

# **Estimación del material particulado como factor de riesgo en la salud de trabajadores en empresa de plásticos**

Mercedes Elizabeth Reyes Segovia

Iván Geovanny Reyes Segovia

Juan Francisco Bolaños Méndez

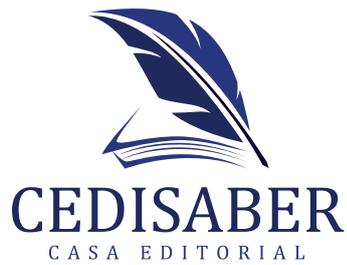
Galo Roberto Saavedra Acosta

Andrea Estefanía Velasco Guerra

Carlos Jeanpier Yagos Arias



**CEDISABER**  
CASA EDITORIAL



...publicando tus pensamientos al mundo

***Estimación del material particulado como factor de riesgo en la salud de trabajadores en empresa de plásticos***

Mercedes Elizabeth Reyes Segovia, Iván Geovanny Reyes Segovia, Juan Francisco Bolaños Méndez, Galo Roberto Saavedra Acosta, Andrea Estefanía Velasco Guerra y Carlos Jeanpier Yagos Arias

Primera edición: enero, 2024

ISBN: 978-9942-7179-1-7

**Casa Editorial CEDISABER**

**Director**

Lic. Edison Damián Cabezas Mejía, Msc.

**Responsable editorial**

Ing. Johana Belén Torres Santamaría, Msc.

**Corrección de estilo y diseño**

Mtr. Xavier Chinga

**Contactos**

Av. Quito y Pasaje Aníbal Campana, Sector El Loreto

Latacunga - Cotopaxi - Ecuador

[info@editorialcedisaber.com](mailto:info@editorialcedisaber.com)

[director@editorialcedisaber.com](mailto:director@editorialcedisaber.com)

Teléfono: +593 99 571 5094

**Imagen de carátulas:** <https://acortar.link/LPgwQX>

El escrito ha sido sometido a revisión, a través de la metodología doble ciego, con el fin de establecer la calidad de contenido del texto científico de acuerdo con las políticas de la Editorial CEDISABER.

**Importante:** La reproducción total o parcial de esta obra, en cualquier forma y por cualquier medio mecánico o electrónico, está permitida siempre y cuando sea autorizada por los editores y se cite correctamente la fuente.

**Para referenciar esta obra, seguir el modelo:**

Reyes, M., Reyes, I., Bolaños, J., Saavedra, G., Velasco, A. y Yagos, G. (2024). *Estimación del material particulado como factor de riesgo en la salud de trabajadores en empresa de plásticos*. Casa Editorial CEDISABER

# **Estimación del material particulado como factor de riesgo en la salud de trabajadores empresa de plásticos**

Mercedes Elizabeth Reyes Segovia

Iván Geovanny Reyes Segovia

Juan Francisco Bolaños Méndez

Galo Roberto Saavedra Acosta

Andrea Estefanía Velasco Guerra

Carlos Jeanpier Yagos Arias



# Índice

Prólogo.....	9
Introducción.....	10
<b>Capítulo I: El problema - Metodología.....</b>	<b>11</b>
Estado de la situación.....	13
Análisis crítico.....	15
Antecedentes.....	15
Justificación.....	16
Objetivos.....	17
Objetivo General.....	17
Objetivos específicos.....	17
Metodología.....	18
Área de estudio.....	18
Enfoque.....	18
Tipos de investigación.....	18
Investigación aplicada.....	18
Investigación básica descriptiva.....	19
Investigación de campo.....	19
Investigación bibliográfica documental.....	19
Métodos Inducción - deducción.....	19
Diseño del trabajo.....	19
Operacionalización de las variables.....	19
Procedimiento para obtención y análisis de datos.....	21
Preparación del equipo de medición.....	23
Argumentación teórica.....	24
Seguridad industrial.....	24
Material particulado.....	24
Fibra de vidrio.....	25
Tipo E.....	25
Sistema respiratorio.....	27
Estrategias de muestreo.....	29

Muestras consecutivas de periodo completo.....	30
Sistemas de muestreo más utilizados.....	30
Masa de partícula respirable.....	30
Valores límites permisibles.....	30
Instrumentos de medida.....	30
Población y muestra.....	31
Preguntas de investigación.....	31
<b>Capítulo II: Aplicación de instrumentos de campo y recolección de datos.....</b>	<b>33</b>
Identificación del área de estudio.....	35
Análisis e interpretación de datos.....	36
Diagnóstico básico de la salud de los trabajadores.....	49
Mediciones del material particulado de fibra de vidrio de 2,5 mg/m <sup>3</sup> y 10 mg/m <sup>3</sup> en el área de pulido.....	52
Determinación del nivel de riesgo.....	64
<b>Capítulo III: Resultados y discusión - Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>71</b>
Interpretación de resultados.....	73
Antecedentes investigativos.....	75
Respuesta a las preguntas de investigación.....	76
Conclusiones y recomendaciones.....	77
Conclusiones.....	77
Recomendaciones.....	78
<b>Referencias.....</b>	<b>79</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>83</b>
Anexo 1.....	85
Anexo 2.....	87
Anexo 3.....	89
Anexo 4.....	90
Anexo 5.....	91
Anexo 6.....	94
Anexo 7.....	95
Anexo 8.....	98
<b>Acerca de los autores.....</b>	<b>99</b>

## Índice de tablas

Tabla 1	<i>Área de estudio</i> .....	18
Tabla 2	<i>Variable Independiente: Material particulado como factor de riesgo</i> .....	20
Tabla 3	<i>Variable Dependiente: Salud Ocupacional</i> .....	20
Tabla 4	<i>Número mínimo de muestras por jornada de trabajo en función de la duración de una muestra</i> .....	22
Tabla 5	<i>Número de trabajadores en cada área de la empresa</i> .....	31
Tabla 6	<i>Proceso de la elaboración de piezas de fibra de vidrio en la empresa</i> .....	35
Tabla 7	<i>Matriz de presencia de material particulado y tiempo de exposición</i> .....	36
Tabla 8	<i>Ficha de observación de acciones subestándares</i> .....	37
Tabla 9	<i>Ficha de observación de condiciones subestándares</i> .....	38
Tabla 10	<i>Presencia de tos</i> .....	39
Tabla 11	<i>Presencia de expectoración</i> .....	40
Tabla 12	<i>Episodios de exacerbación</i> .....	41
Tabla 13	<i>Presencia de sibilancias</i> .....	42
Tabla 14	<i>Síntoma de ahogo o falta de aire</i> .....	43
Tabla 15	<i>Presencia de gripa</i> .....	44
Tabla 16	<i>Afecciones pulmonares</i> .....	45
Tabla 17	<i>Historial ocupacional</i> .....	46
Tabla 18	<i>Enfermedad respiratoria</i> .....	47
Tabla 19	<i>Síntomas respiratorios</i> .....	48
Tabla 20	<i>Ficha médica de diagnóstico básico trabajador 1</i> .....	49
Tabla 21	<i>Ficha médica de diagnóstico básico trabajador 2</i> .....	50
Tabla 22	<i>Ficha médica de diagnóstico básico trabajador 3</i> .....	51
Tabla 23	<i>Toma de muestras en el área de pulido</i> .....	52
Tabla 24	<i>Mediciones día 1 PM 2.5 Y 10</i> .....	53
Tabla 25	<i>Mediciones día 1 temperatura y humedad relativa</i> .....	54
Tabla 26	<i>Mediciones día 2 PM 2.5 Y 10</i> .....	55
Tabla 27	<i>Mediciones día 2 temperatura y humedad relativa</i> .....	56
Tabla 28	<i>Mediciones día 3 PM 2.5 Y 10</i> .....	57
Tabla 29	<i>Mediciones día 3 temperatura y humedad relativa</i> .....	58

Tabla 30	<i>Mediciones día 4 PM 2.5 Y 10.....</i>	59
Tabla 31	<i>Mediciones día 4 temperatura y humedad relativa.....</i>	60
Tabla 32	<i>Mediciones día 5 PM 2.5 Y 10.....</i>	61
Tabla 33	<i>Mediciones día 5 temperatura y humedad relativa.....</i>	62
Tabla 34	<i>Límites de exposición laboral.....</i>	63
Tabla 35	<i>Evaluación de exposición laboral.....</i>	65
Tabla 36	<i>Concentración, exposición diaria e índice de exposición día 1.....</i>	66
Tabla 37	<i>Concentración, exposición diaria e índice de exposición día 2.....</i>	67
Tabla 38	<i>Concentración, exposición diaria e índice de exposición día 3.....</i>	68
Tabla 39	<i>Concentración, exposición diaria e índice de exposición día 4.....</i>	69
Tabla 40	<i>Concentración, exposición diaria e índice de exposición día 5.....</i>	70
Tabla 41	<i>Resultados obtenidos PM 2,5.....</i>	73
Tabla 42	<i>Resultados obtenidos PM 10.....</i>	74

## Índice de figuras

Figura 1 <i>Árbol de problemas</i> .....	14
Figura 2 <i>Árbol de problemas</i> .....	22
Figura 3 <i>Estera de fibra de vidrio</i> .....	26
Figura 4 <i>Sistema respiratorio</i> .....	27
Figura 5 <i>Esquema para toma de muestras</i> .....	28
Figura 6 <i>Estrategias de muestreo</i> .....	29
Figura 7 <i>Presencia de tos</i> .....	39
Figura 8 <i>Presencia de expectoración</i> .....	40
Figura 9 <i>Episodios de exacerbación</i> .....	41
Figura 10 <i>Presencia de sibilancias</i> .....	42
Figura 11 <i>Síntoma de ahogo o falta de aire</i> .....	43
Figura 12 <i>Presencia de gripa</i> .....	44
Figura 13 <i>Afecciones pulmonares</i> .....	45
Figura 14 <i>Historial ocupacional</i> .....	46
Figura 15 <i>Enfermedad Respiratoria</i> .....	47
Figura 16 <i>Síntomas respiratorios</i> .....	48



## Prólogo

La problemática ambiental en la actualidad debe abordarse como un estudio interdisciplinario, lo que impulsa a adquirir diversos tipos de conocimientos relacionados con varias disciplinas sobre la temática. En este contexto, la presente obra se enfoca en el estudio de las partículas que están suspendidas en la atmósfera y sus efectos en la salud de los trabajadores, para ello es necesario abordar de manera transversal los contenidos básicos de diferentes áreas de conocimiento, como el ambiental, químico, de seguridad, entre otros. Desde esta perspectiva, y enmarcado en el desarrollo del conocimiento, el documento pretende contribuir a una mejor formación en los estudiantes del ámbito de la seguridad y de la salud ocupacional.

Está comprobado que el material particulado mantiene una alta incidencia negativa en la salud humana, que se manifiesta especialmente por problemas respiratorios y cardiovasculares. Entre las enfermedades más comunes que se conocen, están aquellas ligadas a la presencia de material particulado en el aire respirado, podemos mencionar: asma ocupacional, bronquitis crónica, alergias, enfermedades laborales como la silicosis, asbestosis, y enfermedades que causan una baja laboral. Los efectos negativos de las concentraciones de partículas en el aire dependen básicamente del contaminante y sus propiedades (composición química, concentración, morfología, densidad y tamaño de partícula).

Este texto presenta una orientación a identificar las acciones relacionadas a la prevención de riesgos laborales, protegiendo la salud de los trabajadores en su ejercicio profesional, evitando de esta manera los riesgos derivados, como las sustancias particuladas que pueden afectar las condiciones de salud en los trabajadores de las empresas. El texto tiene el propósito de cautivar a todo aquel que se interese por conocer los elementos básicos de la seguridad industrial y que, a través de ellos, pueda generar un mejor entendimiento sobre el área de la seguridad industrial.

Quienes se desempeñan en esta área de trabajo comprenderán que la cultura de prevención es un proceso que se alcanza día tras día con pequeños y grandes cambios que pueden hacer la diferencia entre el éxito y el fracaso en las organizaciones. Estamos seguros que el trabajo multidisciplinario ayuda a alcanzar una cultura de seguridad en las empresas de cualquier tamaño, a través de capacitación y sensibilización adecuada de sus administradores y trabajadores.

En este contexto, el libro se enfoca en el estudio del material particulado como un factor de riesgo en la salud de los trabajadores; este trabajo está encuadrado a través de un proceso de investigación de tipo documental y de campo; documental porque se realizó un proceso de revisión, selección y sistematización de la literatura particular, aportando una visión integral y actualizada del fenómeno de estudio, para en un segundo momento llevar a cabo el estudio de campo con el objetivo de diagnosticar la realidad del fenómeno estudiado.

## Introducción

**E**l presente manuscrito tiene como objeto analizar el material particulado como riesgo en la salud de los trabajadores de una empresa de plásticos para determinar el área con mayor cantidad de material particulado. Se elaboró una matriz de presencia y tiempo de exposición del mismo, determinando el área de pulido como sección de estudio. Se realizaron observaciones de acciones y condiciones subestándares en el área que dio como resultado la presencia de riesgos.

Además, se tabuló el cuestionario de síntomas respiratorios ATS-DLD 78 aplicado a los trabajadores de la empresa para conocer si presentan sintomatología respiratoria y se realizó un diagnóstico médico para conocer el estado del personal del área seleccionada.

Con el contador de partículas de mano AEROCET 531S se receptaron muestras en cinco días distintos a tres trabajadores del área de pulido, en donde se calculó el valor del índice de exposición considerando según OSHA de 15 mg/m<sup>3</sup> para el total de partículas de polvo de fibra de vidrio para un turno de 8 horas, y se obtuvo en promedio 0,008 de PM 2,5 µm considerado aceptable y 1,178 de PM 10 µm, considerado inaceptable.

En función a los resultados obtenidos se concluye que existe un nivel de riesgo importante, debido a que la concentración de PM 10 µm supera los límites de exposición permisibles, y al ser esta una partícula de mayor densidad, ocasiona afecciones respiratorias confirmadas con el diagnóstico médico.

# Capítulo I

El problema  
Metodología



## Estado de la situación

Un factor importante que se toma en cuenta en las empresas a nivel mundial son los riesgos a los que están expuestos tanto los trabajadores como el ambiente. Las empresas productoras comúnmente tienen una gran cantidad de riesgos laborales, entre uno de ellos se encuentran los riesgos químicos, estos riesgos son producidos por factores químicos más comunes como la generación de material particulado, este produce impactos a la naturaleza y al ser humano (Arciniégas, 2014).

En el hombre la presencia de material particulado en el ambiente, dependiendo de la concentración, la composición y el tiempo de exposición, puede ocasionar disminución visual causada por la dispersión y absorción de luz, así como también varias afecciones cardiovasculares, cáncer de pulmón, exacerbación de episodios de asma y otras enfermedades pulmonares (Organización Internacional del Trabajo, 2014).

Las enfermedades laborales u ocupacionales más frecuentes son las afecciones del aparato respiratorio y dermatológicas, ya que estos dos órganos son los que están más expuestos a la interacción con el ambiente. Se ha determinado que en 40 horas semanales de trabajo se inhalan aproximadamente 14.000 litros de aire hacia los pulmones, haciendo que las sustancias que se introducen sean las causantes de enfermedades pulmonares crónicas, las cuales afectan directamente a quienes se exponen a estas (Vargas, y otros, 2015).

A nivel mundial, cerca de 6.500 personas mueren cada año a causa de enfermedades profesionales, las enfermedades cardiovasculares representan el 31% de estas muertes, el 26% son por cánceres de origen profesional y 17% están relacionadas a enfermedades respiratorias (Organización Internacional del Trabajo, 2014).

La mayor parte de industrias ecuatorianas que están expuestas a riesgos químicos dentro del área de producción se encuentran inmersas en la generación de material particulado, el cual queda suspendido en el ambiente, afectando así nocivamente a la salud de sus trabajadores, quienes con el tiempo pueden presentar afecciones de carácter respiratorio crónico, es por ello que es obligación de las industrias reducir el esparcimiento de agentes contaminantes químicos que mejoren el ambiente laboral y la salud de las personas que están directamente en contacto con estas partículas (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, 2018).

En Ecuador, los cálculos arrojan que existen alrededor de 14.000 enfermedades profesionales, entre las más comunes, se encuentran aproximadamente 2.100 personas con las afecciones respiratorias, representando el 1,5% del total; cabe recalcar que solamente el 3 por ciento son reportadas, existiendo así un nivel alto de subregistro en los reportes (Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social, 2015).

La presente investigación se desarrolló en una empresa de plásticos ubicada en la ciudad de Ambato, dicha empresa se dedica a la fabricación de piezas en fibra de vidrio para el sector carroceros del Ecuador sin la aplicación de un sistema automatizado y controlado, ya que todos sus procesos son de forma artesanal, dentro del desarrollo de sus actividades existe una gran cantidad de generación de material particulado, por tal razón se requiere

un estudio de la calidad del aire que determine los niveles de contaminación al que están expuestos los trabajadores, teniendo en cuenta la concentración y el tiempo de exposición. En la empresa no se lleva un registro o control médico de la salud de los empleados, por lo que no se conoce qué enfermedades poseen o pueden llegar a tener.

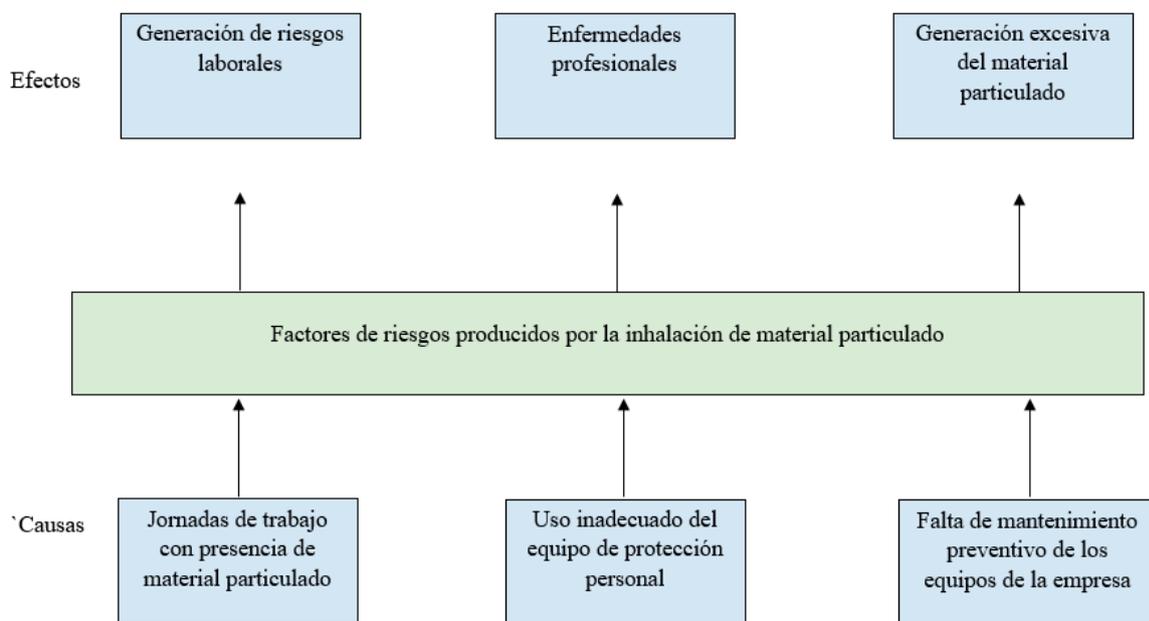
Actualmente, los trabajadores están expuestos a muchos riesgos laborales, ya que la empresa no cuenta con ninguna norma de seguridad, además que las tareas que aquí se llevan a cabo se las realiza de una manera empírica, haciendo así que se incremente la posibilidad de tener alguna enfermedad profesional.

Al realizar piezas de fibra de vidrio uno de los riesgos de mayor presencia es la inhalación de material particulado, que con el pasar de los años ocasionaría afecciones respiratorias y en el peor de los casos, cáncer de pulmón, teniendo el empleador que responsabilizarse por el inadecuado control en el ambiente. En la empresa no se registra haber realizado ninguna investigación referente al estudio de material particulado, por ello el desarrollo de esta investigación es importante, ya que se podrá evaluar qué tan nocivo para la salud puede llegar a ser este tipo de material y establecer las medidas de control y protección para los trabajadores.

La Figura 1 muestra el árbol de problemas en el cual se evidencia las causas y efectos que producen los factores de riesgo por la inhalación de material particulado en la empresa de plásticos.

**Figura 1**

*Árbol de problemas*



*Nota.* Obtenido de Hernández (2015)

## **Análisis crítico**

El material particulado es el contaminante más agresivo para la salud de las personas. Las partículas y compuestos emitidos al aire en ciertas concentraciones pueden producir efectos nocivos en la salud de las personas, como por ejemplo: reducción de la función pulmonar, aumento de la susceptibilidad de contraer infecciones respiratorias, cáncer, entre otros. La presencia de partículas en el aire en la jornada laboral aumenta la probabilidad de generación de riesgos laborales (Ministerio del Ambiente Chile, 2015).

La empresa de plásticos, dedicada a la elaboración de piezas de fibra de vidrio para el sector carroceros; evidencia la falta de control en cuanto al uso del equipo de protección personal se refiere, como por ejemplo: el uso de mascarillas de protección respiratoria, específicamente el área de producción y pulido; por ende, se denota el desconocimiento por parte de los dueños y los trabajadores de cuál es el límite de concentración de material particulado que debe predominar en los puestos de trabajo, por lo que la falta de un análisis de este tipo hace que el ambiente de trabajo sea inseguro para la salud integral de los trabajadores, el cual podría desencadenar en una enfermedad profesional y por ende una sanción por parte del Ministerio de Trabajo para la empresa.

Otra de las principales causas por la que la calidad de aire se vea afectada en la empresa de plásticos se da por la falta de tecnificación en las áreas debido a que todas las actividades se las realiza de forma manual y empíricamente sin el orden, limpieza, mantenimiento preventivo de equipos y uso de equipo de protección personal adecuado, la falta de un mecanismo que permita aspirar el material particulado generado hace que la contaminación del aire en esta zona sea excesiva y afecte a su vez al medio ambiente y aún más se incrementa el riesgo de absorción de este material en los trabajadores perturbando así el ambiente laboral y la productividad la empresa.

## **Antecedentes**

Los antecedentes de la investigación son fundamentales para el desarrollo del tema de estudio, en el cual se recopiló información documental relacionada con el tema y las variables de investigación que han sido propuestas.

En el Ecuador, al igual que en otros países se presentan varios estudios afines a la temática presentada, por lo que se han seleccionado una serie de estos proyectos, los mismos que han proporcionado bases informativas relevantes como se muestran a continuación:

En la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica se puede mencionar el estudio titulado: "Contaminación provocada por el material particulado en el pulido de autopartes de fibra de vidrio para mejorar el ambiente laboral en la empresa Miviltech de la ciudad de Ambato" el mismo que tiene como objetivo analizar la contaminación generada por el material particulado de fibra de vidrio

en el pulido de autopartes de buses en la empresa, obteniendo como conclusión relevante que se puede cualificar al riesgo mediante la matriz de riesgos laborales realizada y el TLV-TWA comparado con la exposición diaria al que están expuestos los trabajadores, ya que el valor de la dosis para el PM de 10  $\mu\text{m}$  es mayor a 1, por lo tanto el nivel de riesgo para esta sección es intolerable, por lo cual se debe disminuir esta concentración excesiva de material particulado desarrollando un sistema mecánico para extraer el material particulado que afecta a la calidad del aire. Es así que se propone a la empresa efectuar el diseño y construcción de un sistema de extracción de polvo de fibra de vidrio (Aldás, 2015).

Tomando como referencia el artículo de la Universidad Central del Ecuador, con el tema “Caracterización de la exposición a polvo orgánico en el área de producción de alimento balanceado y granjas avícolas en la empresa Megaves Cía. Ltda”, en donde se compara la exposición a polvo orgánico total (fracción respirable) con los límites permisibles del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT) de España, a través del equipo EVM3, que es un instrumento de medición para caracterizar la exposición, considerando el 75% de la jornada laboral. Las muestras obtenidas fueron pesadas de acuerdo a la norma técnica MTA/MA-014/A88 del INSHT “Determinación de materia particulada (total y fracción respirable) en aire - Método gravimétrico”. Los resultados de las mediciones de polvo estuvieron por debajo del límite permisible de 4 mg/m<sup>3</sup>, por lo que se puede concluir que la exposición a este material particulado no constituye un riesgo para la salud de los trabajadores en la en la empresa Megaves Cía. Ltda (Viteri, y otros, 2015).

En el proyecto de investigación desarrollado en la Universidad Técnica de Ambato titulado: “Material particulado en el área de empaque de harina en industrias molineras y su relación con la afectación a la salud de los trabajadores”, tiene como objetivo principal el evaluar el nivel de material particulado y su incidencia en la salud de los trabajadores del área de empaque de la Industria Molinera, se concluye que los resultados de las mediciones muestran datos que determinan el nivel de riesgo como inaceptable, y es así que se evidencia que la actividad que se muestra con los niveles más altos de material particulado es la de limpieza, debido a las malas prácticas de limpieza como el utilizar aire comprimido, pues para utilizar esta herramienta se debe utilizar la guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo del INSHT, y para mejorar el ambiente de trabajo se debe realizar el monitoreo del material particulado con la capacitación que se requiere, así como también diseñar un sistema de aspiración que disminuya o elimine el material particulado existente en el área de empaque de harina de la empresa (Yuquilema, 2018).

## **Justificación**

El estudio de las condiciones del ambiente laboral producido por la presencia de material particulado en la empresa de plásticos es de gran importancia, ya que permite generar un ambiente de trabajo seguro y determinar el equipo de protección individual para que los

empleados lo utilicen y de esta manera evitar la presencia de enfermedades profesionales futuras.

La presente investigación tiene un impacto considerable sobre los trabajadores, ya que al realizar las mediciones de concentración del material particulado que con los años traen consecuencias a la salud, se puede determinar si sobrepasan los límites establecidos en las normas internacionales, así como también conocer si el ambiente laboral está o no afectando a los trabajadores.

El trabajo de investigación tiene como utilidad el establecimiento de soluciones a los problemas generados por las condiciones laborales ocasionadas por la presencia material particulado en el proceso de elaboración de piezas de fibra de vidrio, así como también crear una fuente de consulta que aporte al conocimiento, con fuentes bibliográficas actualizadas y enfocadas al tema.

Entre los beneficiarios de la investigación están los trabajadores, el personal administrativo y los propietarios de la empresa de plásticos, quienes cuentan con la información necesaria sobre su área de trabajo, y podrán observar las mejoras implementadas que generen así la reducción de gastos extras y las enfermedades laborales.

Además, se dispone con la factibilidad para realizar la investigación propuesta, ya que existe el compromiso de ayuda y respaldo de los propietarios de la empresa de plásticos para ingresar a sus instalaciones, hablar con el personal, realizar las observaciones y ejecutar las mediciones que sean necesarias para establecer las medidas de prevención con respecto al material particulado de la fibra de vidrio, también se cuenta de recursos tecnológicos, bibliográficos y económicos, así como de los conocimientos en el área de seguridad e higiene industrial por parte del equipo investigador.

## Objetivos

### *Objetivo general:*

Analizar el material particulado como factor de riesgo en la salud de los trabajadores de la Empresa de plásticos.

### *Objetivos específicos:*

- Diagnosticar la situación actual de la empresa de plásticos que argumente los procesos técnicos y de seguridad.
- Medir la cantidad de material particulado presentes en el área de mayor afectación de la empresa con el equipo de medición correspondiente (AEROCET 531S).
- Determinar el nivel de riesgo laboral por la exposición al material particulado al que están expuestos los trabajadores.
- Evaluar la salud de los trabajadores del área de estudio.

## Metodología

### Área de estudio

En la tabla 1 se detalla la información de los lineamientos referentes al área y la delimitación del objeto de estudio de la presente investigación.

**Tabla 1**

*Área de estudio*

<b>Área de Estudio</b>	<b>Delimitación del Objeto de estudio</b>
Línea de Investigación:	Medio Ambiente y Gestión de Riesgos.
Campo:	Ingeniería Industrial
Área:	Seguridad y Salud Ocupacional
Aspecto:	Riesgos Laborales

*Nota.* Tabla elaborada con base a investigación directa

### Enfoque

El enfoque investigativo del presente trabajo es de carácter mixto, es decir, una combinación del método cuantitativo y cualitativo. Cuantitativo en virtud de que se requiere realizar mediciones del nivel de exposición de los trabajadores en el área, con un equipo de medición (Contador de partículas de mano), y con ello calcular el índice de exposición para saber si se encuentra dentro o fuera de los límites permisibles establecidos. Cualitativo debido a que la información requerida de cada área fue obtenida mediante observaciones y el nivel de exposición da como resultado cualidades como: aceptable o inaceptable.

## Tipos de investigación

### Investigación aplicada

El presente proyecto se basó en una investigación aplicada, ya que se requirió un análisis del material particulado para que, conjuntamente con las mediciones realizadas, se llegue a dar soluciones para evitar la sobreexposición de los trabajadores al mismo, y evitar así enfermedades respiratorias de carácter ocupacional en el futuro.

### ***Investigación básica descriptiva***

Se empleó la investigación básica descriptiva, ya que se partió de la realidad que presentó la empresa sobre la base de observaciones con la finalidad de determinar el nivel de riesgo presente en la empresa.

### ***Investigación de campo***

La investigación de campo se utilizó en el estudio, debido a que se encuentra relacionado con la realidad de la empresa, y así se pudo realizar la toma de datos e información directamente de la fuente en la que se desarrolló el problema a ser analizado.

### ***Investigación bibliográfica documental***

Se utilizó la investigación bibliográfica documental debido a que tuvo que explorarse la información necesaria en libros, artículos, revistas y otros medios que contengan bases fuertes con respecto a problemas similares, haciendo así que la información recolectada sirva de sustento científico para el proyecto.

### **Métodos Inducción - deducción**

El presente proyecto se basa en el método de investigación inducción-deducción, debido a que, para alcanzar el objetivo planteado se toman conceptos generales y se van desglosando, llegando a responder las preguntas de investigación planteadas.

### **Diseño del trabajo**

#### ***Operacionalización de las variables***

Para la operacionalización de variables se requiere identificar las variables independiente y dependiente del presente proyecto de investigación.

En la tabla 2 d ela página siguiente se observa el diseño del trabajo en el cual se identifica la variable independiente de la investigación.

**Variable independiente:** Material particulado como factor de riesgo

**Tabla 2**

Variable Independiente: Material particulado como factor de riesgo

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems básicos	Técnicas	Instrumentos
El material particulado se considera como uno de los contaminantes químicos más problemáticos dentro de los riesgos laborales, estas partículas tienen propiedades físicas muy diferentes entre sí, en la legislación de calidad del aire aparecen contempladas dos fracciones de material particulado por su efecto en la salud y en el medio ambiente. (Ministerio del Ambiente España, 2015).	Relación peso-volumen	mg/m <sup>3</sup>	¿Qué cantidad de material particulado existe en el área de trabajo?	Observación Científica.  Medición directa del PM para calcular los valores límites máximos de exposición TLV-TWA según la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA).	Ficha de observación de acciones y condiciones subestándares (Anexo 3, Anexo 4).  Contador de partículas de mano AEROCET 531S con su respectiva ficha técnica (Anexo 1, Anexo 2).

Nota. Tabla elaborada con base a investigación directa

En la tabla 3 se observa el diseño del trabajo en el cual se identifica la variable dependiente de la investigación.

**Variable Dependiente:** Salud Ocupacional.

**Tabla 3**

Variable Dependiente: Salud Ocupacional

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Ítems básicos	Técnicas	Instrumentos
La salud ocupacional es una actividad que básicamente está dirigida a proteger la salud de los trabajadores a través del control y la prevención de accidentes, incidentes y enfermedades, así como también la eliminación de las condiciones y los factores que ponen en riesgo la salud y la seguridad en el trabajo. Depende mucho de las condiciones y el ambiente de trabajo para que las personas sean saludables (Organización Panamericana de la Salud, 2018).	Cantidad de personas saludables.	Porcentaje de oxígeno en la sangre.	¿Cuáles son los signos vitales de los trabajadores?	Medición clínica.	Ficha médica de diagnóstico básico con saturador, termómetro, tensiómetro, fonendoscopio (Anexo 6).
		Sintomatología básica.	¿Cuán a menudo presenta molestias respiratorias?	Encuesta a los trabajadores.	Cuestionario de síntomas respiratorios ATS-DLD 78 (Anexo 5)

*Nota.* Tabla elaborada con base a investigación directa

El trabajo de investigación está basado en las siguientes normas:

- UNE EN 689:2019 (Norma Europea): Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional.
- OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional): recomienda los límites máximos de exposición TLV a polvo de sustancias químicas en el lugar de trabajo.
- INSHT RIESGO QUÍMICO (Centro Nacional de Nuevas Tecnologías), sistemática para la evaluación higiénica.
- NTP 553: Agentes químicos: estrategias de muestreo y valoración (I)

## **Procedimiento para obtención y análisis de datos**

Para la presente investigación, se procedió a la toma de información mediante las técnicas de observación y análisis del procedimiento.

Las técnicas e instrumentos en las que se apoyó la investigación fueron la observación del proceso de elaboración de una pieza de fibra de vidrio, definiendo los tiempos de exposición (Tabla 6), fichas de observación de acciones y condiciones subestándares (Anexo 3 y Anexo 4), encuestas realizadas a los trabajadores (Anexo 5).

La encuesta realizada utiliza el cuestionario ATS-DLD 78 estandarizado de síntomas respiratorios de la Asociación Americana de Tórax (Anexo 5). Este instrumento evalúa la presencia de síntomas respiratorios, exposiciones ocupacionales a sustancias que causan dichas alteraciones y antecedentes médico-familiares.

Una vez recolectada la información, se realizó una revisión de la información recogida de forma crítica, descartando información innecesaria, información defectuosa e incompleta. Fue preciso tabular datos e información del material particulado de fibra de vidrio según los distintos tamaños analizados, concentración, exposición diaria e índices de exposición.

Se determina el tiempo de duración de la muestra, que indica que el número de muestras que se necesitan para un periodo homogéneo de trabajo puede determinarse por medio de un análisis estadístico (Comité Técnico CTN 81., 2019). Se basa en obtener un número de muestras que representen como mínimo el 25% del tiempo de la exposición, tomando como referencia la Tabla 4 de la página siguiente, se escogió un número de 20 muestras a cada 1 minuto.

**Tabla 4**

Número mínimo de muestras por jornada de trabajo en función de la duración de una muestra

Duración de la muestra	Número mínimo de muestras por jornada de trabajo
10 s	30
1 min	20
5 min	12
15 min	4
30 min	3
1 h	2
≥ 2 h	1

*Nota.* Elaborada a partir de Norma UNE-EN 689 (2019).

Para lograr un mayor nivel de confiabilidad de datos, las tomas de muestras fueron realizadas a cada trabajador durante su jornada de 8 horas diarias, una vez por semana, un día aleatorio, durante 5 semanas, obteniendo así 20 muestras semanales por trabajador.

Es importante que el equipo de medición esté debidamente calibrado para que los datos sean verídicos.

**Figura 2**

Árbol de problemas



*Nota.* Obtenido de Met One Instruments, Inc. (2019)

Las mediciones del nivel de concentración del material particulado en el ambiente se realizaron con el contador de partículas de mano AEROCET 531S (Figura 2), que mide a la vez 5 rangos de concentración de masa (PM 1, PM 2.5, PM 4, PM 7, PM 10) mostrados en modo de masa ( $\mu\text{g}$ ), en relación al volumen ( $\text{m}^3$ ) así como los cinco tamaños de partículas acumuladas más populares ( $> 0.3, 0.5, 1.0, 5.0$  y  $10.0$  ( $\mu\text{m}$ )), también muestra los datos de temperatura y humedad relativa (Met One Instruments, Inc, 2019).

Este contador arrojó valores que permitieron determinar si el material particulado PM existente está dentro de los límites permisibles. Se aplica para mediciones en ambientes controlados, calidad de aire interior, higiene industrial, hospitales y testeo de filtros (Met One Instruments, Inc, 2019).

New Jersey Department of Health and Senior Services (2015) muestra los límites permisibles que vienen dados según el tipo de material particulado presente, las características del mismo y el tiempo de exposición, para fibra de vidrio se encuentran los siguientes límites:

- OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional) con TLV-TWA de 5  $\text{mg}/\text{m}^3$  para fracción respirable y 15  $\text{mg}/\text{m}^3$  para el total de partículas de polvo de fibra de vidrio para un turno de 8 horas (New Jersey Department of Health and Senior Services, 2015).
- NIOSH (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional) con TLV-TWA de 3 fibras/  $\text{m}^3$  para fibras  $\leq 3,5$   $\mu\text{m}$  y  $> 10$   $\mu\text{m}$ , y de 5  $\text{mg}/\text{m}^3$  para el total de partículas para un turno laboral de 10 horas (New Jersey Department of Health and Senior Services, 2015).
- ACGIH (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales) con TLV-TWA de 1 fibra/ $\text{cm}^3$  para fibras respirables  $> 5$   $\mu\text{m}/\text{m}^3$  para un turno de 8 horas laborales (New Jersey Department of Health and Senior Services, 2015).

## Preparación del equipo de medición:

Según Met One Instruments, Inc. (2019) se deben cumplir con los siguientes pasos para utilizar de forma correcta el equipo de medición:

- Calibrar el Contador de partículas AEROCET 531S.
- Conectar el filtro para la bomba y el sensor de temperatura y humedad relativa.
- Bloquear la succión del filtro para comprobar el estado de la bomba.
- Empezar la medición.

Para el análisis de resultados, se destacaron tendencias o relaciones fundamentales de acuerdo con los objetivos y la pregunta de investigación. La interpretación de los resultados se apoyó en la argumentación teórica de la presente investigación.

## **Argumentación teórica**

### ***Seguridad industrial***

Es el conjunto de normas y métodos técnicos destinados a proteger la vida, salud e integridad física de las personas, garantizando que la realización de la producción genere el mínimo de riesgos y de tal manera conservar los equipos e instalaciones en las mejores condiciones de productividad, proponiendo soluciones para evitar accidentes de trabajo o enfermedades profesionales (Henaó, 2014).

La **higiene industrial** se encarga básicamente de reconocer, evaluar y controlar factores ambientales originados por procesos en el lugar de trabajo, los mismos que pueden ocasionar enfermedades, deterioro de la salud y bienestar personal o hasta reducir la eficiencia de los trabajadores o integrantes de una comunidad (Asociación Americana de Higienistas Industriales, 2015).

**Riesgo** es la probabilidad de que en una actividad o condición ocurra un evento no deseado o pérdida (Guzmán, 2014).

Según Guzmán (2014) los factores de riesgo y condiciones ambientales de trabajo, que afectan tanto al personal como a la productividad se clasifican en los siguientes:

- Riesgo físico
- Riesgo mecánico
- Riesgo químico
- Riesgo biológico
- Riesgo ergonómico
- Riesgo psicosocial
- Riesgo eléctrico
- Riesgo locativo
- Riesgos físico-químicos

Se define como riesgo químico a toda sustancia inorgánica u orgánica, ya sea de origen natural o sintética que durante el proceso de producción, transporte o almacenamiento logre incorporarse al ambiente y cause efectos asfixiantes, irritantes, corrosivos, tóxicos y puedan llegar a afectar la salud de las personas que tienen contacto con ellas. Este riesgo se clasifica en sólidos, líquidos y gases, se incluyen a materiales particulados, humos, polvos, fibras, gases, vapores y líquidos en general (Henaó, 2014).

### ***Material particulado***

Se conoce como material particulado (o sus siglas en inglés PM) a la mezcla de partículas sólidas y líquidas, inorgánicas u orgánicas que se encuentran suspendidas y formando parte de la contaminación del aire. Tienen diferente composición, entre los más comunes están el polvo de minerales, cenizas metálicas, sulfatos y nitratos; y también tienen diferentes características (Instituto para la Salud Geoambiental, 2015).

Por ejemplo: el polvo, la suciedad, el hollín, o el humo, que son lo suficientemente grandes y oscuros como para verlos a simple vista; otras muestras son tan pequeñas que solo pueden visualizarse mediante el uso de un microscopio electrónico. Estas partículas pueden producir reacciones químicas en el aire (Instituto para la Salud Geoambiental, 2015).

El material particulado se clasifica en función de su tamaño y referente a la calidad del aire en 5 rangos de concentración de masa (PM 1, PM 2.5, PM 4, PM 7, PM 10), pero los más estudiados son PM 10, son las partículas de mayor tamaño, con diámetro de 10  $\mu\text{m}$  (micrómetros = millonésima parte del metro) y las partículas finas conocidas como PM 2.5 cuyo diámetro es de 2.5  $\mu\text{m}$  (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2019).

### ***Fibra de vidrio***

La fibra de vidrio conocida en inglés como fiberglass es vidrio procesado, este vidrio entra a una máquina fundidora en forma de polvo, en donde es fundido y posteriormente fluye a través de canales conformados por una gran cantidad de hoyos pequeños. Finalmente salen filamentos continuos de vidrio y pasan sobre un aplicador que les coloca el recubrimiento químico que da las características especiales, al solidificarse el vidrio una de las propiedades más comunes es la flexibilidad, que gracias a esta se forman conjuntos de filamentos extremadamente finos de vidrio, tejidos o entrelazados en varias formas diferentes para formar una tela o malla (Optimist, 2013).

Los filamentos son hechos con diversos tipos de vidrio, designados con las letras cinco letras: tipo E que es la fibra más empleada y ocupa el 90% de refuerzo para composites; tipo R, este posee buenas prestaciones mecánicas, se utiliza en sectores de aviación, espacial y armamento; tipo D que se aplica en radares por su gran poder dieléctrico; tipo AR que tiene buena resistencia a los álcalis ya que está compuesto por un alto óxido de circonio y finalmente tipo C que cuenta con alta resistencia a agentes químicos (Optimist, 2013).

### ***Tipo E***

Fibra inorgánica compuesta de 53-54%  $\text{SiO}_2$  (óxido de silicio), 14-15.5%  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (óxido de aluminio), 20-24%  $\text{CaO}$  (óxido de calcio),  $\text{MgO}$  (óxido de magnesio) y 6.5-9%  $\text{B}_2\text{O}_3$  (óxido de boro) y escaso contenido en álcalis (Calvo Sealing, 2017).

### Figura 3

Estera de fibra de vidrio



Nota. Obtenido de Bricotex (2019)

El tipo de fibra E (Figura 3) posee propiedades frente al fuego y dieléctricas muy buenas. Generalmente tiene un peso específico de  $2.6 \text{ g/cm}^3$ , multifilamento:  $12 - 22.5 \mu\text{m}$  de diámetro por filamento. Sus aplicaciones más comunes son en la construcción con tejidos para decoración en locales públicos y aislante, y en la automoción con composites para componentes de vehículos (Calvo Sealing, 2017).

Las vías de ingreso de las sustancias químicas al organismo según Mancera (2013) son básicamente cuatro:

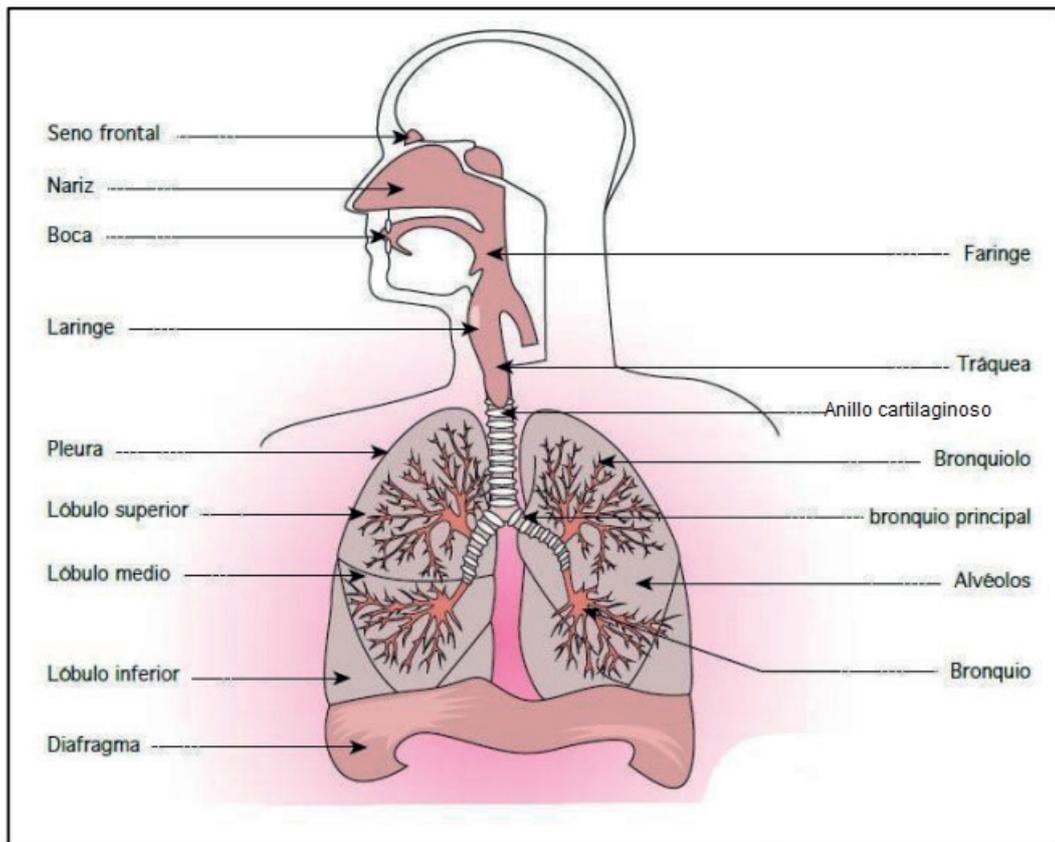
- Dérmica
- Sistema respiratorio
- Sistema digestivo
- Sistema parenteral

## Sistema respiratorio

Respirar es indispensable para que el ser humano viva, es así que la correcta inhalación de aire es fundamental para el funcionamiento normal del organismo. El principal riesgo analizado desde el punto de vista de higiene industrial es el ingreso de contaminantes por las vías respiratorias (Cabada, 2017).

### Figura 4

Sistema respiratorio

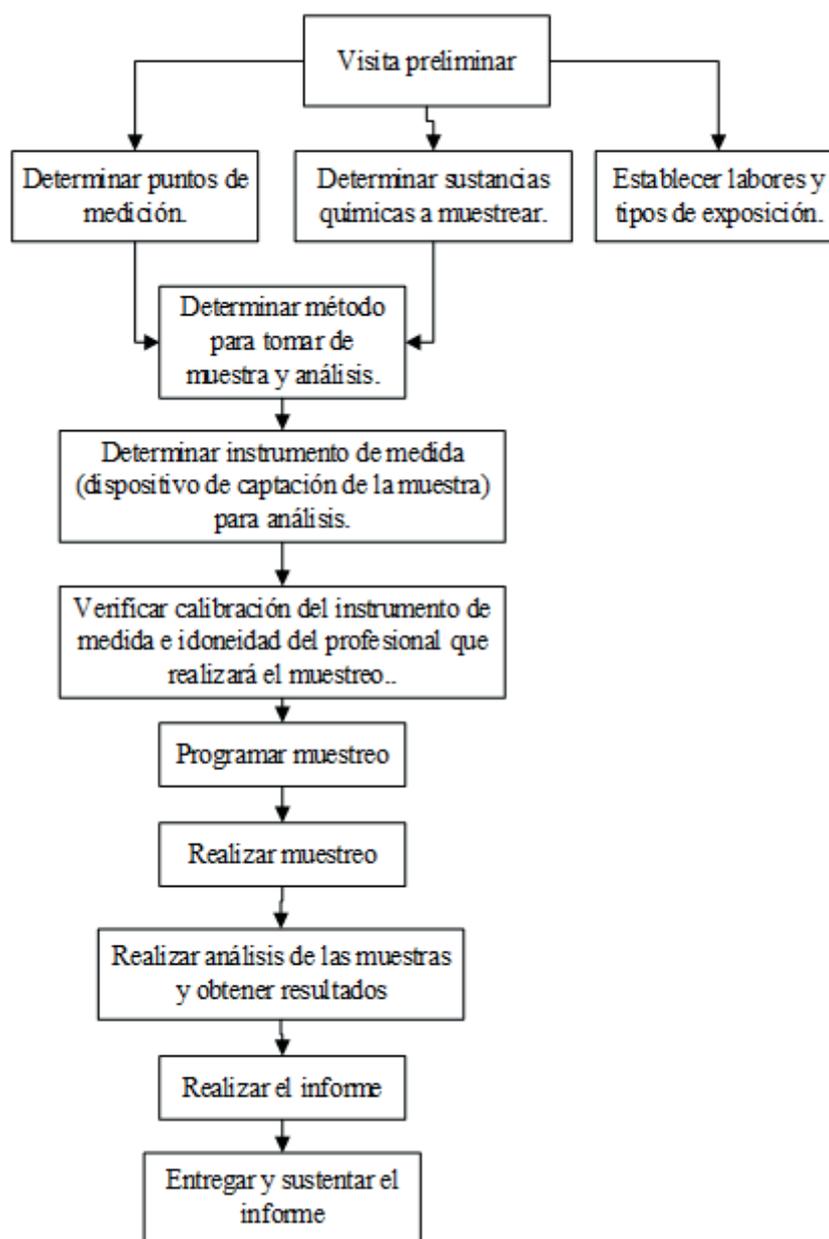


Nota. Obtenido de Julia Máxima Uriarte (2017)

Ya que el contaminante químico se encuentra suspendido en el ambiente y la facilidad para ingresar al organismo es alta, llegando a posibilitar que el tóxico tenga contacto incluso con los alveolos, que es en donde se realiza el intercambio gaseoso entre la sangre y el aire (Figura 4), esta posibilidad disminuye al aumentar el tamaño de las partículas (Cabada, 2017).

**Figura 5**

Esquema para toma de muestras



Nota. Obtenido de Mancera (2013)

Para la toma de una decisión es importante que los resultados de las mediciones ambientales de contaminantes químicos sean confiables, tengan el mínimo porcentaje de error y que cuenten con todos los elementos que componen el cuadro del diagnóstico. El muestreo se hace con el fin de establecer la concentración de un determinado contaminante químico (Figura 5), como también para evaluar la exposición de los trabajadores, mediante la comparación de los niveles con los valores límites permisibles (TLV) (Mancera, 2013).

Para lograr un buen muestro ambiental según Mancera (2013) es necesario tener en cuenta los siguientes ítems:

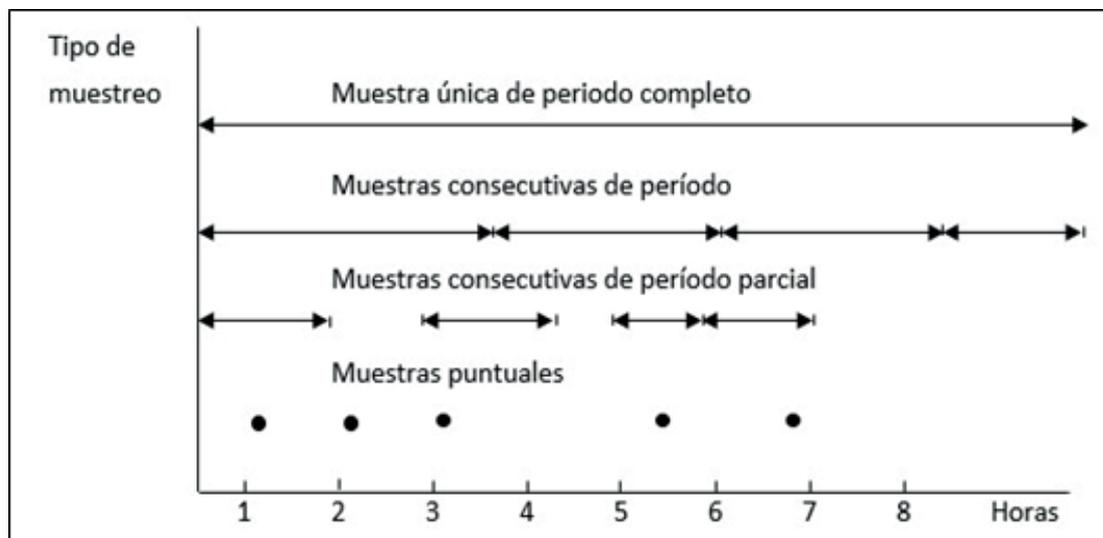
- Tiempo para el cual están definidos los valores límites permisibles.
- Estado químico en que se presenta el material particulado.
- Técnica de muestreo-análisis, es decir, la técnica utilizada que puede ser muestreo con tubos colorímetros, sensores de lectura directa, equipo de muestreo personal, borboteadores, etc.; y la forma de cuantificar las muestras como lo es la lectura directa, gravimetría, potenciometría, volumetría, etc.
- Estrategia de muestreo que se refiere a la representatividad de la muestra, tiempo de duración de la medición, localización de los puntos a medir, horario de las mediciones, etc.
- Idoneidad técnica de la persona que realizan las mediciones y acreditación de la licencia conferida por las autoridades.

### *Estrategias de muestreo*

La aplicación de las diferentes estrategias de muestreo es definida por el higienista de acuerdo con el objetivo que persigue, equipos de medición a utilizar y exposición en el ambiente laboral.

**Figura 6**

*Estrategias de muestreo*



*Nota.* Obtenido de Mancera (2013).

En la Figura 6 se observa estrategias de muestreo según Mancera (2013), estas se pueden definir como:

- Muestra única de periodo completo
- Muestras consecutivas de periodo completo
- Muestras consecutivas de periodo parcial
- Muestras puntuales

## ***Muestras consecutivas de periodo completo***

Son varias muestras tomadas durante la totalidad de la jornada laboral, es decir, las 8 horas laborables al día. Sin lugar a duda este es un muestreo ideal, ya que al final del estudio la información será de la concentración total de la exposición, estas pueden ser de tiempos diferentes o tiempo iguales de acuerdo a los objetivos y condiciones del estudio, así como también se obtiene los datos intermedios de diferentes momentos de las actividades que realiza el trabajador de la jornada laboral (Mancera, 2013).

## ***Sistemas de muestreo más utilizados***

Dentro de los sistemas de muestreo más conocido para el material particulado están los filtros de PVC y de lectura directa. El muestreo se realiza para masa de partícula inhalables, masa de partícula torácica, masa de partícula respirable y partículas no clasificadas de otra forma (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2017).

## ***Masa de partícula respirable***

Es la fracción de la masa del material particulado inhalada y que penetra en las vías respiratorias no ciliadas. Son aquellas partículas que al entrar en el sistema respiratorio repercuten de formas peligrosas cuando se colocan en la región de intercambio de gases en los alvéolos (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2017).

## ***Valores límites permisibles***

Son aquellos valores que indican los límites de concentración máxima de un contaminante químico, para una exposición determinada por el TLV; deben ser considerados como valores recomendados y no como una frontera entre condiciones seguras y nocivas (Mancera, 2013).

Los valores límites permisibles (TLV) estiman en las concentraciones establecidas después de realizar estudios epidemiológicos, analogía química, experimentación respecto a resultados por exposición humana. Las unidades utilizadas son mg/m<sup>3</sup> y p.p.m. (partes por millón) (Chomochumbi, 2014).

Se han definido tres clases de valores límites permisibles (TLV) para contaminantes químicos que son: TLV-TWA, TLV-STEL y TLV-Ceiling (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2017).

**TLV-TWA:** es la concentración límite, ponderada en el tiempo para una jornada laboral de ocho horas diarias y 40 horas semanales, la cual la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos, día tras día, sin sufrir efectos adversos (Bartual, y otros, 1989).

## ***Instrumentos de medida***

Los instrumentos de medida se dividen en instrumentos de muestreo activo e instrumentos de muestreo pasivo (Mancera, 2013).

Dentro de la lectura directa de muestras están los instrumentos de muestreo activo que son los equipos portátiles de detección de material particulado presente en el aire y pueden funcionar mediante principios de estado sólido, ópticos, catalíticos, electroquímicos, eléctricos y piezoeléctricos. Las mediciones de lectura directa con sensores, equipos o monitores deben contar con su revisión y sistema de control que garantice el correcto funcionamiento de los sensores, los cuales se deben verificar periódicamente en cuanto a la calibración. La vida útil de un sensor está calculada entre uno y diez años para sensores de estado sólido y de uno a dos años para sensores electroquímicos y catalíticos, según el fabricante y el uso que se le haga el mismo (Mancera, 2013).

### **Población y muestra**

La muestra se basa técnicamente en lo propuesto en la norma NTP 553: Agentes químicos: estrategias de muestreo y valoración del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, RIESGO QUÍMICO, que dice: “Si el total de trabajadores es inferior a ocho, se debe muestrear a todos ellos” (INSHT, 2000).

Para esta investigación se seleccionó a los ocho trabajadores, es decir, el mismo número de población ya que esta al ser finita está representado por el 100% para el estudio experimental a realizarse.

En la tabla 5 se detalla el número de trabajadores que existe en cada área del proceso productivo de la empresa de plásticos.

**Tabla 5**

*Número de trabajadores en cada área de la empresa*

<b>Proceso</b>	<b>Número de trabajadores</b>
Preparación de moldes	1
Corte de fibra	1
Área de enfibrado	3
Área de pulido	3

*Nota.* Tabla elaborada con base a investigación directa

### **Preguntas de investigación**

¿La concentración del material particulado se encuentra dentro de los límites permisibles de exposición laboral en la empresa de plásticos?

¿Existen factores de riesgo en la salud de los trabajadores de la empresa debido al material particulado inherente en los procesos de la empresa de plásticos?



## Capítulo II

Aplicación de instrumentos de campo  
y recolección de datos



Entre los artículos que fabrica la empresa de plásticos se tiene frentes, respaldos y techos para las carrocerías. En la tabla 6 se observan los procesos para realizar las piezas de fibra de vidrio en la empresa.

**Tabla 6**

*Proceso de la elaboración de piezas de fibra de vidrio en la empresa.*

Proceso	Actividades/Tareas del proceso
Preparación de moldes	Limpia moldes de impurezas y aplica cera desmoldante
Corte de fibra	Corta los rollos de fibra para enfielar en los moldes
Área de enfielado	Bate la resina y coloca. Prepara de la resina y el gel coat. Aplica el gel coat en el molde con brocha o pistola de roscado. Coloca la fibra de vidrio en el molde. Aplica la resina con una brocha y aplanar la fibra con rodillos. Aplica la segunda capa de fibra y resina. Con las brochas y rodillos aplanar la fibra con la resina eliminando las burbujas. Espera secar y luego desmoldar con cuñas, alicates de presión y martillos de goma. Transporta la pieza al área de pulido.
Área de pulido	Corrige las fallas con masilla, corta exceso de material y pulir los filos.

*Nota.* Tabla elaborada con base a investigación directa

## Identificación del área de estudio

Con los procesos definidos, se elaboró una matriz de presencia de material particulado en cada área y el tiempo de exposición al que están expuestos los trabajadores (Tabla 7), en donde se identifica en qué área existe la mayor presencia de material particulado y el tiempo que los trabajadores están expuestos a este contaminante químico de la empresa.

**Tabla 7**

Matriz de presencia de material particulado y tiempo de exposición

Proceso	Presencia de material particulado	Número de trabajadores	Tiempo de exposición al material particulado (h)	Consecuencias
Preparación de moldes	No	1	-	-
Corte de Fibra	Sí	1	2	Posibles cortes con fibra de vidrio en la piel, cortes en la córnea, rinitis, asma bronquial, picazón en la piel.
Área de Enfibrado	Sí	3	5	Posibles cortes con fibra de vidrio en la piel, cortes en la córnea, rinitis, asma bronquial, picazón en la piel.
Área de pulido	Sí	3	7	Posibles neumonitis o lesiones pulmonares graves, heridas en la piel, paro cardíaco causado por fibras que se incrustan en la piel y llegan al torrente sanguíneo, heridas en la garganta, esófago, estómago e intestinos.

Nota. Obtenido de Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (2016).

Con la elaboración de la matriz, se determinó que el área de pulido tiene el mayor tiempo de exposición a polvo de fibra de vidrio, con un número de 3 trabajadores en el área especificados en la población y muestra (Tabla 5), es así que se toma esta área como la razón de este trabajo de investigación.

## Análisis e interpretación de datos

Al determinar que en el área de pulido se va a medir el material particulado, se realizó una ficha de observación de acciones subestándares presentada en la Tabla 8.

Tabla 8

Ficha de observación de acciones subestándares

<b>Ficha de Observación de Acciones Subestándares</b>			
<b>Empresa: PLÁSTICOS</b>			
<b>Área: Pulido</b>		<b>Fecha: Enero/2019</b>	
<b>Nombre del responsable:</b>			
<b>Objetivo de la visita: Observar acciones subestándares del área de pulido para conocer el estado actual en el que se encuentra.</b>			
<b>Código</b>	<b>Acciones Subestándares</b>		<b>Observaciones</b>
01	No usar el equipo de protección personal adecuado	X	Los trabajadores utilizan: Overoles holgados. Capucha y guantes Máscara Full Face con dos respiradores en malas condiciones y filtro P95 inadecuado para partícula de polvo de fibra de vidrio
02	Trabajar en condiciones inseguras	X	Existen conexiones eléctricas sin protección. Cables colgados y en malas condiciones
03	Operar sin autorización	-	No aplica
04	No demarcar o asegurar	X	No tienen en cuenta el correcto manejo del equipo
05	Operar a una velocidad inadecuada	-	No aplica
06	Usar equipo defectuoso o incorrecto	X	La máscara Full Face con dos respiradores se encuentra sujeta con taípe y en malas condiciones.
07	Cargar o ubicar incorrectamente	-	No aplica
08	Levantar de forma incorrecta	-	No aplica
09	Adoptar una posición incorrecta	-	No aplica
10	Efectuar mantenimiento al equipo en movimiento	-	No aplica
11	Hacer bromas	X	Los trabajadores no se respetan entre sí
12	Consumir alcohol y drogas	-	No aplica
13	Colocarse debajo de cargas suspendidas	-	No aplica
14	Otros - Especifique	-	No aplica

En la tabla 9 se desarrolla la ficha de observación de condiciones subestándares del área de pulido.

**Tabla 9**

Ficha de observación de condiciones subestándares

<b>Ficha de Observación de Condiciones Subestándares</b>			
<b>Empresa: PLÁSTICOS</b>			
<b>Área: Pulido</b>		<b>Fecha: Enero/2019</b>	
<b>Nombre del responsable:</b>			
<b>Objetivo de la visita: Observar acciones y condiciones subestándares de la empresa para conocer el estado actual de la empresa</b>			
<b>Código</b>	<b>Condiciones subestándares</b>		<b>Observaciones</b>
20	Protecciones y resguardo inadecuados	X	Se maneja la pulidora de discos sin tener en cuenta resguardos de seguridad y protecciones del mismo.
21	Falta de orden y limpieza	X	Acumulación excesiva de piezas obsoletas en el piso y en estanterías.
22	Escasez de espacio para trabajar	-	No aplica
23	Almacenamiento incorrecto	X	Presencia de piezas en el suelo. Materiales y herramientas en lugares inadecuados.
24	Niveles de ruido excesivos	X	Utilizan tapones auditivos contaminados con polvo de fibra de vidrio.
25	Iluminación y ventilación inadecuada	-	No aplica
26	Señalética inadecuada, insuficiente o no visible	X	No existe señalética
27	Pisos en mal estado	X	Pisos de adoquín a desnivel.
28	Herramientas defectuosas	-	No aplica
29	Equipos en mal estado	-	No aplica
30	Presencia excesiva de gases, polvos, humos o vapores	X	Presencia de polvo en paredes, mesas, estanterías, suelo y techo.
31	Diseño de locales de trabajo inseguro	X	No cuenta con la infraestructura adecuada ya que al pulir se coloca la pieza sobre la estructura de una mesa.

En las tablas anteriormente expuestas, las mismas que son de acciones subestándares (Anexo 3) y condiciones subestándares (Anexo 4), se pudo determinar que en el área de pulido existe una notable falta de orden y limpieza, almacenamiento incorrecto, pisos en mal estado, no existe señalética de seguridad, ni etiquetado de los espacios dentro del área, el diseño del local de trabajo es inseguro al no contar con la edificación y equipamiento requerido para pulir las piezas, y existe presencia excesiva de polvo, las conexiones eléctricas no cuentan con la protección adecuada y existe presencia de cables colgados y en malas condiciones, no manejan la maquinaria con las respectivas seguridades.

Además, su equipo de protección personal cuenta con overoles completos holgados, capucha y guantes adecuados para la protección contra el polvo, pero las máscaras Full Face con dos respiradores se encuentran en malas condiciones, ajustando los cartuchos a la

máscara se encuentra colocada cinta aislante “taipe” de color amarillo y los filtros no son los adecuados para polvo de fibra de vidrio, llegando así a determinar que el mayor factor de riesgo que se encuentra en el área son las afecciones respiratorias.

Luego de delimitar el área a estudiar, y determinar el mayor factor de riesgo, se establece el cuestionario ATS-78 estandarizado de síntomas respiratorios de la Asociación Americana de Tórax (Anexo 5).

El cuestionario aplicado tuvo como objetivo conocer los síntomas o afecciones a la salud que tengan los empleados de la empresa de PLÁSTICOS.

Este cuestionario fue aplicado a los ocho trabajadores de la empresa de plásticos, con el fin de determinar si el material particulado presente en todo el proceso productivo es un factor de afectación a la salud de los mismos.

### Pregunta 1 - Tos

1. ¿Tose más de 4 veces en el día, por 4 o más días en la semana?

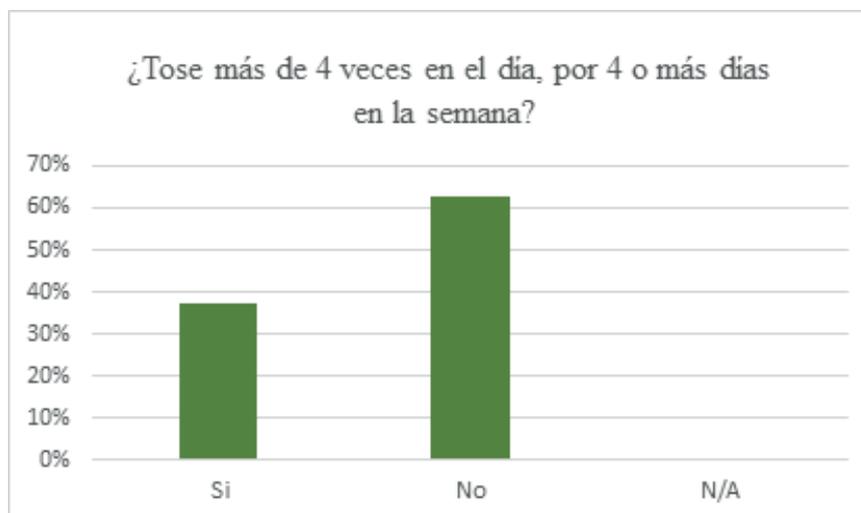
**Tabla 10**

*Presencia de tos.*

Genérico	Frecuencia	Porcentaje
Sí	3	38%
No	5	63%
N/A	0	0%
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>100%</b>

**Figura 7**

*Presencia de tos.*



La tos principalmente es un mecanismo inmediato de respuesta de autoprotección del cuerpo (MedlinePlus, 2019).

En la Figura 7 se observa que el 63% de la población encuesta, es decir 5 personas no tose más de 4 veces en el día, por 4 o más días a la semana, mientras que el 38% correspondiente a 3 personas si lo hace. Por lo que se puede deducir que la mayoría de la población no tose en dicha proporción.

### Pregunta 2 - Expectoración

2. ¿Expectora (desgarra, gargajea) 2 o más veces en el día por 4 o más días en la semana?

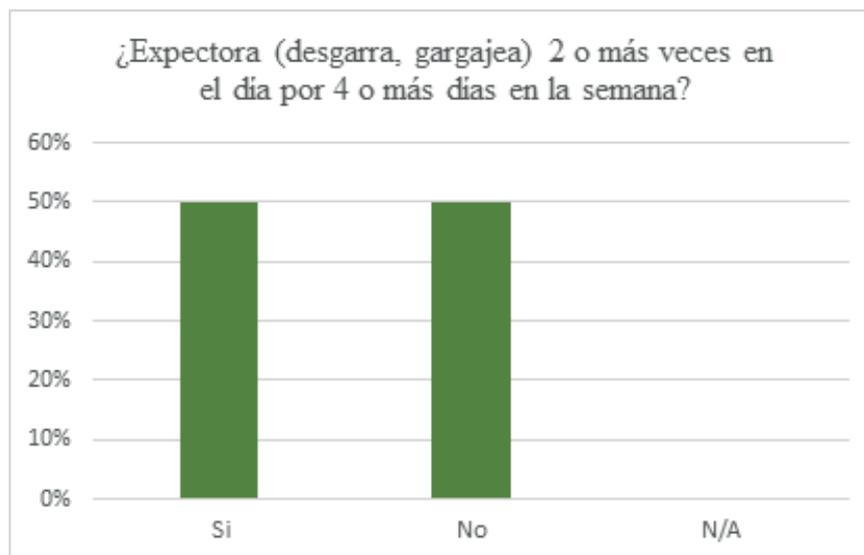
**Tabla 11**

*Presencia de expectoración.*

Genérico	Frecuencia	Porcentaje
Sí	4	50%
No	4	50%
N/A	0	0%
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>100%</b>

**Figura 8**

*Presencia de expectoración.*



Expectoración es la eliminación del material que se encuentra en el aparato respiratorio a través de la tos o el carraspeo (MedlinePlus, 2019).

La Figura 8 indica que el 50% de la población encuestada no expectora 2 o más veces en el día por 4 o más días en la semana, mientras que el otro 50% restante sí lo hace. Esto quiere decir que existen actividades en donde el material particulado aparece en forma severa.

### Pregunta 3 - Episodios de Exacerbación

3. ¿Si tiene tos y expectoración permanente, ha tenido episodios en los cuales le hayan aumentado en los últimos tres meses?

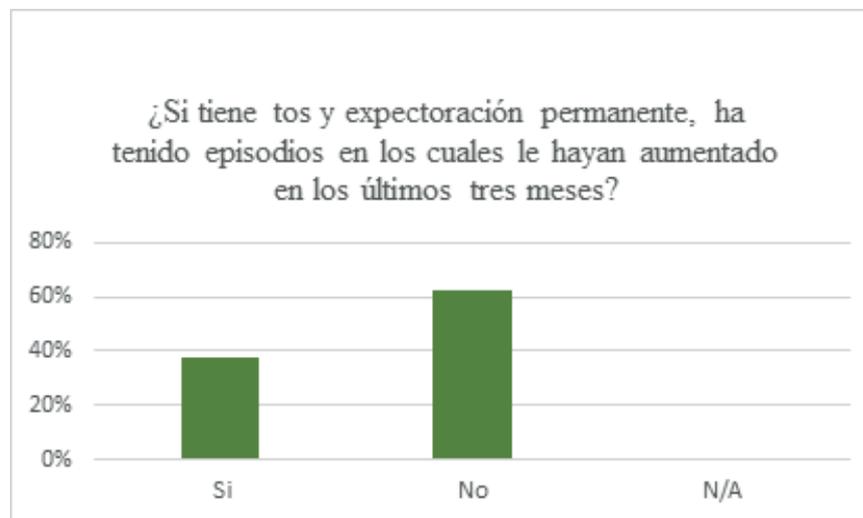
**Tabla 12**

*Episodios de exacerbación*

Genérico	Frecuencia	Porcentaje
Si	3	38%
No	5	63%
N/A	0	0%
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>100%</b>

**Figura 9**

*Episodios de exacerbación*



Episodios de exacerbación es la tos y expectoración que se presentan de manera conjunta (MedlinePlus, 2019).

De la población encuestada, según la Figura 9, el 63% que corresponde a 5 trabajadores no ha tenido un aumento de episodios de tos y expectoración permanente en los últimos 3 meses, y el 38% restante presenta tos y expectación en aumento. Esto quiere decir que las 3 personas que tienen tos y expectoración han sufrido un aumento de estos episodios.

#### Pregunta 4 - Sibilancias

4. ¿Ha tenido alguna vez sibilancias (silbido, chillido, hervidera) en el pecho en los últimos 6 meses?

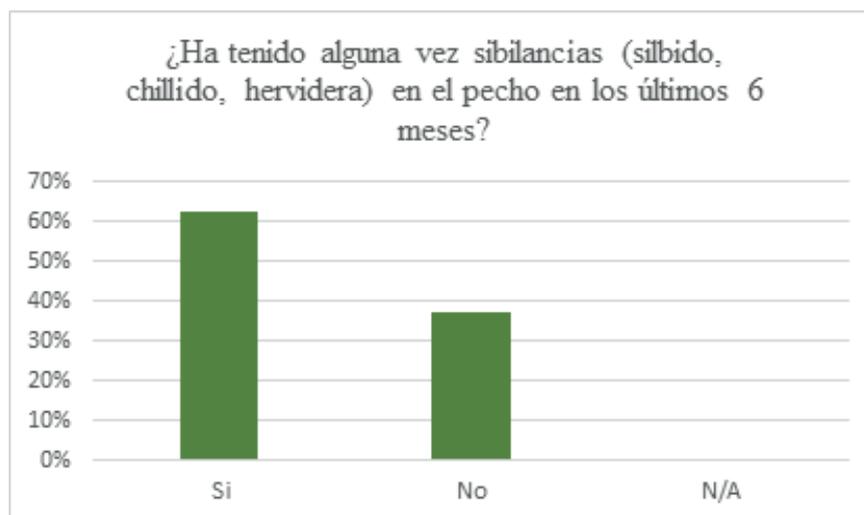
**Tabla 13**

*Presencia de sibilancias*

Genérico	Frecuencia	Porcentaje
Si	5	63%
No	3	38%
N/A	0	0%
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>100%</b>

**Figura 10**

*Presencia de sibilancias*



Sibilancia es el sonido alborotador y silbante que aparece durante la respiración, al inhalar y exhalar aire (MedlinePlus, 2019).

La Figura 10 se observa que el 63% de la población ha presentado alguna vez sibilancias en el pecho en los últimos 6 meses, y el 38% no presenta este episodio. Por lo que se puede recomendar dar seguimiento a esto, ya que por lo general las sibilancias son un signo de que una persona puede estar presentando problemas respiratorios.

#### Pregunta 5 - Disnea

5. ¿Se ahoga (se asfixia o le falta el aire) con actividad física, caminando, rápido en lo plano o subiendo una cuesta suave?

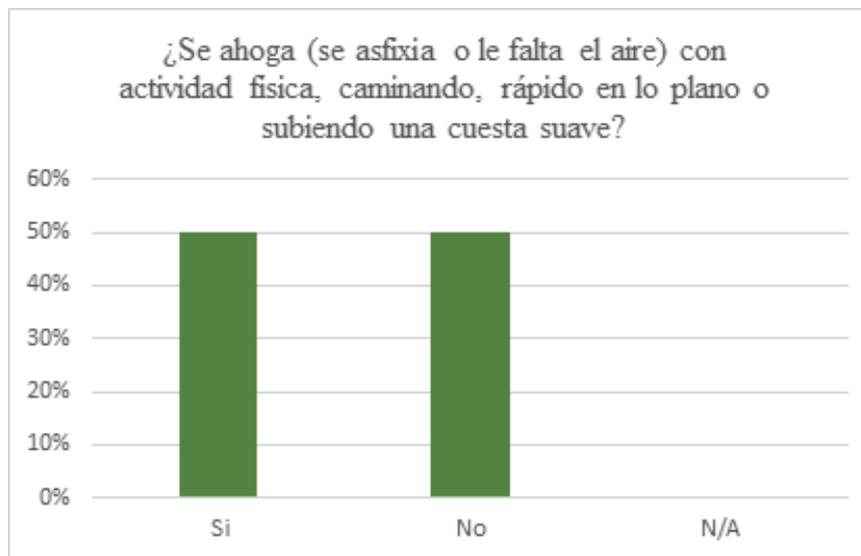
**Tabla 14**

*Síntoma de ahogo o falta de aire*

Genérico	Frecuencia	Porcentaje
Si	4	50%
No	4	50%
N/A	0	0%
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>100%</b>

**Figura 11**

*Síntoma de ahogo o falta de aire*



Se conoce como disnea a la sensación de asfixia o falta de aire. Es una sensación personal y por ello es difícil definirla (MedlinePlus, 2019).

Según la Figura 11, el 50% de la población se ahoga con actividad física, caminando rápido en lo plano o subiendo una cuesta suave, mientras que el 50% restante no lo hace. Esto quiere decir que la mitad de la población sufre disnea que afecta a las actividades de su vida diaria.

### **Pregunta 6 - Gripa**

6. ¿En los últimos tres años ha tenido gripas (catarro, resfriado, constipación) que se le bajen al pecho que lo hayan incapacitado o que lo hayan obligado a guardar cama?

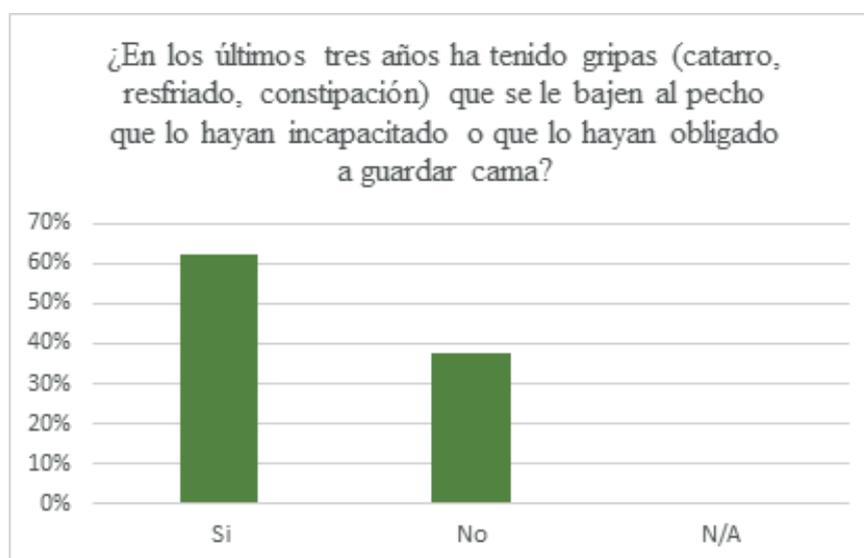
**Tabla 15**

Presencia de gripa

Genérico	Frecuencia	Porcentaje
Si	5	63%
No	3	38%
N/A	0	0%
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>100%</b>

**Figura 12**

Presencia de gripa



La gripa o gripe es una infección respiratoria causada por un virus, que se transmite de persona en persona o por ambiente contaminado (MedlinePlus, 2019).

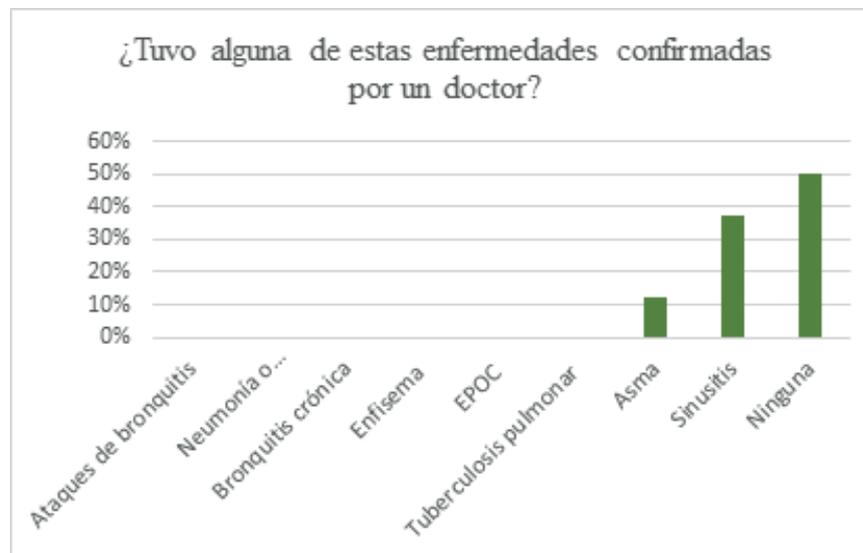
En la Figura 12 se muestra que el 63% de la población ha tenido gripas con catarro, resfriado, constipación que se le baja al pecho y que lo haya incapacitado o que lo hayan obligado a guardar cama en los últimos tres años, mientras que 3 personas correspondiente al 30% de la población no se han enfermado de gripa.

### Pregunta 7 - Enfermedades Pulmonares

7. ¿Tuvo alguna de estas enfermedades confirmadas por un doctor?

**Tabla 16***Afecciones pulmonares*

<b>Genérico</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Ataques de bronquitis	0	0%
Neumonía o bronconeumonía	0	0%
Bronquitis crónica	0	0%
Enfisema	0	0%
EPOC	0	0%
Tuberculosis pulmonar	0	0%
Asma	1	13%
Sinusitis	3	38%
Ninguna	4	50%
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>100%</b>

**Figura 13***Afecciones pulmonares*

De la población encuestada, la Figura 13 muestra que el 50% no tiene o tuvo alguna enfermedad respiratoria confirmada por un doctor, mientras que el 38% tiene o tuvo sinusitis y el 13% correspondiente a 1 persona tiene asma.

### **Pregunta 8 - Historia Ocupacional**

8. ¿Alguna vez ha trabajado por un año o más en sitios en los que había muchas partículas de polvo? (Se excluye el polvo doméstico).

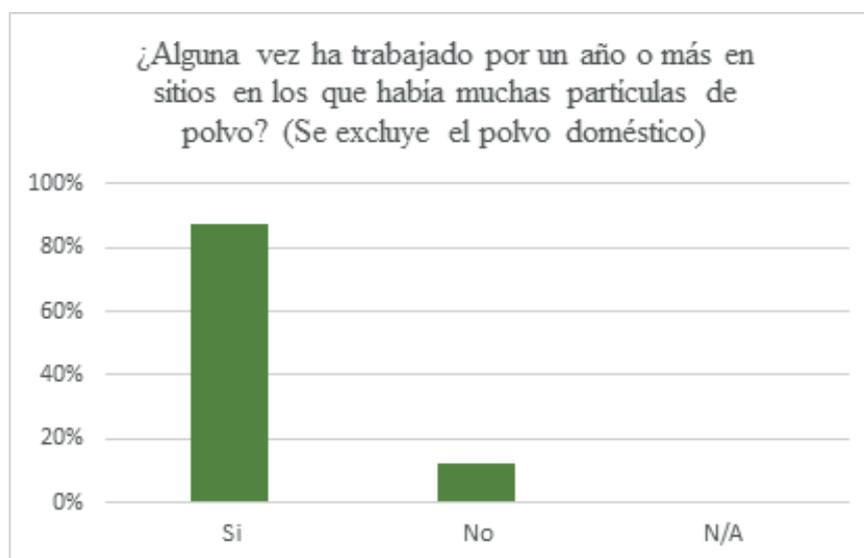
**Tabla 17**

*Historial ocupacional*

<b>Genérico</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Si	7	88%
No	1	12%
N/A	0	0%
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>100%</b>

**Figura 14**

*Historial ocupacional*



El riesgo de tener una enfermedad por inhalar PM se puede disminuir al generar buenas condiciones ambientales. (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2019)

Según la Figura 14, el 88% de la población encuestada ha trabajado por un año o más en sitios en los que había muchas partículas de polvo excluyendo el polvo doméstico, por otra parte 1 persona que corresponde al 12% no ha trabajado este tiempo en estas condiciones.

### **Pregunta 9 - Enfermedad Respiratoria**

9. ¿Ha tenido usted alguno de los siguientes síntomas en las últimas cuatro semanas?

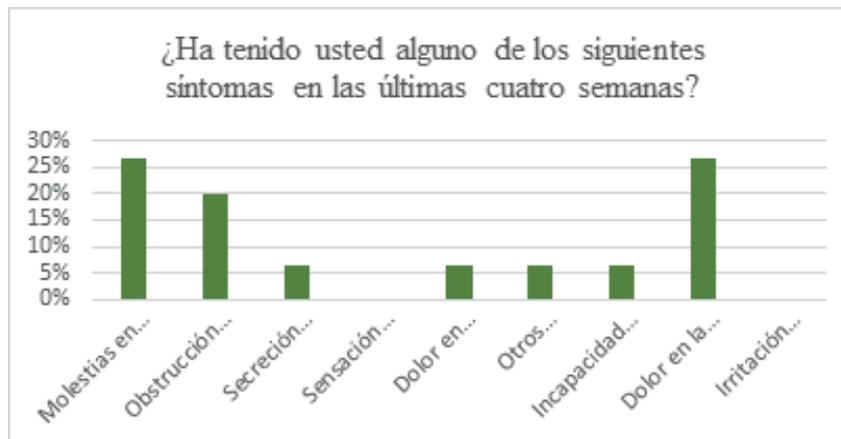
**Tabla 18**

*Enfermedad respiratoria*

<b>Genérico</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Molestias en una de sus fosas nasales	4	27%
Obstrucción nasal sin otros síntomas	3	20%
Secreción nasal espesa, verde o amarilla	1	7%
Sensación permanente de carraspeo o goteo en su garganta o nariz con secreción espesa	0	0%
Dolor en algún lugar de su cara	1	7%
Otros síntomas respiratorios: Sangrado nasal de manera recurrente	1	7%
Incapacidad para percibir olores	1	7%
Dolor en la garganta al pasar o tragar	4	27%
Irritación mucosa nasal	0	0%
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100%</b>

**Figura 15**

*Enfermedad Respiratoria*



En la Figura 15 se muestra que en las últimas cuatro semanas el 27% de la población encuestada presenta molestias en una de sus fosas nasales y dolor en la garganta al pasar o tragar, el 20% obstrucción nasal sin otros síntomas y el 7% cuentan con secreción nasal espesa, verde o amarilla, dolor en algún lugar de su cara, otros síntomas respiratorios: sangrado nasal de manera recurrente e incapacidad para percibir olores.

**Pregunta 10 - Síntomas respiratorios.**

10. ¿Ha tenido usted alguno de los siguientes síntomas al menos durante una hora por varios días consecutivos?

**Tabla 19**

*Síntomas respiratorios*

<b>Genérico</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Nariz congestionada (llorosa o moquea)	5	33%
Accesos de estornudos	3	20%
Obstrucción nasal permanente	0	0%
Rasquiña en su nariz	1	7%
Rasquiña y enrojecimiento en sus ojos	2	13%
Lagrimo ocular permanente	1	7%
Irritación en la Piel	3	20%
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>100%</b>

**Figura 16**

*Síntomas respiratorios*



Según la Figura 16, el 33% presenta al menos durante una hora por varios días consecutivos nariz congestionada, llorosa o moquea, el 20% accesos de estornudos e irritación en la piel, el 13% rasquiña y enrojecimiento en sus ojos y por último el 7% rasquiña en su nariz y lagrimo ocular permanente.

## Diagnóstico básico de la salud de los trabajadores

Se realizó la valoración médica por parte de un especialista a los tres trabajadores del área de pulido para conocer su estado de salud. En la tabla 20 se detalla el examen físico del trabajador 1 que tiene 27 años de edad y presentaba tos seca esporádicamente, acompañado con congestión nasal.

**Tabla 20**

*Ficha médica de diagnóstico básico trabajador 1*

<b>Nombre:</b> NN	
<b>Edad:</b> 27 años	
<b>N° Cédula:</b> 1850011xxx	
<b>En caso de emergencia comunicarse con:</b> NN	
<b>Signos Vitales</b>	<b>Valor</b>
Temperatura	37 °C
Presión arterial	120/70 mm Hg
Frecuencia Cardíaca	80 latidos por minuto
Frecuencia Respiratoria	28 respiraciones por minuto
Saturación	85 %
<b>Estado del paciente:</b> Consiente, orientado, hidratado, afebril.	
<b>Partes del cuerpo examinadas</b>	<b>Observación</b>
Boca	Mucosas orales húmedas. Faringe eritematosa (enrojecimiento).
Tórax	Expansibilidad disminuida. Pulmones murmullo vesicular disminuido en bases pulmonares.
Abdomen	Sin patología.
Extremidades	Sin patología.
<b>Diagnóstico:</b> Enfermedad pulmonar obstructiva, Neumonía	

*Nota.* Obtenido de la ficha del médico especialista

En la tabla 21 se detalla el examen físico del trabajador 2 que tiene 54 años de edad y refiere que desde hace 6 meses presentaba tos seca por ocasiones en la noche, siendo más frecuente desde hace dos semanas, acompañado de tres episodios con sensación de falta de aire y ahogo.

**Tabla 21**

*Ficha médica de diagnóstico básico trabajador 2*

<b>Nombre:</b> NN	
<b>Edad:</b> 54 años	
<b>N° Cédula:</b> 0604753xxx	
<b>En caso de emergencia comunicarse con:</b> NN	
<b>Signos Vitales</b>	<b>Valor</b>
Temperatura	36.8 °C
Presión arterial	110/60 mm Hg
Frecuencia Cardíaca	75 latidos por minuto
Frecuencia Respiratoria	26 respiraciones por minuto
Saturación	84 %
<b>Estado del paciente:</b> Consiente, orientado, hidratado.	
<b>Partes del cuerpo examinadas</b>	<b>Observación</b>
Boca	Mucosas orales húmedas. Faringe normal.
Tórax	Pulmones a la auscultación (acción de escuchar los ruidos del cuerpo durante un examen físico), se evidencia sibilancias y ciertos estertores (sonidos al tomar aire) en ambos campos pulmonares.
Abdomen	Sin patología.
Extremidades	Sin patología.
<b>Diagnóstico:</b> Enfermedad pulmonar obstructiva; asma.	

*Nota.* Obtenido de la ficha del médico especialista

En la tabla 22 se detalla el examen físico del trabajador 3 que tiene 35 años de edad y presentaba tos seca ocasionalmente desde hace 6 meses atrás.

**Tabla 22**

*Ficha médica de diagnóstico básico trabajador 3*

<b>Nombre:</b> NN	
<b>Edad:</b> 35 años	
<b>N° Cédula:</b> 1804532xxx	
<b>En caso de emergencia comunicarse con:</b> NN	
<b>Signos Vitales</b>	<b>Valor</b>
Temperatura	36.5 °C
Presión arterial	120/80 mm Hg
Frecuencia Cardíaca	68 latidos por minuto
Frecuencia Respiratoria	25 respiraciones por minuto
Saturación	88 %
<b>Estado del paciente:</b> Consciente y orientado.	
<b>Partes del cuerpo examinadas</b>	<b>Observación</b>
Boca	Faringe eritematosa (enrojecimiento de la piel). A nivel de la tráquea se escucha un leve estridor (Sonido agudo o silbido que suele escucharse al inhalar).
Tórax	Pulmones murmullo vesicular (sonido suave y bajo del tórax) conservado.
Abdomen	Sin patología.
Extremidades	Sin patología.
<b>Diagnóstico:</b> Bronquitis aguda vs crónica.	

*Nota.* Obtenido de la ficha del médico especialista

Con las fichas médicas de diagnóstico básico realizadas por el médico especialista se pudo determinar que los tres trabajadores tienen afecciones respiratorias causadas por la exposición al material particulado.

## Mediciones del material particulado de fibra de vidrio de 2,5 mg/m<sup>3</sup> y 10 mg/m<sup>3</sup> en el área de pulido

Para el análisis del material particulado se realizó la toma de muestras con el contador de partículas de mano AEROCET 531S (Anexo 7), en cinco días distintos a los tres trabajadores del área de pulido como se observa en la tabla 23.

**Tabla 23**

*Toma de muestras en el área de pulido*

<b>Semana</b>	<b>Fecha</b>	<b>Hora</b>	<b>Número de trabajador</b>	<b>Observaciones</b>
<b>1</b>	5/ marzo/ 2019	9 am – 10 am	1	Las muestras fueron tomadas a la misma hora y a los mismos trabajadores cada semana, con el fin de que los datos arrojen un valor verídico con diferentes condiciones ambientales.
		11 am – 12 am	2	
		3 pm – 4 pm	3	
<b>2</b>	14/ marzo/ 2019	9 am – 10 am	1	
		11 am – 12 am	2	
		3 pm – 4 pm	3	
<b>3</b>	20/ marzo/ 2019	9 am – 10 am	1	
		11 am – 12 am	2	
		3 pm – 4 pm	3	
<b>4</b>	25/ marzo/ 2019	9 am – 10 am	1	
		11 am – 12 am	2	
		3 pm – 4 pm	3	
<b>5</b>	03/ abril/ 2019	9 am – 10 am	1	
		11 am – 12 am	2	
		3 pm – 4 pm	3	

Cada día se tomaron 20 muestras de 1 minuto a cada trabajador en el tiempo especificado en la tabla anterior, en cada medición se obtuvo el valor de PM 2.5 y PM 10, así como también la temperatura y la humedad relativa que nos sirven como guía para saber las condiciones en las que se encontraba el área de pulido.

La tabla 24 muestra los datos obtenidos en el día 1 de las mediciones realizadas del material particulado de 2,5 µm (micrómetros) y 10 µm (micrómetros) con el contador de partículas de mano AEROCET 531S.

Tabla 24

Mediciones día 1 PM 2.5 Y 10.

Proceso: Pulido de partes de fibra de vidrio							
Duración de la muestra: 1 minuto (60 seg)							
Número de muestras: 20 muestras							
Día: 1							
N°	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 2,5			N°	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 10		
	Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )		Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )
1	0,379	0,271	0,220	1	68,159	21,287	21,585
2	0,256	0,296	0,182	2	70,431	22,459	32,342
3	0,113	0,289	0,168	3	14,059	45,471	54,145
4	0,261	0,293	0,134	4	66,391	25,127	38,778
5	0,259	0,306	0,157	5	83,997	22,602	29,352
6	0,172	0,290	0,136	6	56,339	42,685	12,458
7	0,258	0,275	0,243	7	75,161	38,436	22,933
8	0,148	0,285	0,254	8	53,584	30,000	20,154
9	0,177	0,198	0,247	9	54,136	31,699	18,436
10	0,135	0,166	0,185	10	38,861	29,696	30,822
11	0,158	0,199	0,334	11	29,356	25,304	26,008
12	0,311	0,157	0,245	12	42,459	53,497	27,625
13	0,245	0,262	0,287	13	58,478	22,914	18,539
14	0,230	0,254	0,277	14	30,486	20,178	25,435
15	0,231	0,267	0,289	15	44,816	50,523	32,454
16	0,221	0,098	0,311	16	40,718	35,839	23,624
17	0,210	0,153	0,265	17	25,459	21,770	34,253
18	0,192	0,236	0,155	18	20,352	23,879	56,294
19	0,341	0,173	0,249	19	26,706	25,362	70,468
20	0,268	0,219	0,113	20	25,479	22,692	22,464

La tabla 25 muestra los datos obtenidos el día 1 de la temperatura y humedad relativa que arroja el contador de partículas de mano AEROCET 531S conjuntamente con los datos de la tabla 24.

**Tabla 25**

Mediciones día 1 temperatura y humedad relativa.

Proceso: <b>Pulido de partes de fibra de vidrio</b> Duración de la muestra: <b>1 minuto (60 seg)</b> Número de muestras: <b>20 muestras</b> Día: <b>1</b>							
N°	Medición de la temperatura			N°	Medición de la humedad relativa		
	T1 °C	T2 °C	T3 °C		Hre 1 (%)	Hre 2 (%)	Hre 3 (%)
1	24	26	27	1	41%	36%	36%
2	23	26	26	2	43%	37%	37%
3	22	25	27	3	45%	37%	37%
4	24	25	26	4	40%	38%	35%
5	26	22	25	5	37%	45%	36%
6	27	24	26	6	35%	40%	34%
7	26	25	26	7	36%	38%	36%
8	26	24	26	8	34%	39%	37%
9	26	25	26	9	36%	42%	37%
10	26	28	27	10	37%	36%	35%
11	26	28	26	11	37%	33%	36%
12	26	28	27	12	37%	34%	36%
13	27	24	25	13	36%	41%	36%
14	26	25	27	14	36%	38%	36%
15	27	25	25	15	36%	39%	36%
16	27	25	27	16	36%	39%	37%
17	27	25	26	17	36%	39%	37%
18	26	25	25	18	37%	39%	37%
19	27	26	25	19	36%	39%	38%
20	25	24	24	20	36%	40%	45%

La tabla 26 muestra los datos obtenidos en el día 2 de las mediciones realizadas del material particulado de 2,5 µm (micrómetros) y 10 µm (micrómetros) con el contador de partículas de mano AEROCET 531S.

Tabla 26

Mediciones día 2 PM 2.5 Y 10.

Proceso: Pulido de partes de fibra de vidrio							
Duración de la muestra: 1 minuto (60 seg)							
Número de muestras: 20 muestras							
Día: 2							
N°	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 2,5			N°	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 10		
	Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )		Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )
1	0,387	0,267	0,387	1	65,730	23,415	16,728
2	0,124	0,235	0,190	2	70,655	61,565	21,094
3	0,235	0,295	0,189	3	43,678	214,528	42,190
4	0,199	0,189	0,137	4	65,149	35,619	38,778
5	0,255	0,302	0,178	5	57,425	34,268	16,790
6	0,215	0,306	0,278	6	52,765	12,679	57,840
7	0,156	0,299	0,254	7	46,370	56,846	20,988
8	0,156	0,284	0,224	8	56,348	19,826	19,807
9	0,275	0,205	0,267	9	47,956	20,018	12,981
10	0,164	0,191	0,245	10	53,796	22,639	21,679
11	0,166	0,195	0,215	11	35,795	35,827	46,750
12	0,298	0,156	0,199	12	42,576	25,320	10,945
13	0,168	0,276	0,191	13	43,257	20,752	17,840
14	0,235	0,285	0,209	14	38,956	31,940	20,986
15	0,210	0,196	0,298	15	33,269	26,383	28,976
16	0,174	0,178	0,210	16	64,390	43,379	28,905
17	0,291	0,390	0,290	17	34,599	28,735	37,841
18	0,189	0,190	0,256	18	36,785	27,327	42,179
19	0,289	0,175	0,246	19	32,675	32,895	57,928
20	0,212	0,179	0,244	20	32,579	50,937	47,291

La tabla 27 muestra los datos obtenidos el día 2 de la temperatura y humedad relativa que arroja el contador de partículas de mano AEROCET 531S conjuntamente con los datos de la tabla 26.

**Tabla 27**

Mediciones día 2 temperatura y humedad relativa.

Proceso: <b>Pulido de partes de fibra de vidrio</b> Duración de la muestra: <b>1 minuto (60 seg)</b> Número de muestras: <b>20 muestras</b> Día: <b>2</b>							
N°	Medición de la temperatura			N°	Medición de la humedad relativa		
	T1 °C	T2 °C	T3 °C		Hre 1 (%)	Hre 2 (%)	Hre 3 (%)
1	25	27	25	1	41%	45%	35%
2	28	27	27	2	43%	40%	36%
3	28	26	26	3	45%	38%	34%
4	28	27	25	4	40%	39%	36%
5	24	26	25	5	37%	42%	37%
6	25	24	26	6	35%	36%	37%
7	25	25	26	7	36%	33%	33%
8	25	24	26	8	34%	34%	42%
9	25	25	26	9	36%	41%	36%
10	26	28	27	10	34%	36%	36%
11	26	28	26	11	41%	33%	36%
12	26	28	27	12	36%	34%	37%
13	27	24	25	13	33%	41%	36%
14	26	25	27	14	34%	38%	36%
15	27	25	25	15	36%	39%	36%
16	27	25	27	16	36%	39%	39%
17	27	25	26	17	36%	39%	39%
18	26	25	25	18	37%	39%	39%
19	27	26	25	19	36%	39%	39%
20	26	26	23	20	36%	33%	40%

La tabla 28 muestra los datos obtenidos en el día 3 de las mediciones realizadas del material particulado de 2,5 µm (micrómetros) y 10 µm (micrómetros) con el contador de partículas de mano AEROCET 531S.

Tabla 28

Mediciones día 3 PM 2.5 Y 10.

Proceso: <b>Pulido de partes de fibra de vidrio</b>							
Duración de la muestra: <b>1 minuto (60 seg)</b>							
Número de muestras: <b>20 muestras</b>							
Día: <b>3</b>							
Nº	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 2,5			Nº	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 10		
	Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )		Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )
1	0,298	0,278	0,290	1	32,235	52,638	37,283
2	0,380	0,279	0,289	2	61,728	23,472	24,279
3	0,279	0,219	0,291	3	21,785	36,270	21,791
4	0,289	0,289	0,219	4	34,684	32,561	21,537
5	0,275	0,200	0,238	5	67,430	20,078	39,835
6	0,089	0,190	0,180	6	76,283	32,808	20,087
7	0,190	0,270	0,191	7	61,739	18,931	27,557
8	0,189	0,288	0,291	8	34,729	54,329	21,675
9	0,291	0,195	0,211	9	43,678	10,088	47,349
10	0,290	0,178	0,268	10	62,748	17,835	25,419
11	0,290	0,234	0,291	11	42,537	17,366	22,347
12	0,311	0,219	0,255	12	56,329	48,954	32,776
13	0,245	0,202	0,311	13	62,840	57,305	21,799
14	0,230	0,290	0,194	14	43,928	61,528	29,986
15	0,231	0,195	0,291	15	30,987	15,263	21,900
16	0,221	0,205	0,211	16	52,719	71,840	23,629
17	0,210	0,100	0,195	17	27,649	9,435	41,785
18	0,192	0,201	0,199	18	36,290	9,649	64,888
19	0,341	0,321	0,288	19	30,034	43,281	21,840
20	0,268	0,278	0,123	20	17,254	9,346	62,829

La tabla 29 muestra los datos obtenidos el día 3 de la temperatura y humedad relativa que arroja el contador de partículas de mano AEROCET 531S conjuntamente con los datos de la tabla 28.

**Tabla 29**

Mediciones día 3 temperatura y humedad relativa

Proceso: <b>Pulido de partes de fibra de vidrio</b> Duración de la muestra: <b>1 minuto (60 seg)</b> Número de muestras: <b>20 muestras</b> Día: <b>3</b>							
N°	Medición de la temperatura			N°	Medición de la humedad relativa		
	T1 °C	T2 °C	T3 °C		Hre 1 (%)	Hre 2 (%)	Hre 3 (%)
1	27	26	22	1	34%	36%	36%
2	26	24	24	2	41%	37%	36%
3	27	25	25	3	38%	37%	36%
4	27	25	24	4	39%	38%	36%
5	27	25	25	5	39%	45%	37%
6	26	24	28	6	39%	40%	37%
7	27	27	26	7	36%	38%	36%
8	26	25	26	8	34%	39%	37%
9	26	27	26	9	36%	42%	37%
10	26	26	27	10	37%	36%	38%
11	26	25	26	11	41%	33%	39%
12	26	25	27	12	43%	34%	42%
13	27	24	25	13	45%	41%	36%
14	26	25	27	14	40%	38%	33%
15	27	25	26	15	37%	39%	34%
16	27	28	26	16	35%	39%	37%
17	26	28	26	17	36%	39%	37%
18	25	28	27	18	37%	39%	37%
19	25	24	26	19	36%	39%	38%
20	23	26	24	20	39%	37%	39%

La tabla 30 muestra los datos obtenidos en el día 4 de las mediciones realizadas del material particulado de 2,5  $\mu\text{m}$  (micrómetros) y 10  $\mu\text{m}$  (micrómetros) con el contador de partículas de mano AEROCET 531S.

Tabla 30

Mediciones día 4 PM 2.5 Y 10.

Proceso: <b>Pulido de partes de fibra de vidrio</b>							
Duración de la muestra: <b>1 minuto (60 seg)</b>							
Número de muestras: <b>20 muestras</b>							
Día: <b>4</b>							
N°	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 2,5			N°	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 10		
	Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )		Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )
1	0,292	0,291	0,279	1	23,282	43,874	37,389
2	0,208	0,219	0,275	2	52,710	31,398	21,783
3	0,279	0,300	0,190	3	28,195	21,785	42,190
4	0,291	0,303	0,100	4	17,831	28,745	63,730
5	0,314	0,219	0,184	5	69,273	29,046	28,094
6	0,291	0,286	0,174	6	54,190	20,179	53,261
7	0,278	0,275	0,189	7	30,099	28,194	32,175
8	0,276	0,279	0,189	8	62,739	47,930	27,804
9	0,299	0,186	0,290	9	20,894	27,184	21,789
10	0,245	0,177	0,307	10	49,009	32,179	32,718
11	0,189	0,199	0,206	11	51,925	38,948	53,730
12	0,297	0,175	0,292	12	62,718	21,274	26,794
13	0,275	0,194	0,200	13	17,803	24,328	28,903
14	0,291	0,256	0,280	14	9,766	42,167	28,104
15	0,266	0,291	0,320	15	15,279	30,007	34,893
16	2,189	0,190	0,210	16	10,009	40,206	21,581
17	0,191	0,206	0,287	17	18,743	21,540	15,836
18	0,185	0,275	0,275	18	18,002	37,353	42,169
19	0,290	0,184	0,299	19	37,830	28,083	22,169
20	0,304	0,220	0,130	20	8,874	23,257	23,580

La tabla 31 muestra los datos obtenidos el día 4 de la temperatura y humedad relativa que arroja el contador de partículas de mano AEROCET 531S conjuntamente con los datos de la tabla 30.

**Tabla 31**

Mediciones día 4 temperatura y humedad relativa

Proceso: <b>Pulido de partes de fibra de vidrio</b> Duración de la muestra: <b>1 minuto (60 seg)</b> Número de muestras: <b>20 muestras</b> Día: <b>4</b>							
N°	Medición de la temperatura			N°	Medición de la humedad relativa		
	T1 °C	T2 °C	T3 °C		Hre 1 (%)	Hre 2 (%)	Hre 3 (%)
1	26	27	25	1	38%	36%	39%
2	27	26	25	2	39%	37%	42%
3	25	27	25	3	42%	37%	36%
4	27	25	25	4	36%	38%	33%
5	25	27	26	5	33%	45%	34%
6	27	25	26	6	34%	40%	41%
7	26	27	26	7	36%	38%	36%
8	26	26	26	8	36%	39%	37%
9	26	25	26	9	37%	42%	37%
10	26	28	27	10	37%	36%	3%
11	26	28	26	11	38%	33%	36%
12	26	28	27	12	45%	34%	36%
13	27	24	25	13	40%	41%	36%
14	26	25	27	14	36%	38%	39%
15	27	25	25	15	36%	39%	42%
16	27	25	27	16	36%	39%	36%
17	27	25	26	17	36%	39%	33%
18	26	25	25	18	37%	39%	34%
19	27	26	25	19	36%	39%	41%
20	24	25	23	20	38%	40%	41%

La tabla 32 muestra los datos obtenidos en el día 5 de las mediciones realizadas del material particulado de 2,5 µm (micrómetros) y 10 µm (micrómetros) con el contador de partículas de mano AEROCET 531S.

Tabla 32

Mediciones día 5 PM 2.5 Y 10

Proceso: <b>Pulido de partes de fibra de vidrio</b>							
Duración de la muestra: <b>1 minuto (60 seg)</b>							
Número de muestras: <b>20 muestras</b>							
Día: <b>5</b>							
N°	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 2,5			N°	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 10		
	Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )		Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )
1	0,287	0,299	0,210	1	21,896	32,782	28,342
2	0,303	0,357	0,266	2	42,189	33,006	51,341
3	0,289	0,299	0,286	3	21,785	21,906	21,495
4	0,279	0,191	0,199	4	46,295	47,502	53,719
5	0,275	0,141	0,157	5	53,179	21,050	24,825
6	0,298	0,098	0,200	6	67,235	32,941	21,985
7	0,299	0,288	0,217	7	21,350	21,049	39,476
8	0,189	0,279	0,274	8	47,294	20,948	42,740
9	0,178	0,227	0,290	9	62,413	21,039	21,468
10	0,175	0,245	0,197	10	26,183	21,048	31,575
11	0,198	0,196	0,169	11	35,921	32,085	26,167
12	0,298	0,168	0,156	12	51,730	21,085	43,098
13	0,309	0,274	0,299	13	32,689	53,219	39,975
14	0,298	0,289	0,288	14	27,104	62,354	21,750
15	0,288	0,300	0,277	15	52,840	40,034	23,605
16	0,245	0,301	0,200	16	45,888	21,849	29,735
17	0,297	0,146	0,246	17	40,081	48,762	35,389
18	0,198	0,177	0,280	18	32,805	21,750	26,333
19	0,174	0,175	0,260	19	28,055	9,940	42,285
20	0,205	0,219	0,151	20	19,987	39,043	31,740

La tabla 33 muestra los datos obtenidos el día 5 de la temperatura y humedad relativa que arroja el contador de partículas de mano AEROCET 531S conjuntamente con los datos de la tabla 32.

**Tabla 33**

Mediciones día 5 temperatura y humedad relativa

Proceso: <b>Pulido de partes de fibra de vidrio</b> Duración de la muestra: <b>1 minuto (60 seg)</b> Número de muestras: <b>20 muestras</b> Día: <b>5</b>							
N°	Medición de la temperatura			N°	Medición de la humedad relativa		
	T1 °C	T2 °C	T3 °C		Hre 1 (%)	Hre 2 (%)	Hre 3 (%)
1	28	26	27	1	37%	36%	36%
2	24	26	26	2	38%	37%	36%
3	25	27	27	3	45%	37%	36%
4	25	26	26	4	40%	38%	37%
5	25	27	25	5	37%	45%	37%
6	25	24	26	6	35%	40%	34%
7	25	25	26	7	36%	38%	36%
8	26	24	26	8	34%	39%	37%
9	26	25	25	9	36%	42%	41%
10	26	28	27	10	37%	36%	43%
11	26	28	26	11	40%	33%	45%
12	26	28	25	12	38%	36%	36%
13	27	24	25	13	39%	34%	36%
14	26	25	22	14	42%	36%	36%
15	27	25	26	15	36%	37%	36%
16	28	27	27	16	36%	37%	37%
17	28	25	24	17	36%	39%	37%
18	24	27	25	18	37%	39%	35%
19	25	26	24	19	39%	39%	36%
20	25	26	25	20	39%	40%	34%

En la tabla 34 se observa la información acerca de los límites permisibles respecto a la fibra de vidrio. Estos límites sirven para calcular el índice de exposición al que están expuestos los trabajadores. Para fibra de vidrio el límite de exposición es el mismo para PM 2.5 como para PM 10.

Tabla 34

Límites de exposición laboral

Límites de exposición laboral		
OSHA	NIOSH	ACGIH
15 mg/m <sup>3</sup>	5 mg/m <sup>3</sup>	1 fibra/cm <sup>3</sup>
<b>OSHA:</b> Administración de Seguridad y Salud Ocupacional.	Muestra el límite legal de exposición admisible en el aire para polvo de fibra de vidrio, de 5 mg/m <sup>3</sup> para fracción respirable y 15 mg/m <sup>3</sup> para el total de partículas como promedio para un turno de 8 horas (New Jersey Department of Health and Senior Services, 2015).	
<b>NIOSH:</b> Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional.	Muestra el límite de exposición recomendado en el aire que es de 3 fibras/m <sup>3</sup> para fibras inferiores o iguales a 3,5 micrómetros de diámetro y superiores a 10 micrómetros de longitud, y de 5 mg/m <sup>3</sup> para el total de partículas como promedio para un turno laboral de 10 horas (New Jersey Department of Health and Senior Services, 2015).	
<b>ACGIH:</b> Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales.	Muestra el límite de exposición recomendado en el aire que es de 1 fibra/cm <sup>3</sup> para fibras respirables superiores a 5 micrómetros de longitud por metro cúbico como promedio para un turno de 8 horas laborales (New Jersey Department of Health and Senior Services, 2015).	

*Nota.* Obtenido de New Jersey Department of Health and Senior Services (2015)

En el área de pulido generalmente se encuentra polvo de fibra de vidrio, por lo que el límite permisible que se utilizó para el cálculo del índice o dosis de exposición del material particulado es de 15 mg/m<sup>3</sup> para el total de partículas según OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional), teniendo en cuenta las horas laborales y las características de la fibra de vidrio.

## Determinación del nivel de riesgo

Tomando los valores de las tablas 24, 26, 28, 30 y 32, se pudo determinar el nivel de riesgo al que están expuesto los trabajadores del área de pulido de la empresa de plásticos, a través de los siguientes pasos:

### 1. Calcular la concentración promedio por actividad:

$$c = \frac{C_i * t_i}{\sum_{i=1}^{i=\infty} * t_i}$$

Ecuación 1: Concentración promedio

Fuente: (Luna, 2000)

Donde:

C<sub>i</sub>= concentración de la exposición laboral

t<sub>i</sub>= tiempo de exposición expresado en horas

∑t<sub>i</sub>= duración de la jornada de trabajo en horas

### 2. Calcular la exposición diaria ED o concentración ponderada a 8 horas:

$$C_8 = \frac{\sum_{i=1}^{i=\infty} C * t_i}{8}$$

Ecuación 1: Exposición diaria o concentración ponderada a 8 h

Fuente: (Luna, 2000)

Donde:

C<sub>8</sub>= exposición diaria

C= concentración de la exposición laboral en el tiempo

T<sub>i</sub>= tiempo de exposición expresado en horas

8= periodo de referencia del valor límite en horas

3. *Calcular el índice o dosis de exposición:*

$$I = \frac{C8}{TLV - TWA}$$

Ecuación 1: Índice o dosis de exposición.

Fuente: (Luna, 2000)

Donde:

I= dosis o índice de exposición

C8= exposición diaria

TLV-TWA= Valor límite ambiental de exposición diaria (vidrio fibroso).

4. *Determinar el nivel de riesgo*

Para determinar el nivel de riesgo, la investigación se basó en los valores dados de la evaluación de la exposición laboral de la norma UNE-EN 689:2019 mostrados en la tabla 35. Estos valores vienen dados con el color representativo, para aceptable es verde e inaceptable rojo.

**Tabla 35**

*Evaluación de exposición laboral*

<b>Evaluación de exposición laboral</b>	
<b>Exposición Aceptable</b>	$I \leq 0,1$
<b>Exposición Inaceptable</b>	$I > 1$

*Nota.* Obtenido de Comité Técnico CTN 81. (2019)

Al calcular el índice de exposición de cada trabajador, los cinco días distintos, se puede determinar si existe o no una sobreexposición al material particulado de fibra de vidrio.

En la tabla 36 se muestran los resultados del cálculo de la concentración promedio, exposición diaria y el índice de exposición, utilizando los datos de la tabla 24.

En esta tabla se observa que los índices de exposición al material particulado de 2.5 µm de los tres trabajadores son menores a 1, es decir se encuentran dentro del límite permisible de exposición, por lo que el nivel de riesgo es aceptable; en cambio, el índice de exposición del material particulado de 10 µm sobrepasa el 1, llegando a considerarse como una exposición inaceptable para los trabajadores.

**Tabla 36**

Concentración, exposición diaria e índice de exposición día 1

Proceso: Pulido de partes de fibra de vidrio							
Duración de la muestra: 1 minuto (60 seg)							
Número de muestras: 20 muestras							
Día: 1							
N°	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 2,5			N°	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 10		
	Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )		Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )
1	0,379	0,271	0,220	1	68,159	21,287	21,585
2	0,256	0,296	0,182	2	70,431	22,459	32,342
3	0,113	0,289	0,168	3	14,059	45,471	54,145
4	0,261	0,293	0,134	4	66,391	25,127	38,778
5	0,259	0,306	0,157	5	83,997	22,602	29,352
6	0,172	0,290	0,136	6	56,339	42,685	12,458
7	0,258	0,275	0,243	7	75,161	38,436	22,933
8	0,148	0,285	0,254	8	53,584	30,000	20,154
9	0,177	0,198	0,247	9	54,136	31,699	18,436
10	0,135	0,166	0,185	10	38,861	29,696	30,822
11	0,158	0,199	0,334	11	29,356	25,304	26,008
12	0,311	0,157	0,245	12	42,459	53,497	27,625
13	0,245	0,262	0,287	13	58,478	22,914	18,539
14	0,230	0,254	0,277	14	30,486	20,178	25,435
15	0,231	0,267	0,289	15	44,816	50,523	32,454
16	0,221	0,098	0,311	16	40,718	35,839	23,624
17	0,210	0,153	0,265	17	25,459	21,770	34,253
18	0,192	0,236	0,155	18	20,352	23,879	56,294
19	0,341	0,173	0,249	19	26,706	25,362	70,468
20	0,268	0,219	0,113	20	25,479	22,692	22,464
C	0,228	0,234	0,223		46,271	30,571	30,908
ED	0,114	0,117	0,111		23,136	15,286	15,454
I	0,008	0,008	0,007		1,542	1,019	1,030

En la tabla 37 se muestran los resultados del cálculo de la concentración promedio, exposición diaria y el índice de exposición, utilizando los datos de la tabla 26, en el cual se observa que los índices de exposición de cada trabajador respecto a PM 2,5 son menores a 1 y por otro lado el índice de PM 10 sobrepasan el 1, teniendo así una exposición aceptable para PM 2.5 y una exposición inaceptable para PM 10.

Tabla 37

Concentración, exposición diaria e índice de exposición día 2

Proceso: <b>Pulido de partes de fibra de vidrio</b>							
Duración de la muestra: <b>1 minuto (60 seg)</b>							
Número de muestras: <b>20 muestras</b>							
Día: <b>2</b>							
N°	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 2,5			N°	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 10		
	Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )		Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )
1	0,387	0,267	0,387	1	65,730	23,415	16,728
2	0,124	0,235	0,190	2	70,655	61,565	21,094
3	0,235	0,295	0,189	3	43,678	214,528	42,190
4	0,199	0,189	0,137	4	65,149	35,619	38,778
5	0,255	0,302	0,178	5	57,425	34,268	16,790
6	0,215	0,306	0,278	6	52,765	12,679	57,840
7	0,156	0,299	0,254	7	46,370	56,846	20,988
8	0,156	0,284	0,224	8	56,348	19,826	19,807
9	0,275	0,205	0,267	9	47,956	20,018	12,981
10	0,164	0,191	0,245	10	53,796	22,639	21,679
11	0,166	0,195	0,215	11	35,795	35,827	46,750
12	0,298	0,156	0,199	12	42,576	25,320	10,945
13	0,168	0,276	0,191	13	43,257	20,752	17,840
14	0,235	0,285	0,209	14	38,956	31,940	20,986
15	0,210	0,196	0,298	15	33,269	26,383	28,976
16	0,174	0,178	0,210	16	64,390	43,379	28,905
17	0,291	0,390	0,290	17	34,599	28,735	37,841
18	0,189	0,190	0,256	18	36,785	27,327	42,179
19	0,289	0,175	0,246	19	32,675	32,895	57,928
20	0,212	0,179	0,244	20	32,579	50,937	47,291
<b>C</b>	0,220	0,240	0,235		47,738	41,245	30,426
<b>ED</b>	0,110	0,120	0,118		23,869	20,622	15,213
<b>I</b>	0,0073	0,0080	0,0078		1,591	1,375	1,014

En la tabla 38 se muestran los resultados del cálculo de la concentración promedio, exposición diaria e índice de exposición, utilizando los datos de la tabla 28, en el cual se observa una exposición aceptable para PM 2.5 e inaceptable para PM 10.

**Tabla 38**

Concentración, exposición diaria e índice de exposición día 3

Proceso: <b>Pulido de partes de fibra de vidrio</b> Duración de la muestra: <b>1 minuto (60 seg)</b> Número de muestras: <b>20 muestras</b> Día: <b>3</b>							
N°	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 2,5			N°	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 10		
	Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )		Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )
1	0,298	0,278	0,290	1	32,235	52,638	37,283
2	0,380	0,279	0,289	2	61,728	23,472	24,279
3	0,279	0,219	0,291	3	21,785	36,270	21,791
4	0,289	0,289	0,219	4	34,684	32,561	21,537
5	0,275	0,200	0,238	5	67,430	20,078	39,835
6	0,089	0,190	0,180	6	76,283	32,808	20,087
7	0,190	0,270	0,191	7	61,739	18,931	27,557
8	0,189	0,288	0,291	8	34,729	54,329	21,675
9	0,291	0,195	0,211	9	43,678	10,088	47,349
10	0,290	0,178	0,268	10	62,748	17,835	25,419
11	0,290	0,234	0,291	11	42,537	17,366	22,347
12	0,311	0,219	0,255	12	56,329	48,954	32,776
13	0,245	0,202	0,311	13	62,840	57,305	21,799
14	0,230	0,290	0,194	14	43,928	61,528	29,986
15	0,231	0,195	0,291	15	30,987	15,263	21,900
16	0,221	0,205	0,211	16	52,719	71,840	23,629
17	0,210	0,100	0,195	17	27,649	9,435	41,785
18	0,192	0,201	0,199	18	36,290	9,649	64,888
19	0,341	0,321	0,288	19	30,034	43,281	21,840
20	0,268	0,278	0,123	20	17,254	9,346	62,829
<b>C</b>	0,255	0,231	0,241		44,880	32,149	31,530
<b>ED</b>	0,128	0,116	0,121		22,440	16,074	15,765
<b>I</b>	0,009	0,008	0,008		1,496	1,072	1,051

En la tabla 39 se muestran los resultados del cálculo de la concentración promedio, exposición diaria e índice de exposición, utilizando los datos de la tabla 30, en el cual se observa una exposición aceptable para PM 2.5 e inaceptable para PM 10.

Tabla 39

Concentración, exposición diaria e índice de exposición día 4

Proceso: Pulido de partes de fibra de vidrio							
Duración de la muestra: 1 minuto (60 seg)							
Número de muestras: 20 muestras							
Día: 4							
N°	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 2,5			N°	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 10		
	Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )		Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )
1	0,292	0,291	0,279	1	23,282	43,874	37,389
2	0,208	0,219	0,275	2	52,710	31,398	21,783
3	0,279	0,300	0,190	3	28,195	21,785	42,190
4	0,291	0,303	0,100	4	17,831	28,745	63,730
5	0,314	0,219	0,184	5	69,273	29,046	28,094
6	0,291	0,286	0,174	6	54,190	20,179	53,261
7	0,278	0,275	0,189	7	30,099	28,194	32,175
8	0,276	0,279	0,189	8	62,739	47,930	27,804
9	0,299	0,186	0,290	9	20,894	27,184	21,789
10	0,245	0,177	0,307	10	49,009	32,179	32,718
11	0,189	0,199	0,206	11	51,925	38,948	53,730
12	0,297	0,175	0,292	12	62,718	21,274	26,794
13	0,275	0,194	0,200	13	17,803	24,328	28,903
14	0,291	0,256	0,280	14	9,766	42,167	28,104
15	0,266	0,291	0,320	15	15,279	30,007	34,893
16	2,189	0,190	0,210	16	10,009	40,206	21,581
17	0,191	0,206	0,287	17	18,743	21,540	15,836
18	0,185	0,275	0,275	18	18,002	37,353	42,169
19	0,290	0,184	0,299	19	37,830	28,083	22,169
20	0,304	0,220	0,130	20	8,874	23,257	23,580
<b>C</b>	0,362	0,236	0,234		32,959	30,884	32,935
<b>ED</b>	0,181	0,118	0,117		16,479	15,442	16,467
<b>I</b>	0,012	0,008	0,008		1,099	1,029	1,098

En la tabla 40 se muestran los resultados del cálculo de la concentración promedio, exposición diaria e índice de exposición, utilizando los datos de la tabla 32, en el cual se observa una exposición aceptable para PM 2.5 e inaceptable para PM 10.

**Tabla 40**

Concentración, exposición diaria e índice de exposición día 5

Proceso: <b>Pulido de partes de fibra de vidrio</b> Duración de la muestra: <b>1 minuto (60 seg)</b> Número de muestras: <b>20 muestras</b> Día: <b>5</b>							
N°	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 2,5			N°	Medición de la concentración (mg/m <sup>3</sup> ) PM 10		
	Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )		Trabajador 1 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 2 (mg/m <sup>3</sup> )	Trabajador 3 (mg/m <sup>3</sup> )
1	0,287	0,299	0,210	1	21,896	32,782	28,342
2	0,303	0,357	0,266	2	42,189	33,006	51,341
3	0,289	0,299	0,286	3	21,785	21,906	21,495
4	0,279	0,191	0,199	4	46,295	47,502	53,719
5	0,275	0,141	0,157	5	53,179	21,050	24,825
6	0,298	0,098	0,200	6	67,235	32,941	21,985
7	0,299	0,288	0,217	7	21,350	21,049	39,476
8	0,189	0,279	0,274	8	47,294	20,948	42,740
9	0,178	0,227	0,290	9	62,413	21,039	21,468
10	0,175	0,245	0,197	10	26,183	21,048	31,575
11	0,198	0,196	0,169	11	35,921	32,085	26,167
12	0,298	0,168	0,156	12	51,730	21,085	43,098
13	0,309	0,274	0,299	13	32,689	53,219	39,975
14	0,298	0,289	0,288	14	27,104	62,354	21,750
15	0,288	0,300	0,277	15	52,840	40,034	23,605
16	0,245	0,301	0,200	16	45,888	21,849	29,735
17	0,297	0,146	0,246	17	40,081	48,762	35,389
18	0,198	0,177	0,280	18	32,805	21,750	26,333
19	0,174	0,175	0,260	19	28,055	9,940	42,285
20	0,205	0,219	0,151	20	19,987	39,043	31,740
<b>C</b>	0,254	0,233	0,231		38,846	31,169	32,852
<b>ED</b>	0,127	0,117	0,115		19,423	15,585	16,426
<b>I</b>	0,008	0,008	0,008		1,295	1,039	1,095

# Capítulo III

Resultados y discusión  
Conclusiones y recomendaciones



## Interpretación de resultados

Al analizar los resultados de la tabulación de las encuestas se puede notar que los trabajadores de la empresa de plásticos sí presentan síntomas de afecciones respiratorias, sobre todo en el personal que trabaja en el área de pulido, debido a que los tres trabajadores que laboran en esta área presentan cuadros de sinusitis. Se realizaron las fichas médicas de diagnóstico básico aplicadas por el especialista a los tres trabajadores de la sección de pulido, las cuales comprobaron clínicamente la presencia de afecciones respiratorias causadas por el material particulado al que están expuestos a lo largo de la jornada de trabajo diaria, esto puede ser aún más peligroso cuando el tiempo de exposición sea mayor, llegando a ocasionar afectación a la salud en niveles críticos. Para comprobar que los resultados médicos obtenidos son causados por el material particulado se realizaron las mediciones del mismo en el área.

Las muestras de material particulado de fibra de vidrio fueron tomadas en cinco días laborales distintos, sobre la base de la norma UNE-EN 689:2019 (Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional). Para toma de datos, se determinó un total de 20 muestreos de 1 minuto a los tres trabajadores del área de pulido, con las cuales se calculó la concentración promedio diaria, la exposición diaria y el índice de exposición, tomando como referencia el límite de exposición al material particulado según la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) que es de 15 mg/m<sup>3</sup> para el total de partículas como promedio para un turno de 8 horas.

En la tabla 41 se muestra un resumen general de los resultados obtenidos de las mediciones de PM 2.5.

**Tabla 41**

*Resultados obtenidos PM 2,5*

<b>Resultados Obtenidos: PM 2,5</b>				
	<b>Trabajador 1</b>	<b>Trabajador 2</b>	<b>Trabajador 3</b>	
	Concentración	0,228	0,234	0,223
<b>1</b>	Exposición Diaria ED	0,114	0,117	0,111
	Índice de exposición I	0,008	0,008	0,007
	Concentración	0,220	0,240	0,235
<b>2</b>	Exposición Diaria ED	0,110	0,120	0,118
	Índice de exposición I	0,007	0,008	0,008
	Concentración	0,255	0,231	0,241
<b>3</b>	Exposición Diaria ED	0,128	0,116	0,121
	Índice de exposición I	0,009	0,008	0,008

	Concentración	0,362	0,236	0,234
4	Exposición Diaria ED	0,181	0,118	0,117
	Índice de exposición I	0,012	0,008	0,008
	Concentración	0,254	0,233	0,231
5	Exposición Diaria ED	0,127	0,117	0,115
	Índice de exposición I	0,008	0,008	0,008

Al analizar los resultados del índice de exposición de PM 2.5 al que están expuestos los trabajadores del área de pulido se puede determinar que la exposición es aceptable, ya que el índice de exposición es menor a 1, se observa que la concentración tiene resultados de la dosis bajo la fracción inhalable de 15 mg/m<sup>3</sup>, es así que este tamaño de partícula está dentro de los límites permisibles en la jornada laboral de 8 horas.

En la tabla 42 se muestra un resumen general de los resultados obtenidos de las mediciones de PM 10.

**Tabla 42**

*Resultados obtenidos PM 10*

<b>Resultados Obtenidos: PM 10</b>				
		<b>Trabajador 1</b>	<b>Trabajador 2</b>	<b>Trabajador 3</b>
	Concentración	46,271	30,571	30,908
1	Exposición Diaria ED	23,136	15,286	15,454
	Índice de exposición I	1,542	1,019	1,030
	Concentración	47,738	41,245	30,426
2	Exposición Diaria ED	23,869	20,622	15,213
	Índice de exposición I	1,591	1,375	1,014
	Concentración	44,880	32,149	31,530
3	Exposición Diaria ED	22,440	16,074	15,765
	Índice de exposición I	1,496	1,072	1,051
	Concentración	32,959	30,884	32,935
4	Exposición Diaria ED	16,479	15,442	16,467
	Índice de exposición I	1,099	1,029	1,098
	Concentración	38,846	31,169	32,852
5	Exposición Diaria ED	19,423	15,585	16,426
	Índice de exposición I	1,295	1,039	1,095

A partir del índice de exposición obtenido de PM 10 se puede determinar que la exposición al polvo de fibra de vidrio de los trabajadores del área de pulido es inaceptable, ya que el índice de exposición es mayor a 1, y se observa que la concentración tiene resultados de

dosis sobre la fracción inhalable de 15 mg/m<sup>3</sup> para la jornada laboral de 8 horas, determinando que este tamaño de partícula está sobre los límites permisibles.

## Antecedentes investigativos

Según el estudio titulado: "Contaminación provocada por el material particulado en el pulido de autopartes de fibra de vidrio para mejorar el ambiente laboral en la empresa Miviltech de la ciudad de Ambato", mediante el análisis de la contaminación ocasionada por el material particulado de fibra de vidrio en el pulido de autopartes de buses en la empresa, se puede cualificar el riesgo existente a través de la matriz de riesgos laborales y la exposición diaria al que están expuestos los trabajadores, teniendo como resultado que el valor de la dosis para el PM de 10 µm es mayor a 1, por lo tanto, el nivel de riesgo para esta sección es intolerable, por lo cual se debe disminuir esta concentración excesiva de material particulado desarrollando un sistema mecánico para extraer el material particulado que afecta a la calidad del aire (Aldás, 2015). En el caso de los trabajadores del área de pulido de la empresa PLÁSTICOS, tiene similar comportamiento, ya que en esta área se encuentra la mayor concentración de polvo de fibra de vidrio, específicamente PM 10 µm, encontrándose fuera del límite permisible, con un índice de exposición mayor a 1, este índice es igual en los cinco días en los que se tomó las muestras, pudiendo ocasionar afecciones respiratorias.

Del proyecto de investigación con el tema "Caracterización de la exposición a polvo orgánico en el área de producción de alimento balanceado y granjas avícolas en la empresa Megaves Cía. Ltda", en donde las muestras obtenidas fueron pesadas de acuerdo a la norma técnica MTA/MA-014/A88 del INSHT "Determinación de materia particulada (total y fracción respirable) en aire - Método gravimétrico", se obtuvo como resultado que las mediciones de polvo estuvieron por debajo del límite permisible de 4 mg/m<sup>3</sup>, por lo que se puede concluir que la exposición a este material particulado no constituye un riesgo para la salud de los trabajadores en la en la empresa Megaves Cía. Ltda (Viteri, y otros, 2015), se toma como contraste a la presente investigación, ya que en base a los resultados del material particulado que fue pesado, se determina si pueden existir afecciones en la salud de los trabajadores, mientras que en la investigación actual se realiza una toma de muestras con el contador de partículas de mano AEROCET 531S para saber el índice de exposición y si este es generador de riesgo laboral enfocado al sistema respiratorio.

Como tercer contraste con la presente investigación se presenta el proyecto de investigación con tema "Material particulado en el área de empaque de harina en industrias molineras y su relación con la afectación a la salud de los trabajadores", la misma que utiliza el valor límite dado por la ACGIH (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales) que es de 0,5 mg/m<sup>3</sup> para polvo de harina, obteniendo como resultado las mediciones que muestran datos que determinan el nivel de riesgo como inaceptable, con los niveles más altos de material particulado en la limpieza debido a las malas prácticas de

limpieza como el utilizar aire comprimido (Yuquilema, 2018), se compara con la presente investigación el establecer el área de mayor presencia de material particulado, para conocer si el nivel de exposición a la partícula se encuentra dentro o fuera del límite permisible y determinar las posibles afecciones a la salud de los trabajadores.

## **Respuesta a las preguntas de investigación**

Con base en los datos obtenidos en la tabla 38 y tabla 39, se conoció la exposición real a la que están expuestos los trabajadores del área de pulido de la empresa de PLÁSTICOS, por lo que se pudo responder las preguntas de investigación planteadas.

### ***¿La concentración del material particulado se encuentra dentro de los límites permisibles de exposición laboral en la empresa de PLÁSTICOS?***

Al calcular el índice de exposición del material particulado 2,5 µm (micrómetros) al que están expuestos los trabajadores durante su jornada laboral, con el valor límite según la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) de 15 mg/m<sup>3</sup> para el total de partículas de polvo de fibra de vidrio en un turno de 8 horas, y con la evaluación de exposición al material de la norma UNE EN 689:2019, se obtuvo valores por debajo de uno (<1), lo que significa que los trabajadores están dentro de los límites permisibles de exposición al material particulado.

Por otro lado, el índice de exposición al material particulado de 10 µm (micrómetros) sobrepasa el uno (>1), lo que significa que esta partícula está presente en mayores cantidades por lo que excede los límites permisibles de exposición dando como resultado afecciones reales en la salud de los trabajadores las mismas que fueron comprobadas en la encuesta y la observación realizadas en el área de trabajo.

### ***¿Existen riesgos en la salud de los trabajadores de la empresa de PLÁSTICOS debido al material particulado inherente en los procesos de la empresa?***

Luego de realizar las observaciones de condiciones y acciones subestándares se determinó que, si existen riesgos en la salud de los trabajadores, y se concluyó que las principales afecciones son respiratorias por el uso de filtros inadecuados.

Al analizar e interpretar los datos obtenidos del Cuestionario de Síntomas Respiratorios ATS-DLD 78 de la Asociación Americana de Tórax, realizado a los trabajadores de la empresa de plásticos, se determinó que presentan afecciones respiratorias que pueden ser causadas por el tiempo de exposición al material particulado de fibra de vidrio, entre los cuales están:

- Nariz congestionada (llorosa o moquea).

- Accesos (ataques) de estornudos.
- Rasquiña en su nariz.

## Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

- Se realizaron investigaciones bibliográficas y metodológicas, donde se identificó el material particulado presente en el área de estudio, los cuales fueron PM 2,5 micrómetros y 10 micrómetros, se definió la estrategia de muestreo para muestras consecutivas de periodo completo con un tiempo de duración de 1 minuto para un total de 20 muestras en 5 días laborales basados en la Norma UNE-EN 689:2019, como también el límite de exposición laboral de según OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional) para medir el la concentración de polvo de fibra de vidrio a los que están expuestos los trabajadores de la empresa de PLÁSTICOS.
- Se realizaron las mediciones del polvo de fibra de vidrio a los tres trabajadores del área de pulido con la ayuda del contador de partículas de mano AEROCET 531S, en donde para el cálculo del índice de exposición se basó en el límite recomendado TLV-TWA según OSHA que es de 15 mg/m<sup>3</sup> para el total de partículas de polvo de fibra de vidrio como promedio para un turno de 8 horas, en el que los resultados muestran que el material particulado de 2,5 µm, se encuentra dentro de los límites permisibles, considerándose así como aceptable o tolerable para los trabajadores, mientras que el material particulado 10 µm, sobrepasa los límites permisibles, siendo inaceptable o intolerable para los trabajadores.
- Según los resultados obtenidos de las mediciones realizadas, así como también de las observaciones de condiciones y acciones subestándares y el Cuestionario de Síntomas Respiratorios ATS-DLD 78 de la Asociación Americana de Tórax realizado a los trabajadores de la empresa, se determinó que existe un nivel de riesgo importante, debido a que la concentración de PM 10 micrómetros supera los límites de exposición permisibles, y al ser esta una partícula de mayor densidad ocasiona afecciones respiratorias causadas por el tiempo de exposición al material particulado de fibra de vidrio y por el uso de máscaras Full Face en mal estado y filtros inadecuados.
- Al realizar la tabulación del Cuestionario de Síntomas Respiratorios ATS-DLD 78 y la ficha médica de diagnóstico básico aplicada por el especialista se pudo constatar la presencia de afecciones en las vías respiratorias que tienen los tres trabajadores del área de pulido de la empresa, causadas por el material particulado al que están expuestos en su jornada de trabajo.

## **Recomendaciones**

- Se recomienda a la empresa de PLÁSTICOS tener en cuenta el material particulado que se genera en el área de pulido, debido a que estos tienen características específicas que ocasionan riesgos a la salud de los trabajadores y, que puede desencadenar en enfermedades profesionales.
- Por los resultados obtenidos del cálculo del índice de concentración en el área de pulido de fibra de vidrio para el material particulado de 2.5  $\mu\text{m}$  que fue  $< 1$ , se recomienda realizar un diagnóstico detallado del debido al tiempo de exposición; para el material particulado de 10  $\mu\text{m}$  que tiene un índice total  $> 1$ , se recomienda establecer medidas de control inmediatas, por la presencia de químicos.
- Se recomienda cambiar las máscaras Full Face o también llamada máscara completa por unas nuevas, debido a que las que se disponen en la actualidad no brindan la característica de protección requerida y utilizar filtros N95 (o R95), mejorar la ventilación del lugar, limpiar continuamente el área de pulido para que el polvo de fibra de vidrio no se acumule y ordenar las estanterías y herramientas del área.
- Capacitar a los trabajadores de este puesto de trabajo en el uso del equipo de protección personal y enfermedades laborales ocasionadas por la exposición a sustancias químicas, como también desarrollar cursos de capacitación al personal de la empresa de PLÁSTICOS, sobre de seguridad industrial.

## Referencias

- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos. (2018). EPA. Conceptos básicos sobre el material particulado. [En línea] Junio de 2018. <https://espanol.epa.gov/espanol/conceptos-basicos-sobre-el-material-particulado-pm-por-sus-siglas-en-ingles>.
- Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades. (2016). ATSDR. Fibras vítreas sintéticas (Synthetic Vitreous Fibers). [En línea] 2016. [https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs161.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs161.html).
- Aldás, Alexis Alejandro. (2015). Contaminación provocada por el material particulado en el pulido de autopartes de fibra de vidrio para mejorar el ambiente laboral en la empresa Miviltech de la ciudad de Ambato. Ambato : UTA, 2015.
- Arciniégas, César. (2014). Scielo. Diagnóstico y Control del Material Particulado. [En línea] Junio de 2014. <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n34/n34a12.pdf>.
- Asociación Americana de Higienistas Industriales. (2015). AIHA Protecting Worker Health. [En línea] 2015. <https://www.aiha.org/search/Pages/results.aspx?k=HIGIENE%20INDUSTRIAL>.
- Bartual, José y Guardino, Xavier. (1989). INSHT. NTP 244: Criterios de valoración en Higiene Industrial. [En línea] 1989. [https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp\\_244.pdf/b853aaf2-955b-41d7-b021-7bd702ecdd9d?version=1.0](https://www.insst.es/documents/94886/327166/ntp_244.pdf/b853aaf2-955b-41d7-b021-7bd702ecdd9d?version=1.0).
- Cabada, Carlos. (2017). Instituto de Políticas Públicas en Salud. [En línea]. <http://www.ipsuss.cl/ipsuss/columnas-de-opinion/carlos-cavada/contaminacion-ambiental-como-afecta-a-nuestro-sistema-respiratorio/2017-06-01/165418.html>.
- Calvo Sealing. (2017). *Fibra de vidrio tipo E*. Calvo Sealing, 2017.
- Chomochumbi, Carlos. (2014). *Seguridad e higiene industrial*. Universidad Inca Garcilaso de la Vega, 2014. ISBN: 978-612-4050-63-3.
- Comité Técnico CTN 81. (2019). *UNE-EN 689*. Aenor Internacional, 2019.
- Guzman, Daniel. (2014). *Conceptos básicos en prevención de riesgos laborales*. Linares, Séptima región : s.n., 2014.
- Henao, Fernando. (2014). *Seguridad y salud en el trabajo: conceptos básicos*. Ecoe Ediciones, 2014. ISBN:9978-958-648-866-2
- INSHT. 2000. NTP 553: *Agentes químicos: estrategias de muestreo y valoración (I)*. Madrid : s.n., 2000.
- Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social. (2015). Seguro General de Riesgos de Trabajo. [En línea] Diciembre de 2015. [http://sart.iess.gob.ec/SRGP/indicadores\\_ecuador.php](http://sart.iess.gob.ec/SRGP/indicadores_ecuador.php).

- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2017). Determinación de Materia Particulada (Fracciones inhalables, torácica y respirable) en aire, método gravimétrico. s.l. : Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2017. NIPO: 792-11-104-3.
- Instituto para la Salud Geoambiental. (2015). Salud geoambiental. Material Particulado. [En línea] 2015. <https://www.saludgeoambiental.org/material-particulado>.
- Luna, Pablo. (2000). INSHT. NTP 553: Agentes químicos: estrategias de muestreo y valoración. [En línea] 2000. [https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp\\_553.pdf/e67e4106-7294-4f12-b2e1-93f5c3625874](https://www.insst.es/documents/94886/327064/ntp_553.pdf/e67e4106-7294-4f12-b2e1-93f5c3625874).
- Mancera, Mario. (2013). *Seguridad e higiene industrial: gestión de riesgos*. Alfomega, 2013.
- MedlinePlus. (2019). Biblioteca Nacional de Medicina de Estados Unidos. [En línea] 2019. <https://medlineplus.gov/>.
- Met One Instruments, Inc. (2019). Met One Instruments, Inc. [En línea] 2019. <https://metone.com/products/aerocet-531s-handheld-particle-counter/>.
- Ministerio del Ambiente Chile. (2015). Contaminación del aire. [En línea] 2015.
- Ministerio del Ambiente España. (2015). Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo. Madrid : Subdirección General de Publicaciones, 2015. 84-8417-047-0.
- New Jersey Department of Health and Senior Services. (2015). Hoja informativa sobre sustancias peligrosas. s.n., 2015.
- Optimist. (2013). "Arranjos em fibra, manual de uso de la fibra de vidrio". [En línea] 2013. <https://www.yumpu.com/es/document/view/14809269/manual-para-uso-da-fibra-de-vidro-optimist>.
- Organización Internacional del Trabajo. (2014). La seguridad y la salud en el uso de productos químicos en el trabajo. Turin : Centro Internacional de Formación de la OIT, 2014.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2019). *Factores de riesgo*. 2019.
- Organización Panamericana de la Salud. (2018). OPS. Salud de los Trabajadores: Recursos. [En línea] 2018. [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1527:workers-health-resources&Itemid=1349&limitstart=2&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=1527:workers-health-resources&Itemid=1349&limitstart=2&lang=es).
- Robayo, Luz y Rodríguez, Zully. (2014). Issuu. Diseño y validación de un sistema de control y extracción de partículas de fibra de vidrio generadas en el proceso de reparación de los vehículos propios de COLTANQUES S.A.S. – Sede Bogotá. [En línea] 2014. [https://issuu.com/maosabo/docs/tesis\\_0519](https://issuu.com/maosabo/docs/tesis_0519).
- Vargas, F. y Gallego, I. (2015). "Calidad Ambiental Interior: Bienestar, confort y salud". *Revista Española de Salud Pública*, 2015.
- Viteri, Luis Rojas y Prieto, Amalia García. (2015). Caracterización de la exposición a polvo orgánico en el área de producción de alimento balanceado y granjas avícolas en la empresa "Megaves Cía. Ltda.". UCE, 2015.

Yuquilema, Ing. Roberto. (2018). Material particulado en el área de empaque de harina en industrias molineras y su relación con la afectación a la salud de los trabajadores. UTA, 2018.





# Anexos



## Anexo 1

### Ficha técnica de contador de partículas de mano AEROCET 531S

## AEROCET 531S Particle Mass Profiler & Counter

Two Aerosol Measurements in One Handheld Instrument

The AEROCET 531S is a full-featured, battery operated, handheld mass monitor or particle counter. This amazing unit simultaneously measures 6 mass concentration ranges (PM1, PM2.5, PM4, PM7, PM10 and TSP) or five particle count sizes (0.3µm, 0.5µm, 1.0µm, 5.0µm and 10µm). View sample history data in either mode.

### Key Features:

#### Aerosol Mass and Particle Count Measurements in a Single Handheld Unit

The AEROCET 531S is a small, handheld, battery operated, and completely portable unit. This unit provides both particle counts and mass PM measurements.

#### Six Mass Ranges and Five Particle Sizes

Six important mass size ranges (PM1, PM2.5, PM4, PM7, PM10, and TSP) are displayed in mass mode as well as five popular particle sizes in count mode.

#### Tailored Mass Conversion

The particle counts from eight size ranges are converted to mass using a proprietary algorithm for typical-density aerosols. Accommodation for special particulate with different densities is provided through user-programmable "K-factors."

#### Flexible Data Interfaces

The AEROCET 531S stores over 6,000 records. These records can be viewed on the display, or transferred to a computer via USB or RS232. Our included Comet download utility makes file transfers easy. Import sample data into a spreadsheet or print hard copies using the optional G3115 printer.

#### Temperature and Relative Humidity Option

A plug-and-play option that immediately adds ambient temperature and relative humidity capabilities to the displayed and logged data.



### Applications:

- Controlled Environments
- Indoor Air Quality
- Industrial/Occupational Hygiene
- HVAC Applications
- Hospitals & Clinics
- Filter Testing

Note: Not recommended for continuous outdoor use.  
Avoid sampling in rainy or foggy conditions.



1600 Washington Blvd. • Grants Pass, OR 97526 • 541.471.7111 •  
www.metone.com sales@metone.com

## AEROCET 531S Particle Mass Profiler & Counter

### Measurements & Specifications:

<b>OPERATING PRINCIPLE</b>	Counts individual particles using scattered laser light and calculates the equivalent mass concentration using a proprietary algorithm	
<b>PERFORMANCE</b>		
<b>Mass Mode</b>		
Mass Concentration Ranges	PM1, PM2.5, PM4, PM7, PM10, and TSP	
Sensitivity	High = 0.3µm, Low = 0.5µm	
Concentration Limit	0 – 1,000 µg/m <sup>3</sup>	
Sample Time	1 minute	
	Note: Measurement accuracy requires use of appropriate K-Factor for the material being measured.	
<b>Particle Count Mode</b>		
Particle Size Ranges	High sensitivity: 0.3µm, 0.5µm, 1.0µm, 5.0µm and 10µm Low sensitivity: 0.5µm, 1.0µm, 5.0µm and 10.0µm	
Concentration Limit	0 – 3,000,000 particles per cubic foot (105,900 particles/L)	
Sample Time	1 minute	
Size Accuracy	± 10%	
Sensitivity	User selectable (0.3µm / 0.5µm)	
Flow Rate	0.1 cfm (2.83 lpm)	
<b>ELECTRICAL</b>		
Light Source	Laser diode, 90 mW, 780 nm	
Battery Pack	7.4V Li-ion battery pack	
Battery Life	6 hours continuous operation Up to 20 hours of typical (intermittent) operation.	
AC Adapter/Charger	Li-ion battery charger, 100 – 240 VAC, 50/60Hz, 0.2A	
Communications	RS-232, USB	
Certifications	Meets or exceeds CE and ISO 21501	
<b>INTERFACE</b>		
Display / Keyboard	16-character × 4-line LCD / 7-key membrane keypad	
<b>PHYSICAL</b>		
Size	Height = 6.25" (15.9 cm) Width = 4.0" (10.2 cm) Thickness = 2.1" (5.4 cm)	
Weight	2.0 lbs - 32oz (0.9 kg)	
<b>ENVIRONMENTAL</b>		
Operating Temperature	0° to +50°C	
Relative Humidity	< 95% (non-condensing)	
Storage Temperature	-20° to +60°C	
<b>SUPPLIED ACCESSORIES</b>		
User Manual	Comet Communications Software	USB Cable
Isokinetic Sample Probe	Zero Particulate Filter	AC Adapter / Battery Charger
Carrying Case		
<b>OPTIONAL ACCESSORIES</b>		
RH & Temperature Probe	(PN G3120)	
Portable Printer	(PN G3115)	
Flow Meter	(PN 9801)	
Custom Serial Cable	(PN 3228)	
Wall/Tripod Mount	(PN 8956-1)	

REV July 2019



1600 Washington Blvd. • Grants Pass, OR 97526 • 541.471.7111 •  
www.metone.com sales@metone.com

Fuente: Met One Instruments, Inc. (2018)

## Anexo 2

Certificado de calibración de contador de partículas de mano AEROCET 531S



**Met One  
Instruments**

1600 Washington Blvd  
Grants Pass, OR 97526  
(541) 471-7111  
(541) 471-7116 (Fax)  
Service@metone.com

# Calibration Certificate

The calibration results on this report certify that this instrument complies with the product specifications at the time of calibration. Calibration was performed according to accepted industry methods using equipment, procedures, and standards that are traceable to NIST and ASTM and JIS.

Recommended calibration interval is 12 months from the first day of use.

Instrument Model# Aerocet-531S Instrument Serial# T22618  
 Date of Calibration 10/12/2018 Sensor # 13984  
 Calibration Technician Darleen Best Quality Check [Signature]  
 Temperature 23.5 °C Relative Humidity 36 %  
 Test Procedure: AEROCET-531S-6100

PSL Size (µm)	Test Results	Test Spec.	Lot# NIST	Expiration
0.3	Pass	± 10%	43942	11/30/2020
0.5	Pass	± 10%	43335	06/30/2020
1.0	Pass	± 10%	42896	2/28/2020
2.5	Pass	± 10%	43195	4/30/2020
5.0	Pass	± 10%	43740	09/30/2020
10.0	Pass	± 10%	43497	07/31/2020

Standards	Model	SN	Cal Due
Particle Counter	GT-526	M1763	12/2/2018
FLOWMETER	DC-L	537	3/26/2018
DMM	189 Multimeter	94060816	8/5/2018
RH/TEMP SENSOR	G3120	G4587	12/1/2018

*This calibration certificate shall not be reproduced except in full, without the written approval of Met One Instruments Inc.*

Document AEROCET-531S-9600 Rev A

26671



Met One Instruments, Inc.  
1600 NW Washington Blvd.  
Grants Pass, Oregon 97526  
Telephone 541-471-7111  
Facsimile 541-471-7118

Regional Service  
3206 Main St. Suite 106  
Rowlett, Texas 75088  
Telephone 972-412-4715  
Facsimile 972-412-4716

### Test Certificate

Model: G3120 Sensor Serial No: T22557  
 Job Number: \_\_\_\_\_ Customer: \_\_\_\_\_  
 Test Date: 8/31/18 Tested by: D. Hoagland  
 Room Temperature: 24.6 °C Room Relative Humidity: 37.4 %  
 Recommended calibration interval is 12 months from the first day of use.

### Calibration Standards

Standards	Manufacturer	Model	SN	Cal Due
DMM	Hewlett-Packard	3468B	2231A02768	September 25, 2018
Temp / RH	Met One Instruments	083E-1-35	K11602	March 20, 2018
RH & TEMPERATURE	Rotronic	HC2-S & HP22-A	61174458 & 60974846	November 14, 2018

### Relative Humidity & Temperature Calibration

TEST	STANDARD	UUT	ERROR	TOLERANCE	Pass Or Fail
Relative Humidity	37%	36%	-1%	±5%	Pass
Temperature	25°C	24°C	-1°C	±2°C	Pass

#### Test Procedure G3120-6100

The standards used for this calibration have accuracies equal to or greater than the instruments tested. These standards are on record and traceable to NIST to the extent allowed by the institute's calibration facility. Unless otherwise stated hereon, all instruments are calibrated to meet the manufacturer's published specifications. The Calibration system complies with MIL-STD-45662A.

G3120-9600 Rev C

Fuente: Met One Instruments, Inc. (2018)

### Anexo 3

Ficha de Observación de Acciones Subestándares

<b>Ficha de Observación de Acciones Subestándares</b>			
<b>Empresa:</b>			
<b>Área:</b>		<b>Fecha:</b>	
<b>Nombre del responsable:</b>			
<b>Objetivo de la visita:</b>			
<b>Código</b>	<b>Acciones Subestándares</b>		<b>Observaciones</b>
01	No usar el equipo de protección personal adecuado		
02	Trabajar en condiciones inseguras		
03	Operar sin autorización		
04	No demarcar o asegurar		
05	Operar a una velocidad inadecuada		
06	Usar equipo defectuoso o incorrecto		
07	Cargar o ubicar incorrectamente		
08	Levantar de forma incorrecta		
09	Adoptar una posición incorrecta		
10	Efectuar mantenimiento al equipo en movimiento		
11	Hacer bromas		
12	Consumir alcohol y drogas		
13	Colocarse debajo de cargas suspendidas		
14	Otros - Especifique		

## Anexo 4

Ficha de Observación de Condiciones Subestándares

<b>Ficha de Observación de Condiciones Subestándares</b>			
<b>Empresa:</b>			
<b>Área:</b>		<b>Fecha:</b>	
<b>Nombre del responsable:</b>			
<b>Objetivo de la visita:</b>			
<b>Código</b>	<b>Condiciones subestándares</b>	<b>Observaciones</b>	
20	Protecciones y resguardo inadecuados		
21	Falta de orden y limpieza		
22	Escasez de espacio para trabajar		
23	Almacenamiento incorrecto		
24	Niveles de ruido excesivos		
25	Iluminación y ventilación inadecuada		
26	Señalética inadecuada, insuficiente o no visible		
27	Pisos en mal estado		
28	Herramientas defectuosas		
29	Equipos en mal estado		
30	Presencia excesiva de gases, polvos, humos o vapores		
31	Diseño de locales de trabajo inseguro		

## Anexo 5

Modelo de encuesta

### CUESTIONARIO DE SÍNTOMAS RESPIRATORIOS ATS-DLD 78

Lea cuidadosamente las preguntas, es importante el seleccionar una y solo una de las opciones de acuerdo al tipo de pregunta, de su sinceridad y claridad en las respuestas permitirá que la evaluación de su salud sea correcta y opten medidas adecuadas para disminuir la exposición a material particulado.

#### TOS

1. ¿Tose más de 4 veces en el día, por 4 o más días en la semana?

Sí ( ) No ( ) N/A ( )

#### EXPECTORACIÓN

2. ¿Expectora (desgarra, gargajea) 2 o más veces en el día por 4 o más días en la semana?

Sí ( ) No ( ) N/A ( )

#### EPISODIOS DE EXACERBACIÓN

3. ¿Si tiene tos y expectoración permanente, ha tenido episodios en los cuales le hayan aumentado en los últimos tres meses?

Sí ( ) No ( ) N/A ( )

#### SIBILANCIAS

4. ¿Ha tenido alguna vez sibilancias (silbido, chillido, hervidera) en el pecho en los últimos 6 meses?

Sí ( ) No ( ) N/A ( )

### **DISNEA**

5. ¿Se ahoga (se asfixia o le falta el aire) con actividad física, caminando, rápido en lo plano o subiendo una cuesta suave?

Sí ( ) No ( ) N/A ( )

### **GRIPA**

6. ¿En los últimos tres años ha tenido gripas (catarro, resfriado, constipación) que se le bajen al pecho que lo hayan incapacitado o que lo hayan obligado a guardar cama?

Sí ( ) No ( ) N/A ( )

### **ENFERMEDADES PULMONARES**

7. ¿Tuvo alguna de estas enfermedades confirmadas por un doctor?

Ataques de bronquitis ( )

Neumonía o bronconeumonía ( )

Bronquitis crónica ( )

Enfisema ( )

EPOC ( )

Tuberculosis pulmonar ( )

Asma ( )

Otro ( ) \_\_\_\_\_

### **HISTORIA OCUPACIONAL**

8. ¿Alguna vez ha trabajado por un año o más en sitios en los que había muchas partículas de polvo? (Se excluye el polvo doméstico)

Sí ( ) No ( ) N/A ( )

## ENFERMEDAD RESPIRATORIA

9. ¿Ha tenido usted alguno de los siguientes síntomas en las últimas cuatro semanas?

Molestias en una de sus fosas nasales ( )

Obstrucción nasal sin otros síntomas ( )

Secreción nasal espesa, verde o amarilla ( )

Sensación permanente de carraspeo o goteo en su garganta o nariz con secreción espesa ( )

Dolor en algún lugar de su cara ( )

Otros síntomas respiratorios: Sangrado nasal de manera recurrente ( )

Incapacidad para percibir olores ( )

Dolor en la garganta al pasar o tragar ( )

Irritación mucosa nasal ( )

10. ¿Ha tenido usted alguno de los siguientes síntomas al menos durante una hora por varios días consecutivos?

Nariz congestionada (llorosa o moquea) ( )

Accesos de estornudos ( )

Obstrucción nasal permanente ( )

Rasquiña en su nariz ( )

Rasquiña y enrojecimiento en sus ojos ( )

Lagrimeo ocular permanente ( )

Irritación en la piel ( )

Responsable de la encuesta: \_\_\_\_\_

Gracias por su colaboración

## Anexo 6

Ficha médica de diagnóstico básico

<b>Nombre:</b>	
<b>Edad:</b>	
<b>Nº Cédula:</b>	
<b>En caso de emergencia comunicarse con:</b>	
<b>Signos Vitales</b>	<b>Valor</b>
Temperatura	
Presión arterial	
Frecuencia Cardíaca	
Frecuencia Respiratoria	
Saturación	
<b>Estado del paciente:</b>	
<b>Partes del cuerpo examinadas</b>	<b>Observación</b>
Boca	
Tórax	
Abdomen	
Extremidades	
<b>Diagnóstico</b>	

## Anexo 7

Evidencia fotográfica de toma de muestras



*Toma de muestra día 1 con el contador de partículas de mano AEROCET 531S.*



*Toma de muestra día 2 con el contador de partículas de mano AEROCET 531S.*



*Toma de muestra día 3 con el contador de partículas de mano AEROCET 531S.*



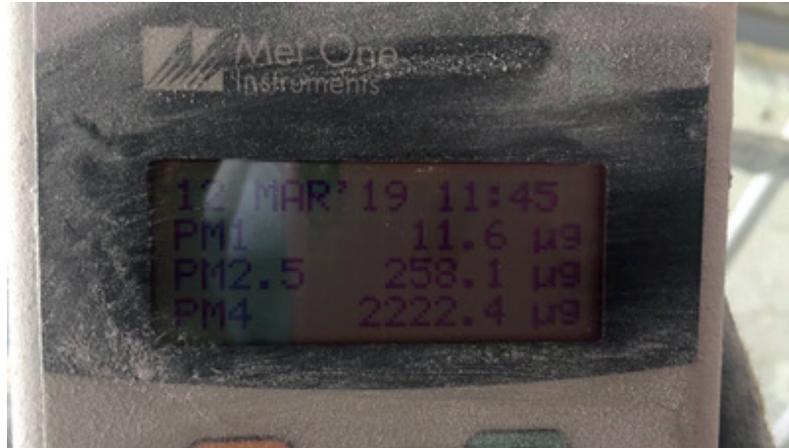
*Toma de muestra día 4 con el contador de partículas de mano AEROCET 531S.*



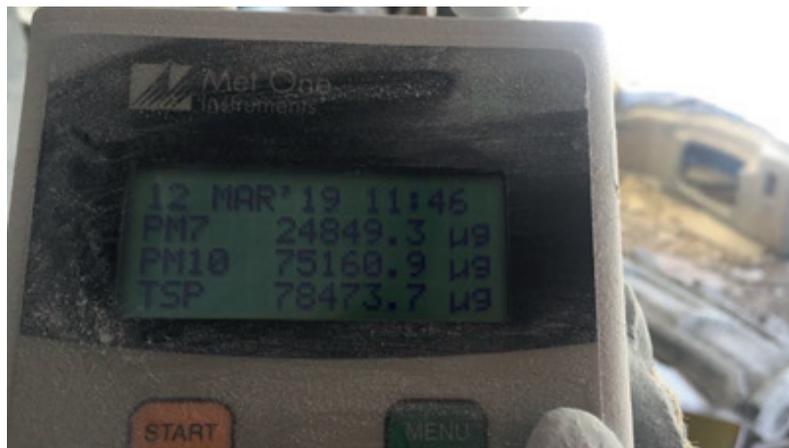
*Toma de muestra día 5 con el contador de partículas de mano AEROCET 531S.*

## Anexo 8

Evidencias fotográficas de mediciones



*Medición de PM 1; 2,5 y 4*



*Medición de PM 7, 10 y TSP.*



*Medición de la temperatura y humedad relativa.*



## **Acerca de los autores**



## **Mercedes Elizabeth Reyes Segovia**

**[mereyes8@espe.edu.ec](mailto:mereyes8@espe.edu.ec)**

**<https://orcid.org/0000-0002-1351-7266>**

Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Ingeniera Industrial. Magíster en Sistemas Integrados de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, la Calidad, el Medio Ambiente y la Responsabilidad Social Corporativa. Certificación de Auditora Interna ISO 45001 por TÜV Rheinland y en Asistencia en Seguridad Industrial con registro en la Setec. Mejor graduada de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Indoamérica, periodo A19. Experiencia profesional en Sistemas Integrados de Gestión, auditorías internas de ISO 45001:2018 y Seguridad Industrial. Actualmente es Docente de la Carrera de Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales en la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Sede Latacunga.

## **Iván Geovanny Reyes Segovia**

**[georeyes1307@gmail.com](mailto:georeyes1307@gmail.com)**

**<https://orcid.org/0000-0001-9673-0849>**

Ingeniero industrial. Magíster en Electricidad, mención Sistemas Eléctricos de Potencia. Investigador junior con publicaciones en revistas indexadas a Latindex 2.0. Certificación de Operador del Sistema Nacional de Compras Públicas SERCOP y en Prevención de Riesgos Laborales, en Energía Eléctrica, Construcción y Obras Públicas. Capacitador Independiente avalado por el Ministerio de Trabajo mediante la resolución N° MDT-CI-CAL-2022-0228. Conocimiento avanzado de Sistemas integrados de Gestión (9001, 14001, 45001) así como la ISO 50001:2018, manejo de AutoCAD, SolidWorks, Excel y Office.

## **Juan Francisco Bolaños Méndez**

**[jfbolanos@espe.edu.ec](mailto:jfbolanos@espe.edu.ec)**

**<https://orcid.org/0000-0003-1868-5397>**

Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Militar con el rango de Mayor de la Fuerza Terrestre del Ecuador. Licenciado en Ciencias Militares, graduado en la Universidad de las Fuerzas Armadas. Diplomado Superior en Gestión del Talento Humano, en la Universidad Particular de Loja. Magíster en Gestión de Proyectos de la Universidad Particular de Loja. Magíster Universitario en Estudios Avanzados en Terrorismo: Análisis y Estrategias, graduado en la Universidad Internacional de La Rioja. En la actualidad cumple la función de Director del Departamento de Seguridad y Defensa de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, sede Latacunga.

## **Galo Roberto Saavedra Acosta**

**[grsaavedra@espe.edu.ec](mailto:grsaavedra@espe.edu.ec)**

**<https://orcid.org/0000-0002-1773-337X>**

Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Ingeniero Industrial, por la Universidad de Guayaquil, con mención en Competitividad; estudios de Dirección de Empresas y postgrado en Gestión de la Producción en Fabricación Mecánica por la Universidad Politécnica de Cataluña (España). Magíster en Sistemas Integrados de Gestión de Calidad, Medio Ambiente, I+D+i y PRL por la Universidad Nacional (Uned) - España. Magíster en Salud y Seguridad Ocupacional mención en Prevención de Riesgos Laborales por la Universidad de los Hemisferios. Cursando el Doctorado en Administración Gerencial en la Universidad Benito Juárez (México). Con experiencia en empresas públicas y privadas, estudios de mercado, en aviación, producción, mantenimiento y logística. Se desempeña como Gerente de mantenimiento industrial en Mercadona S.A. y actualmente se dedica a la docencia y Director de Carrera de Tecnología Superior en Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales en la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Sede Latacunga (Ecuador).

## **Andrea Estefanía Velasco Guerra**

**[aavelasco@espe.edu.ec](mailto:aavelasco@espe.edu.ec)**

**<https://orcid.org/0000-0002-2738-2323>**

Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Tecnóloga en Ciencias de la Seguridad Aérea y Terrestre, graduada de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE. Ingeniera en Seguridad y Salud Ocupacional, por la Universidad Internacional SEK. Magíster Universitaria en Sistemas Integrados de Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales, la calidad, el medio ambiente y la Responsabilidad Social Corporativa. Experiencia laboral en Asesoría en Seguridad y Salud Ocupacional a nivel nacional y en el Perú Docencia en la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

## **Carlos Jeanpier Yagos Arias**

**[cjyagos@espe.edu.ec](mailto:cjyagos@espe.edu.ec)**

**<https://orcid.org/0009-0000-4978-2574>**

Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE.

Ingeniero en Petroquímica con Maestría en Química, mención en Química Física. Auditor Interno en las Normas ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de calidad, ISO 14001:2015. Sistema de Gestión de Medioambiente, ISO 45001:2018. Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo e ISO 19011:2018. Directrices para las Auditorías de Sistemas de Gestión. Auditor Interno en las Normas ISO 17025:2017. Sistema de Gestión para los laboratorios de Ensayo y/o Calibración. Experiencia profesional en empresas como PETROAMAZONAS EP, AQLAB y catedrático en instituciones de nivel medio y superior. Ponente en conferencias organizadas por la Escuela Politécnica Nacional "EPN" y la Universidad de las Fuerzas Armadas -ESPE. Student Chapter y Universidad Nacional del Centro del Perú. SPE Student Chapter. Actualmente docente a tiempo completo de la carrera de Petroquímica en el Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica de la Universidad de las Fuerzas Armadas - ESPE, Sede Latacunga, campus Belisario Quevedo.





## **Estimación del material particulado como factor de riesgo en la salud de trabajadores en empresa de plásticos**

La presente obra se enfoca en el estudio de las partículas que están suspendidas en la atmósfera y sus efectos en la salud de los trabajadores, para ello es necesario abordar de manera transversal los contenidos básicos de diferentes áreas de conocimiento, como el ambiental, químico, de seguridad, entre otros. Desde esta perspectiva, y enmarcado en el desarrollo del conocimiento, este libro pretende contribuir a una mejor formación en los estudiantes del ámbito de la seguridad y de la salud ocupacional.

El texto tiene el propósito de cautivar a todo aquel que se interese por conocer los elementos básicos de la seguridad industrial y que, a través de ellos, pueda generar un mejor entendimiento sobre el área de la seguridad industrial.

*Los autores*

ISBN: 978-9942-7179-1-7



9 789942 717917