







Efficiency of the Implementation of Centrifugal Extractor for the Reduction of Dust Concentration in the Planing of a Lumber Mill

Maria F. Salas, Bach ¹ Marcos Y. Zuñiga, Bach ²; Olivia A. Paz, Dra ³, ^{1,2,3} Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú, ¹ U17101962@utp.edu.pe, ² U1122712@utp.edu.pe, ³ opaz@utp.edu.pe.

Abstract– This study was conducted at a sawmill to evaluate the effectiveness of a centrifugal fan in reducing respirable and inhalable dust concentrations during the wood planing process. Pre-intervention sampling was performed, where dust levels were measured for three days in five workers, using standardized NIOSH methods (0500 and 0600). Initial results showed weighted concentrations of respirable and inhalable dust that exceeded the established permissible limits, where respirable dust concentrations of 4,599, 5,109, 4,525, 4,681 and 5,595 mg/m³, exceeded the permissible limit value (PLV) of 3 mg/m³ according to D.S. 015-2005-SA. For inhalable dust, concentrations were 12,762, 10,875, 11,759, 13,217 and 11,316 mg/m³, also exceeding the VLP of 10 mg/m³. After the installation of the centrifugal extractor, a significant reduction in dust concentration was observed. Once the extractor was installed, post-monitoring of respirable dust concentration was carried out, obtaining values of 1,276; 1,390; 1,399; 1,215 and 1,238 mg/m³. On the other hand, the inhalable dust values are 1,971; 1,701; 1,922; 2,136 and 2,098 mg/m³, which are below the VLP. The extraction system efficiency reached 74.99% for respirable dust and 83.84% for inhalable dust. The data obtained show that, after the intervention, dust concentrations were within acceptable levels, in line with occupational health regulations and highlighting the importance of implementing control measures in the work environment to protect workers' health.

Keywords-- Dust, Inhalable, Respirable, Monitoring, Wood.

Eficacia de la Implementación del Extractor Centrífugo para la Reducción de Concentración de Polvo en el Cepillado de una Maderera

Maria F. Salas, Bach ¹ Marcos Y. Zuñiga, Bach ²; Olivia A. Paz, Dra ³, ^{1,2,3} Universidad Tecnológica del Perú, Lima, Perú, ¹ U17101962@utp.edu.pe, ² U1122712@utp.edu.pe, ³ opaz@utp.edu.pe.

Resumen— El presente estudio se llevó a cabo en un aserradero con el objetivo de evaluar la eficacia de un extractor centrífugo en la reducción de la concentración de polvo respirable e inhalable durante el proceso de cepillado de madera. Se realizó un muestreo pre-intervención, donde se midieron los niveles de polvo durante tres días en cinco trabajadores, utilizando métodos estandarizados de la NIOSH (0500 y 0600). Los resultados iniciales mostraron concentraciones ponderadas de polvo respirable e inhalable que superaban los límites permisibles establecidos, donde las concentraciones de polvo respirable de 4.599, 5.109, 4.525, 4.681 y 5.595 mg/m³, superaron el valor límite permisible (VLP) de 3 mg/m³ según el D.S. 015-2005-SA. Para polvo inhalable, las concentraciones fueron de 12.762, 10.875, 11.759, 13.217 y 11.316 mg/m³, también excediendo el VLP de 10 mg/m³. Tras la instalación del extractor centrífugo, se observó una notable reducción en la concentración de polvo. Una vez montado el extractor se realizó el post-monitoreo de la concentración de polvo respirable, obteniendo valores de 1.276; 1.390; 1.399; 1.215 y 1.238 mg/m³. Por otra parte, los valores de polvo inhalable son 1.971; 1.701; 1.922; 2.136 y 2.098 mg/m³ mismos que se encuentran por debajo del VLP. La eficacia del sistema de extracción alcanzó el 74.99% para polvo respirable y el 83.84% para polvo inhalable. Los datos obtenidos evidencian que, luego de la intervención, las concentraciones de polvo estuvieron dentro de los niveles aceptables, alineándose con las normativas de salud ocupacional y destacando la importancia de implementar medidas de control en el entorno laboral para proteger la salud de los trabajadores.

Palabras clave—Polvo, Inhalable, Respirable, Monitoreo, Maderera.

I. INTRODUCCIÓN

La exposición a niveles elevados de polvo respirable e inhalable en entornos laborales, como el área de cepillado de una maderera, representa una preocupación importante a nivel mundial en términos de salud ocupacional. Según [1] estima que aproximadamente 2.78 millones de trabajadores mueren cada año debido a enfermedades relacionadas con la exposición ocupacional al polvo, de las cuales alrededor de 212,000 son atribuibles específicamente a la inhalación de polvo fino; en Referencia [2] más de 370 millones de personas en todo el mundo están expuestas a niveles de polvo que superan los límites recomendados por [3] normativa vigente. Esta exposición crónica al polvo en el lugar de trabajo puede causar una variedad de problemas de salud, incluyendo enfermedades respiratorias crónicas, como la bronquitis

crónica y el enfisema; así como exacerbación de condiciones preexistentes conocido como el asma. En la Referencia [4], evaluaron la prevalencia de síntomas respiratorios crónicos por exposición de los trabajadores a concentración total de polvo de madera en Ethiopia, indicando una alta prevalencia de síntomas respiratorios crónicos destacando tos (54-6%), flema (52.2%), sibilancia (44.6%), falta de aliento (42.1%) y dolor en el pecho (42.9%), además la concentración media geométrica de exposición al polvo fue de 10 mg/m³. Por otro lado, en [5], se evaluó la exposición de los trabajadores al polvo de madera inhalable en 25 talleres de fabricación de muebles en una ciudad del norte de Irán. Donde develó una exposición ocupacional media al polvo de madera inhalable de 22.3 +/-6.9 (media +/- desviación estándar) mg/m³, entre los trabajadores expuestos. Las referencias [6], [7] tienen como resultados de la urgencia de implementar medidas efectivas de control ante la exposición al polvo de madera para salvaguardar la salud de los trabajadores en la industria maderera. Por lo tanto, resulta crucial evaluar la eficacia del extractor centrífugo instalado para la reducción de la concentración de polvo respirable e inhalable en el área de cepillado de una empresa maderera, de manera que se cumpla lo establecido en la Referencia [8] que establece que el empleador debe garantizar un ambiente sano y seguro para los trabajadores, lo que le permitirá ahorrar en gastos médicos por enfermedades ocupacionales y pérdida de productividad.

II. METODOLOGÍA

2.1. Diseño del Estudio

Se llevará a cabo un estudio pre-experimental con un solo grupo control, en el área de cepillado de una maderera; a los que se les medirá la concentración de material particulado antes y después de la implementación del extractor, empleando el método de la NIOSH 0500 y 0600.

Tiene un enfoque mixto cuantitativo porque la concentración de polvo respirable e inhalable se expresa con valores numéricos; es cualitativo, porque se va a elaborar un procedimiento para el uso de equipo, el cual será difundido a los colaboradores. Es de nivel descriptivo, dado que se centra en la evaluación de la concentración de polvo inhalable y respirable en el área de cepillado.

2.2. Población y Muestra

Población: Trabajadores de una maderera ubicada en Arequipa.

Muestra: Se seleccionarán 5 trabajadores que laboran en el área de cepillado; constituyéndose en una muestra No probabilística, a conveniencia de los investigadores.

2.3. Instrumentos y Equipos

Instrumentos:

Muestreadores de Polvo:

Muestreador de polvo respirable (ciclón de impacto) – NIOSH 0500.

Muestreador de polvo inhalable (filtro de membrana) – NIOSH 0600.

Equipos:

Extractor centrífugo con capacidad de 3510 m³/h.

Bomba de muestreo gravimétrico, con calibración vigente.

IV. RESULTADOS

I. Fase Pre-Intervención:

Realizar un muestreo inicial de la concentración de polvo respirable e inhalable al grupo de experimentación (5 Trabajadores), durante tres días, los datos se recogieron durante la jornada laboral de 8 horas.

- Para el monitoreo de polvo respirable se utilizó la metodología propuesta por [9], [10] NIOSH 0500, que implica el uso de un muestreador de polvo respirable, como el ciclón de impacto de 10 mm de diámetro, para recoger partículas de polvo presentes en el aire durante períodos determinados de tiempo, mientras que para el muestreador de polvo respirable con un filtro de membrana de 25 mm de diámetro, este se coloca en una cámara de muestreo que permite el paso del aire, pero retiene las partículas de polvo.
- Se informó a los 5 operarios que laboran en el área de cepillado sobre el motivo por el cual se realiza el muestreo en su zona de trabajo.
- Se alquiló los equipos que se emplearán en el monitoreo (bomba de muestreo gravimétrico), con la certificación de calibración vigente, garantizando la confiabilidad de los equipos a la hora de realizar el muestreo.
- Se colocó las bombas gravimétricas en la cintura de los colaboradores con el tubo flexible de succión y el ciclón colocado en la zona respiratoria, sujeto a la camisa o polo del operario.

En la tabla I se muestran los resultados de la concentración de polvo respirable, medidos en 3 días a los cinco trabajadores:

TABLA I
RESULTADOS DE CONCENTRACIÓN DE POLVO RESPIRABLE PREVIA A LA IMPLEMENTACIÓN

CODIFICACIÓN ASIGNADA	HORARIO DE MEDICIÓN	CONCENTRACIÓN DE POLVO RESPIRABLE (mg/m ³)			CONCENTRACIÓN PONDERADA (mg/m ³)
		DIA 1	DIA 2	DIA 3	
OP- 1	8:00 – 16:00	4.325	4.521	4.952	4.599
OP- 2	8:00 – 16:00	5.125	4.877	5.325	5.109
OP- 3	8:00 – 16:00	4.762	4.125	4.689	4.525
OP- 4	8:00 – 16:00	4.323	4.968	4.751	4.681
OP- 5	8:00 – 16:00	5.964	5.641	5.179	5.595

Analizando la tabla N°1 se observa que los valores de los exceden los Valores Límites Permisibles (VLP) establecido para el polvo respirable, el cual es de 3 mg/m³. Este hallazgo sugiere una situación preocupante en cuanto a la calidad del ambiente laboral, lo que requiere una atención inmediata para implementar medidas de control y protección adecuadas, para preservar su salud.

En la Tabla II se muestran los resultado de la concentración de Polvo inhalable antes de la implementación.

TABLA II
RESULTADOS DE LA CONCENTRACIÓN DE POLVO INHALABLE PREVIA A LA IMPLEMENTACIÓN

CODIFICACIÓN ASIGNADA	HORARIO DE MEDICIÓN	CONCENTRACION DE POLVO INHALABLE (mg/m ³)			CONCENTRACION PONDERADA (mg/m ³)
		DIA 1	DIA 2	DIA 3	
OP- 1	8:00 – 16:00	12.852	11.912	13.521	12.762
OP- 2	8:00 – 16:00	10.846	11.214	10.564	10.875
OP- 3	8:00 – 16:00	11.345	11.961	11.972	11.759
OP- 4	8:00 – 16:00	13.954	12.519	13.179	13.217
OP- 5	8:00 – 16:00	11.278	10.698	11.973	11.316

Analizando la tabla II se evidencia que los valores de concentración ponderada exceden el VLP de 10 mg/m³ lo que obliga a tomar medidas para su control o eliminación.

II. Intervención:

Se instaló estratégicamente el extractor centrífugo, en el área de cepillado para capturar y eliminar de manera efectiva los residuos generados durante el proceso. Al emplear fuerzas centrífugas, este dispositivo es capaz de canalizar el flujo de aire contaminado hacia su interior, donde las partículas son separadas del aire y depositadas en un recipiente de recolección.

A continuación se muestra la figura 1 , que corresponde a una vista del extractor:

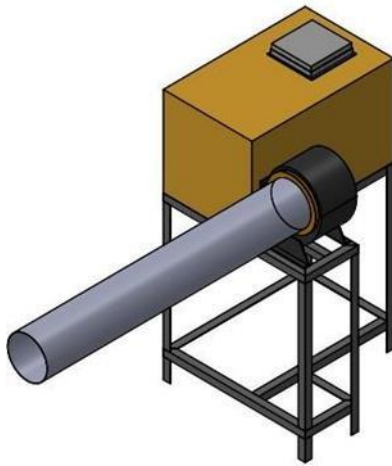


Fig. 1 Vista isométrica del Extractor Centrifugo

En la Tabla III se muestran las características del motor del extractor centrífugo:

TABLA III
CARACTERÍSTICAS DEL EXTRACTOR CENTRÍFUGO

PARÁMETRO	VALOR
CAUDAL (m ³ /h)	1688-3517
TIPO	Centrífugo
VELOCIDAD (r/min)	2840
FUERZA (kW)	2.2
VOLTAJE (V)	220
FRECUENCIA (Hz)	60

Mientras que las características físicas son: Tiene 10 aspas en curva hacia la parte posterior, un panel delantero con similitud a un arco y un panel reverso plano, además de ello, emite reducidas cantidades de ruido, logrando mayor eficiencia en la extracción de polvo en el aserradero.

III. Fase Post-Intervención:

Después de implementar el extractor y probar su funcionamiento, se vuelve a medir la concentración de polvo respirable a cada trabajador y los resultados se muestran en la tabla IV:

TABLA IV
RESULTADOS DE LA CONCENTRACIÓN DE POLVO RESPIRABLE POSTEST

CODIFICACIÓN ASIGNADA	HORARIO DE MEDICIÓN	CONCENTRACIÓN DE POLVO RESPIRABLE (mg/m ³)			CONCENTRACIÓN PONDERADA (mg/m ³)
		DIA 1	DIA 2	DIA 3	
OP-1	8:00 – 16:00	1.014	1.469	1.346	1.276
OP-2	8:00 – 16:00	1.366	1.057	1.746	1.390
OP-3	8:00 – 16:00	1.132	1.631	1.435	1.399
OP-4	8:00 – 16:00	1.085	1.506	1.054	1.215
OP-5	8:00 – 16:00	1.091	1.011	1.612	1.238

En la tabla IV se puede observar que los valores de la concentración de polvo se encuentran por debajo de 3mg/m³, lo que permite aseverar que el extractor esta cumpliendo su objetivo.

De la misma manera se mide la concentración de polvo inhalable, luego de implementar el extractor; los resultados se muestran en la tabla V:

TABLA V
RESULTADOS DE LA CONCENTRACIÓN DE POLVO INHALABLE POSTEST

CODIFICACIÓN ASIGNADA	HORARIO DE MEDICIÓN	CONCENTRACIÓN DE POLVO INHALABLE (mg/m ³)			CONCENTRACION PONDERADA (mg/m ³)
		DIA 1	DIA 2	DIA 3	
OP-1	8:00 – 16:00	2.446	1.915	1.553	1.971
OP-2	8:00 – 16:00	1.701	1.723	1.680	1.701
OP-3	8:00 – 16:00	1.844	1.598	2.323	1.922
OP-4	8:00 – 16:00	2.386	1.948	2.073	2.136
OP-5	8:00 – 16:00	1.752	2.414	2.129	2.098

De la Tabla V se puede observar que los valores de la concentración polvo inhalable están por debajo de los valores límites Permisibles. Con lo que se puede afirmar que el extractor logro reducir el polvo presente en el aserradero.

3 Cálculo de la Eficacia del Extractor centrífugo en la Remoción de Polvo

Cálculo de la eficacia en la remoción de polvo respirable.

$$Eficacia = 100 - \frac{\text{Resultado alcanzado}}{\text{Resultado previsto}} * 100$$

$$Eficacia = 100 - \frac{1.399}{5.595} * 100$$

$$Eficacia = 74.99\%$$

Cálculo de la eficacia en la remoción de polvo inhalable.

$$Eficacia = 100 - \frac{\text{Resultado alcanzado}}{\text{Resultado previsto}} * 100$$

$$Eficacia = 100 - \frac{2.136}{13.217} * 100$$

$$Eficacia = 83.84\%$$

4 Análisis de datos:

Cálculo del Coeficiente de Cronbach en la Remoción de Polvo Respirable, para lo cual se calcula la varianza individual de los datos obtenidos del trabajador 1.

$$\bar{x} = \frac{1.276 + 4.599}{2} = \frac{5.875}{2} = 2.937$$

$$V_i = \frac{(1.276 - 2.937)^2 + (4.599 - 2.937)^2}{2}$$

$$V_i = \frac{2.759 + 2.762}{2}$$

$$V_i = \frac{5.521}{2}$$

$$V_i = 2.760$$

Además, se calcula la suma total de todos los valores:

$$\sum V_i = 2.761 + 3.458 + 2.443 + 3.003 + 4.746$$

$$\sum V_i = 16.410$$

Luego se calcula la varianza total:

$$\bar{x} = \frac{6.518 + 24.509}{2} = \frac{31.027}{2} = 15.513$$

$$V_t = \frac{(6.518 - 15.513)^2 + (24.509 - 15.513)^2}{2}$$

$$V_t = \frac{(-9.295)^2 + (8.996)^2}{2}$$

$$V_t = 80.919$$

Cálculo del Alpha de Cronbach para la remoción de polvo respirable, se muestra en la Tabla VI:

TABLA VI
COEFICIENTE ALPHA DE CRONBACH

	T1	T2	T3	T4	T5	SUMA	V_i
PRE-TEST PR	1.276	1.390	1.399	1.215	1.238	6.518	80.919
POST TEST PR	4.599	5.109	4.525	4.681	5.595	24.509	
V_i	2.761	3.458	2.443	3.003	4.746		
$\sum V_i$						16.410	

El coeficiente Alpha de Cronbach es 0.996; lo que muestra que los valores obtenidos de la concentración de polvo respirable; son de alta confiabilidad.

F. Cálculo del Coeficiente de Cronbach en la Remoción de Polvo Inhalable

Se calculó la varianza individual:

$$V_i = 29.11$$

Se suman todos los valores:

$$\sum V_i = 126.284$$

Se calculó la varianza total:

$$V_t = 627.53$$

Además, se calcula la suma total de todos los valores:

$$\sum V_i = 2.761 + 3.458 + 2.443 + 3.003 + 4.746$$

$$\sum V_i = 16.410$$

Luego se calcula la varianza total:

$$\bar{x} = \frac{6.518 + 24.509}{2} = \frac{31.027}{2} = 15.513$$

$$V_t = \frac{(6.518 - 15.513)^2 + (24.509 - 15.513)^2}{2}$$

$$V_t = \frac{(-9.295)^2 + (8.996)^2}{2}$$

$$V_t = 80.919$$

Con este valor se calcula el coeficiente de Alpha de Cronbach; tal como se muestra en la tabla VII:

TABLA VII
COEFICIENTE ALPHA DE CRONBACH

	T1	T2	T3	T4	T5	SUMA	V_i
PRE-TEST PI	1.971	1.701	1.922	2.136	2.098	9.828	627.53
POST TEST PI	12.762	10.875	11.759	13.217	11.316	59.929	
V_i	29.111	21.041	24.192	30.697	21.243		
$\sum V_i$						126.284	

El coeficiente alpha de Cronbach es 0.988, lo que indica que existe una alta relación de confiabilidad de los datos obtenidos de la concentración de polvo inhalable.

IV. DISCUSIÓN

En esta investigación se plantearon como variables la eficacia de un extractor centrífugo y la concentración de

partículas inhalables y respirables en el área de cepillado de una maderera. Como referencia de los resultados se puede afirmar que las concentraciones de polvo reveladas en los monitoreos antes de la implementación del extractor fueron: 4.599 mg/m³; 5.109 mg/m³; 4.525 mg/m³; 4.681 mg/m³; 5.595 mg/m³ estos resultados exceden los VLP establecidos de 3 mg/m³. Estos resultados se validan con el trabajo de la referencia [11] que afirma que las concentraciones de polvo al que están expuestos 2 trabajadores del área de limpieza de polvo de melanina tienen como resultado ponderado en los días 3 días de evaluación 313.852 mg/m³ y 111.781 mg/m³; que supera los VLP. En este trabajo se diseñó de un extractor, considerando la distancia de la instalación adecuada que será muy importante para la captación de las partículas y conseguir su eficacia.

En [12] se evidenció que existe una gran concentración de polvo en las áreas de un aserradero, proponiendo la implementación de un extractor que tiene un caudal de aire de 3510 m³/h (0.971 m³/s) y la potencia del motor 2.2 kW; lo mismo que se prueba en esta investigación desarrollada también en un aserradero, donde el monitoreo pretest se identificó que tanto el polvo inhalable como el respirable superan los Valores límites permisibles para un ambiente de trabajo, por lo que se instaló un extractor con la misma potencia del motor y un caudal mayor para asegurar la minimización del polvo.

V. CONCLUSIONES

La implementación del extractor centrífugo en la fuente de generación de polvo en el área de cepillado logró una eficacia del 74.99% en la eliminación del polvo respirable y del 83.84% en la del polvo inhalable.; los valores del monitoreo se evaluaron con el Alpha de Cronbach dando niveles de confianza de 0.996 y 0.998 para polvo inhalable y respirable respectivamente. El arreglo experimental evaluó inicialmente a 5 trabajadores y las pruebas se realizaron en 3 días, se obtuvo la concentración ponderada de polvo respirable es de 4.902 mg/m³, y para el polvo inhalable es de 11.986 mg/m³. Ambos valores superan ampliamente los propuestos, en la norma. Después de instalación del extractor centrífugo en el área de cepillado se repitió el análisis de la concentración de polvo a los 5 trabajadores por 3 días, los resultados del monitoreo de polvo respirable e inhalable muestran valores ponderados de 1.304 y 1.966 mg/m³ respectivamente, Estos resultados validan la hipótesis de este estudio.

REFERENCIAS

[1] Organización Mundial de la Salud, «Datos y cifras sobre la exposición al polvo en el lugar de trabajo.» pp. 1-24.
 [2] J. Santurio Díaz, Artist, Estudio de la exposición al polvo de maderas duras en carpinterías. [Art]. Instituto Asturiano de Prevención de Riesgos Laborales, 2019.
 [3] M. Lippmann, «“Respirable” Dust Sampling.» American Industrial Hygiene Association Journal, vol. 31, n° 2, pp. 138-159, 1970.

[4] A. Tegegnework Yitayew, T. Abera Kumie, M. Worku Tefera, A. Samson Wakuma, Z. Yifokire Tefera, A. Embay Amare y A. Bezayit Girma, “Assessment of dust exposure and chronic respiratory symptoms among workers in medium scale woodwork factories in Ethiopia; a cross sectional study”, BMC Public Health, vol. 21, n° 309, pp. 1-12, 2021.
 [5] M. Mahmoud, C. Jamshid Yasdani, Y. Raziye y Z. Rahman, «Inhalable Wood Dust: Risk Assessment of Occupational Exposure.» Iranian Journal of Health Sciences, vol. 8, n° 2, pp. 32- 44, 2020.
 [6] C. Mata Montero, M. d. L. Medina Escobar, E. Astorga y T. Araya Solano, Artists, Controles de exposición ocupacional a polvo de madera para pequeños talleres de artesanía y elaboración de muebles en la comunidad de Sarchí. [Art]. Instituto Nacional de Costa Rica, 2019.
 [7] Quesada, Paulina, Propuesta de un Programa de Protección Respiratoria para el control de la exposición laboral a polvo de madera en el Aserradero El Buen Precio, Cartago: Repositorio TEC, 2015.
 [8] G. Peruano, DECRETO SUPREMO N° 005-2012-TR., LIMA, 2012.
 [9] NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), PARTICULATES NOT OTHERWISE REGULATED, TOTAL: METHOD 0500, 1994.
 [10] NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), PARTICULATES NOT OTHERWISE REGULATED, RESPIRABLE: METHOD 0600, 1998.
 [11] H. Perez y M. Moreno, «Efectos de la exposición prolongada a polvo de aserrín en madereras, » Salud Publica Italian, vol. 9, n° 8, pp. 25-39, 2019.
 [12] E. Sousa Rodríguez, Artist, Fracciones Inhalable, Torácica y Respirable. [Art].
 [13] G. Peruano, Decreto Supremo N° 015 - 2005 - SA, Lima, 2005.
 [14] C. Mai, U. Kues y H. Militz, «Biotechnology in the wood industry.» Applied Microbiology and Biotechnology, vol. 63, n° 5, pp. 477-494, 2004.
 [15] M. Barbu, «Current developments in the forestry and wood industry.» CABI Databases, vol. 7, n° 4, pp. 111-124, 2011.
 [16] N. Salehhrad y T. Sowlati, «Productivity and efficiency assessment of the wood industry: A review with a focus on Canada.» Forest Products Journal, vol. 56, n° 11, pp. 23-31, 2006.
 [17] J. Houck y B. Eagle, «Hardwood or Softwood?» Hearth facts & figures, vol. 8, n° 12, pp. 49-58, 2007.
 [18] J. M. Vicente Pardo y A. López Guillén García, «Las enfermedades laborales por trabajos con la madera,» Medicina y Seguridad en el Trabajo, vol. 66, n° 259, pp. 40-69, 2020.
 [19] M. Linnainmaa, J. Laitinen, A. Leskinen y O. Sippula, «Laboratory and Field Testing of Sampling Methods for Inhalable and Respirable Dust.» Journal of Occupational and Environmental Hygiene, vol. 5, n° 1, pp. 28-35, 2007.
 [20] M. Lippmann, «“Respirable” Dust Sampling.» American Industrial Hygiene Association Journal, vol. 31, n° 2, pp. 138-159, 1970.
 [21] A. Oxman, D. Muir, S. Stock, E. Hnizdo y J. Lange, «Occupational Dust Exposure and Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Systematic Overview of the Evidence,» American Review of Respiratory Disease, vol. 148, n° 1, pp. 53-68, 1992.
 [22] L. Armbruster, «Investigations into Defining Inhalable Dust.» Occupational Hygiene Society, vol. 6, n° 9, pp. 25-32, 1982.
 [23] A. Thorpe, «Assessment of Personal Direct-Reading Dust Monitors for the Measurement of Airborne Inhalable Dust,» The Annals of Occupational Hygiene, vol. 51, n° 1, pp. 97-112, 2007.
 [24] I. N. d. S. e. H. e. e. Trabajo, “Determinación de materia particulada (fracciones inhalable, torácica y respirable) en aire – Método gravimétrico, Madrid.
 [25] E. Sousa Rodríguez, Artist, Fracciones Inhalable, Torácica y Respirable. [Art]. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2005.
 [26] I. N. d. S. y. S. e. e. T. I. N. d. S. y. S. e. e. Trabajo (NIOSH), Jerarquía de Controles.
 [27] S. Yuan Pam, P. Wang, Q. Chen, Y. Haco Chi y C. Chi Chiang, «Development of high-gravity technology for removing particulate

- and gaseous pollutant emissions: Principles and applications,» *Journal of Calender Production*, vol. 149, n° 15, pp. 540- 556, 2017. [28]
- [28] La leyA, “Gestión de Practica de Riesgos Laborales”, Valencia, 2007, p. 38.
- [29] H. Liu, C. Cao, J. Huang y Z. Chen, «Progress on particulate matter filtration technology: basic concepts, advanced materials, and performances,» *Nanoscale*, vol. 13, n° 2, pp. 63-78, 2020.
- [30] D. Neal, «The Application of an Aerodynamic Shroud for Axial Ventilation Fans,» *Journal of Fluids Engineering*, vol. 129, n° 6, p. 764-772, 2007.
- [31] D. Cabrera, F. Sancho, M. Cerrada y F. Pacheco, «Automatic feature extraction of time-series applied to fault severity assessment of helical gearbox in stationary and non-stationary speed operation,» *Applied Soft Computing*, vol. 58, n° 12, pp. 53-64, 2017.
- [32] Shuiging, Z. Huaxin, K. Yang y H. Dong, «Investigación sobre el método de diseño de aspas de ventilador centrífugo de aspas múltiples para ventilación eficiente de edificios basado en la función de Hicks-Henne,» *Tecnologías y evaluaciones de energía sostenible*, vol. 43, n° 8, pp. 46-52, 2021.
- [33] D.S. N°015-2005-SA "Reglamento sobre Valores Limite Permisibles para agentes químicos en el ambiente de Trabajo", vol. 20, Lima: El Peruano, 2005.
- [34] K. Mokate, «Eficacia, eficiencia, equidad y Sostenibilidad,» *Banco Interamericano de Desarrollo, Instituto Interamericano para el Desarrollo Social (INDES)*, vol. 3, pp. 2-5, 2013.
- [35] T. Otzen y C. Manterola, «Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio,» *International Journal of Morphology*, vol. 35, n° 1, 2017.
- [36] L. Albert, *Contaminación ambiental, origen, clases, fuentes y efectos*, Universidad Nacional Autónoma de México, 2022.
- [37] S. Paralelo Edición, “La prevención de riesgos en los lugares de trabajo”, Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS), 2007.
- [38] E. García, «Cepillado de Madera: Toda una Vida de Servicio y Evolución,» *Revista M&M*, vol. 2, 2018.
- [39] R. Moeletsi y R. France Selepeng, «Evaluation of occupational exposure to wood dust among sawmill workers within the Gert Sibande District Municipality, South Africa,» *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, vol. 29, n° 4, pp. 483-488, 2022.
- [40] M. Matrat , L. Radoi, J. Fevotte, F. Guida , S. Cenee, M. Sanchez y G. Menvielle, «Occupational exposure to wood dust and risk of lung cancer: the ICARE study,» *BMJ Journals*, vol. 76, n° 12, pp. 56-69, 2021.
- [41] Y. Samaniego y H. Clavijo, *Exposición a polvo y relación con alergias respiratorias ocupacionales en los trabajadores de la empresa Vital SAC en el año 2018 - Piura, Piura: Universidad Nacional de Piura*, 2018.
- [42] P. Quesada Calderón, *Artist, Propuesta de un Programa de Protección Respiratoria para el control de la exposición laboral a polvo de madera en el Aserradero El Buen Precio S. A.* [Art]. *TECNOLÓGICO DE COSTA RICA*, 2014.
- [43] A. L. Toledo Milian y M. E. Vela López, *Artists, “Función pulmonar y exposición a polvo de madera en trabajadores de aserraderos, [Art]. Universidad De San Carlos De Guatemala*, 2018.
- [44] J. Mejía y L. Gonzales, «El trabajo como un factor de riesgo en la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) y otras patologías respiratorias. Revisión narrativa de literatura,» *Revista Colombiana de Salud Ocupacional*, vol. 13, n° 1, pp. 28-36, 2023.
- [45] A. Aragon y E. Silva, «Percepción de factores de riesgo ocupacional en aserraderos de la región de El Salto, Durango, México,» *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*, vol. 25, n° 2, pp. 51-54, 2019.
- [46] Y. Rojas y A. Peñalver, «Exposición ocupacional a polvo de madera y cáncer de senos paranasales,» *Medicina y Seguridad del Trabajo*, vol. 61, n° 238, 2015.
- [47] D. Toscani Giménez, “El Riesgo de cancer en los trabajadores de la industria de la madera”
- [48] I. Takougang, G. Bukam , M. Edzamba, F. Lekeumo y P. 6, n° 18, pp. 1-16, 2023.
- [49] P. Baykan, «Wood Dust in Furniture Manufacturing: An Exposure Determinant Study in Ağrı City,» *DergiPark*, vol. 29, n° 12, pp. 740-750, 2021.
- [50] M. Rathipe y F. Selepeng, «Evaluation of occupational exposure to wood dust among sawmill workers within the Gert Sibande.
- [51] District Municipality, South Africa,» *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, vol. 29, n° 16, pp. 483-488, 2022.
- [52] A. Mofidi, E. Tompa , C. Kalcevich, C. McLeod, M. Lebeau , C. Song, J. Kim y P. Demers , «Occupational Exposure to Wood Dust and the Burden of Nasopharynx and Sinonasal Cancer in Canada,» *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 19, n° 3, pp. 1-16, 2022.
- [53] S. Salsabilla, S. Sulistiyani y M. Raharjo, «Association between Dust Exposure and Pulmonary Dysfunction in Indonesian Wood Workers: A Literature Review, » *International Journal of Latest Research in Humanities and Social Science (IJLRHSS)*, vol. 3, n° 12, pp. 27-31, 2020.
- [54] J. Santurio Díaz, *Artist, Estudio de la exposición al polvo de maderas duras en carpinterías. [Art]. Instituto Asturiano de Prevención de Riesgos Laborales*, 2019.
- [55] M. C. Sánchez García, *Artist, Enfermedades Pulmonares obstructivas relacionadas con la exposición a polvo de madera en obreros de empresa dedicada a la fabricación de muebles. [Art]. Universidad del Usuary*, 2019.
- [56] L. Medina Escobar, G. Hernández Gómez, G. Rodríguez Zamora y C. Mata Montero, «Análisis de riesgos higiénicos en aserraderos (Parte I),» *de Tecnología en Marcha*, 2019, pp. 30-40.
- [57] A. A. Márquez Quizhpi y J. P. Ulloa Montero, *Artists, Diseño de un sistema de extracción de polvo y viruta de madera para la carpintería de la Fundación Salesiana "PACES". [Art]. Universidad Politécnica Salesiana*, 2019.
- [58] M. Gómez-Yepes y L. Cremades, *Análisis de la Incidencia de Patologías Respiratorias por Exposición al Polvo de Madera en los Carpinteros del Quindío (Colombia)*, *Ciencia & Trabajo: Fundación Científica y Tecnológica ACHS*, 2010.
- [59] G. Santillán, C. Lara y D. Caichug, *Determinación de las concentraciones de material particulado orgánico volátil por incidencia de aserraderos*, Lima: *Tesla Revista Científica*, 2022.
- [60] J. Quiroz, A. Vidal y J. Torres, “Generación de polvos de madera en talleres de la escuela de laudería del instituto nacional de bellas artes y literatura, México”, *Revista internacional de contaminación ambiental*, vol. 33, n° 1, 2017.
- [61] H. Perez y M. Moreno, «Efectos de la exposición prolongada a polvo de aserrín en madereras, » *Salud Publica Italian*, vol. 9, n° 8, pp. 25-39, 2019.
- [62] E. Sousa Rodríguez, *Artist, Fracciones Inhalable, Torácica y Respirable. [Art]. Instituto n.*