

Evaluación del material particulado que se genera en la elaboración de balanceados y su incidencia en la salud de los trabajadores

Evaluation of the particulate matter generated in the production of balanced products and its impact on the health of workers

Cynthia Yadira Erazo Solórzano¹, Diego Armando Tuarez García¹, Pedro Alexander Mestanza Segura¹

¹Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Quevedo, Ecuador
cerazo@uteq.edu.ec, dtuarez@uteq.edu.ec, pmestanzas@uteq.edu.ec

Resumen: La presente investigación presenta alternativas para disminuir la contaminación atmosférica en una planta elaboradora de alimento balanceado para cerdos y aves situadas en el Ecuador, se planteó como objetivo inicial determinar el tipo de partículas presentes en el aire, y tomar medidas preventivas para minimizar su repercusión en la salud de los trabajadores. Se realizó una investigación de campo para la recolección de información aplicando las técnicas de entrevistas, encuestas, fichas de observación y a través de la matriz inicial de riesgos determinar los puntos críticos del proceso, con esta información se procedió a cuantificar las partículas suspendidas totales en el ambiente de trabajo. Con los resultados obtenidos se propusieron alternativas de control y mejoras, en la fuente un plan de manejo ambiental, implementación de un ciclón-filtro a instalar en la fuente, en el medio y el individuo para lograr condiciones óptimas de trabajo.

Palabras clave: balanceado, partículas, ambiente, ciclón-filtro, contaminación atmosférica

Abstract: The present research presents alternatives to reduce air pollution in a pig and poultry feed manufacturing plant located in Ecuador, the initial objective was to determine the type of particles present in the air, and to take preventive measures to minimize their impact on the health of workers. Field research was carried out to collect information by applying the techniques of interviews, surveys, observation sheets and through the initial risk matrix to determine the critical points of the process, with this information we proceeded to quantify the total suspended particles in the work environment. With the results obtained, control alternatives and improvements were proposed, at the source, in the environment and in the individual to achieve optimal working conditions.

Keywords: balanced, particles, environment, cyclone-filter, atmospheric pollution.

1. INTRODUCCIÓN

La industria a nivel mundial en los últimos años se ha visto obligada a revisar la seguridad y la salud de sus trabajadores y la inocuidad de los productos [1], [2], para lo cual se han propuesto normas para la prevención de riesgos en la salud como es el uso de mascarillas, mandiles en un nivel básico, así como la implementación de un sistema de gestión integrado de seguridad, salud, medioambiente y procesos en las empresas [3] para garantizar la calidad de los procesos y productos, los cuales son producidos bajo altos estándares de calidad [4], [5].

La seguridad y salud en el trabajo es esencial en cualquier entorno laboral [6] ya que aborda las interacciones entre agentes contaminantes y la salud del trabajador, considerando factores físicos, químicos y biológicos en el entorno laboral [7], lo cual juega un papel clave en el desarrollo de la industria ecuatoriana al prevenir accidentes laborales y enfermedades ocupacionales,

contribuyendo a combatir la pobreza [8]. La gestión de esta requiere la evaluación de riesgos y la implementación efectiva de medidas de seguridad en el lugar de trabajo [9]. En contraparte, la negligencia en la aplicación de normas de seguridad puede resultar en enfermedades y pérdidas humanas [10] lo cual afecta el activo más valioso de toda empresa, es decir la salud de los trabajadores [11].

En dicho contexto, las plantas industriales que se dedican al envasado de productos granulados, como el balanceado para animales, suelen enfrentar desafíos significativos relacionados con la generación de polvo, ya sea durante el transporte de los materiales o en el proceso de envasado en sí [12]. Estas partículas de polvo se dividen en PM10 ($\leq 10 \mu\text{m}$ de diámetro), PM2.5 ($\leq 2.5 \mu\text{m}$ de diámetro, conocidas como partículas finas) y PM0.1 ($\leq 0.1 \mu\text{m}$ de diámetro, también llamadas partículas ultrafinas). Cada categoría tiene impactos específicos en la salud [13], dado que las partículas más grandes se depositan en las porciones proximales de las vías respiratorias, mientras que las más pequeñas penetran profundamente en los bronquiolos respiratorios y los alvéolos, donde se produce el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono [14].

Este polvo suspendido en el aire puede representar riesgos para la salud de los trabajadores, ya que la inhalación de partículas de menos de $10 \mu\text{m}$ de diámetro o PM10 (generado principalmente por procesos mecánicos) [15] puede provocar problemas respiratorios crónicos, como asma, bronquitis crónica [16], enfisema y neumonitis hipersensible (a menudo conocida como “pulmón de granjero”) [17], así como también afecciones visuales y dérmicas disminuyendo la eficiencia laboral e incrementando el riesgo de accidentes, además de que las emisiones de olores resultantes del proceso de elaboración de balanceados pueden afectar la calidad de vida del entorno circundante [18].

Es importante tener en cuenta factores adicionales que influyen en el riesgo de efectos agudos y crónicos en la salud respiratoria, como la susceptibilidad genética, la duración de la exposición, el hábito de fumar, condiciones médicas preexistentes y la concentración de contaminantes en el entorno de trabajo [19]. Dicho análisis adquiere gran relevancia en la investigación, dado que la exposición al material particulado es una preocupación global, con la Organización Mundial de la Salud estimando 800,000 muertes anuales relacionadas [20].

En virtud de lo anterior y debido a la necesidad innata de producir alimentos balanceados en la región y preservar la salud de los trabajadores, esta investigación tuvo por objeto determinar las partículas suspendidas totales, insolubles o poco solubles presentes en el ambiente laboral de una planta elaboradora de alimento balanceado para cerdos y aves, ubicada en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos, para tomar medidas preventivas y mejorar la salud de los trabajadores.

2. METODOLOGÍA

La investigación se llevó a cabo en tres áreas de trabajo de la planta elaboradora de alimento balanceado para cerdos y aves, ubicada en el cantón Quevedo, provincia de Los Ríos.

2.1. Recolección de datos

Para la recolección de información se aplicaron técnicas como: encuestas y entrevistas al personal administrativo (6 personas) y operativo (21 personas) que realizan sus actividades en el área de recepción, producción y almacenamiento.

La encuesta estuvo conformada por las siguientes preguntas:

- ¿Cree usted que la calidad del aire en la planta es mala?
- ¿Ha sufrido usted una afección a la salud que relacione con la mala calidad del aire en la planta?

- ¿Recibe usted equipos de protección personal como mascarillas, gafas, etc.?
- ¿Recibe usted cambio de elementos de protección personal con frecuencia?
- ¿Realizan charlas de uso de los equipos de protección personal?
- ¿Efectúan charlas de orden y limpieza en su lugar de trabajo?
- ¿La limpieza de su puesto de trabajo la realizan diariamente?
- ¿Realizan mantenimiento a las máquinas que intervienen en la elaboración de balanceados?
- ¿Existe una bodega de productos no conforme?
- ¿Colaboraría usted con los planes de mejora que implemente la empresa para reducir la emisión de polvos a la atmósfera?

Mientras que, en la entrevista se abordaron los siguientes puntos:

- Fecha:
- Centro de trabajo:
- Nombre del entrevistado:
- Cargo del entrevistado:
- Observaciones del entrevistado:

2.2. Manejo del experimento

Para la identificación de riesgo, se procedió a emplear la Guía Técnica Colombiana (GTC 45) [21], así como también la evaluación del material particulado.

2.2.1. Guía Técnica Colombiana (GTC 45)

Esta guía tiene por objeto identificar peligros y valorar los riesgos relativos a seguridad y salud ocupacional. Para ello, es necesario visitar cada área o puesto de trabajo en la empresa con la finalidad de identificar, evaluar y registrar los factores de riesgos observados, para lo cual es necesario emplear la siguiente matriz (Tabla 1).

2.2.2. Evaluación del material particulado

Esta medición la realizó la empresa HES Consultores, previamente se conoció la evaluación inicial de riesgo que permitió identificar los puntos críticos de control, la medición se realizó en los puestos de trabajo considerados críticos aplicando el protocolo de muestreo establecido por la empresa contratada.

2.2.2.1. Equipo de medición

Se utilizó el equipo medidor de material particulado MET ONE 831 con monitor masivo de 5 canales simultáneos que brinda cinco diferentes parámetros.

2.2.2.2. Confirmación del tipo de evaluación

Se determinó la evaluación por inhalación basándose en la normativa UNE-EN 689 [22], la cual establece: “verificar que la exposición sea: por Inhalación, comparable con un valor límite VL de larga duración, y sea repetitiva”. Por lo expuesto anteriormente, el puesto a analizar cumplió con las características.

Tabla 1. Clasificación de los riesgos

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

Fuente: [21]

2.2.2.3. Número de trabajadores a muestrear

Se determinó el número de trabajadores dentro del concepto de grupo de Exposición homogéneo. Según el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene [23]: “El muestreo debe realizarse al menos, a un trabajador del grupo de 10”. Por lo que se escogió a uno de diez.

2.2.2.4. Tiempo de duración de la muestra

Se determina el tiempo de duración de la muestra, tomando en cuenta lo referido por INSHT RIESGO QUIMICO, que establecen: “A periodo completo, con una muestra única”. Por lo que se escogió un periodo de exposición completo por contaminante (tarea de 5 minutos). Mínimo tres replicas (nueve replicas) por puesto.

2.2.2.5. Procedimiento aplicado

Como punto inicial se estratificaron los riesgos, de acuerdo con su prioridad baja, media y alta, ordenando por el nivel de riesgo potencial (Figura 1).

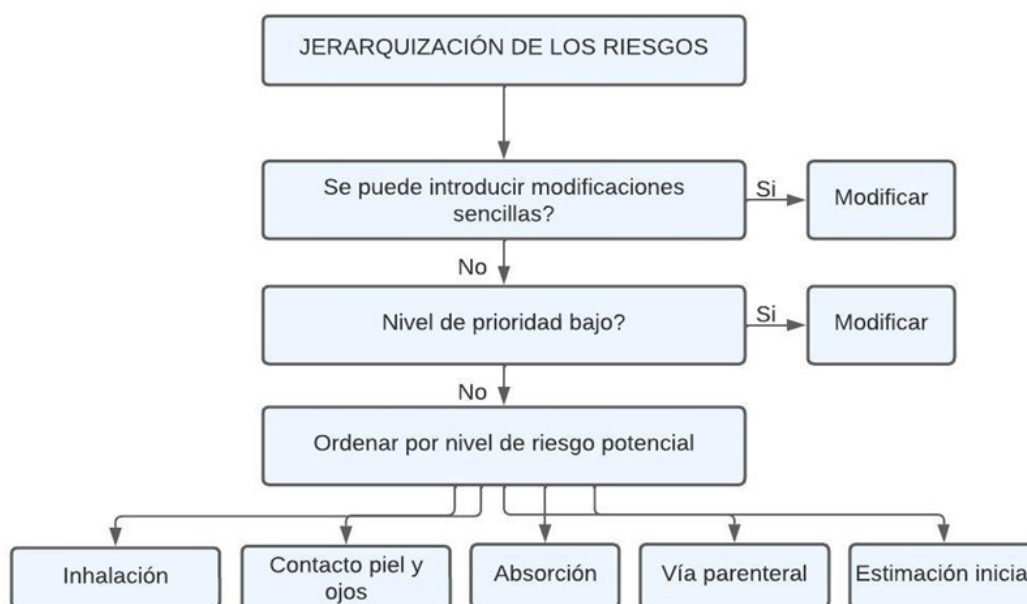


Figura 1. Jerarquización de riesgos según su impacto (Etapa 1)

Una vez determinado el nivel de riesgo potencial se procedió a evaluar la exposición por inhalación de material particulado a través de estudios, mediciones y cálculos (Figura 2).

Tomando como referencia lo indicado por INSHT RIESGO QUIMICO, se escogió un periodo de exposición completo por contaminante (tarea de 5 minutos). Mínimo nueve replicas por puesto, determinado la concentración por sustancias según muestreo: C_i en mg/m^3 .

Una vez realizada las mediciones se procedió a determinar la concentración promedio mediante la siguiente fórmula (ver Ecuación 1):

$$C = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} C_i * t_i}{\sum_{i=1}^{i=n} t_i} \quad (1)$$

Donde:

C: Concentración promedio

C_i: concentración medidas por el equipo

t_i: Tiempo de duración de cada medición

n: Número de mediciones

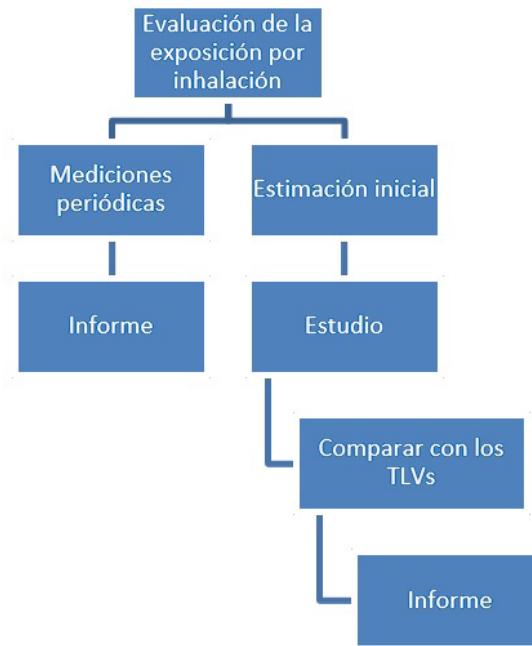


Figura 2. Evaluación de la Exposición por Inhalación (Etapa 2)

Las mediciones de material particulado en este caso polvo de balanceado se efectuaron en las áreas de recepción, producción y almacenamiento en presencia del trabajador, ubicando el sensor del instrumento en la zona de inhalación según lo establecido en la norma UNE-EN 689 [22] (Figura 3).



Figura 3. Medición de material particulado

Concentración de exposición diaria C₈

Corresponde a la concentración a la que está expuesto un trabajador durante toda la jornada laboral, en este caso 8 horas diarias, calculada mediante la siguiente fórmula (ver Ecuación 2):

$$C_8 = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} C * t_i}{8} \quad (2)$$

Dosis de concentración

Dosis es relación entre la concentración diaria del material particulado y el TLV (ACGIH) sugerido para las 8 horas diarias dependiendo de la partícula, la cual se calcula mediante fórmula (ver Ecuación 3):

$$D = \frac{C_8}{TLV TWA} \quad (3)$$

Criterio

D<1 Exposición permisible

D=1 Exposición límite

D>1 Trabajador Sobreexpuesto

3. RESULTADOS

De acuerdo con la entrevista con las personas involucradas en los diferentes procesos y la observación *in-situ*, se obtuvo los siguientes resultados en la matriz inicial de riesgo con la metodología GTC 45, tal y como se aprecia en la Tabla 2.

En el área de elaboración de balanceado las actividades de molienda de granos y mezcla del balanceado dentro de la clasificación de riesgos químicos, se encuentra una alta incidencia de sólidos suspendidos en el aire (polvo) con consecuencia de una posible afectación en las vías respiratorias y vistas, con escasas medidas de control el nivel de riesgo de acuerdo a las ponderaciones que presenta esta metodología el grado de probabilidad es alto, razón por la cual no se acepta el riesgo y se debe ejecutar un control inmediato.

Encuesta dirigida a los trabajadores de la planta elaboradora de alimento balanceado para cerdos y aves

En la Tabla 3 se observa que más del 50% de las personas encuestadas indican una respuesta positiva a factores que influyen directamente en la salud del personal de la planta como la mala calidad del aire, afecciones a la salud derivadas del ambiente en el que laboran, mal uso de equipos de protección personal, deficiente mantenimiento de maquinarias, etc.; siendo de un alto interés proporcionar conocimientos técnicos de mejora del ambiente laboral. El valor más notorio es el compromiso por un cambio a las condiciones laborales en las cuales se vienen desempeñando los trabajadores, ya que el 100% está predispuesto a colaborar con los cambios que considere la empresa para reducir las emisiones de material particulado a la atmósfera.

Tabla 2. Matriz inicial de identificación de riesgos

Requisitos generales				Evaluación del riesgo										
Proceso	Zona / lugar	Actividad	Descripción del peligro	Efectos posibles	Análisis del riesgo							Interpretación de nivel de riesgo	Aceptabilidad del riesgo	# de personas expuestas
					Nivel de deficiencia	Nivel de exposición	Nivel de probabilidad (done)	Grado de probabilidad	Nivel de consecuencia	Nivel de riesgo (nr = np x nc)				
Elaboración de balanceado	Planta de balanceado	Molienda de granos	Presencia de solidos (polvo) en área de trabajo	Obstrucción de vías respiratorias y afectación de la vista	6	3	18	Alto	25	450	Control inmediato	NO	4	
		Carga y descarga de bultos	Manipulación de cargas	Lesiones osteomusculares	2	3	6	Medio	10	60	Mejorar si es posible	NO	3	
	Mezcla de balanceado			Obstrucción de vías respiratorias y afectación de la vista	6	3	18	Alto	25	450	Control inmediato	NO	3	
			Ruido	Hipoacusia	2	4	8	Medio	10	80	Mejorar si es posible	NO	3	

Tabla 3. Datos obtenidos de la encuesta realizada al personal de la planta Cantapez

	Descripción	Si %	No %
1	¿Cree usted que la calidad del aire en la planta es mala?	92,59	7,41
2	¿Ha sufrido usted una afección a la salud que relacione con la mala calidad del aire en la planta?	62,96	37,04
3	¿Recibe usted equipos de protección personal como mascarillas, gafas, etc.?	51,85	48,15
4	¿Recibe usted cambio de elementos de protección personal con frecuencia?	25,93	74,07
5	¿Realizan charlas de uso de los equipos de protección personal?	11,11	88,89
6	¿Efectúan charlas de orden y limpieza en su lugar de trabajo?	37,04	62,96
7	¿La limpieza de su puesto de trabajo la realizan diariamente?	59,26	40,74
8	¿Realizan mantenimiento a las máquinas que intervienen en la elaboración de balanceados?	74,07	25,93
9	¿Existe una bodega de productos no conforme?	3,70	96,30
10	¿Colaboraría usted con los planes de mejora que implemente la empresa para reducir la emisión de polvos a la atmósfera?	100,00	0,00

Valores obtenidos de medición por gravimetría

Se realizó en la medición en 300 segundos (5 minutos) durante toda la tarea (día normal de trabajo-diurno). Los valores obtenidos son usados para calcular la concentración inicial, concentración en ocho horas y dosis inicial, lo que indica si los datos están dentro de parámetros al ser comparados con los TLV-TWA= 10 mg/m³ (Tabla 4).

Tabla 4. Resultado global

Puesto	Dosis total pm elaboración de balanceado
Material particulado	1,83
Nivel de riesgo	Alto

La dosis total de exposición (D) es de 1,83, por lo tanto, $D > 1$, lo cual significa que el trabajador esta sobreexposto al riesgo de inhalación de material particulado, deben implementarse medidas inmediatas que protejan al trabajador. Por lo detallado anteriormente se puede determinar que la fracción inhalable de material particulado, el diámetro aerodinámico que tienen mayor concentración es el de PM 10 (10 µm) medición realizada en el área de producción de balanceado.

Comprobación de hipótesis

Hipótesis nula H_0 = La evaluación del material particulado generado en las tres áreas de trabajo objeto de este estudio en la planta elaboradora de alimento balanceado para cerdos y aves, NO permitirá reducir sus riesgos en la salud de los trabajadores.

Hipótesis alternativa H_1 = La evaluación del material particulado generado en las tres áreas de trabajo objeto de este estudio en la planta elaboradora de alimento balanceado para cerdos y aves, SI permitirá reducir sus riesgos en la salud de los trabajadores.

Prueba de Ji-cuadrado

Es una prueba de tipo no paramétrico con un nivel de confianza del 95%. Se trabaja con las preguntas 2 y 10 de la encuesta dirigida a los trabajadores de una empresa elaboradora de alimento balanceado para cerdos y aves. (Tabla 5 y 6).

Pregunta 2. ¿Ha sufrido usted una afección a la salud que relacione con la mala calidad del aire en la planta?.

Pregunta 10. ¿Colaboraría usted con los planes de mejora que implemente la empresa para reducir la emisión de polvos a la atmósfera?.

Tabla 5. Frecuencia observada

	Frecuencias observadas		
	Si	No	Total
Pregunta 2	21	6	27
Pregunta 10	26	1	27
Total	25	17	54

Los grados de libertad (gl) para la prueba son:

$$gl = (f - 1) (c - 1)$$

$$gl = (2 - 1) (2 - 1)$$

$$gl = (1) (1)$$

$$gl = 1$$

Dónde:

gl = Grados de libertad

f = número de filas = 2

c = número de columnas = 2

El valor crítico de X^2 para $\alpha = 0,05$ y 1 gl se obtiene de la tabla de la distribución Ji-Cuadrado

Siendo $X^2 = 3.841$

Estadístico de prueba

Para el cálculo de X^2 se utilizó la siguiente fórmula (ver Ecuación 4):

$$X^2 = \sum \frac{(f_o - f_e)^2}{f_e} \quad (4)$$

Para el cálculo de las frecuencias esperadas se utilizó la siguiente fórmula (ver Ecuación 5), y los resultados se aprecian en la Tabla 7.

$$f_e = \frac{(Total\ Fila)(Total\ Columna)}{Gran\ Total} \quad (5)$$

Tabla 6. Frecuencias esperadas

	Fe		Total
	Si	No	
Pregunta 2	23.5	3.5	27
Pregunta 10	23.5	3.5	27
Total	47	7	54

Tabla 7. Cálculos de la frecuencia observada

Fo	Fe	fo-fe	(fo-fe) ²	(fo-fe) ² /fe
21	23,5	-2,5	6,25	0,2659574
26	23,5	2,5	6,25	0,2659574
6	3,5	2,5	6,25	1,7857143
1	3,5	-2,5	6,25	1,7857143
TOTAL			4,103	

El valor total de 4,103 indica que las alternativas planteadas mejorarán las condiciones ambientales en la planta de balanceados.

Regla de decisión

Se rechaza la H_0 si: $X^2_{calculado} \geq X^2_{crítico}$.

Por lo cual se acepta la hipótesis alternativa ya que los valores de X^2 calculado es $4.103 \geq 3.841$ valor crítico, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se determina que la evaluación del material particulado generado en las tres áreas de trabajo objeto de este estudio en la planta elaboradora de alimento balanceado para cerdos y aves, SI permitirá reducir los riesgos en la salud de los trabajadores.

4. CONCLUSIONES

- La identificación de los puestos de trabajo mediante la matriz inicial de riesgo reveló la existencia considerable de material particulado suspendido en el aire en el área de producción de balanceado, siendo considerado crítico este factor de riesgo e inaceptable.
- Luego de realizar la evaluación técnica con los instrumentos adecuados se determinó que existe una dosis de exposición a material particulado con riesgo crítico que excede en un 83% del límite recomendado.
- Se determinó que la fracción inhalable y el diámetro aerodinámico de la partícula del contaminante con mayor presencia es el PM10 (10 μ m) por lo tanto se debe realizar controles técnicos de ingeniería en el área de proceso de elaboración de balanceados en la planta de carácter inmediato, debido a que representan un riesgo alto en la salud de los trabajadores.
- De acuerdo con los resultados obtenidos de las mediciones de material particulado, la insatisfacción en los trabajadores y las posibles consecuencias para la salud, se concluye diseñar un sistema de reducción de contaminación atmosférica (material particulado), plan de manejo ambiental con el fin de mejorar de la calidad del aire en la planta elaboradora de alimento balanceado para cerdos y aves.

REFERENCIAS

- [1] Organización Internacional del Trabajo, “Salud y seguridad en trabajo en América Latina y el Caribe.” 2022. [Online]. Available: <https://www.ilo.org/americas/temas/salud-y-seguridad-en-trabajo/lang--es/index.html>
- [2] L. López, *Enfermedades ocupacionales o relacionadas al trabajo*, 2a ed. León, Nicaragua, Cartilla Educativa, 2015.
- [3] E. Carrera, C. Rivadeneira, E. Navarrete, y A. Paredes, *Seguridad y salud ocupacional*, 1a ed. Guayaquil, Ecuador, Grupo Compás, 2019.
- [4] C. R. Asfahl, *Seguridad Industrial y Salud*, 4a ed., México, Pearson Educación, 2000.
- [5] R. Badía, “Salud ocupacional y riesgos laborales,” *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana*, vol. 98, no. 1, pp. 20–33, enero, 1985.
- [6] J. Moran, C. Carlos, y H. Soto, “Prácticas de gestión de seguridad y salud en el trabajo: Una revisión sistemática de la literatura,” *Ciencias Administrativas Teoría y Praxis*, vol. 1, no. 8, pp. 89–104, septiembre, 2022, [Online]. Available: <https://cienciasadmvastyp.uat.edu.mx/index.php/ACACIA/article/view/304>
- [7] L. Hidalgo y D. Cajamarca, “Gestión de la seguridad, salud ocupacional y ambiente, una revisión del conocimiento disponible y de la integración de los sistemas,” *Pro Sciences: Revista De Producción, Ciencias E Investigación*, vol. 4, no. 35, pp. 57–68, diciembre, 2020, [Online]. Available: <https://journalprosciences.com/index.php/ps/article/view/268>
- [8] P. Minga y C. Jiménez, “Identificación de peligros y riesgos en la planta procesadora de balanceados Pronaca Quevedo. Elaboración de una matriz IPER,” *Revista INVPOS*, vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2018, [Online]. Available: <http://investigacion.utc.edu.ec/revistasutc/index.php/invpos/article/view/151>
- [9] Y. Hilasaca, “Implementación de un sistema de seguridad y salud ocupacional para evitar accidentes en la planta piloto de Curtiembre,” *The Design, Implementation, and Audit of Occupational Health and Safety Management Systems*, vol. 11, no. 3, pp. 205–213, septiembre, 2022, doi: 10.1201/9780429280740-4.
- [10] J. Guerrero, M. Alcívar, M. Loor, y R. Cabrera, “Ergonomic and psychosocial risk factors that affect the work performance of workers in the poultry balancing industry,” *Journal Scientific MQRinvestigar*, vol. 6, no. 3, pp. 1434–1458, septiembre, 2022, [Online]. Available: <https://www.investigarmqr.com/ojs/index.php/mqr/article/download/79/277/414>
- [11] C. Chávez, “Gestión de la seguridad y salud en el trabajo,” *Eidos*, pp. 13–17, enero, 2009, doi:10.29019/eidos.v0i2.49. <https://doi.org/10.29019/eidos.v0i2.49>
- [12] L. Buchelli y M. Reinoso, “Disminución de contaminantes aéreos en una planta de balanceados mediante la propuesta de un sistema de extracción de polvo,” *Ingenius*, no. 12, pp. 5–14, diciembre, 2014, doi: 10.17163/ings.n12.2014.01.
- [13] D. Schraufnagel, “The health effects of ultrafine particles,” *Experimental & Molecular Medicine*, vol. 52, pp. 311–317, marzo, 2020, doi: 10.1038/s12276-020-0403-3.
- [14] H. Díaz, R. González, M. Pastor, y E. Ibarra, “Evaluación de la exposición ocupacional a

- polvo de antracita,” *Revista Cubana de Salud y Trabajo*, vol. 15, no. 1, pp. 17–20, octubre, 2014, [Online]. Available: <https://revsaludtrabajo.sld.cu/index.php/revsy/article/view/25>
- [15] D. Mayorga *et al.*, “Exposición al material particulado en las áreas de preparación de material abrasivo de una empresa en el parque industrial de Riobamba,” *European Scientific Journal*, vol. 13, no. 6, pp. 224–248, febrero, 2017, doi: 10.19044/esj.2017.v13n6p224.
- [16] S. Viegas *et al.*, “Cytotoxic and inflammatory potential of air samples from occupational settings with exposure to organic dust,” *Toxics*, vol. 5, no. 8, pp. 1–16, marzo, 2017, doi: 10.3390/toxics5010008.
- [17] L. Rojas y A. García, “Caracterización de la exposición a polvo orgánico en el área de producción de alimento balanceado y granjas avícolas en la empresa ‘Megaves Cía. Ltda’” *Siembra*, vol. 2, pp. 44–50, diciembre, 2015, [Online]. Available: <https://revistadigital.uce.edu.ec/index.php/SIEMBRA/article/view/129/3512>
- [18] D. Heederik *et al.*, “Health effects of airborne exposures from concentrated animal feeding operations,” *Environ Health Perspect*, vol. 115, no. 2, pp. 298–302, noviembre, 2007, doi: 10.1289/ehp.8835.
- [19] S. Viegas, V. Mateus, M. Almeida-Silva, E. Carolino, and C. Viegas, “Occupational exposure to particulate matter and respiratory symptoms in portuguese swine barn workers,” *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues*, vol. 76, no. 17, pp. 1007–1014, octubre, 2013, doi: 10.1080/15287394.2013.831720.
- [20] G. Polichetti, S. Cocco, A. Spinali, V. Trimarco, and A. Nunziata, “Effects of Particulate Matter (PM10, PM2.5 and PM1) on the Cardiovascular System,” *Toxicology*, vol. 261, pp. 1–8, junio, 2009, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0300483X09002121>
- [21] ICONTEC Internacional and Consejo Colombiano de Seguridad, “Guía Técnica Colombiana GTC 45.” pp. 1–33, 2012. Accessed: Oct. 19, junio, 2023. [Online]. Available: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/6034/2/ParraCuestaDianaMarcelaVasquezVeraErikaVanessa2016-AnexoA.pdf>
- [22] Norma Española UNE-EN 689, "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" Comité técnico CTN 81 Seguridad y salud en el trabajo, 2019
- [23] I. López, “Evaluación del manejo de los residuos sólidos cortopunzantes y su incidencia en los accidentes laborales en el hospital de SOLCA-Ambato”, Tesis de Posgrado, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, UTA, Ambato, Tungurahua, 2014.

