición por temperatura en un ambiente de trabajo, es necesario cruzar el valor WBGT obtenido de los cálculos, la producción metabólica de calor (M) acorde con la actividad realizada, el régimen de trabajo y especificar si el trabajador está o no aclimatado.

Para determinar si existe o no sobreexposición a temperatura en condiciones variables se debe calcular el índice WBGT y la producción metabólica de calor (M) con ponderación en el tiempo de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$M_{medio} = \frac{M_1 * t_1 + \dots + M_n * t_n}{t_1 + \dots + t_n}$$

$$WBGT_{medio} = \frac{WBGT_1 * t_1 + \dots + WBGT_n * t_n}{t_1 + \dots + t_n}$$

Se debe tener en cuenta que $t_1 + \dots + t_n =$ una (1) hora.

Dónde: M= Producción metabólica de calor.

Cálculos de WBGT en actividades sucesivas:

1. Determinar la sobreexposición o no a temperatura en rangos de una hora en la jornada laboral.
2. Si hay una actividad en la cual no hay sobreexposición, pero en otras si, se deben tomar fracciones de tiempo para determinar desde cuál fracción se presenta la sobreexposición.
3. Un trabajador está sobreexpuesto a calor si en un rango de una hora se presenta sobreexposición.

4.1.5.2. Valores límites permisibles (ACGIH)

- **Estrés por calor**

Los valores límites permisibles para estrés por calor intentan proteger a los trabajadores de los efectos severos generados por un aumento de temperatura. Describen exposiciones de trabajadores en condiciones de ambientes laborales calientes, bajo las cuales se cree que la mayoría de los trabajadores no sufrirían efectos adversos para la salud.

El objetivo de los límites permisibles (TLV) es prevenir que la temperatura interna del cuerpo humano suba por encima de 38 °C. Los valores se expresan en °C de WBGT.

Tabla 3. Límites permisibles de temperatura para estrés térmico

RÉGIMEN DE TRABAJO DE DESCANSO	CARGA DE TRABAJO							
	ACLIMATADO				NO ACLIMATADO			
Porcentaje	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado	Ligero	Moderado	Pesado	Muy pesado
75 a 100%	31.0	28.0	28.0	25.0
50 a 75%	31.0	29.0	27.5	...	28.5	26.0	24.0	...
25 a 50%	32.0	30.0	29.0	28.0	29.5	27.0	25.5	24.5
0 a 25%	32.5	31.5	30.5	30.0	30.0	29.0	28.0	27.0

Categorías de carga de trabajo:

1. *Descanso*: hasta 99 Kcal/hora: por ejemplo, sentado.
2. *Ligero*: entre 99 y 155 Kcal/hora: por ejemplo, sentado con trabajo ligero de las manos o manos y brazos, manejando, de pie y caminando ocasionalmente.
3. *Moderado*: entre 155 y 258 Kcal/hora: por ejemplo, trabajos sostenidos con manos y brazos, trabajo moderado de brazos y piernas, trabajo ligero de empujar y halar, caminar normalmente, etc.
4. *Pesado*: entre 258 y 357 Kcal/hora. Trabajo intenso de brazos y tronco, transportando cargas, serruchando de forma manual, empujando o halando cosas pesadas, caminando con paso rápido, etc.
5. *Muy pesado*: entre 357 y 447 Kcal/hora. Trabajos de actividad muy intensa y rápida.

- **Estrés por frío**

Los valores límites permisibles para el estrés por frío buscan proteger a los trabajadores a fin que la temperatura interior del cuerpo no sea inferior a 36°C.

Tabla 4. Límites de frío permisibles

TEMPERATURA DE AIRE EN °C	VELOCIDAD DEL VIENTO –km/h									
	0		8		16		24		32	
	Periodo de trabajo máximo en minutos	Número de descansos	Periodo de trabajo máximo en minutos	Número de descansos	Periodo de trabajo máximo en minutos	Número de descansos	Periodo de trabajo máximo en minutos	Número de descansos	Periodo de trabajo máximo en minutos	Número de descansos
-26 a -28	Normal	1	Normal	1	75	2	55	3	40	4
-29 a -31	Normal	1	75	2	55	3	40	4	30	5
-32 a -34	75	2	55	3	40	4	30	5	0	...
-35 a -37	55	3	40	4	30	5	0	...	0	...
-38 a -39	40	4	30	5	0	...	0	...	0	...
-40 a -42	30	5	0	...	0	...	0	...	0	...
-43 a más bajo	0	...	0	...	0	...	0	...	0	...

Esta tabla aplica para cualquier periodo de trabajo de cuatro horas con actividad moderada o alta y lapsos de descanso de diez minutos en un área cálida, destinada para tal fin. Al final de la exposición de cuatro horas, un descanso extenso, por ejemplo, para almorzar, igualmente en un área cálida.

Para trabajo ligero y moderado con limitación de movimientos físicos, aplica la tabla observándola una línea más abajo. Se debe tener en cuenta que la tabla aplica para trabajadores utilizando ropa seca.

4.1.5.3. Medidas de control

- **Estrés por calor**

Aunque el ser humano tiene una capacidad considerable para compensar el estrés por calor que ocurre en condiciones naturales, muchos entornos profesionales y/o actividades físicas exponen a los trabajadores a unas temperaturas demasiado elevadas que suponen un riesgo para su salud y productividad.

Las intervenciones se dividen en cinco categorías: aumentar la tolerancia al calor de las personas expuestas, asegurar una reposición puntual de los líquidos y electrolitos perdidos, modificar las prácticas de trabajo para reducir la carga de calor por esfuerzo, controlar las condiciones climáticas y utilizar prendas protectoras.

Cuando se evalúa el nivel de exposición al calor y se preparan estrategias preventivas, no deben ignorarse los factores ajenos al lugar de trabajo que pueden influir en la tolerancia térmica.

- **Estrés por frío**

Con la exposición repetida al frío, las personas sienten menos molestias y aprenden a adaptarse y a enfrentarse a las condiciones de una manera personalizada y más eficiente que al inicio de la exposición. La habituación reduce en cierta medida el efecto de alerta y distracción y mejora la capacidad de razonamiento y la precaución.

La estrategia más lógica y natural para prevenir y controlar el estrés por frío es la precaución y una conducta intencionada. Las respuestas fisiológicas no son muy eficaces para prevenir la pérdida de calor. Por ello, los seres humanos dependen

mucho de las medidas externas, como el uso de prendas de abrigo, el cobijo y el suministro externo de calor. La mejora y el perfeccionamiento de las prendas de abrigo y los equipos constituyen la base para aumentar la seguridad de la exposición al frío. Desde luego, es esencial que estas prendas y equipos superen las pruebas adecuadas para garantizar que cumplen las normas internacionales.

Por tanto, la educación y formación son elementos importantes en cualquier programa de control de la salud.

4.1.5.4. Efectos sobre la salud

- **Estrés por calor**

Una elevada temperatura ambiente, una elevada humedad, un esfuerzo extenuante o una disipación insuficiente del calor pueden causar una serie de trastornos provocados por el calor, entre ellos:

Trastornos sistémicos: Los calambres por calor, el agotamiento por calor y el golpe de calor tienen importancia clínica. Los mecanismos responsables de estos trastornos sistémicos son una insuficiencia circulatoria, un desequilibrio hídrico y electrolítico y/o hipertermia (elevada temperatura corporal). El más grave de todos ellos es el golpe de calor, que puede provocar la muerte si no se trata rápida y correctamente.

- Síncope por calor: El síncope es una pérdida de conocimiento temporal como resultado de la reducción del riego cerebral que suele ir precedido por palidez, visión borrosa, mareo y náuseas.
- Edema por calor: En personas no aclimatadas expuestas a un ambiente caluroso puede aparecer edema leve dependiente, es decir, la hinchazón de manos y pies.

- Calambres por calor: Los calambres por calor pueden aparecer tras una intensa sudoración como consecuencia de un trabajo físico prolongado.
- Agotamiento por calor: El agotamiento por calor es el trastorno más común provocado por el calor que se observa en la práctica clínica. Se produce como resultado de una deshidratación severa tras perderse una gran cantidad de sudor. aparece como resultado de una intensa y prolongada sudoración.
- Golpe de calor: El golpe de calor es una urgencia médica grave que puede provocar la muerte. Es un cuadro clínico complejo caracterizado por una hipertermia incontrolada que causa lesiones en los tejidos. La hipertermia resultante provoca una disfunción del sistema nervioso central y, entre otras cosas, un fallo en el mecanismo normal de regulación térmica, acelerando así el aumento de la temperatura corporal.
- Alteraciones cutáneas: La erupción por calor o miliaria es la alteración cutánea más común asociada a la exposición al calor. Se produce cuando la obstrucción de los conductos sudoríparos impide que el sudor alcance la superficie cutánea y se evapore.

- **Estrés por frío**

Una persona sana, con la ropa y los equipos adecuados, y con una organización adecuada del trabajo, no se encuentra en una situación que ponga en riesgo su salud, incluso aunque el frío sea extremo.

En algunas situaciones, la exposición al frío o a factores relacionados con el frío o el efecto combinado del frío y otros riesgos pueden poner en peligro la salud, especialmente si se produce una situación de emergencia o un accidente.

- Enfermedades respiratorias: El catarro común, sin fiebre ni síntomas generales, no hace que el trabajo en ambientes fríos sea nocivo. Ahora bien, en personas con complicaciones como asma, bronquitis o problemas

cardiovasculares, la situación es diferente y se recomienda que no trabajen al aire libre durante la estación fría. Lo mismo puede decirse de las personas con catarro acompañado de fiebre, tos profunda, dolor muscular y deterioro general de su estado. El asma y la bronquitis son frecuentes en las regiones frías. La exposición al frío suele agravar los síntomas.

- Trastornos cardiovasculares: La exposición al frío afecta considerablemente al sistema cardiovascular. La noradrenalina liberada por los terminales nerviosos simpáticos aumenta el gasto cardíaco y la frecuencia cardíaca. El riesgo de sufrir un infarto aumenta con la exposición al frío, especialmente cuando se combina con un trabajo pesado.
- Trastornos metabólicos: La diabetes mellitus es frecuente en las regiones más frías del mundo. La diabetes, aunque no presente complicaciones, puede hacer imposible el trabajo al aire libre en las regiones más remotas, sobre todo si la persona necesita tratamiento con insulina.
- Problemas musculo esqueléticos: Se supone que el frío en sí mismo no causa enfermedades en el sistema musculo esquelético, ni siquiera reumatismo. Por otra parte, el trabajo en ambientes fríos suele imponer una gran demanda a los músculos, tendones, articulaciones y columna vertebral, debido a la elevada carga que suelen conllevar este tipo de trabajos.
- Criopatías: Las criopatías son trastornos que aparecen cuando la persona es hipersensible al frío. Los síntomas son variables y pueden consistir en alteraciones del sistema vascular, de la sangre o del tejido conjuntivo, “alergia” y otros.

4.1.6. Valoración Del Riesgo Por Vibración. Las vibraciones comprenden todo movimiento transmitido al cuerpo humano por estructuras sólidas capaz de producir un efecto nocivo o cualquier tipo de molestia en el trabajador. Este fenómeno se caracteriza por su frecuencia y su amplitud; esta se mide en Hertzios o ciclos por segundo.

Las vibraciones se dividen en:

- *Las vibraciones del cuerpo completo* ocurren cuando el cuerpo está apoyado en una superficie vibrante.
- *Las vibraciones transmitidas a las manos* son las vibraciones que entran en el cuerpo a través de las manos.

4.1.6.1. Cálculo del nivel de exposición a vibraciones: Para obtener el nivel de exposición a vibraciones, se debe realizar el cálculo de exposición diaria $A_{(8)}$ la cual se refiere a la aceleración continua en una jornada de trabajo normal de 8 (ocho) horas. Para realizar el cálculo basta con tomar mediciones en momentos representativos sobre las actividades durante la jornada normal de trabajo. Cálculo de la exposición:

$$A_{(8)} = a_{we} \sqrt{\frac{T_e}{T_o}}$$

Donde,

a_{we} Es la energía equivalente del valor medio de la aceleración de frecuencia ponderada durante la exposición.

T_e Duración total de la exposición en un día de trabajo.

T_o Es la duración de referencia para 8 horas.

La exposición diaria puede consistir de varias actividades con diferentes magnitudes de vibración, en este caso se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$A_8 = \frac{1}{T_o} \sum_{t=1}^n a_{wi}^2 T_i$$

Donde,

a_{we} Es la energía equivalente del valor medio de la aceleración de frecuencia ponderada durante la exposición para la actividad i .

n Número de actividades.

T_e Duración total de la exposición en un día de trabajo.

T_o Es la duración de referencia para 8 horas.

Para el caso de **vibraciones mano-brazo** la energía equivalente a_{we} es calculada según la ISO 5349. Resulta de la raíz de la suma de cuadrados de los valores a_{wx} , a_{wy} y a_{wz} . Donde los valores “ a ” son los componentes ortogonales en cada una de las direcciones, cada uno con un filtro W_h . Esta suma es la llamada generalmente **Valor Total de Vibración a_{hv}** :

$$a_{we} = a_{hv} = \sqrt{a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2}$$

Nota: para máquinas que requieren ambas manos se debe medir la exposición en cada mano y tomar el mayor dato.

Para la medición de **vibraciones de cuerpo completo** se realiza un proceso paralelo al anterior teniendo en cuenta los filtros para cada eje mostrados en la tabla 5.

Tabla 5. Factor multiplicativo según eje y localización.

EVALUACIÓN DE RIESGOS PARA LA SALUD			
Postura	Locación	Dirección	Factor k
Sentado	Superficie de asiento	X/Y	1,4

		Z	1
--	--	---	---

FUENTE: Autoras

El mayor valor entre las tres mediciones es usado para el cálculo del A (8). Si no existe un valor predominante, la energía equivalente a_{we} puede ser calculada usando los filtros de la siguiente forma:

$$a_{we} = a_{hv} = \sqrt{k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2}$$

4.1.6.2. Valores Límites Permisibles. Los valores mostrados en la tabla 5 aplican como referencia para periodos de ocho (8) horas de trabajo.

Tabla 6 .Valores límites permisibles a vibraciones mano-brazo y cuerpo completo.

	Valor de acción	Valor límite
Vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo	2,5 m/s^2	5 m/s^2
Vibraciones transmitidas al cuerpo entero	0,5 m/s^2	1,15 m/s^2

FUENTE: Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

4.1.6.3. Medidas de control. La prevención de lesiones o trastornos causados por vibraciones transmitidas a las manos exige la implantación de procedimientos técnicos, médicos y administrativos (ISO 1986). Las medidas administrativas deberían incluir una información y formación adecuadas para enseñar a los operarios que trabajan con maquinaria vibrante a adoptar métodos de trabajo correctos y seguros.

Para prevenir las enfermedades producidas por las vibraciones transmitidas al cuerpo entero, se dará preferencia a la reducción de las vibraciones en la fuente. Para ello puede ser necesario reducir las ondulaciones del terreno o la velocidad de desplazamiento de los vehículos. Otros métodos para reducir la transmisión de las vibraciones a los operarios exigen comprender las características del entorno de las vibraciones.

4.1.6.4. Efectos sobre la salud

Tabla 7. Efectos de las vibraciones en el hombre

EFFECTOS DE LAS VIBRACIONES EN EL HOMBRE	
VIBRACIONES CUERPO ENTERO	VIBRACIONES TRANSMITIDAS A LAS MANOS
<p>Efectos agudos</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Malestar</i> • <i>Interferencia con la actividad</i> • <i>Alteraciones de las funciones fisiológicas</i> • <i>Alteraciones neuromusculares</i> • <i>Alteraciones cardiovasculares, respiratorias, endocrinas y metabólicas</i> • <i>Alteraciones sensoriales y del sistema nervioso central</i> <p>Efectos a largo plazo</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Riesgo para la salud de la columna vertebral</i> 	<p>Efectos agudos</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Malestar subjetivo</i> • <i>Perturbación de la actividad</i> <p>Efectos no vasculares</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Esqueléticos</i> • <i>Musculares</i> • <i>Neurológicos</i> <p>Trastornos vasculares</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Fenómeno de Raynaud</i>

FUENTE: Enciclopedia de Seguridad y Salud en el trabajo. Capítulo 50.

4.1.7. Valoración Del Riesgo Por Material Particulado. La exposición a polvo en el lugar de trabajo es un problema que afecta a muchos y muy diversos sectores (minería, fundición, canteras, panaderías, etc.) pero de manera especial al sector de la madera. A diferencia de otros sectores como la minería, la

exposición al polvo en el sector de la madera puede dar lugar a una amplia gama de enfermedades profesionales, desde enfermedades respiratorias (asma, bronquitis crónica, enfisema pulmonar) en las que la exposición laboral a polvo juega un papel importante hasta dermatitis e incluso cáncer.

Los riesgos derivados de la exposición se pueden producir por concentración ambiental del polvo, por la sequedad de la madera, por los contenidos de taninos y por la posible presencia de otros elementos contaminantes como barnices, pinturas y tratamientos específicos.

4.1.7.1. Cálculo del nivel de exposición a Material Particulado: Para obtener el nivel de exposición a material particulado, se debe realizar el cálculo de la concentración de material particulado en el ambiente. Para esto, se efectúan los siguientes cálculos:

$$CONCENTRACIÓN = \frac{\text{Peso Ganado}}{\text{Volúmen de aire}} \left[\frac{mg}{m^3} \right]$$

$$PESO GANADO = \text{Peso Final} - \text{Peso Inicial}$$

Peso inicial: Peso del filtro antes de hacer la medición de material particulado.

Peso final: Peso del filtro después de hacer la medición de material particulado.

4.1.7.2. Valores límites permisibles: La NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) establece un límite de exposición recomendado REL de $1 \frac{mg}{m^3}$ para polvo de madera, como valor TWA calculado para un periodo de 10 horas/día y 40 horas/semana. (NIOSH, 1992).

4.1.7.3. Medidas de control: El afrontamiento de la prevención de riesgos laborales ante la problemática de la exposición a polvo de madera debe hacerse

desde una perspectiva conjunta y coordinada de medidas tanto de tipo técnico como médico.

- **Medidas de prevención técnica**

Las medidas preventivas más eficaces para reducir y controlar el riesgo por exposición a polvo de madera (y normalmente a otros contaminantes) son las siguientes:

- Medidas de prevención colectivas: Se dividen en dos grupos; por un lado la ventilación general y por otro la extracción o también llamada ventilación localizada.
- Medidas de prevención individuales: Protección dérmica (uso de guantes) y protección respiratoria.

- **Medidas de prevención médica**

El control preventivo de la salud de los trabajadores expuestos a riesgos laborales, tiene como objetivo principal la prevención de las enfermedades laborales. Ello conlleva más allá del estudio clínico de los trabajadores, la valoración del riesgo laboral a través de tres parámetros: evaluación de los factores de riesgo, circunstancias de la exposición a los factores de riesgo y evaluación de la exposición. Para esto se debe realizar:

Vigilancia de la salud: Se basa en dos instrumentos esenciales: el control ambiental de los factores de riesgo laboral y el control de estado de salud de los trabajadores.

4.1.7.4. Efectos sobre la salud. El polvo de la madera es un factor de riesgo por las mismas propiedades de la madera, pues aunque se compone principalmente de celulosa, poliosas y lignina, también contiene diversos compuestos orgánicos biológicamente activos. Por ello los efectos para la salud varían según la especie de árbol, en función de sus productos químicos naturales, conocidos como extractivos, que también varían según la especie, como la causa de los efectos para la salud asociados a la exposición a la madera.

La exposición laboral al polvo de madera, al serrín, debido al tamaño de las partículas generadas por las operaciones de las industrias madereras puede causar diversos efectos sobre el sistema respiratorio superior en especial en la nariz, en los senos nasales, causando diversas enfermedades como rinitis, sinusitis, obstrucción nasal y eliminación mucociliar deficiente. Pero también puede ser causante de enfermedades en el tracto respiratorio inferior como el asma, la bronquitis crónica y la obstrucción respiratoria crónica.

Tabla 8. Capacidad de penetración pulmonar respecto al tamaño de las partículas

Tamaño de las partículas	Capacidad de penetración pulmonar
> 50 micras	No pueden inhalarse
100 – 50 micras	Retención en nariz y garganta
< 50 micras	Penetran hasta el alvéolo pulmonar

1 micra = 0,001 mm

FUENTE: El polvo de madera: Riesgo laboral y su prevención

4.2. ETAPA 2. EVALUACIÓN, DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE EQUIPOS

Según el instructivo para la selección, evaluación y reevaluación de proveedores (ICO.01) del proceso de contratación de la Universidad Industrial de Santander, para la selección de proveedores de cuantía mayor a 50 SMLMV se debe realizar un proceso de licitación pública; es decir la adquisición de los equipos necesarios para la implementación de las prácticas de laboratorio diseñadas en este proyecto se debería hacer a través de este proceso. Sin embargo, teniendo en cuenta que la disposición de recursos destinados en la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales para la adquisición de equipos de laboratorio no es suficiente, se sugiere que la compra de los equipos se realice de forma gradual para evitar la des calibración de los mismos y la obsolescencia, se planteó el siguiente método para que la Escuela realice la respectiva evaluación y selección de proveedores:

4.2.1. Selección De Proveedores. Para realizar una adecuada selección de proveedores, se consultó si ya existía un proveedor de éstos equipos para la Universidad y adicional se efectuó búsqueda en internet de empresas dedicadas a la comercialización y mantenimiento de equipos de Higiene Industrial. Entre las empresas consultadas, se encontraron las siguientes:

- **High Tec Enviromental Ltda:** Empresa Colombiana más antigua en el sector, ofrece soluciones integrales en Salud Ocupacional y Medio Ambiente; distribuidor exclusivo de las mejores marcas y productos (RAE SYSTEMS, SVANTEK, Gilian, TSI, 3M, Sound PLAN, Unitec y ACS). Sus instalaciones se encuentran ubicadas en la Carrera 67 No. 167 - 61 Oficina 207/208 - Centro Empresarial Colina Office Park en la ciudad de Bogotá⁹.

⁹ HIGH TEC ENVIRON MENTAL LTDA [en línea] disponible en: <http://www.hteltda.com/>

- **Higielectronix Ltda:** Es una empresa joven dedicada a satisfacer los requerimientos de las empresas respecto a productos relacionados con la Seguridad, Higiene Industrial, salud ocupacional y Protección al Medio Ambiente. Distribuidores autorizados para Colombia de SVANTEK, RKI, SOLAR LIGHT y DELTA OHM. Sus instalaciones se encuentran ubicadas en la calle 25 Sur No. 69C-61 en la ciudad de Bogotá¹⁰.

4.2.1.1. Criterios De Selección De Proveedores. Para elegir el proveedor que realizará el abastecimiento de equipos se aplicó la herramienta matriz de selección, teniendo en cuenta los siguientes criterios:

- **Antigüedad en el mercado:** se refiere al tiempo que lleva la empresa.
- **Amplitud del portafolio de productos:** es la variedad de productos que puede ofrecer el proveedor.
- **Asesoría técnica:** se refiere a la asesoría que realiza la empresa previa a la compra del producto.
- **Periodo de garantía:** se define como el tiempo en que la empresa se hace responsable de cualquier falla de los equipos.
- **Servicio postventa:** es el acompañamiento que realiza el proveedor al cliente en cuanto a instalación, mantenimiento, reparaciones, capacitación para el buen uso y atención al cliente.
- **Condiciones de pago:** se especifica la cantidad de pagos y los tiempos en que deben realizarse.
- **Plazos de entrega:** es el tiempo que transcurre entre la orden de compra y la entrega del producto al cliente.

Ya definidos los criterios, se realizó una matriz de pares como se muestra en la Tabla 9 con el fin de comparar la importancia entre sí de dichos criterios y obtener

¹⁰ HIGIELECTRONIX. [en línea] disponible en <http://www.higielectronix.com.co/portal/inicio.html>

su respectiva ponderación. La escala de valoración de importancia aplicada fue la siguiente:

- 10 = *Mucho más importante*
- 5 = *Más importante*
- 1 = *Igual*
- 1/5 = *Menos importante*
- 1/10 = *Mucho menos importante*

Tabla 9. Matriz de Pares de Criterios

	AM	APP	AT	PG	SP	CP	PE	SUMA	FACTOR DE PONDERACIÓN (FP)
Antigüedad en el mercado (AM)		1/5	1/5	1/10	1/10	5	1	6.6	0.053
Amplitud del portafolio de productos (APP)	5		1	1/5	1/5	5	5	16.4	0.13
Asesoría técnica (AT)	5	1		1/5	1/5	10	5	21.4	0.17
Periodo de garantía (PG)	10	5	5		1	10	5	36	0.29
Servicio postventa (SP)	10	5	5	1		10	5	36	0.29
Condiciones de pago (CP)	1/5	1/5	1/10	1/10	1/10		1/5	0.9	0.007
Plazos de entrega (PE)	1	1/5	1/5	1/5	1/5	5		6.8	0.06
TOTAL								124.1	1

4.2.1.2. Evaluación De Criterios Se realiza una segunda matriz de pares con el fin de hacer la evaluación de cada uno de los criterios para las (2) dos opciones de proveedores. La escala de valoración utilizada para realizar la evaluación y comparación fue la siguiente:

- 10 = Mucho mejor
- 5 = Mejor
- 1 = Igual
- 1/5 = Peor
- 1/10 = Mucho peor

Tabla 10. Matriz de Pares de Proveedores

ANTIGÜEDAD EN EL MERCADO	HTE	H	SUMA	PESO DE LA OPCIÓN (PO)
High Tec Enviromental Ltda (HTE)		10	10	0.99
Higielectronix Ltda (H)	1/10		1/10	0.01
TOTAL			10.1	1
AMPLITUD DEL PORTAFOLIO DE PRODUCTOS	HTE	H	SUMA	PESO DE LA OPCIÓN (PO)
High Tec Enviromental Ltda (HTE)		1	1	0.5
Higielectronix Ltda (H)	1		1	0.5
TOTAL			2	1
ASESORÍA TÉCNICA	HTE	H	SUMA	PESO DE LA OPCIÓN (PO)
High Tec Enviromental Ltda (HTE)		5	5	0.96
Higielectronix Ltda (H)	1/5		1/5	0.04
TOTAL			5.2	1
PERIODO DE GARANTÍA	HTE	H	SUMA	PESO DE LA OPCIÓN (PO)
High Tec Enviromental Ltda (HTE)		5	5	0.96
Higielectronix Ltda (H)	1/5		1/5	0.04
TOTAL			5.2	1
SERVICIO POSTVENTA	HTE	H	SUMA	PESO DE LA OPCIÓN (PO)
High Tec Enviromental Ltda (HTE)		5	5	0.96
Higielectronix Ltda (H)	1/5		1/5	0.04
TOTAL			5.2	1
CONDICIONES DE PAGO	HTE	H	SUMA	PESO DE LA OPCIÓN (PO)
High Tec Enviromental Ltda (HTE)		1	1	0.5
Higielectronix Ltda (H)	1		1	0.5
TOTAL			2	1
PLAZOS DE ENTREGA	HTE	H	SUMA	PESO DE LA OPCIÓN (PO)

High Tec Enviromental Ltda (HTE)		1	1	0.5
Higielectronix Ltda (H)	1		1	0.5
TOTAL			2	1

Por último, se realiza la matriz final con el objetivo de seleccionar el proveedor final; esto se consigue multiplicando el factor de ponderación de cada criterio obtenido en la Tabla 9 por el peso de la opción de cada uno de los proveedores obtenido en la Tabla 10. Como resultado de este proceso, en la Tabla 11 se evidencia que el proveedor High Tec Enviromental Ltda cumple en mayor medida con los criterios de selección requeridos.

Tabla 11. Resultado de la selección de proveedores

		HIGH TEC ENVIROMENTAL LTDA		HIGIELECTRONIX LTDA	
ANTIGÜEDAD EN EL MERCADO	FP	0.053	0.05247	0.053	0.00053
	PO	0.99		0.01	
AMPLITUD DEL PORTAFOLIO DE PRODUCTOS	FP	0.13	0.065	0.13	0.065
	PO	0.5		0.5	
ASESORÍA TÉCNICA	FP	0.17	0.1632	0.17	0.0068
	PO	0.96		0.04	
PERIODO DE GARANTÍA	FP	0.29	0.2784	0.29	0.0116
	PO	0.96		0.04	
SERVICIO POSTVENTA	FP	0.29	0.2784	0.29	0.0116
	PO	0.96		0.04	
CONDICIONES DE PAGO	FP	0.007	0.0035	0.007	0.0035
	PO	0.05		0.05	
PLAZOS DE ENTREGA	FP	0.06	0.03	0.06	0.03
	PO	0.05		0.05	
TOTAL			0.87097	TOTAL	0.12903

4.2.2. Selección De Equipos. Después de seleccionar el proveedor, se realizó la evaluación de los diferentes equipos ofrecidos para la práctica de temperatura. Para llevar a cabo la selección de equipos se definieron unos criterios y se utilizó la herramienta de matriz de selección para hacer su respectiva comparación y evaluación.

Los equipos para las prácticas de vibración y material particulado, debido a su especificidad y funcionalidad se consideraron como equipos únicos y se relacionan a continuación con sus accesorios y calibradores respectivos:

Tabla 12. Equipos para las prácticas de Vibración y Temperatura

Equipos para la práctica de Vibración	Medidor de vibraciones humanas Mano Brazo, Cuerpo Entero, marca SVANTEK, modelo SV 106.
	Calibrador de vibraciones portátil marca SVANTEK, modelo SV 111.
Equipos para la práctica de Material Particulado	Bomba de muestreo, modelo GilAir Plus, marca Gilian.
	Calibrador de flujo marca TSI modelo 4146.
	Cassettes porta filtros PVC, 2 piezas, 37mm. Cajax50.
	Filtros PVC, 37 mm, 5.0 uM. Caja x 100.
	Filtros Ester de Celulosa, 37mm 0.8uM. Caja x 100.
	Soportes filtro 37mm. Caja x 100.
	Ciclón en Nylon para mediciones de partículas de tamaño de PM10

	Balanza electrónica analítica semi-micro marca RADWAG, modelo XA 82/220/3Y.
	Mesa Anti-vibratoria para laboratorio Estándar Marca SB, Modelo NEW 200.
	Desecador sin llave 150MM con placa 140MM y Silica GEL, Marca DuranGroup.

4.2.2.1. Criterios De Selección De Equipos. Para realizar la selección de equipos a usar en el desarrollo de la práctica de temperatura se definieron los siguientes criterios:

- **Especificaciones técnicas:** hace referencia a las características técnicas del equipo.
- **Garantía:** se refiere al tiempo en que el equipo sigue respaldado por el proveedor.
- **Precio:** valor del equipo en pesos colombianos.

Una vez definidos los criterios de selección de equipos, se realizó la matriz de pares tal como se efectuó con los criterios de selección de proveedores. En la Tabla 13 se evidencia el procedimiento realizado con el fin de comparar la importancia entre los criterios planteados y obtener su respectiva ponderación. La escala de valoración de importancia aplicada fue la siguiente:

- 10 = *Mucho más importante*
- 5 = *Más importante*
- 1 = *Igual*
- 1/5 = *Menos importante*
- 1/10 = *Mucho menos importante*

Tabla 13. Matriz de Pares de Criterios

	ET	G	P	SUMA	FACTOR DE PONDERACIÓN (FP)
Especificaciones técnicas (ET)		1	5	6	0.484
Garantía (G)	1		5	6	0.484
Precio (P)	1/5	1/5		0.4	0.032
TOTAL				12.4	1

4.2.2.2. Evaluación De Criterios. Para realizar la evaluación de criterios se hace otra matriz de pares con el fin de hacer la evaluación de cada uno de los criterios para las diferentes opciones de equipos que ofrece el proveedor. La escala de valoración utilizada para realizar la evaluación y comparación fue la siguiente:

- 10 = Mucho mejor
- 5 = Mejor
- 1 = Igual
- 1/5 = Peor
- 1/10 = Mucho peor

Tabla 14. Matriz de Pares de Equipos

EQUIPOS PARA LA PRÁCTICA DE TEMPERATURA				
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	34-2	36-2	SUMA	PESO DE LA OPCIÓN (PO)
Monitor de stress térmico para área marca 3M QUEST, modelo QUESTEMP 34-2" (34-2)		1/5	1/5	0.04
Monitor de stress térmico para área marca 3M QUEST, modelo QUESTEMP 36-2" (36-2)	5		5	0.96
TOTAL			5.2	1
GARANTÍA	34-2	36-2	SUMA	PESO DE LA OPCIÓN (PO)
Monitor de stress térmico para área marca 3M QUEST, modelo QUESTEMP 34-2" (34-2)		1	1	0.5
Monitor de stress térmico para área marca 3M QUEST, modelo QUESTEMP 36-2" (36-2)	1		1	0.5

TOTAL			2	1
PRECIO	34-2	36-2	SUMA	PESO DE LA OPCIÓN (PO)
Monitor de stress térmico para área marca 3M QUEST, modelo QUESTEMP 34-2" (34-2)		5	5	0.96
Monitor de stress térmico para área marca 3M QUEST, modelo QUESTEMP 36-2" (36-2)	1/5		1/5	0.04
TOTAL			5.2	1
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	158	160	SUMA	PESO DE LA OPCIÓN (PO)
Mini Termo anemómetro Digital EXTECH modelo 45158 (158)		1/5	1/5	0.04
Termo anemómetro 3 en 1, marca EXTECH modelo 45160 (160)	5		5	0.96
TOTAL			5.2	1
GARANTÍA	158	160	SUMA	PESO DE LA OPCIÓN (PO)
Mini Termo anemómetro Digital EXTECH modelo 45158 (158)		1	1	0.5
Termo anemómetro 3 en 1, marca EXTECH modelo 45160 (160)	1		1	0.5
TOTAL			2	1
PRECIO	158	160	SUMA	PESO DE LA OPCIÓN (PO)
Mini Termo anemómetro Digital EXTECH modelo 45158 (158)		1/5	1/5	0.04
Termo anemómetro 3 en 1, marca EXTECH modelo 45160 (160)	5		5	0.96
TOTAL			5.2	1

Se concluye el proceso con la realización de la matriz final con el objetivo de seleccionar los equipos para la práctica de temperatura; esto se consigue multiplicando el factor de ponderación de cada criterio obtenido en la Tabla 13 por

el peso de la opción de cada uno de los equipos obtenido en la Tabla 14. Como resultado en la Tabla 15 se muestra que para la práctica de temperatura se deben adquirir el Monitor de stress térmico para área marca 3M QUEST, modelo QUESTEMP 36-2” y el Termo anemómetro 3 en 1, marca EXTECH modelo 45160.

Tabla 15. Resultado de la selección de equipos para la práctica de temperatura

EQUIPOS PARA LA PRÁCTICA DE TEMPERATURA					
		Monitor de stress térmico para área marca 3M QUEST, modelo QUESTEMP 34-2”		Monitor de stress térmico para área marca 3M QUEST, modelo QUESTEMP 36-2”	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	FP	0.484	0.01936	0.484	0.46464
	PO	0.04		0.96	
GARANTÍA	FP	0.484	0.242	0.484	0.242
	PO	0.5		0.5	
PRECIO	FP	0.032	0.03072	0.032	0.00128
	PO	0.96		0.04	
TOTAL			0.29208	TOTAL	0.70792
		Mini Termo anemómetro Digital EXTECH modelo 45158		Termo anemómetro 3 en 1, marca EXTECH modelo 45160	
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	FP	0.484	0.01936	0.484	0.46464
	PO	0.04		0.96	
GARANTÍA	FP	0.484	0.242	0.484	0.242
	PO	0.5		0.5	
PRECIO	FP	0.032	0.00128	0.032	0.03072
	PO	0.04		0.96	
TOTAL			0.26264	TOTAL	0.73736

4.3. ETAPA 3. CARACTERÍSTICAS DE INFRAESTRUCTURA QUE DEBE CUMPLIR EL ÁREA PARA LAS PRÁCTICAS

4.3.1. Estudio De Los Espacios. Para el planteamiento de las prácticas de laboratorio, se realizó la búsqueda de espacios disponibles dentro de la Universidad Industrial de Santander, en los cuales se contara con un escenario real de exposición a los riesgos de estudio; se identificaron estos espacios destinados para el desarrollo de las prácticas de laboratorio de temperatura y material particulado, finalmente para la práctica de vibración se realizará la adecuación del escenario en el laboratorio de Ingeniería de Calidad de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales; a continuación se muestran los espacios en los que se desarrollará cada una de las prácticas:

4.3.1.1. Espacio destinado para el desarrollo de la práctica de temperatura.

Para la ejecución de la práctica de temperatura se seleccionó la Planta de Aceros de la Escuela de Ingeniería Metalúrgica, ya que cuenta con las condiciones adecuadas además de la maquinaria necesaria para el desarrollo de la práctica; este laboratorio se muestra a continuación:

Figura 6. Planta de Aceros



Figura 7. Horno Cubilote



Figura 8. Horno de Crisol

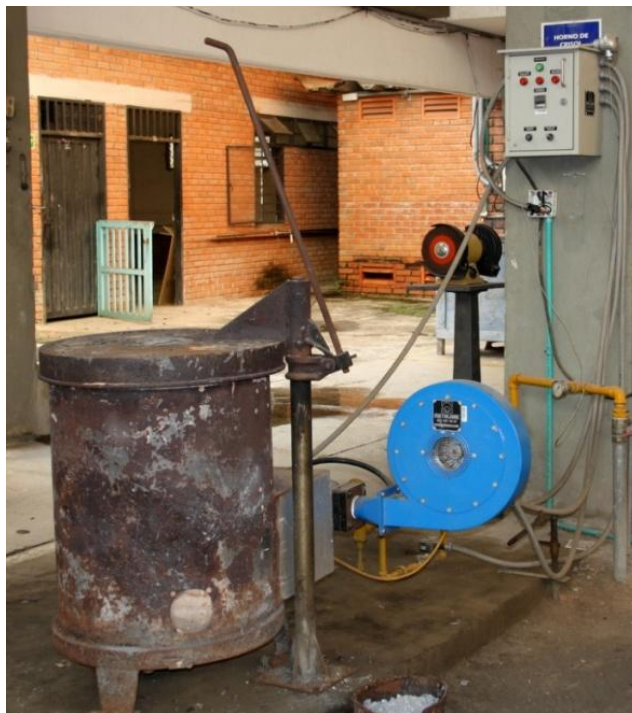


Figura 9. Elementos de Protección Personal



Figura 10. Espacio para explicación de la práctica



4.3.1.2. Espacio para el desarrollo de la práctica de vibración. Para el desarrollo de la práctica de vibración, se planteó la realización de la misma en el Aula-Taller (317) el cual se usa como el Laboratorio de Calidad de la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales; las instalaciones de este laboratorio se muestran en las figuras 11-13.

Figura 11. Aula-Taller 317



Figura 12. Vista interior del aula-taller



Figura 13. Vista interior del aula-taller



Debido a que este laboratorio no cuenta con la maquinaria necesaria para la ejecución de los ejercicios propuestos en la práctica de vibración, se sugiere la adquisición de algunos elementos básicos los cuales permitirán simular el escenario propuesto. En la Tabla 16 se relacionan los elementos requeridos para el desarrollo de la práctica.

4.3.1.3. Espacio para el desarrollo de la práctica de material particulado. Para el desarrollo de la práctica de material particulado, se planteó a la realización de la misma en la Carpintería de Planta Física de la Universidad Industrial de Santander; los espacios y máquinas disponibles en este taller para el desarrollo de la práctica se muestran en las figuras 14-20.

Figura 14. Taller de carpintería



Figura 15. Sierra Sin Fin



Figura 16. Cepilladora

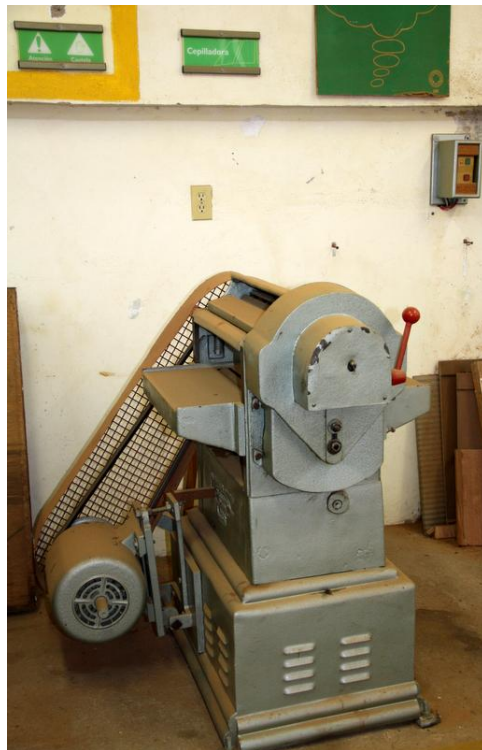


Figura 17. Sierra Circular



Figura 18. Planeadora



Figura 19. Torno



Figura 20. Taladro de árbol



4.3.2. Costos de equipos para el desarrollo del manual de prácticas

Tabla 16. Costos asociados a la adecuación del laboratorio

CONCEPTO	CANTIDAD (UNIDAD)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
PRÁCTICA DE TEMPERATURA			\$20.089.082
Monitor de stress térmico para área marca 3M QUEST, modelo QUESTEMP 36-2".	2	\$8.678.374	\$17.356.748
Termo anemómetro 3 en 1, marca EXTECH Modelo 45160.	2	\$1.361.667	\$2.723.334
PRÁCTICA DE VIBRACIÓN			\$47.492.043
Medidor de vibraciones humanas Mano Brazo, Cuerpo Entero, marca SVANTEK, modelo SV 106.	1	\$26.463.477	\$26.463.477
Calibrador de vibraciones portátil marca SVANTEK, modelo SV 111.	1	\$19.324.554	\$19.324.554
Taladro Dewalt F: 024 De ½	6	\$235.000	\$1.410.000
Lamina Mdf De 15 Mm De 1,83x2,40	3	\$98.004	\$294.012
PRÁCTICA DE MATERIAL PARTICULADO			\$53.434.126
Bomba de muestreo, modelo GilAir Plus, marca Gilian.	5	\$4.640.872	\$23.204.360
Calibrador de flujo marca TSI modelo 4146.	1	\$4.411.693	\$4.411.693
Cassettes porta filtros PVC, 2 piezas, 37mm. Cajax50.	1	\$336.948	\$336.948
Filtros PVC, 37 mm, 5.0 uM. Caja x 100.	1	\$362.867	\$362.867














CONCEPTO	CANTIDAD (UNIDAD)	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Filtros Ester de Celulosa, 37mm 0.8uM. Caja x 100.	1	\$269.558	\$269.558
Soportes filtro 37mm. Caja x 100.	1	\$85.533	\$85.533
Ciclón en Nylon para mediciones de partículas de tamaño de PM10	1	\$501.615	\$501.615
Balanza electrónica analítica semi- micro marca RADWAG, modelo XA 82/220/3Y.	1	\$19.452.308	\$19.452.308
Mesa Anti-vibratoria para laboratorio Estándar Marca SB, Modelo NEW 200.	1	\$3.233.416	\$3.233.416
Desecador sin llave 150MM con placa 140MM y Silica GEL, Marca DuranGroup.	1	\$1.305.828	\$1.305.828
TOTAL			\$121.015.251

FUENTE: Autoras

4.4. ETAPA 4. ESTUDIO, DISEÑO Y ELABORACIÓN DEL MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

4.4.1. Benchmarking. Para realizar el benchmarking, se tomaron como referencia las mejores instituciones de educación superior de Colombia según el Scimago Institutions Ranking (SIR); en este momento, los informes SIR son la clasificación de instituciones más completa del mundo dedicados al análisis de los resultados de investigación de las organizaciones¹¹. Para el año 2014 el resultado del ranking es el siguiente:

Figura 21. Ranking Scimago de Universidades de Colombia

<input type="checkbox"/>	1 (645)	Universidad Nacional de Colombia	COL		2.72
<input type="checkbox"/>	2 (1125)	Universidad de Antioquia	COL		1.41
<input type="checkbox"/>	3 (1361)	Universidad de los Andes, Colombia	COL		1.09
<input type="checkbox"/>	4 (1712)	Universidad del Valle, Colombia	COL		0.76
<input type="checkbox"/>	5 (1888)	Pontificia Universidad Javeriana	COL		0.64
<input type="checkbox"/>	6 (2115)	Universidad Industrial de Santander	COL		0.51
<input type="checkbox"/>	7 (2516)	Universidad del Rosario	COL		0.31
<input type="checkbox"/>	8 (2652)	Universidad Pontificia Bolivariana	COL		0.25
<input type="checkbox"/>	9 (2758)	Universidad del Norte	COL		0.20
<input type="checkbox"/>	10 (2819)	Universidad de Cartagena	COL		0.17
<input type="checkbox"/>	11 (2828)	Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas	COL		0.16
<input type="checkbox"/>	12 (2845)	Universidad EAFIT	COL		0.15
<input type="checkbox"/>	13 (2880)	Universidad Antonio Narino	COL		0.12

FUENTE: Scimago Institutions Ranking

¹¹ SCIMAGO INSTITUTIONS RANKING, [en línea] disponible en: <http://www.scimagoir.com/pdf/SCImago%20Institutions%20Rankings%20IBER%20es.pdf>

Se realizó un benchmarking competitivo con el fin de comparar a la Universidad Industrial de Santander con las cinco (5) universidades con una mejor posición dentro del ranking, y así indagar cuáles de estas Instituciones cuenta con laboratorios afines al tema Salud Ocupacional.

4.4.1.1. Área De Estudio. El benchmarking se desarrolló en el área de Salud Ocupacional del programa de Ingeniería Industrial de la UIS, con el fin de mejorar el componente práctico de ésta asignatura para que sean los estudiantes y la Universidad los más beneficiados.

Mejorar los laboratorios de la Institución permite que esta sea competitiva frente a las demás instituciones que prestan servicios de educación en el área de salud ocupacional.

4.4.1.2. Universidades Seleccionadas Para Realizar El Benchmarking

- Universidad Nacional de Colombia
- Universidad de Antioquia
- Universidad de los Andes
- Universidad del Valle
- Pontificia Universidad Javeriana

Tabla 17. Benchmarking

Entidad Educativa	Programa(s) Académico(s) Ofrecido(s) afín (es) al tema de higiene industrial	Nombre del Laboratorio	Descripción del Laboratorio
Universidad Nacional de Colombia	Ingeniería Industrial Especialización en Salud Ocupacional	Salud Ocupacional	El laboratorio de Salud Ocupacional brinda las posibilidades para que los estudiantes del posgrado de Salud Ocupacional adquieran las habilidades en la instrumentación ambiental y biológica indispensables para la evaluación técnica de las condiciones del ambiente de trabajo y la salud de los trabajadores expuestos a contaminantes de orden físico y químico y la evaluación del impacto de estos factores de

Entidad Educativa	Programa(s) Académico(s) Ofrecido(s) afín (es) al tema de higiene industrial	Nombre del Laboratorio	Descripción del Laboratorio
	Maestría de Investigación en Salud y Seguridad en el Trabajo		riesgo en la salud. Además del propósito docente, el laboratorio permite el desarrollo de la evaluación de condiciones de trabajo que se realiza en los proyectos de investigación del grupo Salud-trabajo, relacionados con: medición de ruido, determinación de exposición a material particulado total y en zona respiratoria del trabajador, determinación de gases y vapores mediante alto flujo, evaluación de función auditiva, capacidad vital funcional y capacidad visual ¹² .
Universidad de Antioquia	Ingeniería Industrial Especialización en Salud Ocupacional Maestría Salud Ocupacional	Laboratorio de Salud Pública	El Laboratorio de Salud Pública ha tenido su trayectoria desde el año 2007 con respecto a la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad (procesos normalizados, procedimientos documentados y registros que evidencia la eficacia del sistema y el cumplimiento de requisitos) el cual logró la certificación en la NTC ISO 9001:2008 para Sistemas de Gestión de Calidad. Requisitos. En el año 2008, 2009 continuó con el mantenimiento del SGC y logró la renovación del certificado a finales del año 2010 por tres años más. Estos son los servicios que se prestan en el Laboratorio: Salud Ocupacional, Análisis Microbiológico, Análisis Físicoquímico, Higiene Ambiental ¹³ .
Universidad de los Andes	Ingeniería Industrial	No cuentan con laboratorios relacionados al tema de seguridad y salud en el trabajo.	No cuentan con laboratorios relacionados al tema de seguridad y salud en el trabajo.
Universidad del Valle	Ingeniería Industrial	No cuentan con	No cuentan con laboratorios relacionados

¹² UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, Vicerrectoría de Investigación, Dirección Nacional de Laboratorios, [en línea] disponible en: <http://www.laboratorios.unal.edu.co/laboratorios/busqueda/detalle.php?key=539>

¹³ UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA, Facultad Nacional de Salud Pública, Servicios y Productos, Laboratorio de Salud Pública [en línea] disponible en: <http://www.udea.edu.co/portal/page/portal/SedesDependencias/SaludPublica/D.ServiciosProductos/LaboratorioSaludPublica>

Entidad Educativa	Programa(s) Académico(s) Ofrecido(s) afín (es) al tema de higiene industrial	Nombre del Laboratorio	Descripción del Laboratorio
		laboratorios relacionados al tema de seguridad y salud en el trabajo.	al tema de seguridad y salud en el trabajo.
Pontificia Universidad Javeriana	Ingeniería Industrial	Centro de Estudios de Ergonomía	El Centro de Estudios de Ergonomía (CEE) es un grupo de investigación interdisciplinario y de excelencia, adscrito al Departamento de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana, dedicado al desarrollo de soluciones industriales y de servicios buscando el bienestar de los trabajadores y la productividad empresarial. Su ámbito temático de actuación incluye los temas de Ergonomía y Factores Humanos, Salud Ocupacional, Higiene y Seguridad Industrial, y Prevención de lesiones. Su misión se lleva a cabo a través de la investigación, formación y consultoría en dichas áreas ¹⁴ .

FUENTE: Autores

Como se puede observar en la tabla anterior, de las cinco (5) universidades consultadas, tres (3) cuentan con laboratorios especializados en el área de Salud Ocupacional; por lo cual se deduce que la Universidad Industrial de Santander al implementar este laboratorio estaría en ventaja con respecto a las demás instituciones de educación superior en el país. Sin embargo, se evidencia la necesidad de que las entidades de educación superior en Colombia fortalezcan el componente teórico-práctico de sus programas académicos.

La educación en Colombia atraviesa tres procesos de transformación claves: la necesidad de ampliar cobertura, asegurando calidad y pertinencia; los cambios en el contexto (globalización e internacionalización) y las opciones curriculares que

¹⁴ PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, Centro de Estudios de Ergonomía – CEE [en línea] disponible en: <http://www.javeriana.edu.co/blogs/crzea1/>

se han abierto en función de las transformaciones de los sistemas productivos y del mercado laboral (educación permanente, flexibilidad, educación virtual transversal a todas las modalidades pedagógicas de formación, desarrollo de competencias laborales).

Por lo anterior, un giro que necesario conlleva a la revisión y posible redefinición de las políticas y la normativa académica de la Universidad, es la promulgación del Decreto 2566 por parte del Ministerio de Educación Nacional el 10 de septiembre de 2003, por el cual se establecen las condiciones mínimas de calidad y demás requisitos para el ofrecimiento y desarrollo de programas académicos de educación superior. El nuevo decreto contiene los Estándares Mínimos establecidos para los programas académicos en decretos anteriores, pero además resalta la pertinencia de los programas en un contexto globalizado en función de las necesidades reales de formación del país y en la región donde se va a desarrollar, tiene en cuenta el desarrollo de las competencias y las habilidades de cada campo y las áreas de formación para definir los perfiles formativos y destaca la formación integral, la formación investigativa y la proyección social de los programas académicos.

En conclusión, la comparación entre una universidad y otra permite identificar fallas y corregirlas de tal manera que las instituciones sean más competitivas y eficientes en el cumplimiento de su misión, generando, de ésta manera, un mayor impacto social.

4.4.2. Diseño De La Estructura Del Manual De Prácticas De Laboratorio. En esta etapa se elaboró la estructura del Manual de Prácticas del Laboratorio de Salud Ocupacional (Ver Anexo B), el cual se montará en la plataforma MOODLE, lo cual facilitará el fácil acceso por parte de los estudiantes al manual. Se diseñó el formato de encabezado en el cual se presenta el logo de la universidad, de la escuela y la asignatura.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



El manual de prácticas contiene:

1. Portada
2. Introducción
3. Tabla de Contenido
4. Requisitos para realizar las prácticas de laboratorio
5. PRÁCTICA # 1: Temperatura
6. PRÁCTICA # 2: Vibración
7. PRACTICA # 3: Material Particulado
8. Bibliografía

A continuación se da a conocer el cuerpo de manual para el correcto desarrollo de cada una de las prácticas:

1. **TITULO DE LA PRÁCTICA:** Tiene como objetivo dar nombre a cada experiencia y se centra en el tema de estudio que se ejecuta en el aula de clase.
2. **INTRODUCCIÓN:** Contextualiza al lector en el tema de estudio que se va a desarrollar en la práctica.
3. **OBJETIVOS:** Muestra lo que se pretende lograr con la realización de la práctica.
 - a. **OBJETIVO GENERAL:** Determina el alcance de la práctica, este debe ser claro y debe concordar con el título.
 - b. **OBJETIVOS ESPECIFICOS:** Representan una guía de estudio y las metas a lograr con el desarrollo de las actividades que se plantean.

4. **CONCEPTOS BÁSICOS:** Su función consiste en exponer los conceptos necesarios para el desarrollo de la experiencia mediante definiciones breves y concisas de la temática a tratar.
5. **FUNDAMENTO TEÓRICO:** Muestra las fórmulas y conceptos adicionales necesarios para el correcto desarrollo de la práctica.
6. **MATERIALES Y EQUIPOS:** Menciona los equipos, implementos necesarios para el completo desarrollo de la práctica.
7. **DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA:** Se centra en ilustrar las distintas operaciones que se deben realizar en el desarrollo de la práctica de una manera clara favoreciendo la recepción del estudiante y una participación favorable del mismo con el fin de reforzar los conocimientos adquiridos en el aula de clase.
 - a. **PRIMERA SESIÓN:** Ejercicio de aplicación de la exposición al riesgo.
 - b. **SEGUNDA SESIÓN:** Ejercicio práctico de la exposición al riesgo.

4.4.3. Metodología. Para que el proceso de implementación sea eficiente, se hace necesario diseñar una estrategia pertinente que cree en el estudiante el compromiso y motivación sobre la importancia del componente práctico en la asignatura de Salud Ocupacional.

La importancia de optar por una metodología de aprendizaje en las experiencias prácticas se basa en lograr en el estudiante una mayor participación colectiva y consiente, el desarrollo de su pensamiento, de su imaginación y su creatividad. Para el desarrollo de las prácticas de laboratorio correspondientes a la asignatura de Salud Ocupacional se expone la siguiente metodología:

4.4.3.1. Trabajo previo al laboratorio: En esta etapa el docente encargado de la asignatura dará a los estudiantes el componente teórico sobre los diferentes factores de riesgo a estudiar. Además el estudiante deberá leer un documento pertinente a cada práctica, con el fin de preparar y guiar al estudiante. Este

documento estará publicado en la plataforma MOODLE, y estará consignado en el manual de prácticas.

4.4.3.2. Trabajo en el laboratorio: En esta fase se ejecutarán las prácticas de vibración, temperatura y material particulado en el lugar destinado para cada una de ellas, donde se hará la respectiva toma de datos con su análisis con el fin de medir estos factores de riesgo. Para ello se formarán grupos de tres estudiantes.

4.4.3.3. Validación de las prácticas: Los grupos de trabajo deberán presentar un resumen del procedimiento desarrollado, los cálculos realizados y conclusiones que demuestren la aplicabilidad por parte de los estudiantes posteriormente.

4.4.4. Encuesta De Satisfacción. Se diseñó una encuesta (Ver anexo C), con el fin de conocer la opinión de los estudiantes acerca de la metodología aplicada durante las pruebas piloto para las prácticas de vibración, temperatura y material particulado; esta encuesta será aplicada a los estudiantes de los grupos B1, G1 y K1 de la asignatura Salud Ocupacional que participen en la prueba piloto del manual.

4.5. ETAPA 5. CREACIÓN DE UNA GUÍA PARA EL USO ADECUADO DE LOS EQUIPOS DE LABORATORIO

Para un correcto desarrollo de cada una de las prácticas de laboratorio se hace necesario realizar un manual de equipos de laboratorio (Ver anexo D), el cual contenga información clara sobre el funcionamiento de los equipos primordiales para la medición de los riesgos, ya que con esto se minimiza la probabilidad de que se comentan errores por parte de los estudiantes, además de garantizar el correcto uso de los equipos lo cual promueve la duración de los mismos en el laboratorio. Este manual de equipos también fue publicado en la plataforma Moodle para el fácil acceso por parte de los estudiantes, y será requisito haberlo leído previamente a la realización de las prácticas como lo indicará el docente a cargo.

4.6. ETAPA 6. IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA MOODLE PARA EL DESARROLLO DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

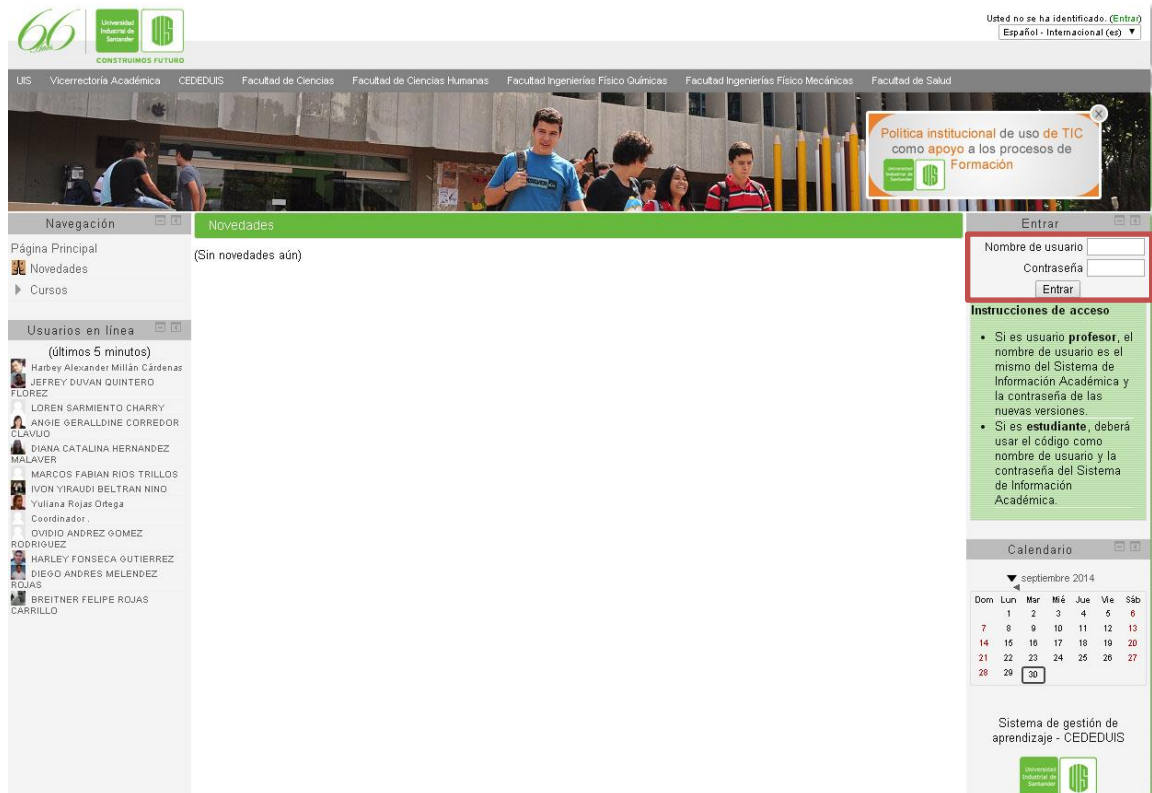
- Para la inscripción de los estudiantes en la Plataforma Moodle es necesario que el docente de la asignatura, en este caso, salud ocupacional, solicite la creación de los grupos respectivos al CEDEDUIS.
- Después de realizado este procedimiento, los estudiantes automáticamente quedarán inscritos en la plataforma.
- Para el ingreso a la plataforma, los estudiantes deberán ingresar a la página principal de la UIS www.uis.edu.co y acceder al Recurso Aula Virtual de Aprendizaje.

Figura 22. Página principal de la UIS

The screenshot shows the homepage of the Universidad Industrial de Santander (UIS). At the top, there is a navigation menu with links for Inicio, La UIS, Unidades Académicas, Programas Académicos, Investigación y Extensión, Profesores, Estudiantes, Gestión Administrativa, Eventos, and Emisoras. A sidebar on the right contains 'Recursos' such as Comunicaciones Unificadas, Consulta correo antiguo, Correo @correo.uis.edu.co, Sistema de Información, Aula Virtual de Aprendizaje (highlighted with a red box), Biblioteca, Acceso WiFi Outdoor, Publicaciones, and CENTIC. The main content area includes a banner with the UIS logo and text like '¡Estudiante! ¡A cumplir, tu matrícula un acto de responsabilidad!' and 'Informes [+]' with a deadline of October 10, 2014. Below the banner, there are several news items: 'INFORMACIÓN IMPORTANTE PARA ESTUDIANTES!' regarding dining service registration, 'RESIDENCIAS UNIVERSITARIAS PARA ESTUDIANTES HOMBRES', 'AUXILIATURA ESTUDIANTIL DE SOSTENIMIENTO PARA VIVIENDA DE ESTUDIANTES MUJERES', 'RELIQUIDACIÓN DE MATRÍCULA - CERTIFICADO ELECTORAL', 'CURSOS DE INDUCCIÓN A LA FORMACIÓN MATEMÁTICA DE LOS ESTUDIANTES', and 'IX FESTIVAL CORAL DE SANTANDER'. A calendar at the bottom right shows the date as September 21, 2014.

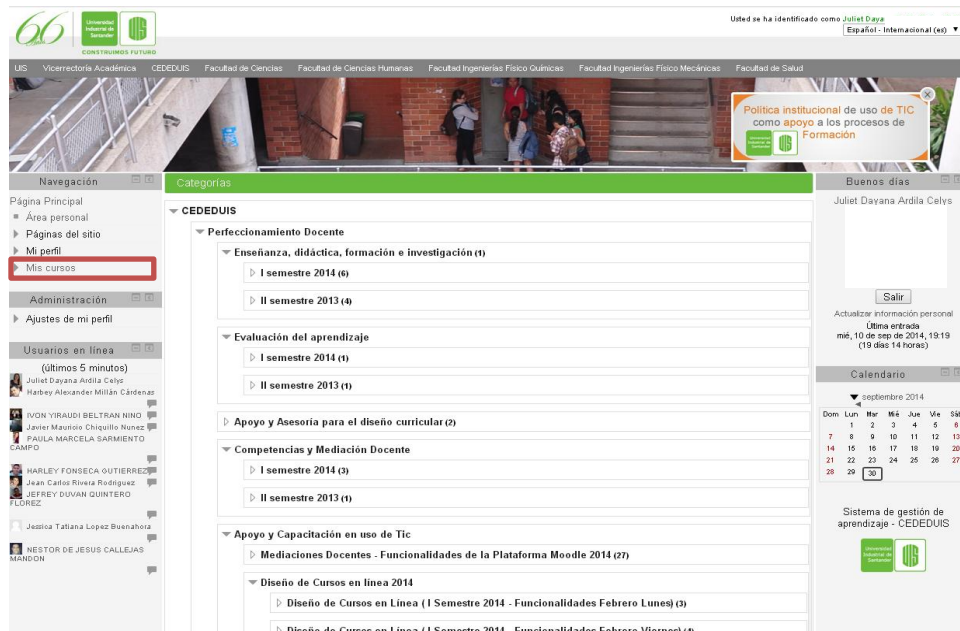
- Cuando haya ingresado al Aula Virtual de Aprendizaje aparece un nuevo cuadro de diálogo como se muestra en la figura 22, en la parte derecha se pide un Nombre de usuario y Contraseña, las cuales serán:
 - USUARIO: el código de estudiante
 - CONTRASEÑA: es la misma usada en el Sistema de Información Académico (SIA), es decir, la utilizada para acceder a servicios académicos, servicios de bienestar universitario, entre otros.

Figura 23. Página principal del Aula Virtual de Aprendizaje Moodle



- Cuando el estudiante ha ingresado a la plataforma, se debe dirigir la parte izquierda en mis cursos.

Figura 24. Página principal cuando se accede al Aula Virtual de Aprendizaje Moodle



- Cuando ingresa al link mis cursos, le aparecerá todos los cursos en los que se encuentra inscrito; debe dar clic sobre el curso al cual quiera acceder, en este caso Salud Ocupacional y ahí encontrará el material subido por el docente encargado a la plataforma.

Figura 25. Manual de prácticas de laboratorio en la plataforma Moodle



4.7. ETAPA 7. IMPLEMENTACIÓN DE PRUEBAS PILOTO DE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

En esta etapa se realizó la prueba piloto del manual de prácticas con el fin de realizar la validación del mismo, es decir, comprobar si la estructura del manual y la información contenida era entendible y suficiente para el desarrollo de los ejercicios, si complementaba la temática vista en clase y si aportaba algo nuevo a lo contemplado en la asignatura salud ocupacional; en ésta validación se realizó la *Primera Sesión- Ejercicio de aplicación* de las tres prácticas (temperatura, vibración y material particulado).

4.7.1. Trabajo previo al laboratorio. El trabajo previo al laboratorio consistió en la lectura de los temas presentados en el manual de prácticas por parte de los estudiantes. El manual se publicó en la plataforma Moodle para mayor disponibilidad y facilidad de acceso.

4.7.2. Implementación en el aula de clase. La prueba piloto se ejecutó el día 17 de Septiembre a las 6 p.m. con los grupos B1, G1 y K1 de la asignatura Salud Ocupacional. Este día se realizó la *Primera Sesión- Ejercicio de aplicación* de cada una de las prácticas divididas así:

- Salón 302 - Grupo B1 – Práctica Temperatura.
- Salón 305 - Grupo G1 – Práctica Vibración.
- Salón 307 – Grupo K1 - Material particulado.

A cada estudiante se le entregó el ejercicio a desarrollar según el grupo al cual pertenecía, se realizó la explicación de lo que se pretendía hacer con la realización de éste y se procedió a su desarrollo; durante el tiempo de solución del ejercicio se realizó el debido acompañamiento y se dio respuesta a inquietudes

que surgían a los estudiantes. En las siguientes figuras, se evidencia el desarrollo de las prácticas con los tres diferentes grupos:

Figura 26. Desarrollo práctica temperatura



Figura 27. Desarrollo práctica vibración



Figura 28. Desarrollo práctica material particulado



4.7.3. Aplicación de la encuesta. Ya realizados los ejercicios, se aplicó la encuesta de satisfacción diseñada (Ver anexo C) con el fin de que los estudiantes de los grupos B1, G1 y K1 de la asignatura Salud Ocupacional pudieran validar la estructura del manual, la información contenida y otros aspectos; además se consultó la importancia de involucrar el componente práctico a la asignatura en mención.

4.7.4. Resultados de la encuesta. En la Tabla 18 se muestran los resultados obtenidos en la encuesta aplicada a los grupos B1, G1 y K1 de la asignatura Salud Ocupacional que participaron en la prueba piloto.

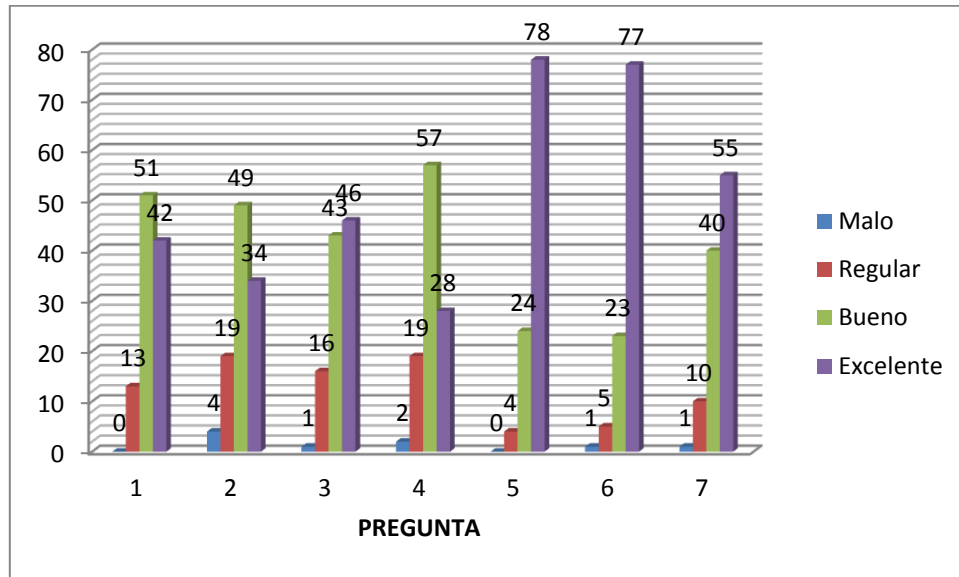
Tabla 18. Resultados de la encuesta

PREGUNTA	1	2	3	4	5	6	7
CALIFICACIÓN							
1	0	4	1	2	0	1	1
2	13	19	16	19	4	5	10
3	51	49	43	57	24	23	40
4	42	34	46	28	78	77	55
TOTAL	106	106	106	106	106	106	106

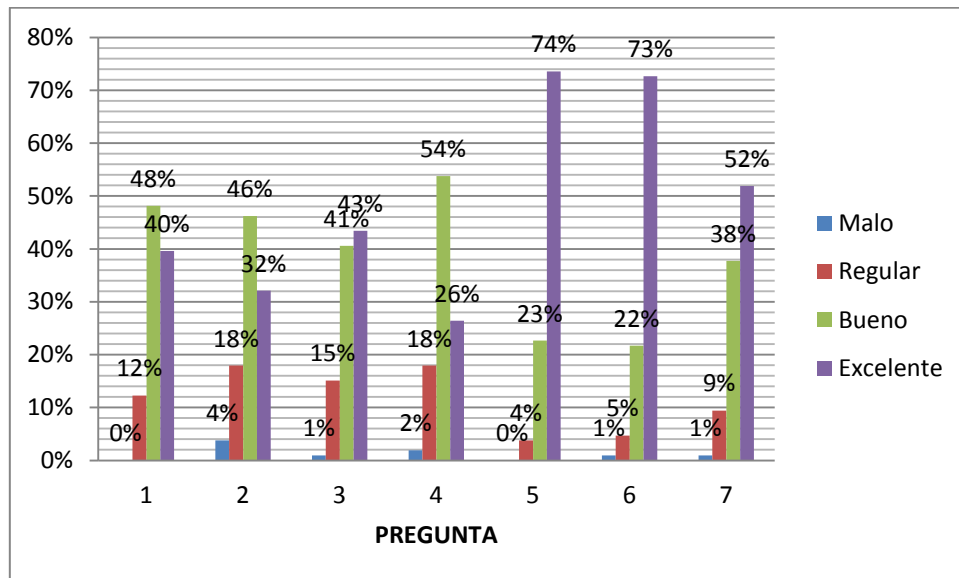
Tabla 19. Resultados de la encuesta presentados en porcentajes

PREGUNTA	1	2	3	4	5	6	7
CALIFICACIÓN							
1	0%	4%	1%	2%	0%	1%	1%
2	12%	18%	15%	18%	4%	5%	9%
3	48%	46%	41%	54%	23%	22%	38%
4	40%	32%	43%	26%	74%	73%	52%
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Gráfica 1. Gráfico de resultados de la encuesta



Gráfica 2. Gráfico de resultados de la encuesta presentados en porcentajes



4.7.4.1. Análisis de los resultados de la encuesta. Con la primera pregunta de la encuesta se pretendía conocer la percepción de los estudiantes acerca de la estructura y presentación de la información del manual de prácticas. En los

resultados se observa que la mayoría de los estudiantes eligieron entre la opción bueno y excelente con un porcentaje de 48% y 40% respectivamente, el 12% restante escogió la opción regular; lo que significa que hubo aceptación de la presentación del manual por parte de los estudiantes.

En la segunda pregunta se consultó si la información presentada permitió que el aprendizaje de la temática fuera malo, regular, bueno o excelente. En los resultados se evidencia que el 4% de los estudiantes eligieron la opción malo, el 18% la opción regular, el 46% bueno y el 32% la opción excelente; lo que quiere decir que a la mayoría de los estudiantes le pareció que el aprendizaje de la temática a través de la información presentada fue bueno y excelente.

Con la tercera pregunta se indagó respecto a la utilidad de la fundamentación teórica al momento de la solución de los ejercicios. Como se muestra en los resultados para el 1% de los estudiantes la información presentada fue mala, para el 15% regular, para el 41% buena y para el 43% excelente; demostrando con esto que a la mayoría de los estudiantes les pareció buena y excelente la fundamentación teórica presentada en el manual para el correcto desarrollo de los ejercicios.

Con la cuarta pregunta se quería conocer la apreciación del estudiante en cuanto al diseño y realización de las pruebas piloto. Los resultados muestran que el 2% eligió la opción malo, el 18% regular, el 54% bueno y el 26% excelente; lo que significa que a la mayoría de los estudiantes les pareció bueno el diseño y la realización del ejercicio de aplicación del manual de prácticas.

En la quinta pregunta se consultó si los estudiantes consideran malo, bueno, regular o excelente, involucrar el componente práctico a la temática de Salud Ocupacional. Según los resultados, al 74% de los estudiantes les parece excelente, al 23% bueno y al 4% regular; lo que muestra que en general a la

mayoría de los estudiantes les parece excelente la idea de incluir el componente práctico en la asignatura de Salud Ocupacional.

En la sexta pregunta se quería conocer la valoración que le dan los estudiantes a las prácticas de laboratorio como refuerzo de los conocimientos teóricos vistos en la asignatura. Los resultados mostraron que tan solo al 1% le parece malo, al 5% regular, al 22% bueno y al 73% excelente; por lo tanto, se puede decir que las prácticas de laboratorio para la mayoría de los estudiantes es un método excelente como refuerzo de los temas vistos en el aula de clase.

Con la séptima pregunta se quería conocer la apreciación del estudiante acerca de la facilidad del uso de la plataforma Moodle para acceder al manual de prácticas de laboratorio. En los resultados obtenidos se evidencia que al 52% le parece excelente, al 38% bueno, al 9% regular y al 1% malo; significa que a la mayoría de los estudiantes les parece excelente el uso de la plataforma Moodle como medio de comunicación y de intercambio de información docente-estudiante.

La octava pregunta, a diferencia de las anteriores fue pregunta abierta, en donde se quería que los estudiantes expresaran sus opiniones frente a la experiencia de las prácticas; los comentarios más comunes fueron los siguientes:

- Sí, ya que no sólo nos debemos quedar con la teoría sino ver en la vida real, la aplicación de los diferentes temas de salud ocupacional, de forma clara y entendida.
- Si, estuvo interesante relacionar lo práctico con lo teórico.
- Sí, es una práctica muy bien realizada donde se puede llevar a profundizar los conceptos aprendidos en la clase de salud ocupacional.
- Si es muy interesante pero hacen falta más prácticas en el laboratorio.
- Si fue útil para complementar el conocimiento visto en clase.

La novena y última pregunta pretendía conocer las observaciones que los estudiantes querían expresar en general de la práctica de laboratorio; los comentarios más comunes fueron:

- Sería buscar la manera de hacer laboratorios para poner en práctica las cosas de clase.
- Que se hubieran tomado los datos realmente.
- Deberían hacerse talleres así más seguidos.
- Me gustaría que nos llevaran a hacer la práctica de laboratorio ya que es más fácil aprender, buen manejo de la teoría.
- Hacer un par más durante el semestre.

En general, los estudiantes tuvieron un nivel de aceptación alto frente a la ejecución de la prueba piloto del manual de prácticas y ven la implementación de las prácticas de laboratorio como una forma más fácil de comprender y aplicar la temática vista en clase.

5. CONCLUSIONES

Se definió el alcance de cada una de las prácticas de laboratorio a través de la búsqueda de información en las bases de datos de la Universidad y literatura alusiva al tema de Higiene Industrial, definiendo así las características, naturaleza, efectos sobre la salud, forma de medición y medidas de control para cada uno de los factores de riesgo.

Se realizó la definición y evaluación de los criterios de selección de proveedores y equipos, y con la mayor puntuación High Tec Enviromental Ltda fue escogido como el proveedor de los equipos requeridos para el desarrollo de las prácticas de laboratorio de Higiene Industrial.

A través del análisis de costos se concluye que el presupuesto necesario para implementar las prácticas de laboratorio propuestas para los riesgos vibración, temperatura y material particulado es \$121.015.251.

Se elaboró el manual de prácticas de laboratorio para los factores de riesgo de temperatura, vibración y material particulado, siguiendo una estructura de introducción, objetivos, conceptos básicos, fundamento teórico, materiales y equipos y descripción de la práctica las cual se divide en dos sesiones: la primera un ejercicio de aplicación de conceptos que se realiza en el aula de clase y la segunda sesión el desarrollo de la práctica de laboratorio.

La estructuración de las prácticas propuestas, conllevan a los estudiantes a adquirir nuevos conocimientos y destrezas, lo cual destaca la importancia de la aplicación de todos los conceptos básicos relacionados con el área de Salud Ocupacional en un contexto industrial real.

Se elaboró el manual de equipos teniendo en cuenta la evaluación y selección de proveedores y equipos realizada en la etapa dos, dando respuesta a la necesidad de que los estudiantes conozcan el funcionamiento de los equipos de laboratorio antes de realizar la manipulación de los mismos, procurando mantener en buen estado los equipos y garantizando la eficiencia al momento de realizar las prácticas de laboratorio.

El proceso de Implementación de la prueba piloto dejó como evidencia el uso de la plataforma Moodle, herramienta computacional que agrupa todo el material elaborado y que facilita el acceso a la información por parte de los interesados, ya que expone de forma clara y concisa los recursos destinados para su desarrollo.

La realización de la prueba piloto fue llevada a cabo con los grupos B1, G1 y K1 de la asignatura Salud Ocupacional, en donde se desarrolló la primera sesión de cada una de las prácticas y se logró la validación de la información presentada en el manual de prácticas de laboratorio.

La metodología propuesta para llevar a cabo la implementación del laboratorio de Higiene Industrial se convierte en una opción piloto para materializar en el futuro basado en las necesidades que el entorno laboral del Ingeniero Industrial o las disciplinas afines a la Salud Ocupacional demandan.

A partir del análisis de las encuestas se concluye que en la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, las prácticas de laboratorio son un componente fundamental en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ya que promueven el desarrollo de habilidades en los alumnos para que encuentren alternativas de solución a los problemas que se les puedan presentar en su vida profesional.

6. RECOMENDACIONES

En base a este trabajo de grado y a la necesidad de acompañar de un componente práctico la asignatura de Salud Ocupacional, se recomienda llevar a cabo la adquisición de los equipos planteados en este proyecto, para el desarrollo de las prácticas de laboratorio para los riesgos de vibración, temperatura y material particulado, promoviendo espacios dedicados al desarrollo del laboratorio para la aplicación de esta alternativa de aprendizaje como elemento diferenciador.

Se recomienda al Consejo de Escuela incrementar la intensidad horaria de la asignatura Salud Ocupacional con el fin de incluir el componente práctico en la misma, sin descuidar ni disminuir el trabajo que se realiza en el salón de clase y aprovechando las prácticas de laboratorio propuestas para el estudio de los factores de riesgo de Ruido, Iluminación, Temperatura, Vibración y Material Particulado.

Teniendo en cuenta las necesidades y tareas que demanda el laboratorio de Higiene Industrial para que funcione de forma adecuada, se recomienda contratar y capacitar un auxiliar de apoyo para dicho laboratorio.

Con el fin de hacer una retroalimentación y control del laboratorio para actualizar su contenido además de verificar el uso adecuado de los implementos destinados al laboratorio, se recomienda hacer auditorias periódicas para las prácticas de laboratorio de Salud Ocupacional.

Se recomienda promover el uso de la herramienta Moodle para el desarrollo de las asignaturas de Ingeniería Industrial, con el fin de aprovechar las herramientas que brinda la Universidad y facilitar la comunicación alumno-profesor.

Se recomienda realizar registro de buenas prácticas de laboratorio y hojas de vida de los equipos (certificado de calibración, software, manual del equipo, bitácora de uso, control de entrada y salida de equipos), con el fin de tener la información necesaria para el buen desarrollo de las prácticas de laboratorio y el control de los equipos existentes en el laboratorio y su estado.

BIBLIOGRAFÍA

- ÁLVAREZ, Francisco. Salud ocupacional. Colombia. Ecoe ediciones.2011.
- CENTRO TECNOLÓGICO DEL MÁRMOL Y LA PIEDRA. El polvo de madera: Riesgo laboral y su prevención. España. 2010. 130 p.
- ECHEVERRÍA SÁENZ, Ana Cristina y GARCÍA- VERA, Antonio Bautista. TIC en la formación del profesorado educación especial. España. Universidad Computense de Madrid. 2011.
- ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO. Facultad de Ingeniería Industrial. Laboratorio de producción. Vibración protocolo. Edición 2011. 12p.
- FEDERACIÓN ESTATAL DE CONSTRUCCIÓN, MADERAS Y AFINES FECOMA. Análisis y evaluación de los riesgos medioambientales y de la salud en la manipulación y transformación. España. 2012. 65 p.
- GARCÍA LOZADA, Héctor Manuel. Evaluación del riesgo por emisiones de partículas en fuentes estacionarias de combustión. En: Ingeniería e investigación. Diciembre, 2009, vol. 3 no. 3,. p. 153-154.
- HENAO ROBLEDO, Fernando. Salud ocupacional: conceptos básicos. Segunda Edición. Colombia. Ecoe Ediciones. 2010.
- HERRICK, Robert F. Capítulo 30: Higiene y seguridad Industrial. En: Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo de la OIT. España. INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). 2012.

- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Evaluación ambiental aire, ambiente, determinación de la concentración de partículas suspendidas en el aire. NTC 3704. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) .Colombia. 1995. 34p.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional. GTC 45. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) .Colombia. 2012. 34 p.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Vibración mecánica y choque. Evaluación de la exposición de los seres humanos a la vibración de todo el cuerpo. Parte 1. Requisitos generales. NTC 5436-1. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) .Colombia. 2006. 34p.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Vibración mecánica y choque. Evaluación de la exposición de los seres humanos a la vibración de todo el cuerpo. Parte 2: Vibración en edificaciones. NTC 5436-2. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) .Colombia. 2006. 34p.
- INSTITUTO PARA EL DESARROLLO EMPRESARIAL ADMINISTRATIVO IDEA. Sexta herramienta de calidad. Matriz de selección. IDEA.Perú. 2011. 3p.
- MANCERA RUÍZ, Mario y MANCERA RUÍZ, María Teresa. Seguridad e higiene industrial: gestión de riesgos. Colombia. Alfa omega grupo editor. 2012.

- MICHAEL J. GRIFFIN. Capítulo 50. Vibraciones. En: Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. España. INSHT (instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). 2012.
- MONDELO, Pedro; GREGORI, Enrique; COMAS, Santiago; CASTEJÓN, Emilio; otros. Valores WBGT permisibles. Ergonomía 2. Confort y estrés térmico. 3ra Edición. Alfaomega. México. 2001. 109 p.
- FLORÍA, Pedro Mateo. Gestión de la Higiene Industrial en la Empresa. Fundación Confemetal. España. 2012. 768 p.
- SILVA MIRANDA, Felipe. La educación en el proceso de enseñanza y aprendizaje. En: pedagogía Universitaria. Diciembre, 2009, vol. 1 no. 3, p. 1-7.
- UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Informes suministrados por Seguridad Industrial y Salud Ocupacional con respecto a mediciones hechas de material particulado.
- UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. Servicio integrado de prevención de riesgos laborales: vibraciones. En: Manuales, procedimientos, instrucciones. Seguridad en laboratorios y talleres. España. 2010. 16p.
- VOGT, Jean-Jacques. Capítulo 42: Calor Y Frio. En: Enciclopedia De Salud Y Seguridad En El Trabajo de la OIT. España. INSHT (instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). 2012.
- ZUMBADO H. Introducción al análisis químico. Universidad de la Habana. Cuba. 2005.

ANEXOS

Anexo A. Descripción de la asignatura Salud Ocupacional

ASPECTO A EVALUAR	CONTENIDO
NOMBRE DE LA ASIGNATURA	SALUD OCUPACIONAL
OBJETIVOS DE LA ASIGNATURA	<ul style="list-style-type: none"> • Dar a conocer los diferentes riesgos ocupacionales y las herramientas necesarias para la evaluación de los riesgos que permitan el establecimiento de los sistemas de gestión de seguridad y salud en el trabajo. • Concientizar al estudiante en la cultura de la seguridad y la prevención de accidentes y enfermedades • Al final del curso los estudiantes adquirirán la motivación y el compromiso para contribuir al mejoramiento de las condiciones laborales, ambientales y de Salud Ocupacional de los trabajadores y de las diferentes empresas del país.
CONTENIDO TEMÁTICO DE LA ASIGNATURA	<p>1. INTRODUCCIÓN</p> <p>1.1 Evolución histórica de la salud ocupacional</p> <p>1.2 Concepto: Seguridad y Salud en el Trabajo</p> <p>1.3 Relación con las organizaciones</p> <p>1.4 Relación seguridad – calidad - Ambiente</p> <p>1.5 El sistema general de seguridad social integral</p> <p>1.6 Sistema General de Riesgos Laborales</p> <p>1.7 Accidente de trabajo y Enfermedad Laboral</p> <p>1.8 Responsabilidades en Seguridad y Salud en el Trabajo</p> <p>2. CONCEPTOS BÁSICOS</p> <p>2.1 Legislación Colombiana en Salud Ocupacional</p> <p>2.2 Peligro – Riesgo - Control</p> <p>2.3 Los factores de riesgo y su clasificación</p> <ul style="list-style-type: none"> * Físicos * Químicos * Biológicos * Mecánico

	<ul style="list-style-type: none"> * Eléctrico * Locativo * Físico químico * Tránsito * Público * Biomecánico * Psicosocial <p>3. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, VALORACIÓN DE RIESGOS Y DETERMINACION DE CONTROLES</p> <p>3.1 Panorama de factores de riesgo</p> <p>3.2 Sistemas de control de riesgos</p> <p>3.3 Evaluación de riesgos</p> <p>4. SISTEMA DE GESTION DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO SG-SST</p> <p>4.1 Definición de medicina preventiva y del trabajo</p> <p>4.2 Principales actividades de promoción y prevención</p> <p>4.3 Definición de seguridad industrial e higiene industrial</p> <p>4.4 Plan de emergencias: Análisis de Amenazas, Plan de evacuación, Señalización de seguridad</p> <p>4.5 Elementos de protección personal</p> <p>4.6 Identificación de productos químicos</p> <p>4.7 Investigación de incidentes y accidentes</p> <p>5. ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD</p> <p>5.1 Estadísticas de accidentalidad: Índice de Frecuencia, Severidad, y Lesiones Incapacitantes</p> <p>5.2 Cultura empresarial en Seguridad</p> <p>5.3 Administración y prevención</p>
<p style="text-align: center;">ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y DE APRENDIZAJE</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Clases magistrales • Lectura de artículos, publicaciones. • Discusiones en clase • Vídeos sobre casos prácticos • Talleres de aplicación

MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

ASIGNATURA:
SALUD OCUPACIONAL



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
2014



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	129
REQUISITOS PARA REALIZAR LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO.....	130
PRÁCTICA # 1. TEMPERATURA.....	132
INTRODUCCIÓN	132
OBJETIVOS	133
CONCEPTOS BÁSICOS.....	133
FUNDAMENTO TEÓRICO.....	140
MATERIALES Y EQUIPOS.....	145
DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA.....	146
1. PRIMERA SESIÓN: Ejercicio de aplicación de la exposición a temperatura.	146
2. SEGUNDA SESIÓN: Ejercicio práctico de la exposición a temperatura.	149
PRÁCTICA # 2. VIBRACIÓN	152
INTRODUCCIÓN	152
OBJETIVOS	152
CONCEPTOS BÁSICOS.....	153
FUNDAMENTO TEÓRICO.....	159
MATERIALES Y EQUIPOS.....	162



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA.....	162
1. PRIMERA SESIÓN: Ejercicio de aplicación de la exposición a vibraciones.....	162
2. SEGUNDA SESIÓN: Ejercicio práctico de la exposición a vibración. .	166
INTRODUCCIÓN	169
OBJETIVOS	169
CONCEPTOS BÁSICOS.....	170
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	174
MATERIALES Y EQUIPOS	175
DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA.....	176
1. PRIMERA SESIÓN: Ejercicio de aplicación de la exposición a material particulado.	176
2. SEGUNDA SESIÓN: Ejercicio práctico de la exposición a material particulado.	177
BIBLIOGRAFÍA.....	180



LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Modelo de regulación térmica del cuerpo humano	134
Ilustración 2. WBGT vs Calor Metabólico.	144
Ilustración 3. Ejes para medir exposiciones a la vibración en personas sentadas.	153
Ilustración 4. Sistema de coordenadas basicéntrico para la medición de las vibraciones transmitidas a las manos.	154



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores de las temperaturas WBGT permisibles.	141
Tabla 2. Estimación del consumo metabólico según la posición y movimiento. ...	142
Tabla 3. Estimación del consumo metabólico según el tipo de trabajo.....	143
Tabla 4. Efectos de las vibraciones según el nivel de frecuencia.	155
Tabla 5. Valores límites permisibles a vibraciones mano-brazo y cuerpo completo	159
Tabla 6. Factor multiplicativo según eje y localización.....	161
Tabla 7. Capacidad de penetración pulmonar respecto al tamaño de las partículas	174



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



INTRODUCCIÓN

Actualmente la salud ocupacional es uno de los pilares fundamentales para mantener y mejorar la calidad de vida de los trabajadores en las empresas y con ello ser más competitivos. Esto se puede lograr con el esfuerzo conjunto entre la empresa y su componente humano, ya que la empresa tiene el deber de proporcionar a sus trabajadores todas las herramientas necesarias para mejorar la calidad de procesos y asegurar el bienestar de sus trabajadores, y por consiguiente ellos deben garantizar el correcto uso de las herramientas proporcionadas.

Este manual de prácticas contiene el análisis de tres factores de riesgo: temperatura, vibración y material particulado, en este se encontrarán conceptos básicos que ayudarán al estudiante a aterrizar conceptos sobre el estudio de cada uno de los factores de riesgo, además de su respectivo fundamento teórico el cual aplicarán en los ejercicios prácticos.

Es por ello que la Escuela de Estudios Industriales y Empresariales quiere fomentar la participación y conocimiento de esta asignatura y la importancia de la misma mediante las prácticas de laboratorio que darán soporte al fundamento teórico desarrollado en el aula de clase.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



REQUISITOS PARA REALIZAR LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO

- El estudiante deberá leer previamente el documento correspondiente a la práctica a estudiar y llevarla el día estipulado para la realización de la misma.
- El estudiante deberá leer previamente el manual de equipos para entender el funcionamiento de los mismos.
- El estudiante deberá llevar los elementos solicitados por el profesor encargado para la adecuada realización de las prácticas.
- Para garantizar la total concentración en la ejecución de las prácticas además de minimizar el riesgo a cometer errores, los celulares deben permanecer apagados.
- Al inicio de la práctica se otorgará a cada estudiante los elementos de protección personal requeridos para cada práctica.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
ASIGNATURA: SALUD OCUPACIONAL



PRÁCTICA # 1. TEMPERATURA

INTRODUCCIÓN

Durante toda su vida los seres humanos mantienen la temperatura corporal dentro de unos límites de variación muy estrechos y protegidos a toda costa. Para mantener la temperatura interna dentro de unos límites permisibles, el ser humano ha desarrollado respuestas fisiológicas muy eficaces, y en algunos casos especializados, al estrés térmico agudo.

La presencia de calor en el ambiente laboral es causa frecuente de problemas que se traducen en disminución del rendimiento del trabajador y por supuesto riesgos para la salud.

El cuerpo humano intercambia calor con su entorno por distintas vías: conducción a través de las superficies en contacto con él, convección y evaporación con el aire del ambiente y radiación con las superficies vecinas. Estos dependen de cuatro parámetros climáticos: La temperatura del aire, la humedad del aire expresada por su presión parcial de vapor en KPa, la temperatura radiante media y la velocidad del aire. La combinación de estas vías da lugar a situaciones de incomfort.

En la presente sección se resume los procedimientos de medición de estrés térmico, conceptos básicos, con especial referencia a las condiciones de uso de los instrumentos y aparatos más comunes. Para la realización de esta práctica se utilizará el método WBGT.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL: Conocer y aplicar los conceptos básicos del factor de riesgo físico a estudiar, con el fin de que el estudiante pueda aplicarlos en su desempeño profesional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular el índice de riesgo por calor (WBGT), para los escenarios planteados en la práctica.
- Conocer el monitor de estrés térmico.
- Conocer, entender y aplicar el método de evaluación del riesgo por exposición a temperatura.
- Evaluar los niveles de riesgo por exposición a combinaciones de temperaturas, humedad y el gasto energético que exigen las actividades señaladas.

CONCEPTOS BÁSICOS

Dentro de las condiciones de trabajo, la temperatura es un factor determinante en el rendimiento de un trabajador. Temperaturas altas como bajas repercuten de manera perjudicial tanto en su labor como en su salud.

Por lo anterior, es necesario desarrollar una medida de control para limitar el tiempo de exposición a tales condiciones.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional

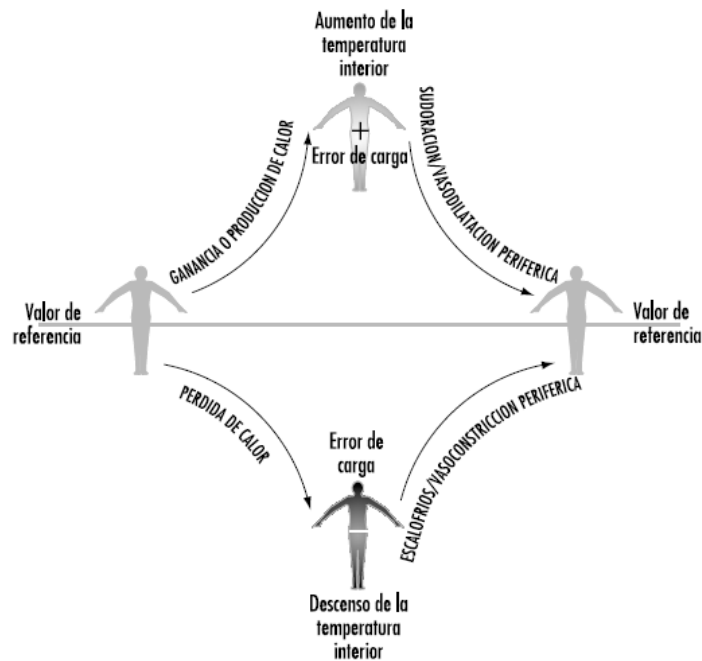


Ilustración 1. Modelo de regulación térmica del cuerpo humano

Para descubrir las respuestas fisiológicas al frío y al calor el organismo puede dividirse en dos componentes: el “núcleo” y la “periferia”. La temperatura del núcleo representa la temperatura corporal interna. La temperatura de la periferia está representada por la temperatura cutánea media.

Cuando el organismo se enfrenta a condiciones que se alejan de la neutralidad térmica (estrés por frío o calor), intenta controlar su temperatura de núcleo mediante ajustes fisiológicos, ya que la temperatura de la periferia varía mucho con la temperatura ambiente.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



Las temperaturas del núcleo presentan un intervalo pequeño alrededor de un valor normal de 37°C y para intervalos entre 37.8 °C y 38.9 °C el desempeño cae de forma abrupta.

Para temperaturas superiores a 40.6°C el mecanismo de sudor puede fallar y causar una elevación rápida del núcleo y con el tiempo la muerte.

El intercambio de calor ente el cuerpo y su entorno se puede representar por la siguiente ecuación de balance de calor:

$$S = M \pm C \pm R - E$$

Dónde:

M: Aumento de calor por metabolismo

C: Aumento de calor (o pérdida) por conducción.

R: Aumento de calor (o pérdida) por radiación.

E: Pérdida de calor a través de la evaporación del sudor.

S: Almacenamiento de calor (o pérdida) del cuerpo.

Para la neutralidad térmica S debe ser cero.

CALOR: Energía expresada en términos cuantitativos por la variable temperatura y cuyo aumento en un cuerpo o material está directamente relacionado con el incremento de la energía cinética de las partículas que los componen.

CALOR RADIANTE (R): Forma de calor transmitido por ondas electromagnéticas, por lo que no requiere un medio material para su transferencia; puede propagarse en el vacío. Depende de la emitancia de la superficie, área de la superficie



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



emisora y diferencia a la cuarta potencia entre las temperaturas del cuerpo y el ambiente.

CALOR METABÓLICO: Es la sumatoria del metabolismo basal (MB), las adiciones derivadas de la posición (MI) y el tipo de trabajo (MII), por lo que:

$$M=MB+MI+MII$$

Su cálculo se efectúa por medio de tablas teniendo en cuenta la posición en el trabajo y el grado de actividad.

ESTRÉS TÉRMICO: Es la presión que se ejerce sobre la persona cuando está expuesta a temperaturas extremas.

FATIGA POR CALOR: Se presenta cuando hay un ascenso máximo en la temperatura del cuerpo de un individuo de 1 °C.

HUMEDAD RELATIVA: Es una variable que facilita o dificulta la transmisión de calor del individuo al medio ambiente, al permitir o no la evaporación del sudor que requiere el individuo para lograr su equilibrio térmico.

SUSCEPTIBILIDAD INDIVIDUAL: Es la característica que posee cada persona de reaccionar ante la exposición al factor de riesgo por sus condiciones y antecedentes personales.

HUMEDAD: Medida de concentración de agua o vapor de agua en un sólido, un líquido o un gas. A continuación se presentan los tipos de humedad:



- **Humedad Absoluta:** Es la masa de agua o vapor de agua por unidad de volumen. En el caso del aire se expresa en g/m³.
- **Humedad Específica:** Es la relación entre la masa de agua o vapor de agua y la masa total. En el caso del aire se expresa en gramos de vapor de agua por kilogramo de aire húmedo.
- **Humedad Relativa:** Es la relación entre la masa de agua o vapor de agua que existe en un determinado volumen y la cantidad de agua o vapor de agua necesaria para que se sature dicho volumen a la misma temperatura. Se expresa en porcentaje.

INTERCAMBIOS TÉRMICOS

El cuerpo humano intercambia calor con su entorno por distintas vías: conducción a través de las superficies en contacto con él, convección y evaporación con el aire del ambiente y radiación con las superficies vecinas.

De acuerdo con los materiales en los cuales se está realizando la transferencia de calor se tienen diferentes procesos como son:

- **Conducción:** La conducción es la transmisión de calor entre dos sólidos que están en contacto. Los intercambios se producen entre la piel y la ropa, el calzado, los puntos de presión (asiento, asas), herramientas, entre otros.
- **Convección:** La convección consiste en la transferencia de calor entre la piel y el aire circundante. Si la temperatura de la piel, t_{sk} en grados Celsius (°C), es mayor que la temperatura del aire (t_a), el aire en contacto con la piel se calienta y, como consecuencia, se desplaza hacia arriba.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



- **Radiación:** Cuando el calor es transferido de un cuerpo a otro sin soporte material alguno.
- **Evaporación:** Sobre todas las superficies húmedas existe una capa de aire saturado con vapor de agua. Si la atmósfera no está saturada, el vapor se difunde desde esta capa a la atmósfera. La capa tiende a regenerarse absorbiendo el calor de evaporación (0,674 vatios hora por gramo de agua) de la superficie húmeda, que se enfría.
Si toda la piel está cubierta de sudor, la evaporación es máxima ($E_{\text{máx}}$) y depende sólo de las condiciones ambientales.

ÍNDICE WBGT (TEMPERATURA GLOBAL DE BULBO HÚMEDO).

Este índice fue establecido por Young y Minard, en los años 50, para la Marina Norteamericana, como método para estudiar el ambiente térmico durante la ejecución de ejercicios y entrenamientos militares. La gran ventaja de este método radica en su sencillez de aplicación: mediciones, cálculos e interpretación.

TEMPERATURA: La temperatura es una propiedad física que se refiere a las nociones comunes de calor o ausencia de calor, sin embargo, su significado formal en termodinámica es más complejo, a menudo el calor o el frío percibido por las personas tiene más que ver con la sensación térmica, que con la temperatura real. Fundamentalmente, la temperatura es una propiedad que poseen los sistemas físicos a nivel macroscópico, la cual tiene una causa a nivel microscópico, que es la energía promedio por partícula.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



TEMPERATURA AMBIENTE: Es la temperatura experimentada por una persona en un ambiente dado. Esta temperatura es el resultado del intercambio de calor por conducción (a través de pisos o herramientas) y radiación (Muros, plafones, sol).

TEMPERATURA EFECTIVA: Es un índice determinado experimentalmente, que incluye la temperatura, el movimiento del aire y la humedad. El intervalo normal es desde 18.3 °C hasta 22.8 °C, con una humedad relativa de 20% a 60%.

TEMPERATURA OPERATIVA: Es la temperatura del cuerpo de un trabajador. Se determina por los efectos acumulativos de todas las fuentes y receptores de calor.

TEMPERATURA DE BULBO SECO (TBS): La temperatura de bulbo seco, o simplemente temperatura seca, mide la temperatura del aire sin considerar factores ambientales como la radiación, la humedad o el movimiento del aire, los cuales tienen el potencial de afectar significativamente la sensación térmica.

TEMPERATURA DE BULBO HÚMEDO NATURAL (TBH): La temperatura de bulbo húmedo o simplemente temperatura húmeda, representa una forma de medir el calor en un sistema en el que interactúan un gas y un vapor, generalmente aire y vapor de agua.

TEMPERATURA DE GLOBO (TG): Es la temperatura indicada por un sensor colocado en el centro de una esfera con características de 150 mm de diámetro, con una escala de medición en un intervalo de 20°C a 120°C.



TIPO DE TRABAJO: La actividad física que demanda la realización del trabajo, al igual que la posición y movimientos del cuerpo, origina un gasto energético en el individuo, el cual está directamente relacionado con el valor límite permitido para exposición a altas temperaturas (ACGIH).

TIEMPO DE EXPOSICIÓN: Se entiende como el régimen de trabajo en horas al cual está expuesto el trabajador a altas temperaturas, incidiendo directamente en el valor límite permitido.

VELOCIDAD DEL AIRE: Permite el intercambio calórico entre el individuo y el ambiente laboral, al facilitar la pérdida de calor por convección.

FUNDAMENTO TEÓRICO

Estimación del Índice WBGT

Este indicador consiste en la ponderación fraccionada de las temperaturas húmedas, de globo y a veces temperaturas secas. Las principales fórmulas que lo definen son:

CON EXPOSICIÓN SOLAR

$$WBGT = 0,7 \cdot TBH + 0,2 \cdot TG + 0,1 \cdot TBS \text{ (}^\circ\text{C)}$$

SIN EXPOSICIÓN SOLAR

$$WBGT = 0,7 \cdot TBH + 0,3 \cdot TG \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Siendo:

TBS: Temperatura de bulbo seco.



TBH: Temperatura Húmeda.

TG: Temperatura de globo.

CRITERIOS DE VALORACIÓN

- ✓ Gasto energético y valor límite permisible para altas temperaturas.

En la Tabla 21 se determina un valor de 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.

REGIMEN DE TRABAJO-DESCANSO	CARGA DE TRABAJO Kcal/hr		
	LIGERO 200Kcal/(hora o menos	MODERADO 200Kcal/ hora 300 Kcal/ hora	PESADO Más de 300 Kcal/hora
Trabajo continuo	30°C	26.7°C	25 °C
75% trabajo-25% descanso (cada hora)	30.6°C	28.0°C	25.9°C
50% trabajo-50% descanso (cada hora)	31.4°C	29.4°C	27.9°C
25% trabajo- 75% descanso (cada hora)	32.2°C	31.1°C	30 °C

Tabla 20. Valores de las temperaturas WBGT permisibles.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



POSICIÓN Y MOVIMIENTO DEL CUERPO	
	<i>KCAL/MIN</i>
SENTADO	0.3
DE PIE	0.6
CAMINANDO	2.0-3.0
SUBIDA DE UNA PENDIENTE ANDANDO	Añadir 0.8 por metro de subida

Tabla 21. Estimación del consumo metabólico según la posición y movimiento.

TIPO DE TRABAJO	MEDIA (Kcal/min)	RANGO (Kcal/min)
TRABAJO MANUAL LIGERO	0.4	0.2-1.2
TRABAJO MANUAL PESADO	0.9	
TRABAJO LIGERO CON UN BRAZO	1.0	0.7-2.5
TRABAJO PESADO CON UN BRAZO	1.7	
TRABAJO LIGERO CON AMBOS BRAZOS	1.5	1.0-3.5
TRABAJO PESADO CON AMBOS BRAZOS	2.5	
TRABAJO LIGERO CON EL CUERPO	3.5	2.5-15
TRABAJO MODERADO CON EL CUERPO	5.0	
TRABAJO PESADO	7.0	



Asignatura: Salud Ocupacional

CON EL CUERPO		
TRABAJO MUY PESADO CON EL CUERPO	9.0	

Tabla 22. Estimación del consumo metabólico según el tipo de trabajo.

Para tareas donde la exposición a calor y el esfuerzo de trabajo son intermitentes, el promedio en tiempo se calcula según las siguientes ecuaciones:

$$\text{WBGT Promedio} = \frac{\text{WBGT1} \times \text{T1} + \text{WBGT2} \times \text{T2} + \dots + \text{WBGTn} \times \text{Tn}}{\text{T1} + \text{T2} + \dots + \text{Tn}}$$

$$\text{M Promedio} = \frac{\text{M1} \times \text{T1} + \text{M2} \times \text{T2} + \dots + \text{Mn} \times \text{Tn}}{\text{T1} + \text{T2} + \dots + \text{Tn}}$$

Siendo:

M: Gasto Energético.

T: Tiempo por Actividad de la Operación.

Una vez calculado el WBGT promedio con respecto a los tiempos incurridos por cada actividad, y el gasto metabólico promedio teniendo en cuenta las tablas anteriores, se utiliza en gráfico de la figura 1, para determinar si el valor obtenido



en el estudio se encuentra por encima de la curva (estrés térmico, es decir, condiciones inadecuadas para el trabajador) o se encuentra por debajo de la curva de la gráfica (no hay estrés térmico, es decir, el trabajador se encuentra trabajando en condiciones adecuadas).

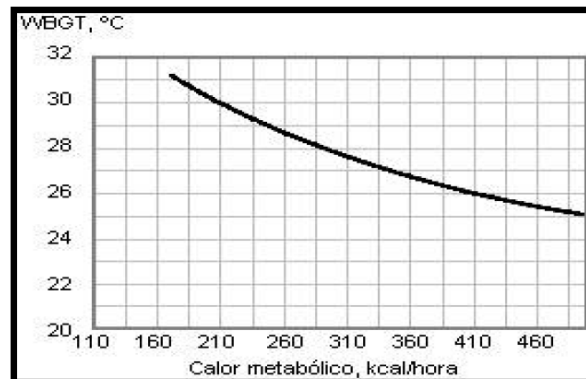


Ilustración 2. WBGT vs Calor Metabólico.

METABOLISMO BASAL (MB)

Es el consumo mínimo de energía necesario para mantener en funcionamiento los órganos del cuerpo, independientemente de que se trabaje o no y depende de la talla, el peso y el sexo de la persona.

Dentro del metabolismo basal se incluye el metabolismo llamado de reposo que se refiere al consumo energético necesario para facilitar la digestión y la termorregulación.

ECUACIÓN DE HARRIS-BENEDICT

Esta ecuación calcula el metabolismo basal de un individuo en función del peso corporal, estatura y la edad.

- CALCULO MB PARA HOMBRES



$$MB_{\text{hombres}} = 66.4 + 13.75 * P + 5.003 * A + 6.775 * E$$

- CÁLCULO MB PARA MUJERES

$$MB_{\text{mujer}} = 65.5 + 9.6 * P + 1,850 * A + 4,676 * E$$

Donde:

P: Peso.

A: Altura.

E: Edad en años.

GRADO DE RIESGO

Corresponde a la relación entre la carga térmica soportada en WBGT y la carga máxima que puede soportar el trabajador, de acuerdo a los criterios establecidos por la ACGIH.

LA CARGA TÉRMICA SOPORTADA EN WBGT

$$\text{GRADO DE RIESGO} = \frac{\text{LA CARGA TÉRMICA SOPORTADA EN WBGT}}{\text{LA CARGA MÁXIMA QUE PUEDE SOPORTAR EL TRABAJADOR}}$$

GR>1: El trabajador se encuentra sobre-expuesto a altas temperaturas.

GR=1: El trabajador se encuentra en el umbral.

GR<1: El trabajador no se encuentra sobre-expuesto a altas temperaturas.

MATERIALES Y EQUIPOS

- ✓ Monitor de estrés térmico.
- ✓ Fuente generadora de calor.
- ✓ Anemómetro.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



- ✓ Guía de laboratorio.
- ✓ Calculadora.
- ✓ Computador.

DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

La práctica estará dividida en dos (2) sesiones; en la primera sesión, se pretende que el estudiante realice un ejercicio en el que aplique los conceptos vistos en clase, reforzándolos con el fundamento teórico de este manual; en la segunda sesión se realizará un ejercicio práctico, en donde el estudiante deberá ir al escenario propuesto, realizar las respectivas mediciones y el análisis correspondiente.

1. PRIMERA SESIÓN: Ejercicio de aplicación de la exposición a temperatura.

El señor Juan Pablo Reyes es un operario de la fábrica Yepes y Asociados, y realiza trabajo moderado, en el cual realiza las siguientes actividades de forma repetitiva durante su jornada laboral:

OPERACIÓN	DURACIÓN (MIN)	CARACTERÍSTICAS
Extracción de bloques de hierro	10	El operario de pie, arrastra una plataforma con rodillos hacia el depósito (peso de bloque más plataforma 25Kg)
Introducción de piezas de hierro	20	El operario de pie, arrastra la plataforma anterior hacia el horno, controlando la



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



OPERACIÓN	DURACIÓN (MIN)	CARACTERÍSTICAS
		temperatura del mismo.
Selección de las piezas de hierro	30	El operario sentado coloca las piezas pequeñas ya a temperatura ambiente, en las cajas destinadas para su almacenamiento y posterior envío a clientes.

A continuación se darán a conocer las temperaturas en el lugar donde se realizan las operaciones detalladas anteriormente:

OPERACIÓN	Tg °C	Th °C	Ts °C	CARGA TÉRMICA (Kcal/hora)
Extracción de bloques de hierro	48	28	36	230
Introducción de piezas hierro	45	26	34	226
Selección de las piezas de hierro	43	21	32	150

Teniendo en cuenta lo anterior:

1. Calcule los valores de WBGT teniendo en cuenta que no hay exposición solar. Para lo anterior llene la siguiente tabla:

OPERACIÓN	Tg °C	Th °C	WBGT °C
Extracción de bloques de hierro			
Introducción de piezas hierro			



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



Selección de las piezas de hierro			
-----------------------------------	--	--	--

2. Calcule WBGT promedio con ayuda de la siguiente tabla.

OPERACIÓN	DURACIÓN	WBGT °C	D* WBGT
Extracción de bloques de hierro	10		
Introducción de piezas hierro	20		
Selección de las piezas de hierro	30		
TOTAL	60		
WBGT PROM = $\sum D*WBGT / \text{TIEMPO DE CICLO} =$			

3. Calcule el gasto metabólico para cada actividad teniendo en cuenta la tabla 2 de la fundamentación teórica.

OPERACIÓN	DURACIÓN	M (Kcal/ hora)	D* M
Extracción de bloques de hierro	10		
Introducción de piezas hierro	20		
Selección de las piezas de hierro	30		
TOTAL	60		

- ¿Qué afecciones de salud puede adquirir el operario si se encuentra propenso a estar bajo condiciones inadecuadas en el ambiente laboral?
- ¿Qué medidas de prevención se pueden implantar en la empresa Yepes y asociados para mejorar las condiciones del ambiente laboral?



2. SEGUNDA SESIÓN: Ejercicio práctico de la exposición a temperatura.

La Escuela de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Industrial de Santander, cuenta con una planta de aceros en la que se realizan prácticas de laboratorio de procesos de fundición. Durante estas prácticas se utilizan el horno cubilote y el horno de crisol de donde se sacan piezas de metal a temperaturas de 1500°C y 1200°C respectivamente.

Los estudiantes se dirigirán a la planta de aceros en la cual observarán el proceso de fundición que se realiza allí por parte del personal autorizado. Con respecto a esto los estudiantes con ayuda del equipo suministrado por el docente encargado, además de los elementos de protección personal requeridos harán las mediciones respectivas para su posterior análisis.

- a. Realice la medición de la duración de las siguientes operaciones y de las temperaturas de bulbo húmedo y de globo; calcule el índice WBGT.

OPERACIÓN	Duración	Tg °C	Th °C	WBGT °C
Introducción de las piezas hierro al horno				
Extracción de las piezas de hierro del horno				

- b. Asumiendo que dichas operaciones se realizan sin exposición solar, tomar la temperatura del ambiente y calcular nuevamente el índice WBGT.

OPERACIÓN	Tg °C	Th °C	Ts °C	WBGT °C
Introducción de las piezas hierro al horno				
Extracción de las piezas de hierro del horno				



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



- c. Evalúe el grado de riesgo por exposición a temperatura en el que se encuentran la persona encargada de realizar las operaciones durante la práctica de laboratorio.
- d. ¿Qué medidas de control y de prevención (diferentes a las aplicadas por el laboratorio) se pueden adoptar durante las prácticas de procesos de fundición y moldeo?
- e. Calcule el metabolismo basal teniendo en cuenta a la persona a la cual se le están haciendo las mediciones.
- f. ¿El valor de WBGT obtenido se encuentra dentro de los límites permisibles? Si no lo está realice un análisis de la situación.
- g. Suponga que su equipo es el encargado de garantizar la seguridad de los trabajadores, ¿qué medidas sugieren para disminuir el riesgo de los estudiantes y personas encargadas en esta área con respecto al factor de riesgo temperatura?



Universidad
Industrial de
Santander



PRACTICA 2

VIBRACIÓN

RIESGO FÍSICO



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
ASIGNATURA: SALUD OCUPACIONAL



PRÁCTICA # 2. VIBRACIÓN

INTRODUCCIÓN

Diariamente las personas están expuestas a un sinnúmero de riesgos principalmente en su área de trabajo. Debido al uso de nuevas tecnologías para mejorar la eficiencia laboral, los trabajadores están expuestos a vibraciones mecánicas, las cuales pueden tener consecuencias negativas en la salud después de un tiempo; es por esto la importancia de controlar la exposición de un trabajador a las vibraciones para prevenir la materialización del riesgo.

En esta sección se presentan los fundamentos teóricos necesarios para reconocer el riesgo por exposición a vibraciones, cómo se puede evaluar y controlar.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL: Conocer y aplicar los conceptos básicos del factor de riesgo físico a estudiar, con el fin de que el estudiante pueda aplicarlos en su desempeño profesional.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer e identificar los conceptos básicos del factor de riesgo físico vibración.
- Conocer el monitor de vibraciones humanas mano-brazo y cuerpo entero.



- Conocer, entender y aplicar el método de evaluación del riesgo por exposición a vibraciones.
- Evaluar el riesgo aplicando la metodología indicada.
- Conocer la importancia realizar medidas de prevención para el riesgo de vibraciones.

CONCEPTOS BÁSICOS

DIRECCIÓN: Los sistemas principales de coordenadas para medir las vibraciones de cuerpo completo y las vibraciones transmitidas a las manos se muestran en la Ilustración 3 e Ilustración 4 respectivamente.

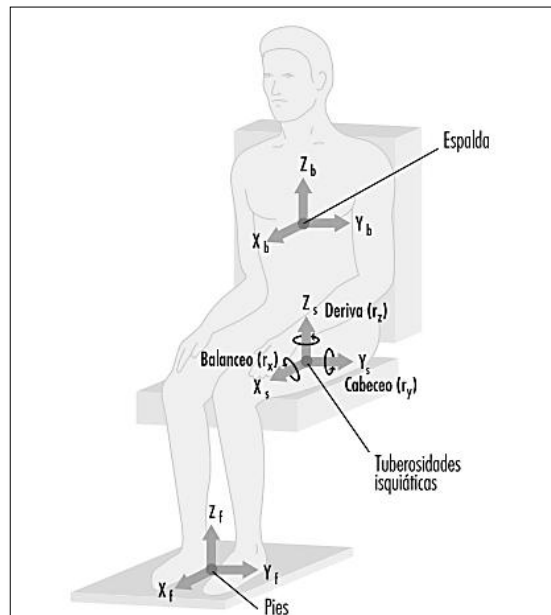


Ilustración 3. Ejes para medir exposiciones a la vibración en personas sentadas.

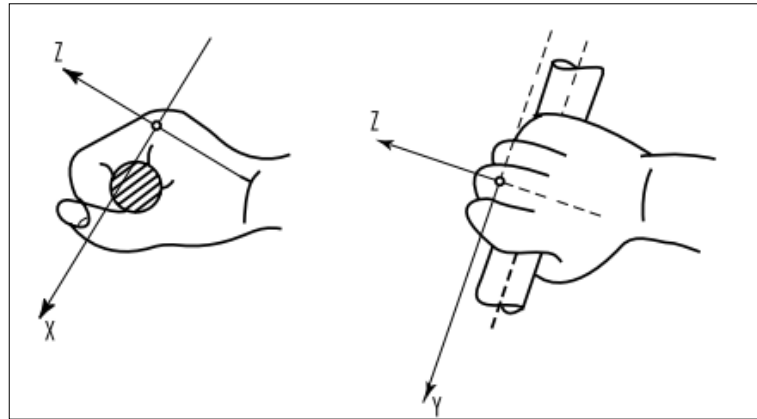


Ilustración 4. Sistema de coordenadas basicéntrico para la medición de las vibraciones transmitidas a las manos.

Direcciones de los ejes:

- X: dorso – palma de la mano.
- Y: línea nudillos.
- Z: mano – interior brazo.

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, el valor eficaz de la vibración proporciona una medida adecuada de su magnitud promedio. En tal caso un cronómetro puede ser suficiente para evaluar la duración de la exposición.

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 (a la superficie de un asiento o a la empuñadura de una herramienta vibrante), a la extensión con que se transmiten a través del cuerpo (desde el



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



asiento a la cabeza) y al efecto de las vibraciones en el cuerpo. Dado que la respuesta humana a las vibraciones varía según la frecuencia de vibración, es necesario ponderar la vibración medida en función de cuánta vibración se produce a cada una de las frecuencias.

VIBRACIONES	FRECUENCIA	EFFECTOS
De cuerpo completo	0.5 A 100 Hz	Máximos en el límite inferior del intervalo
Trasmitidas a las manos	≥ 1000 Hz	Perjudiciales
	< 0.5 Hz	Mareo inducido por el movimiento

Tabla 23. Efectos de las vibraciones según el nivel de frecuencia.

MAGNITUD: La magnitud de una vibración puede cuantificarse en función de su desplazamiento (m), su velocidad (m/s) o aceleración (m/s^2). Con frecuencia, la magnitud de la vibración se expresa como el valor promedio de la aceleración del movimiento oscilatorio, normalmente el valor cuadrático medio o valor eficaz (m/s^2 r.m.s). La aceleración debida a la gravedad terrestre es, aproximadamente, de $9.81 m/s^2$.

Para un movimiento de una sola frecuencia (senoidal), el valor eficaz es el valor pico dividido por $\sqrt{2}$.

$$a = (2\pi f)^2 d$$

a: aceleración (m/s²)

f: frecuencia (ciclos/segundo)

d: desplazamiento (m)



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



VIBRACIÓN: Es un movimiento oscilatorio. Existen dos tipos: vibraciones del cuerpo completo y vibraciones transmitidas a las manos.

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.

VIBRACIONES TRASMITIDAS A LAS MANOS: Son las vibraciones que entran en el cuerpo a través de las manos. Están causadas por distintos procesos de la industria, la agricultura, la minería y la construcción, en los que se agarran o empujan herramientas o piezas vibrantes con las manos o los dedos.

VIBRACIONES TRANSMITIDAS AL SISTEMA MANO-BRAZO

Exposición de origen laboral

Son las vibraciones mecánicas producidas por procesos o herramientas a motor y que penetran en el cuerpo por los dedos o la palma de las manos. Proviene de las herramientas a motor que se utiliza en la fabricación, explotación de canteras, minería y construcción, agricultura y trabajos forestales y servicios públicos.

Efectos agudos

- Malestar subjetivo
- Perturbación de la actividad



Efectos no vasculares

- Esqueléticos
- Neurológicos
- Musculares

Trastornos vasculares

- **Fenómeno de Raynaud:** También conocido como dedo muerto o blanco, enfermedad vasospástica traumática y dedo blanco inducido por vibración (VWF). Se caracteriza por episodios de dedos blancos o pálidos causados por oclusión espástica de las arterias digitales. En los pocos casos avanzados, los ataques vasospásticos digitales graves y repetido pueden conducir a alteraciones tróficas (ulceración o gangrena) en la piel de las puntas de los dedos.

Prevención

La prevención de lesiones o trastornos causados por vibraciones transmitidas a las manos exige la implantación de procedimientos técnicos, médicos y administrativos (ISO 1986). Las medidas administrativas deberían incluir una información y formación adecuadas para enseñar a los operarios que trabajan con maquinaria vibrante a adoptar métodos de trabajo correctos y seguros.

VIBRACIONES DE CUERPO COMPLETO

Exposición profesional

Las exposiciones profesionales a las vibraciones de cuerpo completo se dan principalmente en el transporte, pero también en algunos procesos industriales.



Efectos agudos

- Malestar
- Interferencia con la actividad
- Alteraciones de las funciones fisiológicas
- Alteraciones neuromusculares
- Alteraciones cardiovasculares, respiratorias, endocrinas y metabólicas
- Alteraciones sensoriales y del sistema nervioso central

Efectos a largo plazo

- Riesgo para la salud de la columna vertebral.
- Síntomas y alteraciones patológicas del sistema nervioso central, del sistema musculoesquelético, del sistema circulatorio y digestivo.
- Órganos reproductores femeninos, embarazo y sistema genitourinario.

Prevención

Cuando sea posible se dará preferencia a la reducción de las vibraciones en la fuente. Para ello puede ser necesario reducir las ondulaciones del terreno o la velocidad de desplazamiento de los vehículos. Otros métodos para reducir la transmisión de las vibraciones a los operarios exigen comprender las características del entorno de las vibraciones.



FUNDAMENTO TEÓRICO

VALORES LÍMITES PERMISIBLES (TLV)

Los valores mostrados en la Tabla 24 aplican como referencia para periodos de ocho (8) horas de trabajo.

Tabla 24. Valores límites permisibles a vibraciones mano-brazo y cuerpo completo

	Valor de acción	Valor límite
Vibraciones transmitidas al sistema mano-brazo	2,5 m/s^2	5 m/s^2
Vibraciones transmitidas al cuerpo entero	0,5 m/s^2	1,15 m/s^2

Fuente: Exposición a vibraciones mecánicas. Evaluación del riesgo. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Valor límite: Representa niveles de exposición que no deben ser excedidos en ninguna jornada laboral.

Valor de acción: Representa el nivel de exposición a partir del cual se deberá ejecutar un programa de medidas técnicas y organizativas, sometiendo al trabajador a una adecuada vigilancia de la salud.

CÁLCULO DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN A VIBRACIÓN

Para obtener el nivel de exposición a vibraciones, se debe realizar el cálculo de exposición diaria A (8) la cual se refiere a la aceleración continua en una jornada de trabajo normal de 8 (ocho) horas. Para realizar el cálculo basta con tomar



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



mediciones en momentos representativos sobre las actividades durante la jornada normal de trabajo. Cálculo de la exposición:

$$A_{8} = a_{we} \frac{T_e}{T_o}$$

Donde,

a_{we} Es la energía equivalente del valor medio de la aceleración de frecuencia ponderada durante la exposición.

T_e Duración total de la exposición en un día de trabajo.

T_o Es la duración de referencia para 8 horas.

La exposición diaria puede consistir de varias actividades con diferentes magnitudes de vibración, en este caso se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$A_{8} = \frac{1}{T_o} \sum_{t=1}^n a_{wi}^2 T_i$$

Donde,

a_{we} Es la energía equivalente del valor medio de la aceleración de frecuencia ponderada durante la exposición para la actividad i.

n Número de actividades.

T_e Duración total de la exposición en un día de trabajo.

T_o Es la duración de referencia para 8 horas.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



Para el caso de **vibraciones mano-brazo** la energía equivalente a_{we} es calculada según la ISO 5349. Resulta de la raíz de la suma de cuadrados de los valores a_{wx} , a_{wy} y a_{wz} . Donde los valores “a” son los componentes ortogonales en cada una de las direcciones, cada uno con un filtro W_h . Esta suma es la llamada generalmente **Valor Total de Vibración a_{hv}** :

$$a_{we} = a_{hv} = \sqrt{a_{wx}^2 + a_{wy}^2 + a_{wz}^2}$$

Nota: para máquinas que requieren ambas manos se debe medir la exposición en cada mano y tomar el mayor dato.

Para la medición de **vibraciones de cuerpo completo** se realiza un proceso paralelo al anterior teniendo en cuenta los filtros para cada eje mostrados en la Tabla 25.

EVALUACIÓN DE RIESGOS PARA LA SALUD			
Postura	Locación	Dirección	Factor k
Sentado	Superficie de asiento	X/Y	1,4
		Z	1

Tabla 25. Factor multiplicativo según eje y localización.

El mayor valor entre las tres mediciones es usado para el cálculo del A (8). Si no existe un valor predominante, la energía equivalente a_{we} puede ser calculada usando los filtros de la siguiente forma:



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



$$a_{we} = a_{hv} = \sqrt{k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2}$$

MATERIALES Y EQUIPOS

- ✓ Guía de laboratorio.
- ✓ Medidor de vibraciones humanas mano brazo y cuerpo entero.
- ✓ Fuentes de vibraciones.
- ✓ Computador.

DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

La práctica estará dividida en dos (2) sesiones; en la primera sesión, se pretende que el estudiante realice un ejercicio en el que aplique los conceptos vistos en clase, reforzándolos con el fundamento teórico de este manual; en la segunda sesión se realizará un ejercicio práctico, en donde el estudiante deberá ir al escenario propuesto, realizar las respectivas mediciones y el análisis correspondiente.

1. PRIMERA SESIÓN: Ejercicio de aplicación de la exposición a vibraciones.

a) Ejercicio exposición a vibraciones mano-brazo.

Atornillados Ltda. es una empresa dedicada a la fabricación de componentes para automóviles (radiadores, bombas de agua, climatizadores, etc.), se utilizan en la línea de montaje herramientas manuales de accionamiento neumático, (básicamente atornilladores de diferentes tipos y tamaños). En un puesto de trabajo de la línea se utilizan dos de estas máquinas: una atornilladora para



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



tornillos de cabeza Phillips y una llave de dados para apretar tuercas. El análisis de la organización del trabajo da los siguientes resultados:

- Número de tornillos a montar: 2000 unidades/turno.
- Duración de la operación de atornillar: 5,4 segundos.
- Número de tuercas a apretar: 7500 unidades/turno
- Duración de la operación de apriete: 2,4 segundos

Las intensidades de la vibración de cada máquina, medidas en la empuñadura, en cada eje dieron los resultados que se indican en la tabla siguiente.

Aceleración equivalente correspondiente a cada eje de acuerdo al uso de cada máquina para la exposición mano-brazo

Fuente vibratoria	Aceleración Equivalente (a_w) [m/s^2]		
	Eje X	Eje Y	Eje Z
Atornilladora	3,4	0,2	4,6
Aprietatuercas	5,2	3,6	1,1

- a) De acuerdo al análisis de la organización del trabajo y considerando la realización de un turno, diligencie la siguiente tabla:



TURNO DE TRABAJO				
TAREA	N° UNIDADES/TURNO	DURACIÓN DE LA OPERACIÓN/UNIDAD [s]	TIEMPO TOTAL DE EXPOSICIÓN A LA TAREA	
			[s]	[hr]
Atornillado				
Apriete de tuercas				

- b) Realice los cálculos respectivos para hallar los valores de aceleración equivalentes ponderados por cada eje de exposición.
- c) ¿Cuál es el valor total de las vibraciones en este puesto de trabajo?
- d) ¿El resultado del literal anterior se encuentra dentro de los valores límites permisibles? Realice un análisis de la situación.
- e) Si las mediciones realizadas superan los valores límites permisibles, considere que medidas de control deberían aplicarse con el uso de estas máquinas; de lo contrario proponga medidas preventivas.

b) Ejercicio de aplicación de la exposición cuerpo entero.

Carlos García es un Operador de Máquinas Rodantes que opera tres grúas durante su jornada de trabajo. Las intensidades de la vibración de cada máquina,



medidas en el asiento en cada eje, dieron los resultados que se indican en la siguiente tabla:

Aceleración equivalente correspondiente a cada eje de acuerdo a la fuente vibratoria para la exposición cuerpo entero

Fuente Vibratoria	Tiempo de uso [h]	Aceleración equivalente ponderada en frecuencia [m/s ²]		
		Eje X	Eje Y	Eje Z
Grúa 1	2,5	0,45	0,35	0,55
Grúa 2	3,0	0,69	0,50	0,50
Grúa 3	2,5	0,40	0,75	0,77

- Realice los cálculos respectivos para hallar los valores de aceleración equivalentes ponderados por cada eje de exposición.
- ¿Cuál es el valor total de las vibraciones en este puesto de trabajo?
- ¿El resultado del literal anterior se encuentra dentro de los valores límites permisibles? Realice un análisis de la situación.
- Si las mediciones realizadas superan los valores límites permisibles, considere que medidas de control deberían aplicarse con el uso de estas máquinas; de lo contrario proponga medidas preventivas.



2. SEGUNDA SESIÓN: Ejercicio práctico de la exposición a vibración.

La Escuela de Estudios Industriales y Empresariales cuenta con un espacio destinado al laboratorio de calidad, es por ello que se quiere aprovechar este espacio para realizar la práctica de vibración, en la cual los estudiantes van a interactuar con un taladro sobre una superficie plana hecha en madera, en la cual van a simular la apertura de una serie de huecos, mientras que sus compañeros del grupo van tomando las mediciones respectivas para llenar la siguiente tabla:

- ✓ Tomar 4 mediciones cada una de 4 minutos.

Fuente vibratoria TALADRO	Aceleración Equivalente (a_w) [m/s^2]		
	Eje X	Eje Y	Eje Z
Medición 1			
Medición 2			
Medición 3			
Medición 4			

En base a lo anterior y asumiendo que:

- Medición 1: Se realiza 30 veces.
- Medición 2: Se realiza 40 veces.
- Medición 3: Se realiza 20 veces.
- Medición 4: Se realiza 30 veces.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



Responder las siguientes preguntas:

- a) Realice los cálculos respectivos para hallar los valores de aceleración equivalentes ponderados por cada eje de exposición.
- b) ¿Cuál es el valor total de las vibraciones en este puesto de trabajo?
- c) ¿Los valores arrojados están dentro de los límites permisibles?
- d) ¿Qué medidas preventivas sugieren para mitigar los efectos que puede generar el uso prolongado del taladro?



Universidad
Industrial de
Santander



PRACTICA 3

MATERIAL PARTICULADO

RIESGO QUÍMICO



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
ASIGNATURA: SALUD OCUPACIONAL



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



PRÁCTICA # 3. MATERIAL PARTICULADO

INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica es hoy un tema de alto interés puesto que en los últimos años esta ha ido en aumento por la emisión de una gran cantidad de contaminantes que generan diversas fuentes y en muchos de los casos sin ningún tipo de control.

En relación a lo anterior es importante identificar las principales fuentes emisoras de contaminación, el tipo y cantidad (es decir, conocer qué y cuanto se emite de contaminantes como resultado de los procesos industriales, la operación de vehículos automotores y otras actividades específicas) . En este manual se estudiará la emisión de material particulado por parte de la Universidad Industrial de Santander, la cual tiene diversas fuentes de emisión, en este caso se estudiará el MP emitido en la carpintería de la División de Planta Física del campus universitario.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Conocer y aplicar los conceptos básicos del factor de riesgo químico a estudiar, con el fin de que el estudiante pueda aplicarlos en su desempeño profesional.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer e identificar los conceptos básicos del factor de riesgo químico material particulado.
- Conocer el equipo utilizado para la medición de material particulado.
- Conocer, entender y aplicar el método de evaluación del riesgo por exposición a material particulado.
- Evaluar los niveles de riesgo permisibles por exposición a material particulado en el área de estudio.
- Determinar la concentración de material particulado en el sitio de estudio.

CONCEPTOS BÁSICOS

ANÁLISIS POR GRAVIMETRÍA: El análisis gravimétrico involucra dos etapas generales esenciales:

1. La separación del componente que se desea cuantificar
2. La pesada exacta y precisa del componente separado.

Los métodos de análisis gravimétrico se pueden clasificar en tres grandes grupos: métodos gravimétricos por volatilización o destilación, métodos gravimétricos por extracción y métodos gravimétricos por precipitación.

Cabe señalar que un método gravimétrico puede involucrar uno o más procedimientos de separación, pero esta clasificación se basa en la consideración de la técnica de separación predominante en uno u otro método.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



Las gravimetrías son técnicas en la que la determinación final se basa en una pesada en una balanza analítica. La mayor precaución que hay que tener es que si lo que vamos a pesar ha sido previamente calentado, el enfriamiento se realice en ausencia de humedad, para ello se usan desecadores. Esto es importante, porque si no se pesa agua.

MATERIAL PARTICULADO: El material particulado atmosférico se define como un conjunto de partículas sólidas y/o líquidas presentes en suspensión en la atmósfera (8). Dependiendo del tamaño de la partícula, éstas se pueden clasificar en partículas en suspensión, que representan la fracción respirable (diámetro menos a 10 μm) y partículas sedimentales (diámetro mayor a 10 μm); El primer tipo de partículas son las causales de los problemas ambientales porque permanecen por largo tiempo en la atmósfera.

El material particulado atmosférico puede ser de origen natural o antropogénico y producirse en forma directa (partículas primarias) o mediante reacciones químicas (partículas secundarias). Estas reacciones son producto de la interacción entre gases precursores en la atmósfera que forman una nueva partícula por condensación u originan un nuevo aerosol por adsorción o coagulación entre partículas y gases. (9). Con base en lo anterior se deduce que el MP puede tener diversos orígenes y es producto de diversos compuestos orgánicos e inorgánicos, con diferentes tamaños y variada composición química.

EFFECTOS DEL MATERIAL PARTICULADO EN LA SALUD HUMANA

Los datos a la salud provocados por la exposición a material particulado en el aire dependen de la granulometría, morfología y la composición química de las



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



partículas, el tiempo de exposición y la susceptibilidad de cada persona. Mientras más finas sean las partículas más grande es el daño en el organismo debido a su mayor área efectiva para un mismo nivel de concentración masiva en el aire, su mayor capacidad de penetración y mayor reactividad química (10).

EL POLVO DE MADERA Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN

- **EL RIESGO DEL POLVO DE MADERA**

La exposición a polvo en el lugar de trabajo es un problema que afecta a muchos y muy diversos sectores (minería, fundición, canteras, panaderías, etc.) pero de manera especial al sector de la madera. A diferencia de otros sectores como la minería, la exposición al polvo en el sector de la madera puede dar lugar a una amplia gama de enfermedades profesionales, desde enfermedades respiratorias (asma, bronquitis crónica, enfisema pulmonar) en las que la exposición laboral a polvo juega un papel importante hasta dermatitis e incluso cáncer.

Los riesgos derivados de la exposición se pueden producir por concentración ambiental del polvo, por la sequedad de la madera, por los contenidos de taninos y por la posible presencia de otros elementos contaminantes como barnices, pinturas y tratamientos específicos. Entendemos por polvo la dispersión de partículas sólidas en el ambiente. Cuando estas partículas son más largas que anchas hablamos de fibras.

La medida de la concentración de polvo suele referirse a 8 horas/día, por tratarse de la jornada diaria media más habitual, por lo que si el tiempo de exposición es mayor o menor deberá ajustarse el cálculo a la realidad. También hay que tener en cuenta que el riesgo de exposición a polvo puede incrementarse por



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



condiciones de trabajo que provoquen un aumento de la respiración: calor, esfuerzo físico, estrés, etc.

El polvo de la madera es un factor de riesgo por las mismas propiedades de la madera, pues aunque se compone principalmente de celulosa, poliosas y lignina, también contiene diversos compuestos orgánicos biológicamente activos. Por ello los efectos para la salud varían según la especie de árbol, en función de sus productos químicos naturales, conocidos como extractivos, que también varían según la especie, como la causa de los efectos para la salud asociados a la exposición a la madera.

La exposición laboral al polvo de madera, al serrín, debido al tamaño de las partículas generadas por las operaciones de las industrias madereras puede causar diversos efectos sobre el sistema respiratorio superior en especial en la nariz, en los senos nasales, causando diversas enfermedades como rinitis, sinusitis, obstrucción nasal y eliminación mucociliar deficiente. Pero también puede ser causante de enfermedades en el tracto respiratorio inferior como el asma, la bronquitis crónica y la obstrucción respiratoria crónica.

- **LÍMITES DE EXPOSICIÓN A POLVO DE MADERA**

La NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) establece un límite de exposición recomendado REL de $1 \frac{mg}{m^3}$ para polvo de madera, como valor TWA calculado para un periodo de 10 horas/día y 40 horas/semana. (NIOSH, 1992).



TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS

Las partículas más pequeñas en principio son las más peligrosas pues permanecen más tiempo en el aire y pueden penetrar hasta los lugares más profundos de los bronquios. A estos efectos se ha acuñado el concepto de “polvo respirable”, es decir, la fracción de polvo que puede penetrar hasta los alvéolos pulmonares. Y se suelen fijar en los estudios especializados de carácter técnico las siguientes cantidades:

Tamaño de las partículas	Capacidad de penetración pulmonar
> 50 micras	No pueden inhalarse
100 – 50 micras	Retención en nariz y garganta
< 50 micras	Penetran hasta el alvéolo pulmonar

Tabla 26. Capacidad de penetración pulmonar respecto al tamaño de las partículas
1 micra = 0,001 mm

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

CÁLCULO DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO

Para obtener el nivel de exposición a material particulado, se debe realizar el cálculo de la concentración de material particulado en el ambiente. Para esto, se efectúan los siguientes cálculos:

$$CONCENTRACIÓN = \frac{\text{Peso Ganado}}{\text{Volúmen de aire}} \left[\frac{mg}{m^3} \right]$$

$$PESO GANADO = \text{Peso Final} - \text{Peso Inicial}$$

Peso inicial: Peso del filtro antes de hacer la medición de material particulado.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



Peso final: Peso del filtro después de hacer la medición de material particulado.

En el caso que se realice más de un monitoreo, se debe hallar la concentración media ponderada aplicando la siguiente fórmula:

$$CONCENTRACIÓN MEDIA PONDERADA = \frac{C1 * t1 + C2 * t2 \dots + Cn * tn}{T} \frac{mg}{m^3}$$

Cn: Concentración del material en el tiempo t.

T: Tiempo total de la exposición.

GRADO DE RIESGO

Corresponde a la relación entre la concentración y el valor límite permisible.

$$GRADO DE RIESGO = \frac{Concentración}{Valor Límite Permisible}$$

GR>1: El trabajador se encuentra sobre-expuesto a alta concentración de material particulado.

GR=1: El trabajador se encuentra en el umbral.

GR<1: El trabajador no se encuentra sobre-expuesto a alta concentración de material particulado.

MATERIALES Y EQUIPOS

- Guía de laboratorio.
- Fuentes de material particulado.
- Computador.



- Bomba de muestreo.

DESCRIPCIÓN DE LA PRÁCTICA

La práctica se realizará en dos (2) sesiones; en la primera sesión, se pretende que el estudiante realice un ejercicio en el que aplique los conceptos vistos en clase y reforzados en el fundamento teórico de este manual; en la segunda sesión se realizará un ejercicio práctico, en donde el estudiante deberá ir al escenario propuesto, realizar las respectivas mediciones y el análisis correspondiente.

1. PRIMERA SESIÓN: Ejercicio de aplicación de la exposición a material particulado.

En una empresa dedicada a la fabricación de muebles de madera, en la planta de maquinado, 10 trabajadores están expuestos a material particulado de madera (TLV TWA 1 mg/m³). Se realizó un monitoreo con bombas gravimétricas durante las 10 horas de la jornada laboral en la planta. Los datos obtenidos son los siguientes:

Peso Inicial del filtro: 0.0135 mg

Peso Final del filtro: 0.987 mg

Flujo de la bomba: 1.7 lt/min

1. Establezca la concentración de polvo de madera en el ambiente.
2. Establezca el Grado de Riesgo.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



3. Establezca la concentración media ponderada si en lugar de realizar un único monitoreo, se hubiese realizado cuatro monitoreos de 2,5 horas cada uno con los siguientes resultados:
 - Monitoreo 1: Peso Final del filtro = 0.201mg
 - Monitoreo 2: Peso Final del filtro = 0.235 mg
 - Monitoreo 3: Peso Final del filtro = 0.290 mg
 - Monitoreo 4: Peso Final del filtro = 0.305 mg
4. ¿Cuál de las dos estrategias de muestreo recomienda y por qué?
5. ¿Qué conclusiones y recomendaciones generales son pertinentes respecto de los resultados de este estudio higiénico?

2. SEGUNDA SESIÓN: Ejercicio práctico de la exposición a material particulado.

En la División de Planta Física de la Universidad Industrial de Santander se realizan labores de carpintería dentro de las cuales se encuentra el uso de máquinas cepilladoras, planeadoras de madera, sierra sin fin, etc. Estas actividades producen material particulado en el área de trabajo y se requiere hacer un análisis de las condiciones laborales de los trabajadores y evaluar el grado de riesgo al que encuentran expuestos.

Los estudiantes se dirigirán a la carpintería de Planta Física en la cual observarán los procesos realizados allí por parte del personal autorizado. Con respecto a esto,



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



los estudiantes con ayuda del equipo suministrado por el docente encargado, además de los elementos de protección personal requeridos harán las mediciones respectivas para su posterior análisis.

a. Diligencie el siguiente formato:

POLVO DE MADERA	
Fecha	
Puesto de trabajo	
Nombre trabajador	
Equipo	
Peso inicial	
EPP's utilizados	
Peso final	
Volumen de aire	
Tiempo muestreado	

- b. Con las mediciones realizadas, calcule la concentración de material particulado en el puesto de trabajo escogido.
- c. ¿En qué grado de riesgo se encuentra el trabajador en este puesto de trabajo?
- d. Según los EPP's usados por el trabajador, ¿Cree que son suficientes para prevenir enfermedad profesional por exposición al material particulado? ¿Qué otros EPP's sugiere que se deben usar durante estos procesos?



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



- e. ¿Qué medidas de control del riesgo cree usted que se pueden implementar en el área de trabajo?



BIBLIOGRAFÍA

CENTRO TECNOLÓGICO DEL MÁRMOL Y LA PIEDRA. El polvo de madera: Riesgo laboral y su prevención. España. 2010. 130 p.

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO. Facultad de Ingeniería Industrial. Laboratorio de producción. Vibración protocolo. Edición 2011. 12p.

FEDERACIÓN ESTATAL DE CONSTRUCCIÓN, MADERAS Y AFINES FECOMA. Análisis y evaluación de los riesgos medioambientales y de la salud en la manipulación y transformación. España. 2012. 65 p.

HERRICK, Robert F. Capítulo 30: Higiene y seguridad Industrial. En: Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo de la OIT. España. INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). 2012.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Evaluación ambiental aire, ambiente, determinación de a concentración de partículas suspendidas en el aire. NTC 3704. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) .Colombia. 1995. 34p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Vibración mecánica y choque. Evaluación de la exposición de los seres humanos a la vibración de todo el cuerpo. Parte 1. Requisitos generales. NTC 5436-1.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) .Colombia. 2006. 34p.

INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. Vibración mecánica y choque. Evaluación de la exposición de los seres humanos a la vibración de todo el cuerpo. Parte 2: Vibración en edificaciones. NTC 5436-2. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC) .Colombia. 2006. 34p.

MICHAEL J. GRIFFIN. Capítulo 50. Vibraciones. En: Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. España. INSHT (instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). 2012.

MONDELO, Pedro; GREGORI, Enrique; COMAS, Santiago; CASTEJÓN, Emilio; otros. Valores WBGT permisibles. Ergonomía 2. Confort y estrés térmico. 3ra Edición. Alfaomega. México. 2001. 109 p.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA. Servicio integrado de prevención de riesgos laborales: vibraciones. En: Manuales, procedimientos, instrucciones. Seguridad en laboratorios y talleres. España. 2010. 16p.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER. Informes suministrados por Seguridad Industrial y Salud Ocupacional con respecto a mediciones hechas de material particulado.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Asignatura: Salud Ocupacional



VOGT, Jean-Jacques. Capítulo 42: Calor Y Frio. En: Enciclopedia De Salud Y Seguridad En El Trabajo de la OIT. España. INSHT (instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). 2012.

ZUMBADO H. Introducción al análisis químico. Universidad de la Habana. Cuba. 2005.

Anexo C. Encuesta De Satisfacción

ENCUESTA DE SATISFACCIÓN

GRUPO _____

La siguiente encuesta se realizará con el fin de conocer la opinión de los estudiantes acerca de la metodología aplicada durante las pruebas piloto para las prácticas de vibración, temperatura y material particulado.

Para calificar las preguntas, seleccione una opción utilizando la escala de valoración que se describe a continuación:

- 1- Malo
- 2- Regular
- 3- Bueno
- 4- Excelente

1. ¿Cómo le pareció la forma en la que se encuentra estructurada y presentada la información en los manuales de prácticas?

1	2	3	4
---	---	---	---

2. La forma en la que se presentó la información permitió que el aprendizaje de la temática planteada fuera:

1	2	3	4
---	---	---	---

3. ¿Qué tan útil fue la fundamentación teórica al momento de realizar los ejercicios prácticos?

1	2	3	4
---	---	---	---

4. ¿Cómo consideró el diseño y realización de las prácticas de laboratorio (pruebas piloto)?

1	2	3	4
---	---	---	---

5. Considera que involucrar el componente práctico a la temática de Salud Ocupacional es:

1	2	3	4
---	---	---	---

6. Considera que reforzar los conocimientos teóricos con las prácticas de laboratorio es:

1	2	3	4
---	---	---	---

7. ¿Cómo califica la facilidad para utilizar la plataforma moodle para poder acceder a los manuales de laboratorio?

1	2	3	4
---	---	---	---

8. ¿La realización de las prácticas fue interesante, abarcó la temática vista en clase y llenó sus expectativas?

9. Observaciones:

MANUAL DE EQUIPOS DE LABORATORIO

ASIGNATURA: SALUD OCUPACIONAL



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES

2014



TABLA DE CONTENIDO

MONITOR DE STRESS TÉRMICO PARA ÁREA MARCA 3M QUEST, MODELO QUESTEMP 36-2”	194
FUNCIONAMIENTO DEL TECLADO	195
O Enter	195
Flecha arriba.....	195
Flecha abajo	195
Run / Stop.....	195
Escapar / mover atrás una pantalla	196
Encendido / apagado y funcionamiento básico.....	196
SENSORES	197
Termómetro de Bulbo Húmedo.....	198
Termómetro de Globo.....	199
Termómetro de bulbo seco	199
Sensor de humedad relativa	199
CÁLCULO TRI - SENSOR Y CABLE REMOTO.....	199
Tri - sensor Promedio Ponderado.....	200
MEDICIONES.....	201
Temperatura de bulbo húmedo.....	202
Índice de calor / Humidex	202



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



FUNCIONAMIENTO QUESTEMP 34.....	203
Ver / View	203
Configuración / Setup	204
Restablecer / Reset	205
Ejecución / Run.....	205
ÍTEMS MOSTRADOS	206
REGISTRO DE DATOS	207
ESPECIFICACIONES	208
CALIBRADOR DE VIBRACIONES SV111	210
GUIA RÁPIDA DE FUNCIONAMIENTO.....	211
TECLADO	212
INSTALACIÓN	213
FORMA DE INSTALACIÓN.....	215
PROGRAMACIÓN	215
DATOS TÉCNICOS	218
MEDIDOR DE VIBRACIONES SV 106.....	219
CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	220
ACCESORIOS INCLUIDOS.....	221
MANUAL DE CONTROL DEL EQUIPO.....	221
BOTONES DE CONTROL PANEL FRONTAL	221
ENTRADA Y SALIDA DE LOS CONECTORES DEL EQUIPO	226



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



Cubierta superior del equipo.....	226
Cubierta inferior del equipo.....	226
CONCEPTOS BÁSICOS DE CONTROL DEL EQUIPO.....	227
Menú principal	227
Ingresando a las opciones.....	228
Lista de los parámetros.....	228
Matriz de los parámetros	229
Los parámetros complejos.....	230
ABASTECER EL EQUIPO	231
DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DEL EQUIPO.....	231
FUNCIONES DE MEDICIÓN DEL EQUIPO.....	233
Descarga y carga de datos.....	234
Cálculo de mano- brazo y resultados diarios de todo el cuerpo	234
Tiempo de Exposición	237
Mano-Brazo resultados de dosis diarias.....	238
Resultados de dosis diarias de todo el cuerpo	239
Mano-Brazo resultados parciales	239
Resultados parciales de cuerpo completo	240
GILAIR PLUS.....	242
DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	244
VISTA GENERAL.....	244



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



CONEXIONES	245
PREPARACIÓN	245
INICIO DE LA BOMBA	246
Encendido.....	246
Modo reposo.....	246
Apagado	247
Navegación.....	247
Pantallas	248
DETALLES DEL MENÚ	250
DETALLES DE LA PANTALLA REPOSO	251
DETALLES DE LA PANTALLA DE MEDIDA EN CAUDAL CONSTANTE	251
PANTALLA PROGRAMA	253
PANTALLA STP	253
AJUSTE DE CAUDAL (CC/MIN)	254
Ajuste del rango del caudal.....	254
CALIBRACIÓN DEL SENSOR.....	256
CONDICIÓN DE FALLO, CAUSA Y AVISO EN PANTALLA.....	256
AJUSTES (PROG.)	258
OPCIONES DE MIDIENDO.....	258
PRESIÓN ESTÁNDAR (MMHG)	259
MODO DE CONTROL.....	260



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



CAMBIO DE LA BATERÍA.....	262
MANTENIMIENTO DEL FILTRO DE LA BOMBA	262
CALIBRADOR TSI™ Modelo 4140	264
BIBLIOGRAFÍA.....	266



LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Monitor de Stress térmico – QuesTemp 36-2”	196
Ilustración 2. Menú principal del QUESTemp 36-2”	196
Ilustración 3. Sensores del Monitor de Stress Térmico	197
Ilustración 4. Llenado del depósito del bulbo húmedo	198
Ilustración 5. Puertos identificados	201
Ilustración 6. Visualización de datos medidos	203
Ilustración 7. Configuración seleccionada en el menú principal.....	204
Ilustración 8. Indicador del modo de funcionamiento	206
Ilustración 9. Ejemplo de tabla de memoria	208
Ilustración 10. Calibrador de vibraciones SV111	211
Ilustración 11. Teclado del calibrador SV111.....	212
Ilustración 12. Tapa del calibrador SV111	213
Ilustración 13. Soporte de la tapa del calibrador SV111	213
Ilustración 14. Llave de la tapa del calibrador SV11	214
Ilustración 15. Disco Tapa del calibrador SV111	214
Ilustración 16. Sensor de Tapa del calibrador SV111	214
Ilustración 17. Sistema de soporte del calibrador SV111.....	215
Ilustración 18. Teclado del medidor de vibraciones SV 106	222
Ilustración 19. Puertos de Entrada y salida del medidor de vibraciones SV 106 .	227
Ilustración 20. Pantalla del menú del medidor de vibraciones SV 106.....	228
Ilustración 21. Opciones del medidor de vibraciones SV 106	228
Ilustración 22. Ajustes del medidor de vibraciones SV 106	229
Ilustración 23. Matriz de los parámetros del medidor de vibraciones SV 106	229



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



Ilustración 24. Parámetros complejos del medidor de vibraciones SV 106.....	230
Ilustración 25. Pantalla para guardar datos del medidor de vibraciones SV 106 .	230
Ilustración 26. Función de medición del medidor de vibraciones SV 106	232
Ilustración 27. Función de medición del medidor de vibraciones SV 106	233
Ilustración 28. Descarga de datos del medidor de vibraciones SV 106	234
Ilustración 29. Opción calculator del medidor de vibraciones SV 106.....	235
Ilustración 30. Opción Selected del medidor de vibraciones SV 106	235
Ilustración 31. Mensaje invalid file content del medidor de vibraciones SV 106 ..	236
Ilustración 32. Opción cambiar el archivo del medidor de vibraciones SV 106	236
Ilustración 33. Opción tiempo de exposición del medidor de vibraciones SV 106	238
Ilustración 34. Resultados de dosis del medidor de vibraciones SV 106	238
Ilustración 35. Opción HA Daily Results del medidor de vibraciones SV 106	239
Ilustración 36. Opción HA Daily results del medidor de vibraciones SV 106	239
Ilustración 37. Opción HA Partial Results del medidor de vibraciones SV 106	239
Ilustración 38. Opción WB PArtial Results del medidor de vibraciones SV 106..	240
Ilustración 39. Opción Simple Mode del medidor de vibraciones SV 106	240
Ilustración 40. Identificadores de la bomba GilAir Plus	243
Ilustración 41. Parámetros Bomba GilAir Plus	244
Ilustración 42. Bomba Gilair Plus	255
Ilustración 43. Rango de caudal ajustado de la bomba Gilair Plus	255
Ilustración 44. Válvula de control del caudal de la bomba Gilair Plus	256



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Mediciones a las que se puede acceder en la pantalla.....	207
Tabla 2. Niveles de frecuencia establecidos del calibrador SV111.....	216
Tabla 3. Especificaciones técnicas del calibrador SV11.....	218
Tabla 4. Resumen herramientas más utilizadas del medidor de vibraciones SV 106	233
Tabla 5. Botones de navegación de la bomba GilAir Plus.....	247
Tabla 6. Pantallas de navegación de la bomba Gilair Plus.....	249



**MONITOR DE STRESS TÉRMICO PARA ÁREA MARCA 3M QUEST, MODELO
QUESTEMP 36-2"**



Los modelos QUESTemp^o 34/36 son monitores portátiles de estrés térmico que están diseñados para ser robustos, fácil de usar instrumentos para evaluar con rapidez y precisión el potencial de estrés térmico individual basado en las condiciones ambientales.

Estos modelos están diseñados para la temperatura de bulbo seco, la temperatura de bulbo húmedo, temperatura global, el índice WBGT en interiores, el índice WBGT exterior, humedad relativa, y el Índice de Calor o Humidex.



FUNCIONAMIENTO DEL TECLADO

La unidad funciona con un teclado de 4 teclas. El I / O Enter responde cuando la tecla se libera mientras que todas las demás teclas responden cuando se pulsa la tecla.

O Enter

La unidad se enciende con sólo pulsar una vez la tecla. La unidad se apaga manteniendo pulsada la tecla abajo mientras una cuenta regresiva de 3-2-1 ocurre en la esquina inferior derecha de la pantalla. Esta tecla también se utiliza para seleccionar un modo (por ejemplo, el programa de instalación o Vista) o entrar en la configuración de cambios. Al pulsar y soltar la tecla durante la visualización de las temperaturas hace que la pantalla permita ver la siguiente barra de sensores disponibles (se indica en la esquina superior derecha de la pantalla).

Flecha arriba

Cambia los puntos que aparecen en la pantalla. Se desplaza hacia arriba.

Flecha abajo

Cambia los puntos que aparecen en la pantalla. Se desplaza hacia abajo.

Run / Stop

De los modos de menú o ver, pulse esta tecla para iniciar y finalizar el modo de ejecución. Al pulsar esta tecla se saldrá de la configuración, imprimirá o restablecerá los modos.



Escapar / mover atrás una pantalla

Si usted está en la configuración, impresión, restaurar o pantallas de calibración, puede presionar la tecla Run/Stop para escapar o retroceder una pantalla.



Ilustración 5. Monitor de Stress térmico – QuesTemp 36-2”

Encendido / apagado y funcionamiento básico

Para llegar rápidamente a empezar con el modelo QUESTemp 36-2”, la siguiente sección explica cómo encender el instrumento, ejecutar, y detener la sesión.

1. Pulse la tecla I / O Enter para activar. En seguida la información sobre el modelo y la revisión aparece en la pantalla y el menú principal.

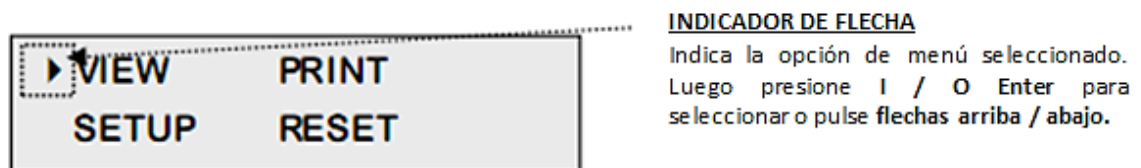


Ilustración 6. Menú principal del QUESTemp 36-2”



2. Pulse la tecla I / O Enter (cuando se selecciona la vista) para acceder a las pantallas de medición.
3. Para ver diferentes mediciones, presione la tecla de flecha arriba o abajo para desplazarse por los puntos de vista.
 - *NOTA: Hay 5 idiomas seleccionables por el usuario. Si usted ve los campos como Wet, Dry, WBGTi y WBGT0 esto indica que las mediciones se están mostrando en inglés.*
4. Para volver al menú principal, mantenga pulsada la tecla I/O Enter (3, 2, 1 cuenta hacia atrás) y el menú principal se mostrará.
5. Para apagar, mantenga pulsada la tecla I/O Enter desde el menú principal.

SENSORES



- A. Termómetro de Globo
- B. Termómetro de Bulbo Húmedo
- C. Termómetro de Bulbo Seco

Ilustración 7. Sensores del Monitor de Stress Térmico



Termómetro de Bulbo Húmedo

El termómetro de bulbo húmedo natural, da una indicación de los efectos de la humedad en un individuo. La humedad relativa del aire y velocidad del viento se tienen en cuenta mediante la medición de la cantidad de enfriamiento por evaporación que tiene lugar en un termómetro cubierto con una mecha humedecida.

Compruebe la mecha y el relleno de bulbo húmedo

El QUESTemp utiliza una mecha de algodón sumergido en un depósito que contiene agua destilada. El agua del grifo no se debe utilizar, ya que los contaminantes que quedan después de la evaporación acortará la vida útil de la mecha y provocará lecturas altas. Si la mecha es descolorida debe ser reemplazada. Para sustituir la mecha, deslice la mecha vieja fuera de la parte superior del sensor. Coloque una nueva mecha sobre el sensor, asegurándose de que la parte inferior de la mecha está abajo en el depósito.



Llenar el depósito del bulbo húmedo

1. Retire la tapa del depósito y llénelo con agua destilada o agua des ionizada.
2. Reemplace la tapa del depósito.

Ilustración 8. Llenado del depósito del bulbo húmedo



Termómetro de Globo

El termómetro de globo (posición izquierda) da una indicación de la exposición al calor radiante en un individuo ya sea debido a la luz solar directa o de objetos calientes en el medio ambiente. Esto es logrado mediante la colocación de un sensor de temperatura dentro de una esfera de cobre ennegrecido y la medición de la elevación de temperatura. El índice WBGT se basa en la respuesta de un globo de 6 pulgadas de diámetro. El QUESTemp utiliza un globo de 2 pulgadas de diámetro para un tiempo de respuesta más rápido. La temperatura del globo de 2 pulgadas está correlacionada para que coincida con un globo 6 pulgadas.

Termómetro de bulbo seco

El termómetro de bulbo seco (posición derecha) mide la temperatura del aire del ambiente. Esta medición se utiliza en el cálculo WBGT al aire libre cuando una alta carga de calor solar radiante puede estar presente. La serie de placas blancas que rodean el sensor lo protegen del calor radiante.

Sensor de humedad relativa

Un sensor de humedad relativa se encuentra en un compartimento interior de la carcasa de la barra sensor. Las ranuras en la carcasa permiten que el aire circule alrededor del sensor.

CÁLCULO TRI - SENSOR Y CABLE REMOTO

La barra de la parte superior del sensor (sensor 1) puede ser removido del instrumento y utilizar a través de un cable remoto. Refugie el instrumento a distancia de la barra del sensor si el entorno medido espera lluvia fuerte o si las temperaturas están por encima de 60°C.



Las tomas del sensor 2 y el sensor 3 en el lado del instrumento permitirá en simultánea el seguimiento de hasta tres conjuntos de sensores que utilizan cables de conexión.

Longitudes de cable de hasta doscientos pies (61 metros) se pueden usar sin una disminución en la exactitud proporcionada el medio ambiente no contiene campos electromagnéticos fuertes.

Los datos de estas matrices se pueden ver por separado o combinados en una ponderada lectura WBGT promedio por ISO 7243. Cambie la barra de sensor que se muestra pulsando y soltando la tecla enter. La esquina superior derecha de la pantalla muestra la barra de sensor de corriente. 1 se refiere a la barra de sensor superior, 2 y 3 están etiquetados en el lado de la unidad, W indica el promedio ponderado que sólo aparece si se muestra un WBGT y las tres barras de los sensores se adjuntan.

Tri - sensor Promedio Ponderado

Por las recomendaciones descritas en la norma ISO 7243:1989, cuando la temperatura en el espacio que rodea a un trabajador no es uniforme, es necesario para determinar el índice WBGT en tres alturas correspondientes a los tobillos de los trabajadores, el abdomen y la cabeza y le realizará un promedio ponderado de los valores. Se calcula usando la fórmula:

$$WBGT_w = \frac{(WBGT \text{ cabeza} + (2 \times WBGT \text{ abdomen}) + WBGT \text{ tobillos})}{4}$$



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



El QUESTemp asigna siempre la barra de sensor superior la doble ponderación. Este cálculo se muestra si una pantalla WBGT se ha seleccionado y si 3 series de sensores están conectados.

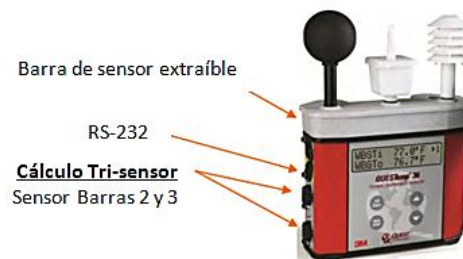


Ilustración 9. Puertos identificados

MEDICIONES

El monitor de estrés térmico QUESTemp^o detecta directamente los cuatro parámetros: ambiente o temperatura de bulbo seco (DB), la temperatura de bulbo húmedo (WB), temperatura de globo (G), y humedad relativa (HR).

El QT^o 36 computa la temperatura de globo y bulbo húmedo (WBGT) y el índice de calor (HI). El uso de insumos en el lado del instrumento, dos series de sensores adicionales pueden monitorizar hasta tres ubicaciones simultáneamente.

El uso de software QuestSuite™ Professional II, se puede determinar los índices de confort térmico y Predicción Voto Promedio (PMV).



Temperatura de bulbo húmedo

El WBGT es un promedio ponderado de los tres sensores de temperatura, un termómetro globo, un termómetro de bulbo húmedo, y un termómetro de bulbo seco, utilizando las ecuaciones que figuran a continuación:

$$\text{WBGT (interior)} = 0.7\text{WB} + 0.3\text{G} \text{ (indicada como " WBGTi " en la pantalla)}$$

$$\text{WBGT (al aire libre)} = 0.7\text{WB} + 0.2\text{G} + 0,1 \text{ DB (indicada como " WBGT0 " en la pantalla)}$$

Los valores WBGT resultantes pueden ser comparados a los índices de los regímenes de trabajo-descanso (tiempos de permanencia) en base a la carga de trabajo.

Índice de calor / Humidex

El índice de calor se determina utilizando la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa. En base a los gráficos disponibles desde el Servicio Meteorológico Nacional de Estados Unidos, Índice de calor representa cómo una persona promedio se siente con respecto a las condiciones climáticas. Para una temperatura dada, cuanto mayor sea la humedad, mayor será el índice de calor.

El índice de calor se define en un rango de temperatura de 70°F -120°F (21°C – 49°C) y una humedad relativa del 30 % - 99 %. Fuera de este rango, el instrumento mostrará guiones en la pantalla para el índice de calor.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



El Humidex, utilizados principalmente en Canadá, funciona similar al concepto Índice de calor. Los valores son ligeramente diferentes. El Humidex se define en un rango de temperatura de 70°F-109°F (21°C - 43°C) y una humedad relativa del 20 % - 99 %. Fuera de este rango, el instrumento mostrará guiones en la pantalla durante la Humidex.

FUNCIONAMIENTO QUESTEMP 34

Utilice las teclas de flecha arriba y abajo para mover el marcador en la pantalla delante del modo deseado. Al pulsar la tecla O / I Enter seleccionará el modo.

Ver / View

Muestra los datos medidos, pero no registrados. Si más de un conjunto de sensores está conectado a la unidad, éstos se pueden visualizar pulsando y soltando la tecla I / O Enter. El conjunto de sensores que se muestra se muestra en la esquina superior derecha.



Ilustración 10. Visualización de datos medidos

- *NOTA: Para volver al menú, mantenga pulsada la tecla O / I Enter mientras que un 3, 2, 1 (cuenta regresiva) se muestra en la esquina*



inferior derecha de la pantalla. A continuación, aparecerá la pantalla del menú.

Configuración / Setup

La pantalla de configuración se utiliza para cambiar los siguientes parámetros: unidades de temperatura, idioma, hora, fecha, seleccionando entre índice de calor y Humidex y el establecimiento de los parámetros de tiempo de permanencia.

- Para parámetros de configuración se hace lo siguiente:

1. En el menú principal, selecciona Configuración pulsando la tecla I / O Enter.

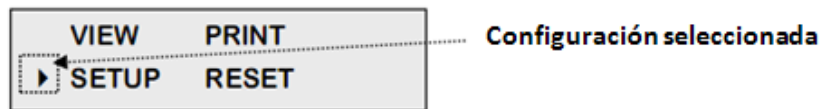


Ilustración 11. Configuración seleccionada en el menú principal

2. Utilice las teclas de flecha para seleccionar un elemento (que se enumeran más abajo):
 - Temperatura: Celsius, Fahrenheit.
 - Idioma: Inglés, Español, Francés, Italiano, Alemán.
 - Tiempo: solamente reloj de 24 horas.
 - Fecha: formato de día-mes-año.
 - Cambio de registro: 1, 2, 5, 10, 15, 30, 60 minutos.
 - Índice de calor (Estados Unidos), Humidex (Canadá).



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



- Flujo: On, Off.
 - Índice: ninguno, ACGIH, Navy, EPRI y seleccione: WBGTi (interior), WBGT_o (al aire libre) para el ajuste de índice.
3. Pulse la tecla I/O Enter para cambiar un parámetro. Hora y fecha requieren el uso de las flechas arriba / abajo y de I/O Enter para modificar cada número.
- *NOTA: en cualquier momento, puede retroceder un nivel, pulsando la tecla Run / Stop.*
4. Salir de la instalación pulsando la tecla Run / Stop.

Restablecer / Reset

Restablecer le permite borrar los datos registrados en la memoria. Pulse la tecla I/O Enter para entrar en el modo de Reset. Borrar la memoria manteniendo pulsada la tecla I/O Enter mientras la pantalla hace una cuenta regresiva (3, 2, 1).

Ejecución / Run

El modo de ejecución inicia una sesión en la memoria y registra los datos.

1. Inicie una sesión pulsando la tecla Run / Stop en el modo de vista (o vista de medición). Un asterisco en la esquina inferior derecha indica el modo de ejecución.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



Ilustración 12. Indicador del modo de funcionamiento

- Finalice la sesión pulsando la tecla Run / Stop. (La sesión detendrá la grabación cuando ya no se muestra el asterisco).

ÍTEMS MOSTRADOS

Para el modelo QUESTemp 36, el número en la esquina superior derecha indica que se muestran los datos de la barra de sensores.

- "1" indica la barra de sensor colocado sobre (o unido a) la parte superior del instrumento. Sensores 2 y 3 están etiquetados en el lado de la unidad como "Sensor 2", y "Sensor 3".
- "W" indica el promedio ponderado que sólo aparece si se muestra un WBGT y las tres barras de sensor se adjuntan. Un asterisco en la esquina inferior derecha indica que la unidad está en el modo de ejecución y está registrando datos.

Pantalla 1	WET (bulbo húmedo) DRY (bulbo seco)	<table border="1"> <tr> <td>WET</td> <td>80.5° F</td> <td>▶ 1</td> </tr> <tr> <td>DRY</td> <td>92.2° F</td> <td>*</td> </tr> </table>	WET	80.5° F	▶ 1	DRY	92.2° F	*
WET	80.5° F	▶ 1						
DRY	92.2° F	*						
Pantalla 2	Globe	<table border="1"> <tr> <td>GLOBE</td> <td>92.4° F</td> <td>▶ 1</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>*</td> </tr> </table>	GLOBE	92.4° F	▶ 1			*
GLOBE	92.4° F	▶ 1						
		*						
Pantalla 3	WBGT _i (Interior)	<table border="1"> <tr> <td>WBGT_i</td> <td>84.1° F</td> <td>▶ 1</td> </tr> <tr> <td>WBGT_o</td> <td>107.5° F</td> <td>*</td> </tr> </table>	WBGT _i	84.1° F	▶ 1	WBGT _o	107.5° F	*
WBGT _i	84.1° F	▶ 1						
WBGT _o	107.5° F	*						



	WBGT _o (Aire libre)							
Pantalla 4	RH (Humedad Relativa) H.I. o HU (Índice de calor o Humidex)	<table border="1"><tr><td>RH</td><td>66.2 %</td><td>▶ 1</td></tr><tr><td>H.I.</td><td>84.3° F</td><td>*</td></tr></table>	RH	66.2 %	▶ 1	H.I.	84.3° F	*
RH	66.2 %	▶ 1						
H.I.	84.3° F	*						
Pantalla 5	Time/Tiempo (formato de 24 horas) Date/Fecha (día, mes, año)	<table border="1"><tr><td>TIME</td><td>11:04:13</td><td>▶ 1</td></tr><tr><td>DATE</td><td>26-JUN-08</td><td>*</td></tr></table>	TIME	11:04:13	▶ 1	DATE	26-JUN-08	*
TIME	11:04:13	▶ 1						
DATE	26-JUN-08	*						
Pantalla 6	BAT (tensión de batería) MEM (memoria de registro disponible en días)	<table border="1"><tr><td>BAT</td><td>11:04:13</td><td>▶ 1</td></tr><tr><td>MEM</td><td>10.4dy</td><td>*</td></tr></table>	BAT	11:04:13	▶ 1	MEM	10.4dy	*
BAT	11:04:13	▶ 1						
MEM	10.4dy	*						

Tabla 27. Mediciones a las que se puede acceder en la pantalla

✓ *Nota: Una serie de guiones aparecerán en la pantalla si se presenta alguno de los siguientes casos:*

- El índice de calor o Humidex está fuera de su rango permitido.
- La temperatura está fuera del rango permitido.
- Un sensor de temperatura ha fallado.
- Tiempos de permanencia en temperaturas que están fuera del rango definido.

REGISTRO DE DATOS

Los datos de cada sensor se registran en el intervalo determinado por la tasa de registro. Cada vez que se pulsa Run/Stop, una sesión o bien se inició o terminó en la memoria. Cada sesión contiene un encabezado con el tiempo, la fecha y la información de resumen.



Tabla de memoria: Indica el número de días de registro.

	1 min	2 min	5 min	10 min	15 min	30 min	60 min
Log Rate							
1 sensor	11.2	22.5	56.2	112.4	168.6	337.3	674.5
2 sensors	5.6	11.2	28.1	56.2	84.3	168.6	337.3
3 sensors	3.7	7.5	18.7	37.5	56.2	112.4	224.8

Ilustración 13. Ejemplo de tabla de memoria

ESPECIFICACIONES

- **Mediciones:** Temperatura de globo, temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, la humedad relativa %, WBGT_{in}, WBGT_{out}, promedio ponderado WBGT (si 3 conjuntos de sensores), y el Índice de Calor / Humidex. Las temperaturas indicadas en grados Celsius o Fahrenheit.
- **Registro de Datos:** Registra e imprime todas las mediciones que el usuario ha seleccionado en el intervalo de 1, 2, 5, 10, 15, 30 o 60 minutos. 128K bytes de memoria de datos.
- **Idiomas:** Inglés, francés, español, italiano, alemán.
- **Carcasa:** Diseñado resistente al agua, a una ligera lluvia o niebla. Si la lluvia es frecuente, la mejor práctica sería a distancia de la barra sensor y mantener el instrumento protegido.
- **Tamaño:** 9.2in de Altura (23,5 cm); 7.2in de Ancho (18.3mm); 3.0in de Profundidad (7.5mm). Las dimensiones incluyen el montaje sensor montado.
- **Peso:** 2,6 libras (1,2 kg) con el montaje del sensor montado.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



- **Tipos de sensores:** Temperatura: 1000 ohm platino RTD; Humedad: Circuito integrado con sensor de polímero capacitivo.
- **Precisión:** Temperatura: +/- 0.5°C entre 0°C y 120°C.
- **Humedad relativa:** +/- 5 % entre 20 a 95 % (sin condensación).
- **Rango de temperatura de funcionamiento:** Asamblea Sensor: -5°C a + 100°C; Electrónica: -5°C a 60°C.
- **Bares sensor remoto:** Conectores de 15 patillas D - sub x 2 se encuentran en el lado de la unidad para conectar 1 o 2 barras de sensores adicionales mediante el uso de cables remotos hasta 200 pies (61m). La barra de la parte superior del sensor también puede ser a distancia con un cable.
- **Opciones de energía:** Alcalina de 9 V, 7.2V NiMH recargable (carga en el aparato), o AC cubo de corriente de la pared del adaptador (adaptador de CA operará la unidad o recargar el paquete de baterías NiMH).
- **Duración de la batería:** 9V alcalina: 140 horas; Batería recargable de níquel e hidruro metálico: 300 horas (Adición de barras de sensores adicionales reduce la vida de la batería).
- **Tiempo de carga (NiMH Battery Pack):** 16 horas (carga en la unidad).



CALIBRADOR DE VIBRACIONES SV111



Este modelo es un calibrador portable de la vibración. Está diseñado para comprobar /calibrar varios tipos de los sensores de vibraciones. Debido a su propia batería recargable interna, es un equipo realmente móvil y flexible diseñado para el uso ya sea en un laboratorio o durante el trabajo de capo. El nivel de aire incorporando garantiza su correcta instalación en cualquier superficie.

Se puede ajustar desde rangos de frecuencia de 15.92 Hz y correspondiente a los niveles de vibraciones desde (1 a 10 m/s²). Debido a su sistema de apoyo de dos opciones, el SV111 permite realizar las medidas en todas las direcciones, sin necesidad de retirar el disco de goma de la prueba del sensor.



El set completo incluye los siguientes elementos:

- SV111 calibrador de vibraciones.
- Adaptador AC/DC

GUIA RÁPIDA DE FUNCIONAMIENTO

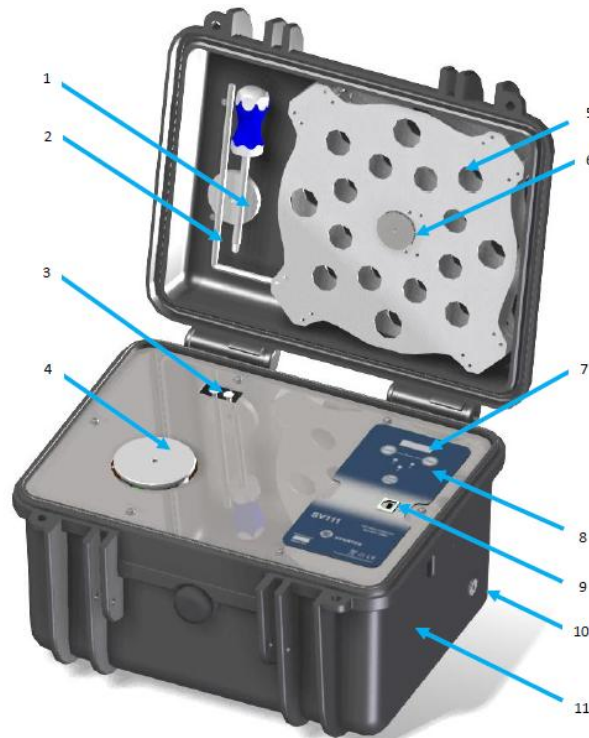


Ilustración 14. Calibrador de vibraciones SV111

- | | |
|---------------------|----------------|
| 1. Destornillador. | 7. Pantalla. |
| 2. Llave hexagonal. | 8. Teclado. |
| 3. Tornillos. | 9. Puesto USB. |



- 4. Agitador de cabeza de referencia.
- 5. Sistema de soporte
- 6. Tuerca de soporte
- 10. Suministro de energía.
- 11. Estuche.

TECLADO

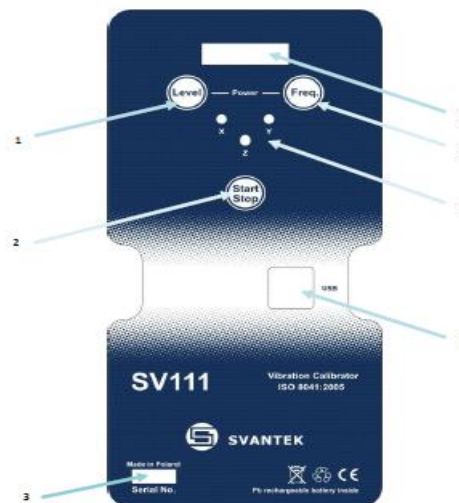


Ilustración 15. Teclado del calibrador SV111

- 1. Botón e nivel de vibración.
- 2. Botón start/stop
- 3. Cuadro de número de serie.
- 4. Cuadro de pantalla
- 5. Botón de frecuencia de vibraciones
- 6. Nivel de aire
- 7. Puerto USB



INSTALACIÓN

Desprender la llave hexagonal y el destornillador colocado debajo de la tapa.



Ilustración 16. Tapa del calibrador SV111

Desenroscar la tuerca del soporte y retire el sistema de soporte de la tapa.



Ilustración 17. Soporte de la tapa del calibrador SV111

Desenroscar (con la llave hexagonal adjunta) el tornillo y desmonte el sistema de soporte



Ilustración 18. Llave de la tapa del calibrador SV11

Atornillar el disco conectando a la cabeza del agitador de referencia



Ilustración 19. Disco Tapa del calibrador SV11

Instalar el sensor prueba al sistema de soporte

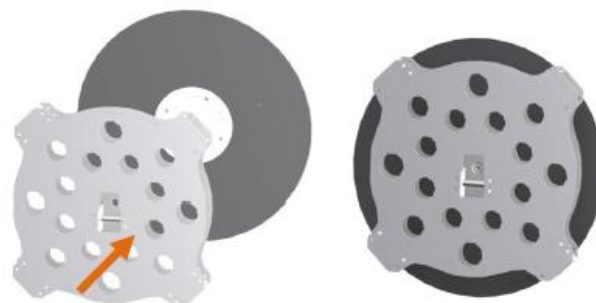


Ilustración 20. Sensor de Tapa del calibrador SV11



FORMA DE INSTALACIÓN

Coloque el sistema de soporte con el sensor de prueba en posición horizontal, colocarlo en el disco de conexión y atornillar por completamente.



Ilustración 21. Sistema de soporte del calibrador SV111

PROGRAMACIÓN

1. Encender pulsando dos botones de energía a la vez durante un tiempo



2. La pantalla proyectará la información del tipo de dispositivo
3. Nivel el dispositivo de acuerdo con la información de nivel de aire.
 - Mover la tapa hacia la parte superior
 - Mover la tapa hacia abajo
 - Mover izquierda a la parte superior



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



- Mover izquierda hacia abajo
4. Cuando se alcanza el nivel de la información de 'leveling ok' 'nivelación ok' se proyecta en la pantalla.
 5. El nivel de aire puede ser lanzado en cualquier momento utilizando el programa del submenú.
 6. Después de la nivelación, el equipo proyecta los valores de los parámetros por defecto de las vibraciones:



7. Pulsando el botón 'freq.' sus valores cambian en la siguiente orden: 15,92; 79,58; 159,2; 636,6 Hz.
8. Dependiendo de valor de la frecuencia establecida, el nivel de vibración puede establecerse como en la tabla de abajo:

Frecuencia	15,92	79,58	159,2 Hz	636,6	Hz
Nivel	1,2	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	1	$\frac{m}{s^2}$

Tabla 28. Niveles de frecuencia establecidos del calibrador SV111

9. Cuando se establecen los parámetros de las vibraciones "", ejecute el agitador pulsando el botón 'start/stop'.



10. Durante la estabilización de las vibraciones en los parámetros establecidos, los diodos están parpadeando en verde.

11. Cuando las vibraciones son constantes, los diodos se iluminan con la luz verde continua la información 'Level OK' se proyecta en la pantalla

NOTAS

THD (Distorsión armónica total) – Demasiados contenidos armónicos en dirección Z. Esto significa que la cantidad total de las vibraciones` (para las frecuencias que multiplican los valores enteros de frecuencia generada) es mayor que 5% (-26dB) de generado por uno.

Por ejemplo: Cuando las vibraciones se establecen con ≈ 16 Hz, 1 m/s^2 (120 dB), entonces la cantidad total de las vibraciones con frecuencias $n \cdot 16$ HZ (32, 64, 128, 256, ...) no puede ser mayor que $0,95 \text{ m/s}^2$ (94 dB).

VIBRACIONES X Y significa que el nivel de vibraciones "en X o Y (correspondiente al diodo está iluminado en roja) la dirección es mayor que 10% (-20dB) del nivel de vibraciones generado en la dirección Z.

12. Para detener el agitador pulsar el botón 'Start/Stop'.

13. Para apagar pulsar los dos botones de energía a la vez durante un tiempo.





DATOS TÉCNICOS

Parámetros de la señal de calibración					
Frecuencia	15,92	79,58	159,2 Hz	636,6	Hz
aceleración de vibración (RMS)	1,2	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10	1	$\frac{m}{s^2}$
Velocidades de vibración (rms)					$\frac{mm}{s}$
Desplazamiento de vibración (rms)					μm
Error de amplitud	menos que $\pm 3\%$				
Error de frecuencia	menos que $\pm 0,05\%$				
Vibración transversal	menos que 10% de la dirección principal				
Distorsión armónica	<5	<3	<3		%
General					
Peso máximo del objeto de prueba	1000	500	500		g
Montaje del sensor	Orificio de rosca M5 x 12 mm; Adaptador de asiento al SV 100, SV 38, SV 38V Disco de montaje para sujetar con cera de abejas o el adaptador SA 38				
Nivelación de tiempo off	Normalmente de 15 ÷ 20 segundos, máximo 60 segundos				
Condiciones de trabajo					
Rango de temperatura	-10°C ÷ 50°C				
Rango de humedad	25% ÷ 85%				
Suministro de energía					
Tipo de batería	recargable 6V/12Ah				
Tiempo de funcionamiento continuo	Hasta 20 horas				

Tabla 29. Especificaciones técnicas del calibrador SV11



MEDIDOR DE VIBRACIONES SV 106



El SV 106 es un nuevo medidor de vibración humana de seis canales y un analizador. El equipo cumple con la norma ISO 8041:2005 y es una opción ideal para las mediciones de acuerdo con ISO 2631-1,2&5 and ISO 5349.

Usando el poder computacional de su procesador de señal digital el equipo **SVAN 106**, puede realizar simultáneamente a la amplia banda del medidor de función, en tiempo real un análisis **1/1 Octava o 1/3 Octava**.

Tiempo avanzado de registro del historial y el tiempo de grabación de la señal de dominio (de acuerdo con ISO 2631-5) la tarjeta incorporada flash SD Micro proporciona capacidades casi ilimitadas de almacenamiento de datos. Los resultados pueden ser fácilmente descargados a la PC mediante la interfaz USB de alta velocidad y la SvanPC+ + software.



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- Mediciones de vibraciones humanas, cumple con la norma ISO 8041:2005,
- ISO 2631-1, 2&5 (incluyendo VDV y MTVV) y ISO 5349
- Seis canales para la aceleración (tipo IEPE) y dos canales para mediciones de fuerza
- Mediciones de Cuerpo Entero:
 - Acelerómetro de asiento de bajo costo SV 38V
- Mediciones de mano y brazo:
 - SV 50 Acelerómetro triaxial con juego de sujeción de mano y adaptadores con abrazadera de tornillo
 - SA 55 adaptador con filtro mecánico triaxial
 - SV **105** Acelerómetro triaxial adaptador integrado incluyendo mango sensor de fuerza
- Dominio del tiempo de grabación de forma de onda de señal como opción (cumple con la norma ISO 2631-5)
- 1/1 octava y 1/3 octava cálculos espectrales (como opción)
- Registrador de datos avanzados, incluyendo el análisis espectral
- Tarjeta Micro SD de flash para casi un número ilimitado de almacenamiento masivo de datos
- USB 1.1 interfaz del cliente
- Tiempo de integración programable hasta 24 h
- SvanPC++ software para una instalación fácil del equipo y descargas de datos
- Un interfaz de operador amigable y fácil de usar, con pantalla a todo color de alto contraste
- Tamaño de bolsillo (140 x 83 x 33 milímetros – 5.5 x 3.3 x 1.3 pulgadas)



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



- Peso liviano (sólo 390 gramos – 13.9 oz) incluyendo baterías 4 x AA.

ACCESORIOS INCLUIDOS

El conjunto **SV 106** consiste de las siguientes partes:

- SV 106: Equipo con baterías 4 AA o 4 baterías recargables instaladas AA.
- SC 56: Mini USB 1.1 cable (tipo 2m)
- SC118: LEMO de 4 pines conector LEMO de 5 pines
- SV 38V: Acelerómetro triaxial para mediciones de cuerpo entero
- SV 105: Adaptador de mano y brazo triaxial integrado con sensor de fuerza de sujeción.

MANUAL DE CONTROL DEL EQUIPO

El control del equipo ha sido desarrollado de una manera totalmente interactivo. El usuario puede utilizar el equipo mediante la selección de la opción apropiada de la lista **Menú**. Gracias a eso el número de los botones de control del equipo se ha reducido a nueve para la facilidad de uso y la comodidad.

BOTONES DE CONTROL PANEL FRONTAL

Los siguientes botones de control están ubicados en el panel frontal del equipo:

- **<ENTER>**, (**<Menu>**), [**<Save>**], **<ESC>**, (**<Cal.>**), [**<S/P>**],
- **<Shift>**, [Marcadores] **<Alt>**, [Marcadores]
- **<Start/Stop>**.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional

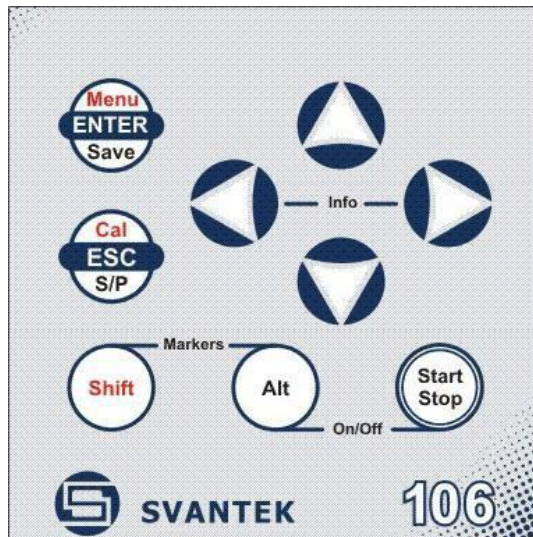


Ilustración 22. Teclado del medidor de vibraciones SV 106

<Shift>

La segunda función de un botón (escrito en color rojo en un botón) se puede utilizar cuando el botón **<Shift>** es pulsado. Este botón se puede utilizar de dos maneras diferentes:

- **Shift** como en un teclado de computadora (por ejemplo, al escribir el nombre del archivo); ambos **<Shift>** y el segundo botón debe pulsarse juntos (funcionamiento con dos dedos).
- **2nd Fun**; Este botón se puede pulsar y soltar antes de pulsar el segundo o pulsar en paralelo (mientras se opera en la función “**2nd Fun**”, con el segundo botón consulte el siguiente aviso) (se maneja con un dedo).



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



El botón **<Shift>** pulsado en conjunto con **<Alt>** permite al usuario ingresar al **Markers** en las graficas durante la medición.

<Alt>

Este botón permite al usuario elegir la tercera función de botón en caso de los botones [**<Save>**] y [**<Pause>**]. Para la selección de la tercera función, el usuario debe pulsar el **<Alt>** y el segundo botón simultáneamente.

<Start/Stop>

Este botón permite al usuario iniciar el proceso de medición cuando el equipo no está midiendo o detenerlo cuando el equipo está en curso de la medición. También es posible fijar la función de esta tecla, con el fin de iniciar o detener las mediciones, el usuario tiene que pulsar simultáneamente el botón **<Shift>**.

<Enter>

Este botón permite al usuario entrar en la opción seleccionada que se muestra en la lista del menú de pantalla o para confirmar la configuración seleccionada. Algunas funciones adicionales de este botón se describen en los siguientes capítulos de este manual.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



<Menu>

Este botón (pulsado en junto con **<Shift>**) permite al usuario acceder a la lista principal que contiene seis sub-listas: **Function**, **Measurement**, **Display**, **File**, **Instrument** y **Auxiliary Setup**. Cada una de las listas de menú mencionadas anteriormente se compone de sub-listas, elementos y ventanas de datos. Las principales sub-listas se describen en detalle en los siguientes capítulos del manual. Pulsando doble el botón **<Menu>** entra en una lista que contiene abiertas las últimas ocho sub-listas. A menudo acelera el control del equipo para que el usuario tenga un acceso más rápido a las sub-listas más utilizadas para una fácil navegación.

[<Save>]

Este botón (pulsado en junto con **<Alt>**) permite al usuario guardar los resultados de la medición como un archivo en la memoria interna del equipo o en la tarjeta SD.

<ESC>

Este botón cierra las listas de control, sub-listas o ventanas. Actúa en una manera opuesta al botón **<ENTER>**. Cuando se cierra la ventana después de pulsar el botón **<ESC>**, cualquier cambio realizado en él es ignorado en casi todos los casos.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



[Cal.]

Este botón (pulsado en junto con **<Shift>**) abre la sub-lista **Calibration**.

[<S/P>]

Este botón permite al usuario saltar, hacer una pausa o interrumpir temporalmente el proceso de medición. Si no hay una medición actual en curso este botón abre el menú de Administrador de Configuración.

<←, >→

- Estos botones permiten al usuario específicamente a:
- seleccionar la columna en una lista de parámetros de varias columnas;
- seleccionar el valor de parámetro en una opción activa (por ejemplo filtros de integración Z, A o C, periodo: 1s, 2s, 3s, ... etc.);
- controlar el cursor en Espectro y las funciones del Registrador de la presentación del resultado;
- seleccionar la opción de carácter en la función de edición de texto;
- activar los marcadores 2 y 3
- acelera el cambio de los valores numéricos de los parámetros cuando se mantienen presionado.

[Info]

Abre la ventana con la información de ayuda en las funciones de visualización de medición.



[Markers]

El Markers los botones combinados permite al usuario marcar los eventos especiales que se produjeron durante las mediciones realizadas. Función de eventos sólo se activa cuando el registrador está activo. Con el fin de activar el los marcadores el registrador debe estar activado (*path: <Menu> / Measurement / General Settings / Logger Mode = Logger*) y uno o más resultados del registrador en los perfiles (**PEAK, P-P, MAX, RMS, VDV**) tiene que ser activados (*path: <Menu> / Measurement / Data Logging / Logger Results*).

ENTRADA Y SALIDA DE LOS CONECTORES DEL EQUIPO

Cubierta superior del equipo

Las entradas de medición se colocan en la cubierta de la parte superior del equipo: dos 5-pines Lemo compatibles de tipo conectores ENB.0B.304 para **Channels 1-3** y **Channels 4-6**, todos con abastecimiento de energía para los acelerómetros IEPE.

Cubierta inferior del equipo

En la cubierta de la parte inferior hay dos conectores de corriente, colocados de la izquierda a la derecha de la siguiente manera: interfaz **USB** Device 1.1 y conector de entrada / salida de usos múltiples **I/O**.



Ilustración 23. Puertos de Entrada y salida del medidor de vibraciones SV 106

CONCEPTOS BÁSICOS DE CONTROL DEL EQUIPO

El equipo es controlado por medio de nueve botones en el teclado. Utilizando estos botones, el usuario puede acceder a todas las funciones disponibles y cambiar el valor de todos los parámetros disponibles. Las funciones se colocan en un sistema de listas y sub-listas.

Menú principal

La lista principal contiene los encabezados de siete listas, que también contienen sub-listas u opciones. La lista principal se abre después de pulsar el botón **<Menu>**. Esta lista contiene las siguientes sub-listas: **Function, Measurement, Display, File, Instrument, Auxiliary Setup** y **Calculator**.

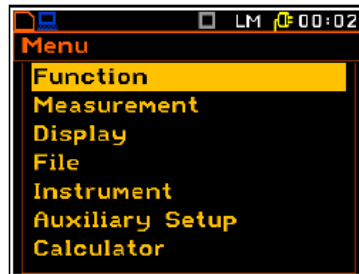


Ilustración 24. Pantalla del menú del medidor de vibraciones SV 106

Ingresando a las opciones

Después de seleccionar la opción deseada en la lista del menú, el usuario tiene que pulsar el botón **<ENTER>** para poder entrar. Después de esta operación un nuevo sub-menú, opción de lista, lista de parámetros o ventana de información aparece en la pantalla.

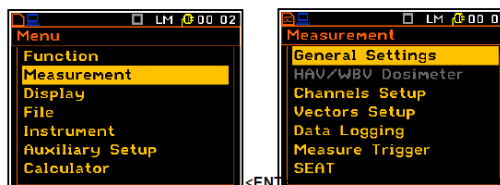


Ilustración 25. Opciones del medidor de vibraciones SV 106

Lista de los parámetros

La lista de parámetros contiene parámetros para que el usuario pueda seleccionar el valor del rango disponible. Pulsando el botón **<ENTER>** permite al usuario acceder a las sub-listas mencionadas.

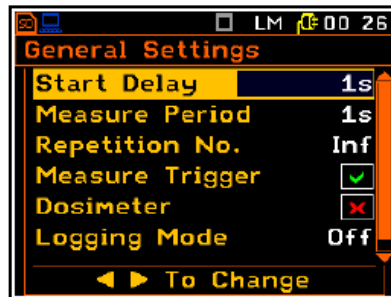


Ilustración 26. Ajustes del medidor de vibraciones SV 106

Matriz de los parámetros

Cuando la lista de parámetros se compone de más de una columna, el usuario puede modificar:

- la columna por medio de <□> o <□>
- línea en la misma columna por medio de <□> o <□>
- valor en una opción seleccionada por medio de <□> o <□> con <Alt>
- todos los valores en la misma columna por medio de <□> o <□> con <Shift>
- todos los valores en la misma línea por medio de <□> o <□> con <Shift>.

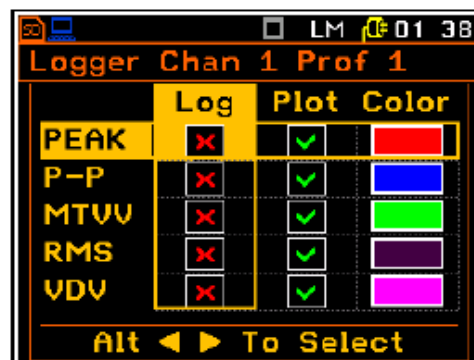


Ilustración 27. Matriz de los parámetros del medidor de vibraciones SV 106



Los parámetros complejos

Algunos parámetros como **Start Hour**, **Start Day** etc. son complejos (que consisten en más de un campo de valor). La selección de valores para estos parámetros se lleva a cabo en una ventana especial, que se abre con los botones <□> o <□>. En la ventana especial el valor se selecciona con los botones <□>, <□> o <□>, <□> y luego es confirmada pulsando <ENTER>.

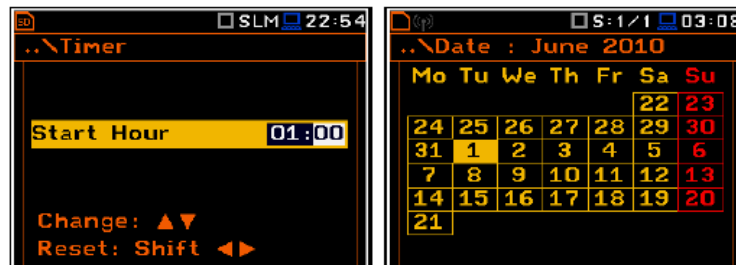


Ilustración 28. Parámetros complejos del medidor de vibraciones SV 106

En todos los casos se utiliza el botón <ENTER> para confirmar la selección en una opción y cerrar la sub-lista. La sub-lista es cerrada ignorando los cambios hechos en la lista pulsando el botón <ESC>.

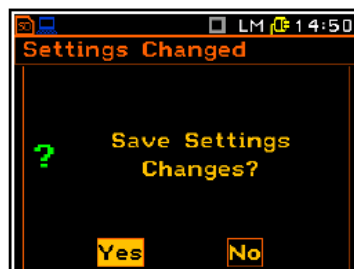


Ilustración 29. Pantalla para guardar datos del medidor de vibraciones SV 106



ABASTECER EL EQUIPO

- El **SVAN 106** puede ser abastecido por una de las siguientes fuentes:
- Cuatro baterías internas de tamaño estándar AA. En el caso de tipo alcalino, un nuevo kit totalmente cargado puede hacer operar más de 12 h (6,0 V / 1,6 Ah). En lugar de las pilas alcalinas normales, cuatro baterías recargables AA puede ser utilizadas (se requiere un cargador externo por separado para cargarlas). En este caso, utilizando el mejor tipo de baterías NiMH, el tiempo de funcionamiento se puede aumentar hasta 16 h (4.8 V / 2.6 Ah)
- Interfaz **USB** – 500 mA HUB.

Cuando se enciende el equipo con sus baterías internas, el icono “**Battery**” se visualiza en la línea superior de la pantalla. Cuando el voltaje de las pilas es demasiado baja para las mediciones fiables, el icono parpadea o durante el intento de cambiar el equipo a **Low power** un mensaje aparece en la pantalla durante 2 segundos y el equipo se apaga automáticamente. Para cambiar las baterías el usuario tiene para apagar el equipo, quitar la tapa inferior negra del equipo, desatornillar la tapa de la batería, deslizar los tubos de la batería hacia fuera, cambiar las pilas teniendo cuidado de observar la polaridad correcta y volver a montar las piezas del equipo.

DESCRIPCIÓN DEL ESTADO DEL EQUIPO

Información adicional sobre el estado del equipo se da por medio de la fila de iconos visibles en la parte superior de la pantalla.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



El tipo de función de medición y la función de medición (LM, DLM, 1/1 y 1/3 etc.) así como el reloj de tiempo real (RTC) También se muestra en la misma línea, junto con los iconos.

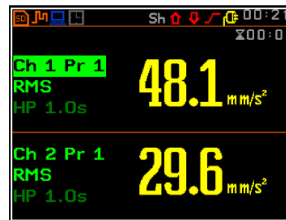


Ilustración 30. Función de medición del medidor de vibraciones SV 106




















	"play" este icono aparece cuando se inicia la medición.		"plug" este icono aparece cuando se enciende el equipo de la fuente externa.
	"stop" este icono aparece cuando se detiene la medición.		"Internal memory" este icono aparece cuando se asigna la memoria interna para guardar el archivo.
	"pause" este icono aparece cuando la medición se encuentra en pausa.		"SD Card" este icono aparece cuando se asigna la tarjeta de memoria externa micro SD para guardar el archivo. Tarjeta Micro SD está conectada.
	"computer" este icono se visualiza cuando hay una conexión USB exitosa con el PC.		"Trigger Level +" este icono se visualiza cuando la condición de activación se instala en "Level+". El icono aparece alternativamente con el icono de "reproducir". (play)
	"curve" este icono se muestra cuando los resultados de las mediciones actuales se registran en el archivo del registrador del equipo.		"Trigger Level -" este icono se visualiza cuando la condición de activación se instala en "Level-".
	"arrow up" este icono se visualiza cuando aparece la sobrecarga.		"Trigger Slope +" este icono se visualiza cuando la condición de activación se instala en "Slope+".
	"arrow down" este icono se visualiza cuando aparece por debajo del rango.		"Trigger Slope -" este icono se visualiza cuando la condición de activación se instala en "Slope-".
	"tone" este icono se visualiza durante la grabación de onda y el registro de eventos.		"Alt" este icono se visualiza cuando el botón <Alt> es pulsado.
	"clock" este icono aparece cuando el temporizador está On. Se activa cuando el equipo está esperando que la medición inicie. Cuando la medida está cerca de iniciar, el icono cambia de color a verde y comienza a parpadear.		"battery" este icono aparece cuando se enciende el equipo desde las baterías internas. El icono corresponde con el estado de las baterías (tres, dos, uno o ninguna de las barras verticales en el interior del icono). Cuando el voltaje de las pilas es demasiado bajo, el icono se convierte en rojo.
	"Shift" este icono se visualiza cuando el botón <Shift> es pulsado.		



Tabla 30. Resumen herramientas más utilizadas del medidor de vibraciones SV
106

FUNCIONES DE MEDICIÓN DEL EQUIPO

La función principal del equipo es la medición del nivel de vibración en banda ancha (**Level Meter**) cumplimiento de la norma ISO 8041:2005. El equipo también puede utilizarse para medianas y monitoreo de vibración a largo plazo usando la enorme capacidad de registro de datos en la que se almacenan todos los resultados de la medición.

Para seleccionar la función que desea el usuario tiene que entrar en la lista **Measurement Function**. Después de ingresar en la lista **Measurement Function**, las establecidas funciones disponibles en la pantalla aparecen: **Level Meter**. La función activa en ese momento está marcada.

El tipo de función de medición y la función de medición se muestra en la línea superior de la pantalla:

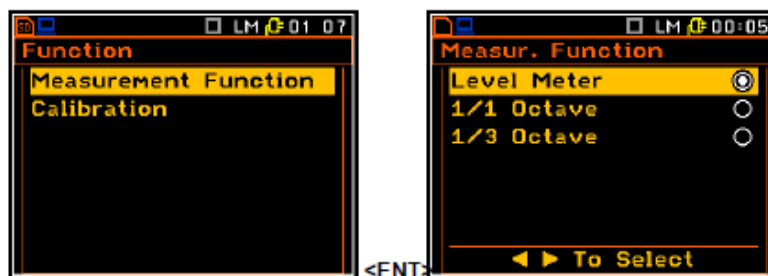


Ilustración 31. Función de medición del medidor de vibraciones SV 106



Funciones de medición opcionales que amplían la aplicación del equipo se pueden instalar fácilmente. Estas opciones pueden ser inicialmente suministradas por el fabricante o comprados más tarde y añadidos por el usuario.

Descarga y carga de datos

La opción **TEDS** permite al usuario **Download TEDS Data**, cuando el acelerómetro está conectado durante la sesión de trabajo del equipo. Permite además a **Upload TEDS Data** desde el equipo a la memoria TEDS del acelerómetro - resultados de la calibración, realizados por el usuario.

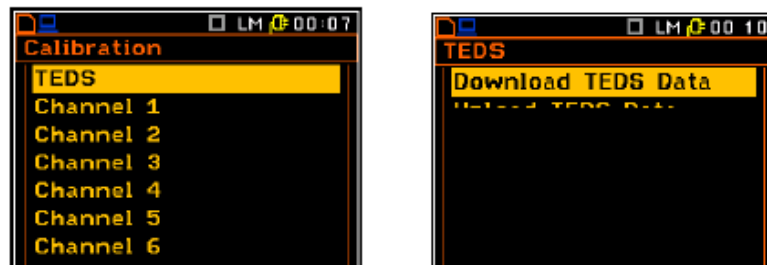


Ilustración 32. Descarga de datos del medidor de vibraciones SV 106

Cálculo de mano- brazo y resultados diarios de todo el cuerpo

La opción **Calculator** se utiliza para calcular los distintos parámetros, que se dedican a las mediciones de dosimetría. En esta opción se abre el menú **Vibr. Dose Calculator** que está basado en activos seleccionados con parcial (**Selected Files**) HA y WB resultados diarios.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional

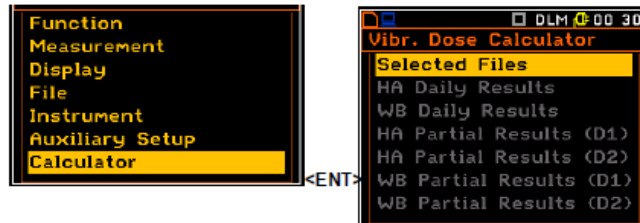


Ilustración 33. Opción calculator del medidor de vibraciones SV 106

La opción **Selected Files** se utiliza para cargar los datos de los archivos con los resultados del dosímetro. Es posible seleccionar hasta 10 archivos de los cálculos. Los archivos se marcan y se cargan después de presionar el botón **<ENTER>**. El nombre de este archivo aparece en la lista, como ya se presenta aquí.

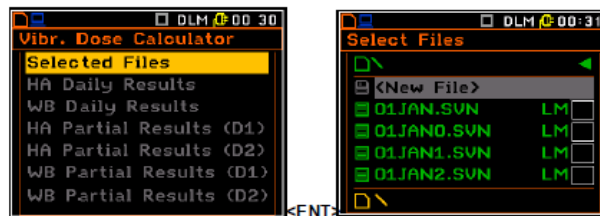


Ilustración 34. Opción Selected del medidor de vibraciones SV 106

Se muestra el mensaje **Invalid File Conten** cuando el archivo seleccionado no contiene los datos del dosímetro. El equipo espera a la reacción del usuario pulsando cualquier botón excepto **<Shift>** y **<Alt>**. Después de eso, se vuelve a la lista Archivos seleccionados



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



Ilustración 35. Mensaje invalid file content del medidor de vibraciones SV 106

En la ventana **Selected Files** el usuario puede cambiar el contenido de la tabla.

Cambie el archivo

Después de presionar los botones <□>, <□> junto con <Alt>, la lista **Result File** se abre. Esto permite al usuario realizar alguna operación con el archivo.



Ilustración 36. Opción cambiar el archivo del medidor de vibraciones SV 106

Selecciona diferentes archivos

Para seleccionar un archivo diferente el usuario debe presionar el botón <ENTER> en esta opción seleccione el Nuevo archivo y presione <ENTER> de nuevo.

Eliminar Archivos / Borrar todos los archivos



Para eliminar el archivo / todos los archivos el usuario debe presionar el botón **<ENTER>** en esta opción. Se eliminarán el archivo seleccionado y todos los archivos de la tabla.

Agregar archivos adicionales

Para agregar archivos adicionales el usuario debe pulsar en esta opción el botón **<ENTER>** seleccione los nuevos archivos y pulse **<ENTER>** de nuevo.

Tiempo de Exposición

El **Exp Time** (Tiempo de exposición) define el periodo durante el cual se extrapolan los resultados de la medición. El valor deseado se puede establecer en la ventana especial, que se abre por medio de la presión de los botones **<□>**, **<□>** junto con el botón **<Alt>**. El tiempo de exposición se puede fijar de **00h00m** a **24h00m**. El usuario puede fijar la exposición de tiempo para cada archivo por separado.

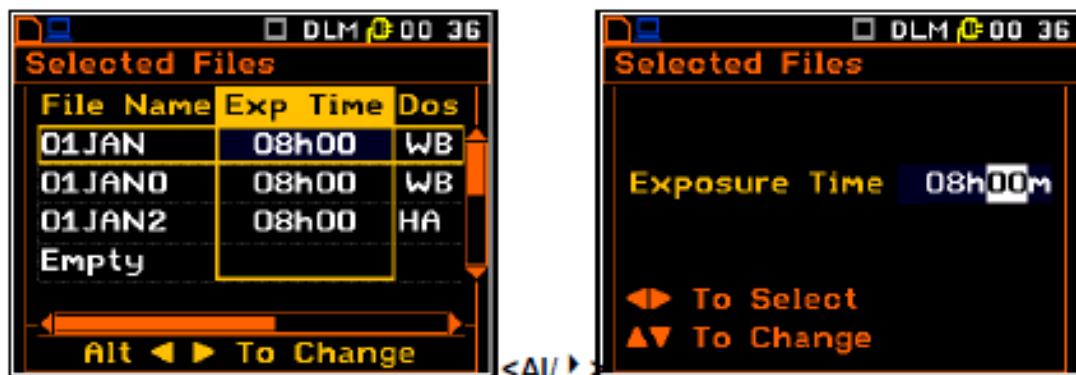




Ilustración 37. Opción tiempo de exposición del medidor de vibraciones SV 106

Selección de los resultados de dosis

Los resultados de dosis se calculan con el uso de canales 1,2,3 o 4,5,6 pueden ser asignados para la calculación de los resultados de **Dose 1** o **Dose 2**. Dose 1 o Dose 2 resultados para **HA** y mediciones **WB** sobre la base de conjunto de selecciones apropiadas (archivos).

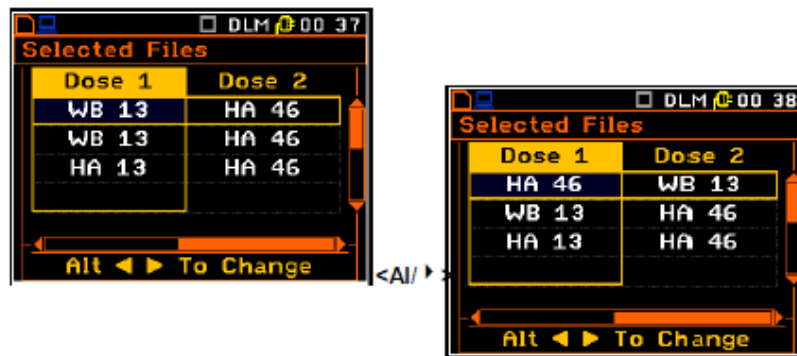


Ilustración 38. Resultados de dosis del medidor de vibraciones SV 106

Mano-Brazo resultados de dosis diarias

La opción **HA Daily Results** se utiliza para mostrar los cálculos de dosis HA alta disponibilidad al día durante todos los archivos seleccionados.





Ilustración 39. Opción HA Daily Results del medidor de vibraciones SV 106

Resultados de dosis diarias de todo el cuerpo

La opción **HA Daily Results** se utiliza para mostrar los resultados de dosis diaria WB para todos los archivos seleccionados.

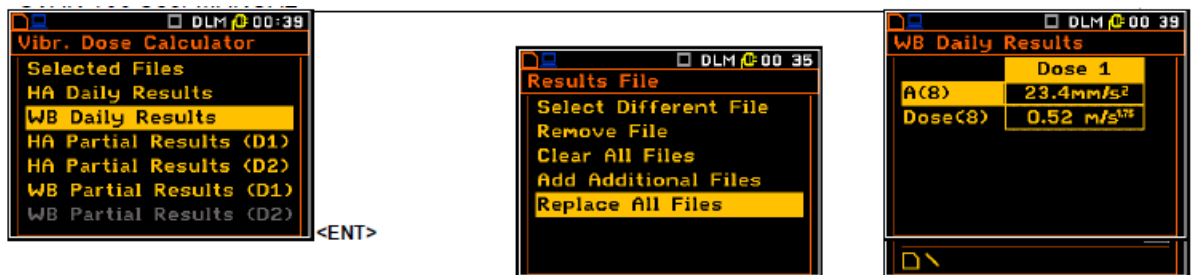


Ilustración 40. Opción HA Daily results del medidor de vibraciones SV 106

Mano-Brazo resultados parciales

La opción **HA Partial Results** de HA se Utiliza para mostrar los resultados de dosis diarias de HA para todos los archivos seleccionados.



Ilustración 41. Opción HA Partial Results del medidor de vibraciones SV 106



Resultados parciales de cuerpo completo

La **WB Partial Results** se utiliza para mostrar los resultados de dosis diarias WB para todos los archivos seleccionados.

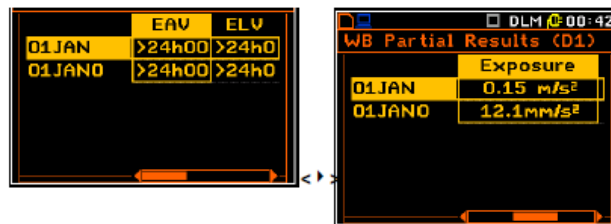


Ilustración 42. Opción WB PARTial Results del medidor de vibraciones SV 106

Cuando la opción **Simple Mode** es seleccionada en la sub lista calculadora **Instrument Mode** sublista **Vibr. Dose Calculator** consta de los tres primeros puestos únicamente.

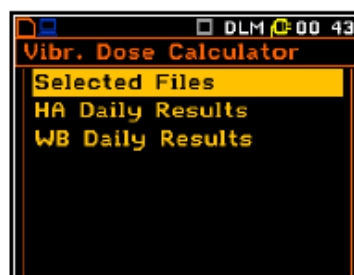


Ilustración 43. Opción Simple Mode del medidor de vibraciones SV 106



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional





GILAIR PLUS



La GilAir Plus es una bomba de muestreo personal de aire disponible en tres modelos: un modelo básico, un modelo de bomba (DL) con registro de datos, y un modelo (STP) con patrón de presión y temperatura. El modelo STP corrige el caudal y el volumen de aire a condiciones estándar de temperatura y presión.



Ilustración 44. Identificadores de la bomba GilAir Plus

- A: Pantalla LCD
- B: LED's de Estado y Notificación
- C: Filtro de entrada
- D: Válvula de control Alto/Bajo
- E: Contactos de carga
- F: Clip de Cinturón
- G: Tornillos de Acceso a la Batería
- H: Puerto de Alimentación
- I: Puerto USB
- J: Puerto de Dispositivo de Referencia



DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

La GilAir Plus es una bomba de muestreo personal de aire disponible en tres modelos: un modelo básico, un modelo de bomba (DL) con registro de datos, y un modelo (STP) con patrón de presión y temperatura. El modelo STP corrige el caudal y el volumen de aire a condiciones estándar de temperatura y presión.

Modelo de bomba	Caudal de 1 a 5000 cc/min	Caudal constante y Presión Constante	Opciones de Batería NiMH, Alcalina y DC	Funciones Programa Simple (Solo reloj)	Funciones Programa Avanzadas	Registro de Datos y Transferencia a PC	Opción de Calibración Automática (SmartCal)	Datos de Presión y Temperatura Estándar
Básica	✓	✓	✓	✓			✓*	
Datalog	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
STP	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Ilustración 45. Parámetros Bomba GilAir Plus

VISTA GENERAL

La GilAir Plus tiene la capacidad de generar y controlar caudal sobre el rango de 20 cc/min a 5000 cc/min en dos rangos de caudal, 20-449 cc/min, y 450-5000 cc/min, que son seleccionables usando una llave hexagonal de 2 mm o 5/64 de pulgada (suministrada con la bomba). El caudal actual se mide y controla por el procesador interno de la bomba. El control de caudal se suministra directamente en el modo de caudal constante. El control de presión se suministra en el modo de control de presión constante, que controla el caudal indirectamente. Durante un muestreo el caudal se muestra en el modo de caudal constante y la contra presión se muestra en el modo de presión constante. El caudal de la bomba no se muestra en el modo de presión constante.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



CONEXIONES

El medio de muestreo se conecta al puerto de entrada usando un tubo de $\frac{1}{4}$ de pulgada. Los adaptadores que producen caídas de presión altas o el uso de tubo de menor diámetro puede afectar al caudal de muestreo. Minimice la caída de presión en el tubo y accesorios y evite cualquier condición que supere las especificaciones de contrapresión de la bomba. El puerto de entrada es parte del colector de entrada que proporciona conexión de entrada, conexión de salida y contiene un filtro que protege la bomba de contaminación por partículas si se opera sin un filtro de muestreo efectivo. Este filtro puede ser sustituido por el usuario y debe cambiarse si esta descolorido, atascado u obstruido.

Un adaptador de salida se acopla para el llenado de contenedores de muestreo como las bolsas de muestreo Tedlar o Kynar. Conecte el adaptador de llenado de bolsas como se muestra más abajo. La conexión se sella por un estrechamiento de precisión y solo debe introducirse apretándolo con los dedos. La parte circular que sobresale en el adaptador no debe asentarse en la superficie de la bomba y no debe forzarse. La bolsa de muestreo se conecta con un tubo de un $\frac{1}{4}$ de pulgada. Si la presión en la bolsa aumenta será mostrado como un incremento de la contrapresión de la bomba y el evento terminará si se exceden las especificaciones de contra presión.

PREPARACIÓN

El paquete incluye la bomba, la estación, el alimentador de la estación, y el cable de línea. La estación sirve como la base de carga para todos los modelos y la estación de comunicación para los modelos de registro de datos (datalog) y STP.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



Conecte el alimentador a la estación y el cable de alimentación AC al alimentador. Enchufe el cable de alimentación a la red. El alimentador puede aceptar de 100 a 240 VAC, a 50 ó 60 Hz.


La bomba viene totalmente montada.

Cargue la batería la totalidad de su capacidad antes de usar la bomba. Para cargar la bomba, colóquela en la base de carga. El clip de cinturón asegura la bomba en su lugar. La conexión se hace mediante puntos de contacto en ambos lados del clip de cinturón.

Déjela tres horas y media para una carga completa. Un LED rojo en la bomba indica la carga en proceso; un LED verde indica que está cargada y lista para su uso. El LED verde parpadeará durante la carga completa y estará encendido constantemente mientras está en la carga de goteo.

INICIO DE LA BOMBA

Encendido

Encienda la bomba presionando y manteniendo (unos 2 segundos) el botón  hasta que la bomba se encienda.

Modo reposo

La bomba entrará en el modo reposo durante cinco segundos después mostrará el menú principal.



Apagado

Apáguela desde cualquier pantalla cuando la bomba no está funcionando, presionando y manteniendo el botón. Después de aproximadamente dos segundos aparecerá una pantalla de apagado y comenzará una secuencia de cuenta atrás de cinco segundos. Si se libera el botón antes de que se complete la secuencia de apagado, no se apagará. A la finalización de la secuencia de apagado, se apagará.

Navegación

La bomba GilAir Plus usa un teclado intuitivo de seis botones para la navegación por el menú y la operación de la bomba. Los botones y sus funciones están resumidos en la tabla de más abajo.




Símbolo	Nombre	Función
	Encender/Entrar	Apaga o enciende la unidad, y entra en un menú o confirma el cambio de un parámetro
	Escape	Sale de un menú
	Flecha arriba	Selecciona las opciones en la pantalla o mueve el cursor del menú hacia arriba
	Flecha abajo	Selecciona las opciones en la pantalla o mueve el cursor del menú hacia abajo
	Aumentar	Ajusta un parámetro a valores más altos
	Disminuir	Ajusta un parámetro a valores más bajos

Tabla 31. Botones de navegación de la bomba GilAir Plus



Pantallas

La pantalla incluye la pantalla **Menú**, la pantalla **Reposo**, la pantalla de control de operación a **Caudal Constante**, la pantalla de control de operación a **Presión Constante**, la pantalla **Fallo**, la pantalla **Estado del Programa**. Todas las pantallas incluyen; la línea superior de estado mostrando La Fecha y Hora, y el estado de bloqueo; la línea inferior de estado muestra el Tipo de batería y el estado de carga, el Rango de Operación (Alto o Bajo), el Modo de Control (FC, CPB o CPA), y Modo de Medición (Manual, Medido, Programa).

Pantallas	Descripción
Pantalla de Menú 	El menú principal permite ajustar todos los parámetros de operación de la GilAir Plus, desplazándose a la opción apropiada del menú. (Sección 4.3.)
Reposo 	Mostrada cuando la bomba no está realizando un evento. Reposo muestra el Caudal Ajustado, el Volumen Total de Muestra, el Tiempo de Muestreo y el número de eventos almacenados y el porcentaje de registro de memoria usado.
Caudal Constante 	Muestra el Caudal Actual (cc/min), Contrapresión BP (mm de agua, mmHg o KPa), Volumen Total de Muestra V (litros), Tiempo de Muestreo RT (minutos) y Tiempo de Muestreo Proyectado PRT (horas), basado en el estado de carga de la batería y la contrapresión.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



<p>Presión Constante</p> <p>Jun 21, 2011 1:37PM BP "H2O 18.0 RT 8m PRT 48.3h N Hi CPH/MAN</p>	<p>Muestra la Contra presión (pulgadas de agua, mmHg, KPa), Tiempo de Muestreo RT (minutos) y Tiempo de Muestreo Proyectado PRT (horas) basado en el estado de carga de la batería y la contra presión.</p>
<p>Fallo'</p> <p>Jun 21, 2011 12:37PM Fault RT: 1m FC: 0 FT: 21s Current: FC: OP: : : Last: FC: : : : N Lo CF/MAN</p>	<p>Muestra el Tiempo de Muestreo RT (min), Cuenta de Fallo FC, Tiempo de Fallo FT (seg), Fallo(s) Actual y Ultimo Fallo(s) cuando una condición de fallo se detecta o cuando la bomba se ha parado debido a una condición de fallo.</p>
<p>Estado del Programa</p> <p>Jun 21, 2011 12:31PM Program: PROG07 Steps: 1/3 On interval Next: Off interval Jun 21, 2011 1:27:35 N Hi CF/PROG</p>	<p>Muestra el estado de una medida programada. Se muestran el número de pasos en el programa total y el paso actual y siguiente. En el paso actual se muestra el progreso del paso.</p>
<p>STP</p> <p>Jun 21, 2011 1:47PM Ta 25(°C) Pa 776mmHg Fa 4000cc Va 23.264L Ts 25(°C) Ps 740mmHg Fs 4038cc Vs 24.384L N Hi CF/MAN</p>	<p>En la bomba modelo STP, esta pantalla muestra las medias de temperatura y presión del evento active o previo y los valores estándar. Se muestra caudal y volumen a condiciones ambientales y estándar.</p>

Tabla 32. Pantallas de navegación de la bomba Gilair Plus

La pantalla LCD puede cambiar entre varias pantallas de información a través del teclado. La bomba cambiara automáticamente a la pantalla apropiada cuando ciertas opciones del menu son seleccionadas o cambia el estado de la bomba.

- **Detalles de la Pantalla**

1. Fecha y hora: Mostrado en formato. Seleccionable mm/dd/aa o dd/mm/aa.
2. Icono batería: El paquete de baterías NiMH está identificado por una "N" a la izquierda del icono, el paquete de baterías reemplazables AA está identificado por una "A". Cuando usa un paquete de baterías NiMH o AA se muestra el estado de carga de la batería. Si la bomba está usando un DC en la estación, se muestra "DC". El estado de carga es aproximado y depende de muchos factores



incluyendo la edad, número de ciclos de carga, temperatura y carga reciente o historia de descarga.

3. Indicador de caudal: Muestra "Alto", "Bajo" o "Error" en todo momento. Este indicador muestra el ajuste de la válvula de control de caudal, que determina la operación de la bomba en alto rango o en bajo rango. Cuando el indicador muestra "Error", la válvula está entre posiciones y debe moverse a la posición correcta para operar la bomba.

4. Modo Control: muestra el modo control del evento de la bomba, si está en caudal constante (FC) o presión constante (CPB o CPA). En el modo caudal constante, la bomba controla el caudal a pesar de los cambios en la carga del filtro (contrapresión). En presión constante, la bomba controla la presión de entrada, a pesar del caudal. Los modos de presión constante, CPA y CPB, permiten al usuario seleccionar el rango del caudal esperado para un control óptimo.

5. Modo medida: Muestra el estado del Modo de medida, que indica como esta ajustado el programa de muestreo de la bomba. Hay tres modos; manual, el operador enciende y apaga la bomba; temporizado, la bomba se enciende a una hora prefijada durante una duración prefijada; y programa, indicada por el nombre del programa, operando bajo el control temporizado de un programa definido por el usuario que especifica las horas de encendido y apagado y las duraciones.

DETALLES DEL MENÚ

1. Opciones del Menú: Vea el Perfil del menú en el Apéndice A para un perfil de la estructura del menú de la bomba.



DETALLES DE LA PANTALLA REPOSO

Pantalla reposo: La pantalla reposo es visible cuando la bomba se enciende y siempre que la bomba no esté en el menú o en un evento de muestreo.

1. Caudal ajustado (cc/min): La tasa de caudal, siempre mostrada en cc/min a condiciones ambientales.
2. Volumen (L) – Volumen de muestra: El volumen total de la muestra, siempre mostrado en litros, en condiciones ambientales.
3. Tiempo de medida (min) – Tiempo de la muestra en minutos.
4. Eventos Registrados: Muestra el número de eventos registrados, y el porcentaje del área de almacenaje usado.

DETALLES DE LA PANTALLA DE MEDIDA EN CAUDAL CONSTANTE

1. Caudal cc/min: El caudal, siempre mostrado en cc/min en condiciones ambientales.
2. BP – Contrapresión: La contrapresión medida a la entrada de la bomba después del colector y el filtro protector. Las unidades de la contrapresión pueden seleccionarse por el operador como pulgadas de agua, milímetros de mercurio, o kilo pascales.
3. V – Volumen de la Muestra: El volumen total de la muestra, siempre mostrada en litros, en condiciones ambientales.



4. RT – Tiempo de Medida (Run Time): Tiempo total de MUESTREO de la bomba. No incluye las calibraciones del Sensor, pausas o tiempos de paro programados en los programas.

5. TMP – Tiempo de Medida Proyectado (Projected Run Time): El tiempo de medida proyectado es una estimación del tiempo de medida que queda en horas, basado en la capacidad de la batería estimada actualmente y el consumo de corriente de la bomba, que depende del caudal, la contrapresión y la temperatura.

DETALLES DE LA PANTALLA DE MEDIDA A PRESIÓN CONSTANTE

1. BP - Contrapresión: La contrapresión medida a la entrada de la bomba después del colector y el filtro protector. Las unidades de la contrapresión pueden seleccionarse por el operador como pulgadas de agua, milímetros de mercurio, o kilo pascales.

2. RT - Tiempo de Medida (Run Time): Tiempo total de MUESTREO de la bomba. No incluye las calibraciones del Sensor, pausas o tiempos de paro programados en los programas.

3. TMP - Tiempo de Medida Proyectado (Projected Run Time): El tiempo de medida proyectado es una estimación del tiempo de medida que queda en horas, basado en la capacidad de la batería estimada actualmente y el consumo de corriente de la bomba, que depende del caudal, la contrapresión y la temperatura.



DETALLE DE LA PANTALLA FALLO

1. RT - Tiempo de Medida (Run Time): Tiempo total de MUESTREO de la bomba. No incluye las calibraciones del Sensor, pausas o tiempos de paro programados en los programas.
2. CF – Contador de Fallos: Número total de fallos que han resultado en la suspensión del muestreo. Cuando la cuenta alcanza 10, la bomba cesará de reintentar y terminará el evento.
3. TF – Tiempo de Fallo: Tiempo total, en segundos, la bomba ha medido mientras estaba en un estado de fallo.
4. Actual: Campo de los fallos activos de los indicadores de fallo, “Ninguno” se muestra a menos que este activo un fallo. Los fallos que pueden mostrarse son FC (control de caudal fuera de rango), PC (control de presión fuera de rango), BP (Contrapresión por encima del límite permisible, produciendo una parada de emergencia), RV (válvula de recirculación incorrectamente ajustada para el caudal), y LB (batería baja).
5. Ultimo: Condición de fallo anterior, mismo formato que fallo Actual.

PANTALLA PROGRAMA

1. Programa: Nombre del programa seleccionado.
2. Pasos: Número de pasos activos / Número total de pasos Tipo del paso activo.
3. Siguiente: Función paso siguiente.
4. Fecha y hora del inicio del paso siguiente.

PANTALLA STP

1. Ta: temperatura ambiente media durante el evento activo o último



2. Pa: Presión barométrica Medida Media durante el evento activo o último
3. Fa: Caudal en condiciones ambientales
4. Va: Volumen de muestra en condiciones ambientales
5. Tn: Temperatura en condiciones estándar
6. Pn: Presión barométrica estándar
7. Fn: Caudal en condiciones estándar
8. Vn: Volumen de muestra en condiciones estándar

AJUSTE DE CAUDAL (CC/MIN)

El **Ajuste de Caudal** permite ajustar el caudal al cual la bomba operará en el modo de control de caudal constante. El rango permisible es 20 cc/min a 5000 cc/min. Caudales entre 20 cc/min y 449 cc/min necesitan que la válvula de control de caudal este ajustada para operación a bajo caudal (El indicador **Bajo** se muestra en la línea inferior de estado). Por encima de 449 cc/min la válvula de control de caudal debe ponerse para operación a alto caudal (El indicador **Alto** se muestra en la línea inferior de estado). Vea las ilustraciones de más abajo para cambiar la posición de la válvula de control de caudal.

Ajuste del rango del caudal

El rango de caudal se cambia usando la llave hexagonal (proporcionada con la bomba, tamaño estándar 2 mm o 5/64 pulgadas) para cambiar la posición de la válvula de control de caudal. La ilustración siguiente muestra la válvula de control de caudal en la posición de alto caudal (450 a 5000 cc/min), y la palabra **Alto (Hi)** está indicado en la línea de estado inferior. (Justo encima del dedo pulgar).



Ilustración 46. Bomba Gilair Plus

La ilustración inferior muestra el rango de caudal ajustado en la posición de bajo caudal (20 a 449 cc/min), como indica la palabra **Bajo (Lo)** en la parte inferior de la pantalla.



Ilustración 47. Rango de caudal ajustado de la bomba Gilair Plus

La ilustración inferior muestra la válvula de control de caudal entre las posiciones **Alto (Hi)** y **Bajo (Lo)**, donde la pantalla muestra **Error**, indicando un error. La bomba no funcionará a menos que la válvula de control de caudal esté en la posición correcta **Alto (Hi)** o **Bajo (Lo)** para el caudal correspondiente ajustado.



Ilustración 48. Válvula de control del caudal de la bomba Gilair Plus

CALIBRACIÓN DEL SENSOR

La bomba GilAir Plus tiene la característica de la calibración del sensor automática que permite a la bomba mantener mediante la calibración intermitente del sensor de caudal de la bomba para establecer el punto de caudal cero. Esta rutina se produce antes de comenzar, cuando la temperatura interna de la bomba cambia más de 3 °C, o siempre que ha transcurrido una hora desde la última calibración del sensor. La calibración tarda aproximadamente 20 segundos durante los cuales el tiempo de la bomba para de correr. El tiempo de muestreo y volumen no son contados durante la rutina de calibración del sensor un caudal estable y preciso mientras. Durante el proceso se muestra el mensaje “Calibración del Sensor”.

CONDICIÓN DE FALLO, CAUSA Y AVISO EN PANTALLA

Fallo de Control de Caudal (código de fallo FC): Si la bomba está midiendo en el modo de Control de Caudal Constante, y el caudal no puede mantenerse dentro de la especificación de caudal constante, la bomba ira al Fallo de Caudal, un fallo producido porque el caudal está fuera de las especificaciones de la bomba.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



Fallo de Contra Presión (código de fallo BP): Si la bomba está midiendo en el modo de Control de Caudal Constante y el medio de toma de muestras ha incrementado su resistencia al caudal (p.e. contra presión) debido a la muestra acumulada o a un bloqueo en el tren de muestreo, la bomba irá a una condición de fallo después de alcanzar su máxima contra presión especificada.

Fallo de Sobre Presión (código de fallo OP): Si la bomba está midiendo en el modo Control de Caudal Constante y la contra presión supera el máximo permitido por la bomba, se producirá una condición de fallo inmediata y se parará. La bomba intentará de nuevo arrancar si la opción Reintento de Fallo está habilitada.

Fallo de Control de Presión (código de fallo PC): Si la bomba está midiendo en el modo Presión Constante y la contrapresión de la muestra no puede mantenerse dentro del +/- 10% del punto de presión ajustado, la bomba irá a una condición de Fallo de Control de Presión. Este usualmente producido por insuficiente resistencia de la muestra, que produce caudales más allá del rango de operación de la bomba.

Fallo Batería Baja (código de fallo LB): Si el voltaje de la batería ha caído por debajo del nivel mínimo, la bomba irá a una condición de fallo debido a una batería baja. Para este fallo no se realizarán intentos de arranque.












Fallo de Válvula de Recirculación (código de fallo RV): Si la válvula de control de modo Alto Caudal/Bajo Caudal no está en el ajuste correcto, posicionado entre los ajustes alto y bajo o fijado en la posición incorrecta para el caudal seleccionado, la bomba irá a un Fallo de Válvula de Recirculación. Debe hacerse el ajuste correcto para solucionar el fallo.



AJUSTES (PROG.)

El submenú Ajustes tiene controles que ajustan los parámetros de operación básicos de la bomba.

Par cambiar los ajustes para cada opción en el submenú Ajustes:

1. En la pantalla Menú Principal, use los botones  y  para mover el cursor  a Ajustes (Prog.) . Presione y suelte el botón . La bomba ahora mostrará la pantalla del submenú Ajustes.
2. En la pantalla del submenú Ajustes, use los botones  y  para mover el cursor  a una opción del submenú para la cual desee cambiar el ajuste. Use los botones  y  para seleccionar el ajuste deseado para esa opción, después presione y suelte el botón . El cambio al ajuste nuevo está ahora completo.

OPCIONES DE MIDIENDO

Temperatura Estándar (solo Modelos STP)

Los usuarios pueden ajustar la temperatura que se usará en el cálculo del caudal y volumen estándar cuando usa la bomba Modelo STP. La temperatura estándar de fábrica por defecto de la GilAir es 25°C (77°F).

Para fijar la Temperatura Estándar:



1. En la pantalla Menú Principal, use los botones y para mover el cursor ► a Ajustes (Prog.) ►. Presione y suelte el botón . La bomba mostrará ahora la pantalla del submenú Ajustes.
2. En la pantalla del submenú Ajustes, use los botones y para mover el cursor ► a Opciones de Medición ►. Presione y suelte el botón .
3. El cursor ► estará ahora en Temp estándar (° C o °F). El ajuste actual para Temp Estándar (° C o °F) será mostrado en el lado derecho de la pantalla. Use el botón y para ajustar el valor a la temperatura deseada.

PRESIÓN ESTÁNDAR (MMHG)

Los usuarios pueden fijar la presión que será usada en el cálculo del caudal y volumen estándar cuando use una bomba modelo STP. La presión estándar de fábrica por defecto de la GilAir es 760 mmHg.



Para fijar la Presión Estándar:

1. En la pantalla Menú Principal, use los botones y para mover el cursor ► a Ajustes (Prog.) ►. Presione y suelte el botón . La bomba mostrará ahora el submenú de Ajustes.
2. En la pantalla del submenú de Ajustes, use los botones y para mover el cursor ► a Opciones de Medición ►. Presione y suelte el botón .
3. El cursor ► estará ahora Temp estándar (° C). Presione y suelte el botón para mover el cursor ► a Presión Estándar (mmHg). El ajuste actual para Presión



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



Estándar (mmHg) será mostrado al lado derecho de la pantalla. Use los botones  para ajustar el valor a la presión deseada. Nota: Una sola pulsación de uno de estos botones incrementará o disminuirá la presión fijada en 1. Presione y mantenga pulsado uno de los botones para moverse en el rango total de números. Cuando seleccione la presión deseada, presione y suelte el botón  para completar.

MODO DE CONTROL

FC (Caudal Constante), CPA (Presión Constante Alto), CPB (Presión Constante Bajo)

El Modo de Control determina que parámetro de control de la GilAir Plus mantendrá constante durante la muestra. Las dos opciones de modo de control están manteniendo el caudal constante o manteniendo la presión constante. Ambos modos de control medirán en modo alto caudal (450-5000 cc/min) y bajo caudal (1-449 cc/min). El control Caudal Constante debe elegirse para una única muestra, y el control Presión Constante debe elegirse cuando se separa el caudal en muestras múltiples. En el modo Caudal Constante, se muestran el caudal y la contra presión. En el modo Presión Constante solo se muestra la contra presión. El control presión constante requiere porta muestras con válvulas de aguja para controlar el caudal. En el modo presión constante, el caudal se lee solo en el calibrador externo.

El Control Caudal Constante y el Control Presión Constante son fundamentalmente modos de operación diferentes. A continuación se describen los dos módulos.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional










El Control Caudal Constante mantiene el caudal constante a lo largo de la duración de la muestra, incluso en presencia de variaciones en la contra presión del medio de muestreo a menudo causadas por la acumulación de presión en el filtro.

El Control Presión Constante mantiene un nivel de presión constante a la entrada de la bomba, la cual proporciona un vacío estable para sacar la muestra. Se necesita una válvula de aguja en el portador del medio de muestreo para ajustar el caudal. Si la resistencia del medio de muestreo es constante, el caudal a través del medio de muestreo también permanecerá constante.

Este modo permite que la muestra sea separada, y también se llama Modo Multi-Caudal. Este modo requiere un portador del medio de muestreo que incorpore una válvula de aguja en cada segmento por separado.

Para seleccionar el Modo de Control:

1. En la pantalla del menú principal, use los botones  y  para mover el cursor  a Modo de Control. Presione y suelte el botón .
2. Use los botones  y  para seleccionar el modo de control FC (Caudal Constante [20-5000 cc/min]), CPB (Presión Constante Bajo [1-449 cc/min]) o el CPA (Presión Constante Alto [450-5000 cc/min]). Cuando se seleccione el modo de control deseado, presione y suelte el botón  para completar. El modo de control seleccionado será mostrado en la línea de estado inferior.



CAMBIO DE LA BATERÍA

Para cambiar el paquete de baterías NiMH recargables, siga los pasos de más abajo:

1. Quite los tres tornillos de la carcasa.
2. Quite el paquete de baterías de la carcasa frontal. Observe que está conectada a la tarjeta por un cable.
3. Cuidadosamente desconecte el cable, anote la posición del conector de seis pin.
4. Conecte la batería nueva, observando la posición correcta del conector.
5. Reconecte las carcasas. Ponga atención en el enrutamiento del cable de forma que no quede atrapado.
6. Coloque de nuevo los tornillos de la carcasa, y solo apriételos cómodamente. Apriételos hasta que la distancia entre las carcasas cierre totalmente – **No los sobre apriete.**

MANTENIMIENTO DEL FILTRO DE LA BOMBA

Si la resistencia del caudal del filtro de entrada es demasiado alta, se reducirá la capacidad de carga de la bomba. El estado del filtro se determina fácilmente. Si la caída de presión a través del filtro es mayor de 2 pulgadas de agua a un caudal de 5000 cc/min, debe cambiarse. Para hacer esta medida, ajuste el caudal de la bomba a 5000 cc/min midiendo en modo caudal constante. Con nada conectado al conector de entrada, la contrapresión mostrada en la bomba debe ser menor de 2



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional

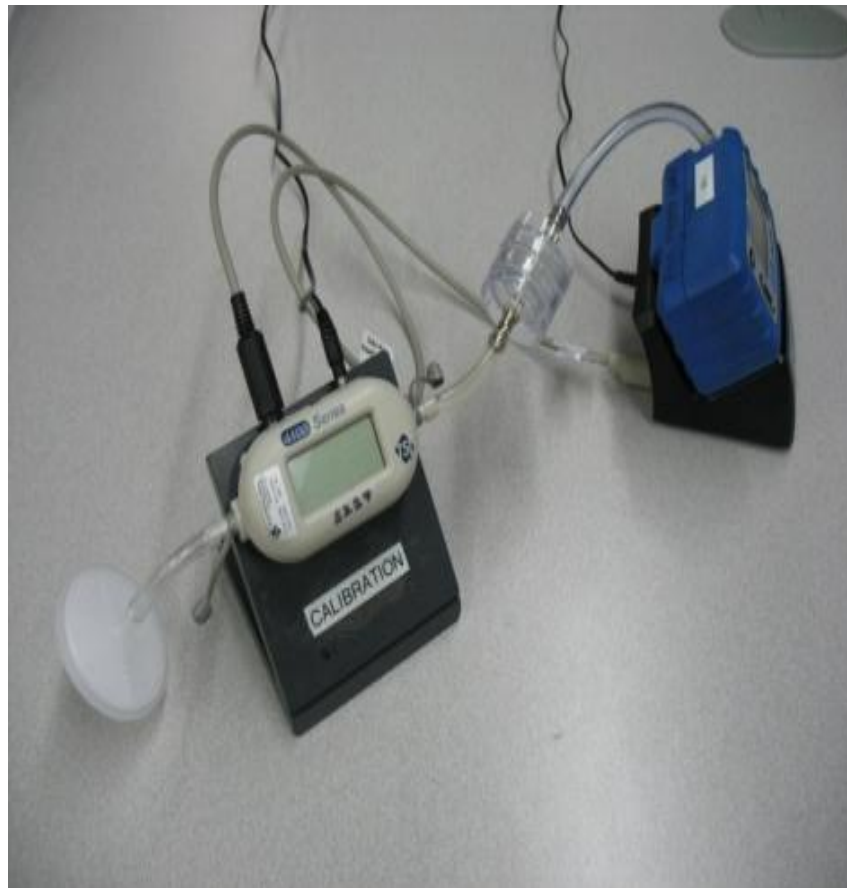



pulgadas de agua. Si la Contra Presión es más grande, cambie el filtro usando el procedimiento de más abajo.

1. Quite los dos tornillos del porta filtro.
2. Quite el porta filtro tirando recto hacia fuera.
3. Cambie el filtro P/N 811-0905-01R. Asegúrese que está correctamente posicionado y el área de las juntas de goma está limpio (junta P/N 300-0103-01R). Inserte el porta filtro en el colector. Observe el posicionado correcto de las dos juntas, P/N 150-9106-50 R y 150-9121-50 R (Cámbielo si está dañado).
4. Recoloque el porta filtro. Alinee primero la junta más externa. Alinee la conexión de salida del porta filtro y presione hacia adentro hasta que las juntas estén asentadas. Asegúrese que el porta filtro está totalmente asentado antes de apretar los tornillos.
5. Cambie los tornillos y solo apriételes. No los sobre apriete.



CALIBRADOR TSI™ Modelo 4140



El TSI Modelo 4140 lee caudal continuamente y lo reporta para la pantalla de la GilAir Plus. Cuando se alcanza la estabilidad del caudal, la calibración será calculada y almacenada. Se mostrará *Calibración Completa*. El botón  puede usarse para volver al menú principal.

1. Conecte el cable del SmartCal entre el puerto interface en el TSI Modelo 4140 y el Puerto del Dispositivo de Referencia en la parte trasera de la Estación.



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
Escuela de Estudios Industriales y Empresariales
Salud Ocupacional



2. En la bomba GilAir Plus, vaya a Ajustes (Prog.), después a SmartCal. Use los botones y para seleccionar TSI. Presione y suelte el botón .

Este ajuste solo se necesita una vez. Vaya a Ajustar caudal. Use los botones y para ajustar el caudal deseado. Presione y suelte el botón . La bomba comenzará a funcionar en el modo SmartCal.

3. Mientras funciona en el modo SmartCal, el TSI 4140 muestra el caudal, y se muestra lo siguiente en la bomba:

SmartCal TSI (caudal) cc/m

4. Cuando se alcanza la estabilidad del caudal, la calibración se calculará y almacenará. Se mostrará *Calibración Completa*.
5. Antes de quitar la bomba de la Estación, presione y suelte el botón .

Se muestra la pantalla de Menú Principal. Quite la bomba de la Estación. Vaya a Midiendo. Presione y suelte el botón . La bomba comienza a funcionar al caudal ajustado.



BIBLIOGRAFÍA

3M OCCUPATIONAL HEALTH AND ENVIROMENTAL SAFETY DIVISION. Manual del usuario del medidor QUESTemp 34 y QUESTemp 36. . Estados Unidos. 2011. 42 p.

3M OCCUPATIONAL HEALTH AND ENVIROMENTAL SAFETY DIVISION. Manual del usuario 3M™ QUESTemp^o™ Heat Stress Monitors. Estados Unidos. 2013. 12 p.

Manual de usuario GilAir Plus. [en línea]. 2012. [consultado 12 de Agosto de 2014]. Disponible en:<http://www.sensidyne.com/air-sampling-equipment/gilian-air-sampling-pumps/gilair-plus/>

Manual de usuario SVANTEK SV111. [en línea]. 2013. [consultado 12 de Agosto de 2014]. Disponible en: <http://www.svantek.es/calibrador-vibraciones/sv111#manual>

Manual de usuario SVANTEK SV106. [en línea]. 2013. [consultado 12 de Agosto de 2014]. Disponible en: <http://www.svantek.es/vibrometros-sh/analizador-vibraciones-sv106#manual>

TSI INCORPORATED. Manual de usuario de calibrador TSI™ Modelo 4140. Estados Unidos. 2004. 2p.