



**AFECTACIÓN DE VIAS RESPIRATORIAS POR EXPOSICIÓN A MATERIAL
PARTICULADO DE RESIDUOS DE RESINAS RECICLADAS (PCR) EN LA EMPRESA**

JDF S.A.S

Alejandro Maximiliano Villalba - ID 1032567

Delanis Yohana Polo Acosta - ID 1039215

Erika Marcela Hernández Delgado - ID 1047173

Visley Espinoza Salas ID - 1033025

NRC: 46-68148

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en

Gerencia en Riesgos Laborales, Seguridad y Salud en el Trabajo

Asesora

Luisa Fernanda Becerra Ostos

Fisioterapeuta, especialista en rehabilitación cardiaca y pulmonar, Especialista en
gerencia de seguridad y salud ocupacional, Magister en salud pública y desarrollo social

Docente de apoyo académico administrativo

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría UNIMINUTO

Bogotá, Colombia

Especialización en Gerencia en Riesgos Laborales, Seguridad y Salud en el Trabajo

agosto de 2025

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a nuestras familias y seres queridos que creyeron en nuestra capacidad, la que desarrollamos cuando contamos con el apoyo incondicional de seres humanos que con amor y respeto que nos motivan a lograr nuestras metas.

Agradecimientos

Este trabajo es un desarrollo con apoyo de la Corporación Universitaria Minuto de Dios, el director de grado Luisa Fernanda Becerra y docentes que lo antecedieron, para lograr el direccionamiento y asertividad en el cumplimiento de los objetivos planteados, con el fin de mostrar a la compañía donde se desarrolla la investigación, a los trabajadores y partes interesadas la trascendencia aportada en los planteamientos desarrollados.

Con este trabajo agradecemos a todos ellos por la confianza depositada y a Dios el permitirnos redactar un documento con la intención de aportar al bienestar laboral y cumplir con la función que decidimos tomar de ser gestores en Seguridad y Salud en el trabajo, promoviendo mejoras, para la seguridad e higiene industrial a todos aquellos a los que se pueda adaptar la metodología empleada y las conclusiones obtenidas, así constantemente el aprovechamiento de los recursos con los que contamos, promoviendo el adecuado autocuidado y emprender la mejora de los niveles de vida.

CONTENIDO

Resumen ejecutivo	6
Introducción	7
1. Problema.....	10
1.1. Descripción del problema	10
1.2. Pregunta de investigación.....	13
2. Objetivos.....	13
2.1. Objetivo general	13
2.2. Objetivos específicos	13
3. Justificación.....	14
4. Marco de referencia.....	15
4.1 Marco teórico.....	15
4.2 Antecedentes o Estado del arte (marco investigativo)	17
4.3 Marco legal.....	20
5 Metodología	25
5.1 Enfoque y alcance de la investigación	25
5.2 Población y muestra.....	26
5.3 Instrumentos.....	27
5.4 Procedimientos	28
5.5 Análisis de información	29
5.6 Consideraciones éticas	30
6 Cronograma.....	30
7 Presupuesto.....	31
6. Resultados y discusión	31

7. Conclusiones	40
8. Recomendaciones	41
Referencias bibliográficas	43

Lista de Anexos

Anexo 1: Carta de autorización del proyecto por la Operación Logística JDF S.A.S

Anexo 2: Carta de autorización de proyecto

Lista de Tablas

Tabla 1. Agentes contaminantes por exposición de acuerdo con el cargo

Tabla 2. Afectaciones respiratorias en el segundo semestre del año 2024

Tabla 3. Incapacidades respiratorias recibidas por la empresa en el segundo semestre año 2024

Tabla 4. Medidas de control relacionadas para prevención de afectaciones respiratorias

Resumen ejecutivo

Con el aumento considerable de producción de plástico para un solo uso, con un enfoque ecológico para la reutilización de plásticos comenzó en el 2024 el proyecto de la planta de reciclaje mecánico en Tocancipá; donde se han presentado enfermedades respiratorias en aumento progresivo, por lo que se busca analizar las posibles afectaciones de las vías respiratorias en los trabajadores de la Planta de reciclaje mecánico en Tocancipá por la exposición al material particulado de residuos de resinas plásticas en la empresa OPERACIÓN LOGÍSTICA JDF S.A.S. Se utiliza un enfoque cuantitativo con un alcance descriptivo especificando variables como incapacidad por enfermedad respiratoria, género, área de trabajo y correlacional permitiendo explorar e identificar si existe una asociación significativa entre los factores de exposición a micro plásticos en el ambiente laboral, con esta información se reveló, altos niveles de presencia de material peligroso como cuarzo y sílice cristalina, superando el límite establecido de $0,025 \text{ mg/m}^3$, que relacionado a las actividades y el tiempo de exposición, demuestra una relación directa entre el personal y la alta frecuencia de incapacidad por resfriado, faringitis, entre otros síntomas relacionados a patologías respiratorias; con base en los hallazgos, se resalta la importancia de contar con medidas de control de administrativos para fortalecer el conocimiento sobre los cuidados por exposición a micropartículas tóxicas, instalación de mecanismos automatizados para reducir la concentración de contaminantes en el aire, recalcar la importancia del uso constante y adecuado de EPP que proteger directamente la salud de los trabajadores y la empresa.

Palabras clave: Material particulada, neumoconiosis, dióxido de silicio, exposición por inhalación, reciclaje.

Introducción

Diversos estudios han documentado los riesgos asociados con la exposición a partículas plásticas en entornos laborales. NIOSH (2020) señala que la exposición a material particulado respirable puede causar enfermedades pulmonares obstructivas, fibrosis pulmonar y alteraciones sistémicas. De igual manera, investigaciones recientes han evidenciado que los micro plásticos en el aire pueden inducir procesos inflamatorios y comprometer el sistema respiratorio de forma progresiva (Prata, 2020; Cox et al., 2019). Por su parte, Huerta Lwanga et al. (2017) encontraron que la inhalación de micropartículas, incluso en concentraciones aparentemente bajas, puede generar daños en las vías respiratorias superiores e inferiores. Estos hallazgos respaldan la necesidad de estudiar este fenómeno en contextos específicos como el colombiano, donde las condiciones laborales, tecnológicas y normativas pueden diferir significativamente de otros países.

Analizar las posibles afectaciones de las vías respiratorias en los trabajadores de la Planta de reciclaje mecánico en Tocancipá por la exposición al material particulado de residuos de resinas plásticas en la empresa OPERACIÓN LOGÍSTICA JDF S.A.S. Esto permitirá comprender el riesgo ocupacional al que están expuestos los trabajadores e implementar medidas correctivas efectivas.

La justificación de esta investigación radica en la importancia de proteger la salud de los trabajadores en un sector que, aunque promueve prácticas ambientalmente sostenibles como el reciclaje, puede paradójicamente generar impactos negativos en la salud de los trabajadores, si no se controlan adecuadamente los riesgos laborales de acuerdo con lo citado por Agost, T. (2021).

La metodología empleada en este estudio fue de tipo cuantitativo con un diseño no experimental, de corte transversal de acuerdo con las características de una investigación según Hernández, R. et, al. (2014). Se trabajó con una muestra representativa de 17 trabajadores del área de clasificación y extrusión, de quienes se tiene informes médicos de incapacidad para conocer afectaciones respiratorias. Además, se realizaron mediciones ambientales mediante el equipo DustTrak™ II 8530, el cual permite identificar concentraciones de material particulado PM10, PM2.5 y PM1 en tiempo real de acuerdo con lo expresado por la empresa HISEG E.I.R.L (2022). Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente para establecer posibles correlaciones entre la exposición al polvo y las afecciones respiratorias reportadas.

Los resultados evidenciaron que los niveles de material particulado en el área de extrusión están en 0,0835 mg/m³ para sílice cristalina respirable y cuarzo, superando los límites permisibles establecidos en 0,025 mg/m³ por la ACGIH, lo cual representa un riesgo significativo para la salud porque las partículas de sílice cristalina, cuarzo y cristobalita, constituye un peligro ocupacional crítico debido a su capacidad de generar daño pulmonar irreversible de acuerdo a la investigación de Ortega, C. (2017); también se encontró una alta prevalencia de síntomas como resfriado común, faringitis, sinusitis, infección en vías respiratorias superiores, especialmente en del área de logística y producción de la planta; donde se evidencia que según lo citado por Pinkerton, K. et, al. (2015) las mujeres son más susceptibles a afectaciones respiratorias con una 1,5 más probabilidad de desarrollar EPOC, pero en la planta al haber más población masculina son los más afectados, conforme al estudio de Zabludovsky, G. (2020), quien señala que el género masculino forma parte de la mayoría de operadores en la industria de servicios y transporte donde se incluye almacenaje.

Se evidencia que a través del estudio realizado con el instrumento se concretan los niveles de concentración de las partículas a las que se expone el personal de la línea de clasificación y extrusión, donde la exposición prolongada genera efectos negativos en la salud respiratoria de los trabajadores evaluados de acuerdo con la resolución 2467 de 2022.

Como recomendaciones, se sugiere implementar controles de ingeniería más eficientes, como sistemas de extracción localizada con filtros como lo establecido por la IARC (2012), realizar monitoreos periódicos de calidad del aire en áreas críticas de acuerdo con NIOSH (2002) y fortalecer los programas de vigilancia epidemiológica con énfasis en enfermedades respiratorias de acuerdo con la OMS (2021), entre otros.

1. Problema

1.1. Descripción del problema

Desde la llegada de los plásticos en la década de 1940 durante la Segunda Guerra Mundial, su uso en la industria ha aumentado significativamente. Inicialmente, la producción estuvo orientada a satisfacer las necesidades militares, lo que dio impulso al desarrollo y mejora de varios tipos de polímeros como el polipropileno (PP), polietileno (PE), poliestireno (PS), poliéster (PES), tereftalato de polietileno (PET) y silicona. Estos materiales encontraron una amplia aplicación en embalajes y componentes para la industria aeroespacial (Geyer et al., 1963). En la década de 1970, los plásticos comenzaron a reemplazar algunos metales ligeros debido a su resistencia y facilidad de procesamiento. Luego, en la década de 1980, la investigación de nuevas fórmulas químicas permitió la creación de polímeros con propiedades físicas y químicas avanzadas, lo que consolidó a la industria del plástico como una de las más importantes del mundo (Letcher 2020).

Sin duda, el plástico representa un avance científico importante, respondiendo a las necesidades de una sociedad cada vez más compleja. Sin embargo, su uso creciente ha provocado una preocupante acumulación de residuos, muchos de los cuales terminan en vertederos o en los océanos, con graves consecuencias ambientales, económicas, sociales y de salud pública. La polución plástica está causando un daño irreversible a los ecosistemas marinos y terrestres a lo largo de todo el mundo (Daltry et al., 2021; Tong et al., 2023).

Según la Organización de las Naciones Unidas (2019) en todo el mundo se compra un millón de botellas de plástico cada minuto, adicional se utilizan hasta 500.000 millones de bolsas de plástico al año; es importante resaltar que más de la mitad de todo el plástico producido en el mundo está diseñada para ser desechado después de un solo uso.

Esta realidad es preocupante, sobre todo por la creciente presencia de micro plásticos en sistemas marinos, de agua fresca y en el aire (Bamigboye, et al., 2024). Estas diminutas partículas son un gran grupo de varias partículas pequeñas de plástico (tamaño 1-5000 μm) de primer o segundo origen en donde el primer grupo es elaborado intencionalmente de tamaño microscópico para ciertos propósitos, en cambio el segundo grupo son micro plásticos formados como resultado de la fragmentación de partículas de plásticos más grandes (Frias & Nash., 2019; Järvelä, et al., 2025). Estos están presentes en productos de uso diario como cigarrillos, ropa y cosméticos (Wagner & Lambert., 2018). El proceso de reciclaje de plásticos, particularmente el mecánico, libera pequeñas partículas en el aire. Estas partículas, al ser inhaladas, pueden penetrar profundamente en las vías respiratorias y agravar enfermedades como el asma, la bronquitis crónica o la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) (Pertuz., 2022). Además, el material particulado (MP) puede actuar como portadores de sustancias tóxicas en humanos (Bamigboye, et al., 2024; Lignell, et al., 2013; Seachrist, et al., 2016).

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2019) ha solicitado más investigación sobre la presencia de micro plásticos en el medio ambiente y su impacto en la salud humana. Esta solicitud de atención ha dado lugar a numerosos estudios sobre cómo reducir la incidencia de este fenómeno y minimizar su impacto negativo. Si bien, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) no se ha pronunciado específicamente sobre los micro plásticos, reconoce que la contaminación ambiental supone un grave riesgo para la salud de los trabajadores, incluida la exposición a estas partículas y a las sustancias químicas presentes en el plástico.

De acuerdo con Lacava, J. et, al. (2022), en Argentina, se identifica que predomina la existencia de plásticos y micro plásticos en sedimentos costeros del Río de la Plata, que tiene un

aumento entre las estaciones de evaluación, llevando a concluir, la importancia de seguimiento y control a aplicar, la afectación en la fauna y las personas.

En el mismo contexto del párrafo anterior, está la publicación de Instituto Nacional de Salud (2023), que busca hacernos conscientes de la presencia de polímeros y monómeros en el medio ambiente y en los alimentos, resaltando lo preocupante que es para la salud de los colombianos, donde se habla de micropartículas de monómeros plásticos, que se consideran cancerígeno, mutagénicos y genotóxicos; actuando como agentes alquilantes directos que pueden formar aductos con la hemoglobina y con el ADN.

En el contexto colombiano, este tema ha cobrado más importancia a través de los años. Según Garcés O. et al. (2022), Se han identificado micro plásticos presentes en la superficie del mar de todas las áreas evaluadas en Colombia, con una presencia catalogada como abundante, donde hay 8,96 ítems por m³; con mayor influencia en zona urbana, y poco abundantes 0,01 ítems por m³ en áreas conservadas.

En el mes de mayo del año 2024, se inauguró la planta de reciclaje mecánico en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca por la empresa OPERACIÓN LOGÍSTICA JDF S.A.S. Desde que la planta inició sus operaciones, se ha registrado un aumento de las incapacidades por enfermedades respiratorias en las vías respiratorias superiores entre los trabajadores, especialmente entre aquellos empleados en el área de trituración y molienda. Los síntomas más comúnmente reportados incluyen irritación respiratoria (como tos, estornudos y dolor de garganta), dificultad para respirar y malestar general en áreas con mayores concentraciones de material particulado en el aire. Asimismo, se ha comprobado que los procesos de reciclaje plástico pueden liberar micropartículas que contienen aditivos químicos potencialmente tóxicos, generando un riesgo adicional para la salud ocupacional (Prata et al., 2020).

Teniendo en cuenta lo anterior mencionado, la problemática inicia desde que empiezan a aumentar las enfermedades respiratorias de los empleados en la planta de extrusión a pesar de que la empresa posee un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo (SGSST) y que los trabajadores utilizan correctamente los elementos de protección personal (EPP) suministrados por la empresa; esto se da porque al validar los niveles de exposición de la mediciones higiénicas realizada con el apoyo de la ARL se evidenció que existe una alta concentración de contaminantes químicos tales como, sílice cristalina respirable, cuarzo, cristobalita, los cuales superan los TLV (valor límite permitido) $0,025 \text{ mg/m}^3$ de acuerdo a la guía técnica del sílice cristalina respirable (2024).

Es así como la empresa debe realizar unas modificaciones necesarias en su SGSST enfocado a la planta de extrusión para mitigar los riesgos existentes y evitar mayores afectaciones en la salud de los trabajadores garantizando unas condiciones de trabajo seguras e higiénicas en el área de extrusión.

1.2. Pregunta de investigación

¿Cuáles son las afectaciones de las vías respiratorias en los trabajadores de la Planta de reciclaje mecánico en Tocancipá por la exposición al material particulado de residuos de resinas plásticas en la empresa OPERACIÓN LOGÍSTICA JDF S.A.S.?

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Analizar las posibles afectaciones de las vías respiratorias en los trabajadores de la Planta de reciclaje mecánico en Tocancipá por la exposición al material particulado de residuos de resinas plásticas en la empresa OPERACIÓN LOGÍSTICA JDF S.A.S.

2.2. Objetivos específicos

1. Identificar los principales contaminantes en el aire dentro de la planta de reciclaje.
2. Examinar las afectaciones respiratorias de los trabajadores de la planta en el segundo semestre del año 2024.
3. Relacionar medidas preventivas o de control para mitigar los riesgos asociados.

3. Justificación

El reciclaje mecánico de plásticos es una alternativa válida para la sostenibilidad ambiental y la transición hacia una economía circular. Sin embargo, este proceso industrial incluye etapas como la trituración, la molienda y el procesamiento de residuos plásticos, que generan material particulado (MP) de diferentes composiciones y tamaños dentro de las plantas de reciclaje mecanizado. La exposición al material particulado, especialmente en entornos cerrados o con poca ventilación, puede tener graves consecuencias para la salud respiratoria de los trabajadores (Vethaak & Legler, 2021).

La planta de reciclaje, cuya inauguración fue el año 2024 con la administración de la operación asignada a OPERACIÓN LOGÍSTICA JDF S.A.S., representa un hito en la gestión responsable de los residuos plásticos en el país en donde su operación sostenible debe garantizar la protección de la salud de los empleados y de la comunidad circundante. Abordar este problema de forma preventiva es esencial para mitigar los riesgos laborales que se puedan generar en los trabajadores a corto y largo plazo garantizando unas condiciones de trabajo seguras e higiénicas dentro de la planta.

Según Proust (2025) identificar una enfermedad respiratoria profesional consiste en conocer el origen de las enfermedades para prevenirlas, además Purkovic (2025) menciona que la identificación temprana de las afecciones puede prevenir la progresión de la afección, reducir complicaciones y aportando significativamente a la mejora de las personas con la afección; por

lo cual su identificación, estudio y análisis permitirá establecer acciones de mejora para prevenir daños que afectan no solo a los trabajadores sino a los intereses de la empresa.

La presente investigación presenta altos beneficios en su desarrollo, ya que los resultados del presente proyecto permitirán establecer correlaciones entre los niveles de exposición y las condiciones laborales de los trabajadores, lo que facilitará para la empresa JDF S.A.S el diseño e implementación de estrategias eficaces de control y mitigación de los riesgos frente a las afecciones de los trabajadores.

Este proyecto ofrece una valiosa oportunidad para el equipo investigador debido a que se podrá aplicar los conocimientos teóricos en un contexto real, fomentando el desarrollo de habilidades como la investigación aplicada, el análisis crítico, la resolución de problemas y el trabajo interdisciplinario

Además, como señala Quiroz (2021) y Shaddick, G (2008), las zonas cercanas a plantas industriales con altas concentraciones de polvo de PM presentan un alto porcentaje de personas con trastornos respiratorios consideradas en riesgo por lo cual, en términos de impacto social, esta investigación puede beneficiar indirectamente a las comunidades cercanas a la planta ayudando a protegerlas ya que también podrían verse afectadas por las emisiones de MP.

De este modo, el presente trabajo pretende contribuir a identificar los posibles efectos relacionados con la exposición al material particulado en los trabajadores de la planta de reciclaje mecánico de Tocancipá.

4. Marco de referencia

4.1 Marco teórico

La salud y seguridad ocupacional son la base del desarrollo sostenible de cualquier actividad industrial en donde a lo largo de los años, se han desarrollado numerosos modelos y

teorías para comprender, prevenir y gestionar los riesgos laborales. Dentro de este marco teórico, se presenta una visión general de tres enfoques principales: el modelo de cadena causal de Heinrich (1941), el modelo biopsicosocial de la salud y la teoría de la prevención primaria en medicina del trabajo. Todos estos enfoques son importantes para una comprensión integral de los riesgos respiratorios asociados con la manipulación de resinas plásticas recicladas, también se tendrá en cuenta los Exámenes Médicos Ocupacionales (EMO) practicados al personal expuesto, basados en la realización de pruebas de espirometría siendo este, el estudio enfocado en evaluar la capacidad vital pulmonar (Ranzieri, S., & Corradi, M. 2021).

El modelo de cadena causal de Heinrich (1941), también conocido como teoría del dominó, es uno de los marcos clásicos para la prevención de accidentes y enfermedades laborales ya que propone que las lesiones no son resultado del azar ni de la mala suerte, sino de una secuencia de eventos o condiciones que podrían haberse evitado. En su teoría, Heinrich distinguió cinco factores sucesivos que conducen a un accidente: origen social, incumplimiento de las obligaciones del empleado, acción o condiciones inseguras, accidente y lesión.

A diferencia de los modelos biomédicos tradicionales, que se centran únicamente en los aspectos físicos de la enfermedad, el modelo biopsicosocial de la salud ofrece una perspectiva más amplia e integral. Este modelo, desarrollado por George Engel (2012), postula que la salud es el resultado de una interacción dinámica entre factores biológicos, psicológicos y sociales, esto lo pudo determinar mediante el modelo biopsicosocial para el estudio y cuidado de los pacientes que han tenido un infarto agudo de miocardio. Este concepto es especialmente útil al analizar el riesgo laboral desde una perspectiva holística e integral.

De acuerdo a la OMS (1998), el enfoque preventivo busca mitigar la aparición de enfermedades, junto con la reducción de factores de riesgo, detener su avance y atenuar sus

consecuencias una vez definidas, para esta actividad, se relacionan niveles de prevención que debe desarrollar en la empresa, estas son prevención primaria (detección temprana y el tratamiento de enfermedades en sus primeras etapas), prevención secundaria (identificación temprana y tratamiento de las enfermedades en su etapa inicial, para prevenir su progresión) y prevención terciaria (busca reducir las dificultades presentadas y mejorar la calidad de vida de las personas que ya tienen una enfermedad diagnosticada).

La prevención primaria es uno de los niveles fundamentales de la medicina preventiva y la salud pública, sobre todo en exámenes ocupacionales como la espirometría enfocada en el reconocimiento temprano de los factores de riesgo en el lugar de trabajo y la implementación de medidas preventivas antes de que se produzcan amenazas para la salud, de acuerdo con la posición de Townsend, M. (2020). Esta perspectiva es especialmente importante para sectores emergentes, como el reciclaje de plásticos, donde la exposición a nuevos tipos de contaminantes requiere una monitorización constante y proactiva. Este enfoque se centra en la intervención antes de que los trabajadores desarrollen enfermedades.

Además, no solo se busca prevenir enfermedades individuales, sino también reducir la carga social y económica asociada a la atención médica, la incapacidad laboral y las posibles sanciones legales por incumplimiento. En este sentido, invertir en prevención no solo es ético y responsable, sino también económicamente sostenible y beneficioso para la empresa.

4.2 Antecedentes o Estado del arte (marco investigativo)

De acuerdo con Escobar-Rincón., et al. (2022), quienes realizaron una revisión sobre las condiciones laborales y de salud de los recolectores de residuos a nivel mundial, basado en el modelo de condiciones laborales desarrollado por la Universidad Nacional de Colombia, con una revisión sistemática usando bases de datos reconocidas como PubMed, Science Direct y SAGE,

analizando publicaciones con una ventana de tiempo de 20 años (1999 a 2019), los hallazgos más relevantes son aspectos que como el género, la edad y el nivel educativo influyen de forma significativa en la salud y el desempeño de los recicladores. Además, se resalta cómo estos trabajadores están constantemente expuestos a entornos peligrosos, lo que representa un riesgo importante para su bienestar físico y mental, finalmente el estudio enfatiza la necesidad de reconocer el derecho de los recicladores a contar con espacios de trabajo dignos, seguros y saludables.

Pertuz Meza., et al, (2022), el autor realizó una revisión sistemática de la literatura con una ventana de tiempo de seis años, que data del 2014 al 2020, con el objetivo de identificar los efectos adversos sobre la salud respiratoria derivados de esta exposición ocupacional a sustancias químicas. La búsqueda incluyó artículos indexados en bases de datos como SciELO, Redalyc, ProQuest, Google Académico y la Biblioteca Digital de la Universidad Cooperativa de Colombia; encontraron que los efectos a la salud por inhalación de químicos volátiles, solventes, polvos industriales entre otros, genera prevalencia de asma ocupacional, bronquitis crónica, disminución de la capacidad pulmonar; llevando a los investigadores a concluir que la población objeto de estudio, independientemente de la industria, puede desarrollar enfermedades crónicas y agudas que afectan sistemas importantes como el respiratorio, el reproductivo, el nervioso, el tegumentario y el digestivo.

Bayo, J., et al. (2024) llevaron a cabo una investigación sobre el impacto de los micro plásticos en el sistema respiratorio humano cuya finalidad fue analizar la presencia de microfibras en el tracto respiratorio inferior de pacientes adultos con diferentes enfermedades respiratorias e investigar su posible relación con las características clínicas y hábitos de vida, se empleó un enfoque clínico, mediante la recolección de muestras de líquido de lavado

broncoalveolar (BAL), obtenido de pacientes vivos con diversas patologías, lo que llevo a identificar microfibras de micro plásticos, de forma particularmente predominante en los pacientes fumadores y en personas con ciertas ocupaciones; también se encontró en los pacientes estudios con anomalías radiológicas con microfibras de crecimientos microbianos patogénicos y con un déficit en la función pulmonar, de esta investigación se concluye que los micro plásticos inhalados pueden alcanzar regiones profundas del pulmón, especialmente en personas con enfermedades respiratorias, antecedentes laborales expuestos y hábitos de fumar; estos resultados ofrecen múltiples alternativas con relación a los posibles mecanismos patogénicos de microfibras en los pulmones, esto permite definir alternativas más efectivas con el objetivo de determinar el impacto de los micro plásticos aéreos en las enfermedades respiratorias y las políticas que se deberían de adoptar para reducir la exposición a estos micro contaminantes.

En el estudio Agost Torres, A.(2021), tiene como objetivo describir el estado del sistema respiratorio según el tipo de relación laboral, comparando el trabajo formal y el informal, aplicando en el estudio una metodología correlacional, donde los trabajadores se sometieron a encuestas estructuradas para saber antecedentes laborales, tabaquismo y síntomas respiratorios, donde a todos los trabajadores se les realizó un exámenes médicos como espirometría donde se pudo observar; de la muestra de 109 personas en los dos campos (trabajo formal e informal), donde se identifica que el 85% trabajaba informalmente, tenía ingresos por debajo de la línea de pobreza y tenía una alta prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles; el hallazgo principal es que los problemas respiratorios no están asociados con el empleo formal frente al empleo informal. Más bien, dependen de las tareas específicas de trabajo realizado. Los empleados cuyos trabajos implican la recolección y reciclaje de desechos electrónicos tienen más

probabilidades de tener diferentes niveles de función pulmonar que aquellos cuyo trabajo es reparar o vender los desechos electrónicos.

Por último, haciendo referencia al examen médico ocupacional de espirometría, Téllez, I., et al. (2015) realizaron una investigación enfocada en la salud respiratoria de trabajadores del sector de la construcción con el propósito de identificar posibles alteraciones en la función pulmonar al estar expuestos a partículas inorgánicas, mediante el análisis de sus historiales médicos, encuestas sociodemográficas, cuestionarios epidemiológicos y evaluaciones médico ocupacionales, cuyos resultados fueron procesados con herramientas estadísticas para determinar la existencia de patrones en la afectación respiratoria, principalmente a través de pruebas de espirometría, las cuales fueron útiles para la detección temprana de alteraciones en el sistema respiratorio; los autores advierten que, si bien la espirometría puede alertar sobre posibles trastornos, no es suficiente para un diagnóstico definitivo, ya que factores como la edad y otras variables sociodemográficas pueden influir significativamente en la función pulmonar de los trabajadores.

4.3 Marco legal

Ley 1562 de 2012, Por el cual se modifica el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional.

Ley 9 de 1979, reconocido como el Código Sanitario Nacional se establecen las disposiciones en materia de salud pública y condiciones sanitarias en los lugares de trabajo. En sus artículos se regula la protección contra agentes físicos, químicos y biológicos que puedan afectar la salud de los trabajadores

Decreto 1072 de 2015, capítulo 6, que reglamenta el SG-SST y exige a los empleadores implementar medidas de prevención y control frente a los riesgos ocupacionales, incluyendo la exposición a sustancias químicas como las resinas recicladas.

Artículo 2.2.4.6.4, establece la obligatoriedad de aplicar a aplicar el SG-SST, por lo que debe identificar y gestionar las medidas de seguridad.

Artículo 2.2.4.6.8, obligaciones del empleador en la aplicación del SG-SST.

Artículo 2.2.4.6.12, La empresa debe tener una política de SST que incluya el compromiso de identificar peligros y controlar riesgos y otra información documentada.

Artículo 2.2.4.6.15, Consiste en un diagnóstico, identificación y evaluación de riesgos.

Artículo 2.2.4.6.17, Se debe adoptar mecanismos para planificar el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo SG-SST basado en la evaluación inicial.

Artículo 2.2.4.6.19, busca definir los indicadores (cualitativos o cuantitativos según corresponda) mediante los cuales se evalúen la estructura, el proceso y los resultados del SG-SST.

Artículo 2.2.4.6.23, debe adoptar métodos para la identificación, prevención, evaluación, valoración y control de los peligros y riesgos en la empresa.

Artículo 2.2.4.6.24, medidas de prevención y control deben adoptarse con base en el análisis de pertinencia, teniendo en cuenta el siguiente esquema de jerarquización.

Artículo 2.2.4.6.26, debe implementar y mantener un procedimiento para evaluar el impacto sobre la seguridad y salud en el trabajo que puedan generar los cambios internos.

Artículo 2.2.4.6.27, debe establecer y mantener un procedimiento con el fin de garantizar que se identifiquen y evalúen en las especificaciones relativas a las compras o adquisiciones de productos y servicios.

Artículo 2.2.4.6.31, La alta dirección, independiente del tamaño de la empresa, debe adelantar una revisión del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), la cual debe realizarse por lo menos una (1) vez al año, de conformidad con las modificaciones en los procesos.

Resolución 2400 de 1979, que establece las condiciones mínimas para proteger la salud de los trabajadores en los ambientes laborales, incluyendo la ventilación, el manejo de residuos, y la exposición a contaminantes del aire.

Artículo 29: Todos los espacios laborales, como pasillos, bodegas y baños, deben mantenerse limpios y libres de polvo y residuos.

Artículo 74: Las emisiones contaminantes (gases, polvos, humos, vapores) deben eliminarse desde su origen mediante sistemas de ventilación aprobados. El aire extraído debe purificarse antes de ser liberado al exterior.

Artículo 154: Deben fijarse niveles máximos permisibles de exposición a contaminantes (gases, vapores, polvos) según normas internacionales o del Ministerio de Salud.

Artículo 155: Se deben aplicar medidas de control para eliminar agentes químicos nocivos desde su origen. Métodos como sustitución de sustancias, ventilación y uso de EPP se consideran según jerarquía de control.

Artículo 161: Se pueden aplicar sistemas húmedos para controlar polvos mediante agua, útil en procesos como trituración o transporte.

Artículo 174: Trabajadores expuestos a polvos inflamables o tóxicos no deben usar ropa con pliegues o bolsillos que acumulen partículas.

Artículo 176: Los empleadores deben proporcionar equipos de protección personal adecuados según el tipo de riesgo presente (físico, químico, biológico, etc.).

Artículo 177: Se clasifica el tipo de respirador requerido según el tipo de polvo (neumoconiótico o tóxico).

Artículo 185: Los equipos de protección respiratoria deben almacenarse en lugares limpios y no contaminados, garantizando su estado higiénico y funcional.

Artículo 383: Los trabajadores que usan herramientas motorizadas deben contar con gafas, viseras, mascarillas o capuchones para protegerse de partículas o polvos dañinos.

Artículo 696, Ítem B: Contenido esencial: Prohibido emplear menores de edad y mujeres en trabajos con exposición a sustancias químicas altamente tóxicas como mercurio, arsénico, cianuros, sílice libre, entre otros.

La Resolución 2467 de 2022, Por la cual se adopta el Reglamento de Higiene y Seguridad para la Prevención y el Control del Riesgo por Exposición a Sílice Cristalina Respirable.

Normas técnicas y ambientales (ICONTEC / MinAmbiente).

La Resolución 1477 de 2014 Tiene por objeto expedir la Tabla de Enfermedades Laborales que tendrá doble entrada:

i) Agentes de riesgo, para facilitar la prevención de enfermedades en las actividades laborales,

ii) Grupos de enfermedades, para determinar el diagnóstico médico en los trabajadores afectados:

Anexo técnico sección I: Agentes etiológicos / factores de riesgo ocupacional a tener en cuenta para la prevención de enfermedades laborales:

Agentes químicos, sección II: Grupo de enfermedades para determinar el diagnóstico médico:

Parte A: enfermedades laborales directas, No. 2 (Silicosis).

Parte B: Enfermedades clasificadas por grupos o categorías; grupo IX (enfermedades del sistema respiratorio).

Existen normas técnicas específicas (como la NTC 5525 para el manejo de residuos plásticos) que orientan sobre la gestión adecuada de materiales reciclables y los efectos ambientales y sanitarios asociados, además de que estas normas ayudan a regular la calidad del aire, el manejo de residuos y la protección ambiental.

Las normas que se tendrán en cuenta para este proyecto de grado son la NTC 4124, NTC 6012, NTC 2885 y la NTC 4995; estas serán las que aplican al proyecto debido a que establece procedimientos de revisión de la calidad del aire, ayuda a realizar la evaluación de contaminantes químicos teniendo en cuenta la protección respiratoria y el manejo de residuos sólidos.

NTC 5525, Regula el manejo de residuos plásticos dentro de los procesos industriales

NTC 4124, Esta norma establece los procedimientos para la medición de partículas PM10 y PM2.5.

NTC 6012, Establece lineamientos para evaluar gases, vapores y aerosoles en el aire laboral.

NTC 2885, Sirve como base para recomendar los EPP adecuados, como respiradores con filtro mecánico (por ejemplo, tipo N95), para los trabajadores expuestos al polvo de resinas recicladas.

NTC 4995, Apoya la propuesta de gestión adecuada de residuos industriales reciclados, que podrían ser generadores de contaminantes.

Convenios de la OIT (Organización Internacional del Trabajo)

Convenio 148: Protección de los trabajadores contra los riesgos profesionales debidos a la contaminación del aire, al ruido y a las vibraciones en el lugar de trabajo.

Convenio 155: Relativo a la seguridad y salud de los trabajadores y al medio ambiente de trabajo.

5 Metodología

5.1 Enfoque y alcance de la investigación

Este proyecto adoptó un enfoque cuantitativo teniendo en cuenta que las necesidades y características del proyecto se ajustan a este modelo porque la información que se tiene es exacta y se busca analizar las posibles afecciones respiratorias frente a la exposición a los componentes químicos dentro de la empresa OPERACIÓN LOGÍSTICA JDF S.A.S. Según Hernández (2014) los planteamientos cuantitativos generalmente se orientan a explorar o describir conceptos (variables) o bien a relacionarlos o compararlos, por lo que esto precisamente podrá determinar cuáles son las afectaciones respiratorias en los trabajadores en las vías superiores e inferiores, si los trabajadores están expuestos a los componentes químicos dentro de la planta de extrusión de la empresa.

Por otro lado, el trabajo se realiza con un alcance descriptivo especificando variables (incapacidad por enfermedad respiratoria, genero, área de trabajo) y frecuencia en las que se manifiestan, y correlacional permitiendo explorar e identificar si existe una asociación significativa entre los factores de exposición a micro plásticos en el ambiente laboral y las condiciones de salud respiratoria de los trabajadores. Una investigación descriptiva busca medir una serie de conceptos y correlacional no solo describe fenómenos, sino que establece vínculos entre ellos, sin llegar necesariamente a determinar causalidad (Hernández et al. 2014).

En conjunto, ambos enfoques permiten no solo observar y cuantificar el fenómeno en estudio, sino también comprender cómo se relacionan sus elementos clave, brindando una visión

más amplia y fundamentada sobre los efectos de la exposición a micropartículas en la salud ocupacional.

5.2 Población y muestra

Según Camacho (2008) la población es un grupo que tiene la posibilidad de ser sujeto de estudio y de acuerdo con López (2004) la muestra es un subconjunto o parte del universo o población en que se llevará a cabo la investigación. Teniendo en cuenta lo anterior, la población objetivo de este estudio son los trabajadores de la planta de reciclaje mecánico ubicada en el municipio de Tocancipá de la empresa OPERACIÓN LOGÍSTICA JDF S.A.S., esta planta cuenta con 52 trabajadores activos a la fecha.

Siguiendo la estrategia de muestreo no probabilístico de Hernández O. (2021), los criterios de inclusión para este tipo de muestreo no giran en torno a cálculos de probabilidad. Por lo tanto, no se necesitan operaciones estadísticas, y los datos resultantes no se pueden generalizar a toda la población. En este caso, se utilizó el muestreo por conveniencia, donde elegimos deliberadamente a los participantes en función de la accesibilidad y el cumplimiento de ciertos criterios predefinidos. La muestra consistió en 17 trabajadores que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión, siendo 3 operadores de extrusoras, 3 operadores de aditivos y 11 trabajadores de la división clasificatoria del tren de reciclaje. Esta selección intenta formar un grupo homogéneo que represente adecuadamente a los sujetos que están en riesgo de exposición potencial a condiciones laborales peligrosas, de modo que los datos recopilados puedan reflejar con mayor precisión la condición de:

Criterios de inclusión: Se tuvieron en cuenta los roles, el contacto directo con la maquinaria tanto de extrusión como de el tren de reciclaje y el tiempo de exposición, adicional

deben tener contacto con el material particulado proveniente de la materia prima y los aditivos utilizados para los lotes de producción.

Criterios de exclusión: Trabajadores que se encuentren en tareas administrativas o no expuestos directamente al proceso de extrusión y clasificación, así como personas con antecedentes médicos diagnosticados de enfermedades pulmonares crónicas previas al ingreso laboral en la planta (como EPOC o asma no ocupacional) y que de acuerdo con las funciones asignadas no tiene contacto con las sustancias químicas de la operación.

5.3 Instrumentos

Equipo de medición:

Según Mastrantonio, M et, al. (2021), las mediciones higiénicas son necesarias para evaluar la exposición al polvo inhalable y respirable, con esto identificar la exposición al riesgo que se tiene, es importante mencionar que en el estudio higiénico ambiental que se realizó en la planta, se usó como equipo el monitor de partículas de aerosoles DustTrak™ II 8530 distribuido por la empresa HISEG E.I.R.L quienes señalan que el instrumento permite tener mediciones higiénicas en tiempo real, utilizando tecnología de fotometría láser para determinar concentraciones máscas, es decir, la cantidad de una sustancia contenida en una determinada masa de aire o mezcla, midiendo partículas tales como PM10, PM4, PM2.5 y PM1, clasificadas según su diámetro aerodinámico (rango de 0.1 a 10 micras); teniendo en cuenta que el propósito de este estudio es identificar los tipos de material en el aire, donde el valor permisible es de 0,025 mg/m³ de acuerdo a la guía técnica del sílice cristalina respirable (HISEG 2022).

Base de datos:

Es una herramienta muy útil para tener una colección de datos lógicamente coherente con significado inherente (Elmasri 2014), donde se tiene variables como antigüedad del personal,

genero, diagnósticos, relación de CIE10 de enfermedades comunes, son útiles y esenciales en una investigación ya que permiten el acceso a recursos confiables donde podemos lograr identificar la frecuencia de afectaciones por enfermedad común respiratoria, áreas afectadas, géneros con mayor relevancia, las cuales fueron brindadas por el departamento de seguridad y salud en el trabajo de la empresa Operación Logística JDF S.A.S (ver anexo 1).

5.4 Procedimientos

Como primer paso del proyecto de grado, se procedió con la obtención de los permisos requeridos para acceder a la información interna de Operación Logística JDF S.A.S, que incluyo los registros de incapacidades médicas y mediciones de higiene industrial emitidos con el apoyo de la ARL. Para ello, se redactó una carta de autorización dirigida al gerente de operaciones de la empresa, que detalló los objetivos, el alcance y el propósito del proyecto, así como los compromisos de confidencialidad del equipo de investigadores (ver anexo 1). La carta fue revisada por todos los miembros del proyecto y, una vez ajustada, se envió a la empresa para su firma. Como investigadores se coordinó una reunión entre el integrante que mantiene el contacto con la organización y la representante de Seguridad y Salud en el Trabajo, con el propósito de aclarar dudas y solidificar los acuerdos para el acceso a la información.

Se realizaron las mediciones higiénicas con el apoyo de la ARL y teniendo presente el profesional idóneo, para identificar las partículas que se encuentran en el ambiente en el área del tren de clasificación y extrusión, seguidamente se obtienen las bases de datos y se pasan por el software Power Query, donde aplicamos un ciclo riguroso de limpieza de datos que incluirá la eliminación de registros duplicados, la uniformización de formatos de fecha, el tratamiento de celdas vacías y la unificación de categorías como áreas de trabajo, diagnósticos y niveles de exposición. Con la base de datos estructurada, realizaremos un análisis estadístico en el que se

obtiene información relacionada con exposición por cargo, la frecuencia de enfermedades respiratorias, determinaremos la media, mediana y desviación estándar de las concentraciones detectadas en la planta de extrusión y aplicaremos la prueba de correlación de Spearman para identificar relaciones significativas entre la exposición a material particulado y la aparición de incapacidades por afecciones respiratorias. Los resultados se representarán en un tablero interactivo diseñado en Power BI, que ofrecerá una interpretación clara y dinámica de los hallazgos. Para finalizar, redactaremos las conclusiones y las recomendaciones tras la investigación realizada.

5.5 Análisis de información

Mediante el software Power Query, autores como Raviv, G. (2019) indica que es una herramienta de conectividad y transformación que permite a cualquier persona trabajar en un amplio conjunto de fuentes externas o datos locales para una fácil organización y análisis, evitando repetitividad y siendo eficaz, esto permitirá poder realizar el tratamiento de los conjuntos de datos heterogéneos. En este paso se importarán los archivos de mediciones higiénicas y registros de incapacidades en formato compatible, lo cual se organiza en un Excel y donde el programa unirá las tablas con la información de estudio.

Posteriormente, se procederá a la limpieza de los datos y una vez estén depuradas ambas tablas, se realizará una relación de datos utilizando campos comunes como la fecha, el área de trabajo (planta de extrusión y clasificación) y el puesto del trabajador expuesto. Esto permitirá vincular la exposición registrada en un periodo determinado con las incapacidades médicas ocurridas en ese mismo periodo de tiempo.

Con las bases de datos integradas y limpias, se aplicarán técnicas de análisis exploratorio de datos calculando la frecuencias de enfermedades respiratorias según los contaminantes

detectados y realizando una posible correlación entre la concentración de contaminantes y la frecuencia de incapacidades por afecciones respiratorias mediante la aplicación de la prueba de correlación de Spearman, se aplicará este tipo de correlación porque como lo menciona Yokoyama (2025), este método evalúa la relación monótona entre dos variables ordinales como una relación monótona permitiendo establecer si existe una relación significativa entre ambas variables.

5.6 Consideraciones éticas

Para esta investigación se tendrán presentes los principios de beneficencia centrados en la honestidad, respeto, equidad e integralidad de todos los actores de la investigación incluido el cumplimiento la legislación vigente, rechazo a cualquier acto ilícito y compromiso de denunciarlo de acuerdo con lo indicado en el código de ética de la Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO expidió el Acuerdo N.º 308 (2020). Para cumplir estos principios se tendrá presente la declaración de Helsinky (1964) por el cual se declara el principio de respeto a la persona, donde también se mantiene priorizar el bienestar de los trabajadores sobre los intereses de la ciencia y la sociedad, el principio de registro, publicación y difusión de los resultado, el principio de transparencia; así mismo la protección de datos contemplados en ley 1581 de 2012 en cumplimiento del artículo 4 y artículo 9 y la ley 1266 de 2008 se tendrá presente en el manejo de la información y recopilación de los datos recogidos, respetando los principios de administración de datos y circulación de la información

6 Cronograma

No.	Actividad	Tiempo (meses)		Producto
		Desde	Hasta	
1	Entrega de metodología (Titulo, problemas, objetivos, justificación)	05/05/2025	14/05/2025	Anteproyecto

2	Marcos de referencia (Teórico, legal e investigativo)	15/05/2025	21/05/2025	Anteproyecto
3	Entrega de Metodología de investigación (enfoque y alcance, caracterización de la población y contexto, formatos de registro de información)	22/05/2025	28/05/2025	Anteproyecto
4	Instrumento-	29/05/2025	15/06/2025	Resultados
5	Producto (Resultados y discusión)	16/06/2025	06/07/2025	Proyecto de investigación
6	Conclusiones y recomendaciones	07/07/2025	27/07/2025	Proyecto de investigación
7	Preparación para la socialización del proyecto de investigación	28/07/2025	03/08/2025	Proyecto de investigación
8	Socialización del proyecto de investigación	07/08/2025	23/08/2025	Proyecto de Grado

7 Presupuesto

RUBROS	Rubros propios	Contrapartida Empresa	TOTAL
1. Personal	\$100.000	\$0	\$100000
2. Equipos	\$500.000	\$0	\$500000
3. Software	\$0	\$0	\$0
4. Materiales e insumos	\$0	\$0	\$0
5. Viajes nacionales	\$2.000.000	\$0	\$2000000
6. Viajes internacionales	\$0	\$0	\$0
7. Salidas de campo	\$220.000	\$0	\$220.000
8. Servicios técnicos	\$0	\$0	\$0
9. Capacitación	\$2.000.000	\$0	\$2000000
10. Bibliografía: Libros, suscripción a revistas y vinculación a redes de información.	\$0	\$0	\$0
11. Difusión de resultados: Correspondencia para activación de redes, eventos	\$0	\$0	\$0
12. Propiedad intelectual y patentes	\$0	\$0	\$0
13. Otros	\$0	\$0	\$0
Total			\$4.820.000

6. Resultados y discusión

Una vez realizadas las mediciones higiénicas en las áreas de clasificación y extrusión donde se encuentran ubicados los 17 trabajadores de la población muestra de estudio y tabulada

la base de datos para las condiciones de salud de los trabajadores de la empresa Operación Logística JDF S.A.S. se obtiene la información que se detalla en la tabla 1:

Tabla 1.

Agentes contaminantes por exposición de acuerdo con el cargo

CARGO	CRISTOBALITA	CUARZO	SÍLICE CRISTALINA RESPIRABLE
OPERADOR DE ADITIVO	0,011 mg/m ³	0,0835 mg/m ³	0,0835 mg/m ³
OPERADOR DE EXTRUSOR	0,011 mg/m ³	0,0835 mg/m ³	0,0835 mg/m ³
OPERARIO DE PRODUCCION	0,0062 mg/m ³	0,0062 mg/m ³	0,0124 mg/m ³

Nota: Indica la cantidad de partículas contaminantes a la que se exponen los trabajadores en las áreas de estudio (autoría propia)

Según los datos observados, los cargos de operador de aditivo y operador de extrusor presentan una exposición mayor a micropartículas, siendo de 0,0835 mg/m³ de sílice cristalina respirable, mientras que el operario de producción registra 0,0124 mg/m³, ver tabla 1; es importante recordar que la exposición prolongada a sílice cristalina respirable, incluso por debajo del límite permisible de 0,05 mg/m³ establecido por la OSHA o 0,025 mg/m³ establecido por la ACGIH puede generar enfermedades como silicosis, enfermedades pulmonares obstructivas crónicas (EPOC) y cáncer de pulmón de acuerdo a NIOSH (2002) y IARC (2012).

Los componentes como cristobalita y cuarzo son reconocidos por su potencial dañino para el sistema respiratorio generando bronquitis persistente y fibrosis pulmonar, lo que los convierte en contaminantes pulmonares altamente peligrosos de acuerdo con Mossman, B. et, al. (2013), aclarando que la medición para el operario de aditivo y de extrusor es de 0,0835 mg/m³

para el cuarzo con límite permisible de 0,025 mg/m³ establecido por el fondo de riesgos laborales (2024).

Pérez-Alonso et al. (2014), evidenció que trabajadores expuestos a sílice en actividades industriales, incluso en concentraciones inferiores al umbral límite presentaban deterioro en la función pulmonar medido por espirometría. De manera similar, Rey, J. et al. (2023) destacan que la afectación pulmonar depende no solo de la concentración, sino también del tiempo de exposición y la falta de medidas preventivas como la ventilación localizada o el uso efectivo de elementos de protección respiratoria; confirmando la importancia de aplicar controles de administrativos de ingeniería y uso de EPP de acuerdo con lo establecido en la NTC 45 (2012).

Tabla 2.

Afectaciones respiratorias en el segundo semestre del año 2024

CIE 10	Diagnostico CIE 10	Cantidad de incapacidades	Frecuencia
J00X	Resfriado común (Rinitis aguda)	8	13%
J029	Faringitis	2	3%
J069	Infección de las vías respiratorias superiores	3	5%
J209	Neumonía por virus	1	2%
R104	Dolor abdominal no especificado	1	2%
R51X	Cefalea (dolor de cabeza)	2	3%

Nota: Autoría propia

Se puede evidenciar que en la tabla 2, que el resfriado común (J00X) es la enfermedad con mayor prevalencia, lo cual representa el 13% del total de afecciones de los casos reportados en el segundo semestre del 2024, tomando en cuenta lo citado por Pope, C. et, al. (2006) quienes indican que el resfriado común es una de las mayores enfermedades presentadas por exposición a contaminantes del aire. Con una frecuencia de 5% se tienen la infección de vías respiratorias (J069) y la faringitis (J029) con una frecuencia de 3%, que de acuerdo con Byun, G. et, al. (2025), la exposición a partículas finas (PM 2,5) y partículas gruesas (PM 10) incluso en niveles moderados, se asocia a con un incremento en casos de faringitis aguda y crónica (infección en vía respiratoria superior).

Considerando que 21% de las enfermedades reportadas, están relacionadas con infecciones del tracto respiratorio superior. Esto es importante, ya que estas patologías son comunes en actividades laborales donde hay exposición a material particulado propios de procesos industriales de acuerdo con lo indicado por Lange et al., (2020). enfatizamos en el hecho de que los trabajadores en entornos con polvo industrial están en mayor riesgo de sufrir de bronquitis crónica, EPOC y otras enfermedades respiratorias, debido a la exposición citado por Brodtkin, C. et al. (1993).

En cuanto a las fracciones más finas del material particulado (PM2,5 y partículas respirables), estas tienen la capacidad de penetrar profundamente hasta los alveolos pulmonares, desencadenando efectos sistémicos, tanto respiratorios como cardiovasculares. Según la OMS (2017), este tipo de partículas está asociado a un incremento en la incidencia de enfermedades respiratorias agudas, exacerbaciones de asma y hospitalizaciones por enfermedades pulmonares crónicas.

La presencia de enfermedades respiratorias frecuentes, aunque en su mayoría de carácter leve, no debe subestimarse, ya que reflejan una exposición ambiental persistente. Thiri6n-Romero, I. et al. (2017) subrayan que la recurrencia de patologías como la rinitis, faringitis y neumonía puede ser un indicativo de condiciones laborales que no mitigan adecuadamente los riesgos por contaminantes inhalables, generando ausentismo y disminuci6n en la calidad de vida de los trabajadores.

Por tanto, existe una clara coherencia entre los resultados obtenidos en campo (frecuencia de enfermedades) y la evidencia científica disponible, la cual respalda la necesidad de implementar medidas de control más estrictas en la planta para proteger la salud respiratoria del personal expuesto.

Cabe aclarar que para examinar las afectaciones respiratorias de los trabajadores de la planta en el segundo semestre del año 2024 se generó un esquema con las incapacidades por género, como se muestra a continuaci6n:

Tabla 3.

Incapacidades respiratorias recibidas por la empresa en el segundo semestre año 2024

Diagnostico CIE 10	Frecuencia por género				
	Femenino	Masculino	Total incapacidad	Femenino	Masculino
HSE	1	0	1	6%	0%
Logística	4	7	11	24%	41%

Diagnostico CIE 10	Frecuencia por género				
	Femenino	Masculino	Total incapacidad	Femenino	Masculino
Producción	1	4	5	6%	24%
Total general	6	11	17	35%	65%

Nota: Autoría propia

Con base en la información presentada en la tabla 3 de incapacidades respiratorias recibidas por la empresa durante el segundo semestre del año 2024, se evidencia una mayor proporción de afectación en trabajadores del sexo masculino con una frecuencia de 65%; en comparación con el sexo femenino con 35%, aunque de acuerdo a Pinkerton, K. et, al. (2015) las mujeres son más susceptibles a afectaciones respiratorias con una 1,5 más probabilidad de desarrollar EPOC; también debemos mencionar que la mayor parte de personal en la industria está formada por hombre conforme a Zabludovsky, G. (2020), quien señala que el género masculino forma parte de la mayoría de los operadores en la industria de servicios y transporte con una participación del 90,87%.

En la tabla 3 se evidencia el área de logística es la más afectada a incapacidades, esto debido a que existe una exposición prolongada a partículas que aumentan significativamente la incidencia de enfermedades como silicosis, la fibrosis, la enfermedad pulmonares obstructiva crónica (EPOC), diagnósticos de bronquitis aguda e infecciones respiratorias no especificadas de acuerdo conforme a Leung et al., (2012) e IARC (2012). Como se menciona en el párrafo anterior, hay mayor incidencia en el género masculino que del género femenino en donde las enfermedades indican afectación progresiva o crónica de las vías respiratorias inferiores,

posiblemente debido a la acumulación de contaminantes en los pulmones conforme a la OMS (2025), que habla sobre como la contaminación está destruyendo nuestra salud. Por tanto, el patrón de incapacidad respiratoria reportado refuerza la necesidad de implementar estrategias más estrictas de control ambiental, vigilancia médica y capacitación del personal sobre los riesgos de exposición a contaminantes respiratorios de acuerdo las recomendaciones de la OMS (2021).

Las enfermedades respiratorias derivadas de la exposición ocupacional a sílice cristalina y material particulado (PM10, PM2.5) son altamente prevalentes en sectores industriales, especialmente donde se manipulan minerales, agregados o materiales que generan polvo y sustancias químicas que afectan la salud de la población de acuerdo con Vasiliou, E. et, al. (2022), quienes indican hasta 33900 casos de mortalidad atribuibles entre otras a enfermedades respiratorias en un año.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2000), estas partículas, al ser inhaladas, pueden generar efectos crónicos como bronquitis, silicosis y cáncer pulmonar.

Por último, se relacionan medidas preventivas y de control para mitigar los riesgos asociados, para reducir la exposición a partículas y contaminantes en los lugares de trabajo de las plantas de reciclaje, es necesario implementar una serie de medidas de prevención y control, tanto técnicas como organizativas. Estas estrategias deben tener como objetivo reducir la concentración de contaminantes en el aire y proteger directamente la salud de los trabajadores expuestos y garantizar la seguridad de los trabajadores, conforme al reporte de la OMS (2021), que se enfoca en directrices para mejorar la calidad del aire y relaciona actividades de estudio con buenas prácticas para lograrlo.

Se plantea una relación de medidas preventivas teniendo en cuenta la jerarquización de los controles como se establece en la NTC 45 (2012), relacionadas a continuación:

Tabla 4.

Medidas de control relacionadas para prevención de afectaciones respiratorias

Tipo de medida	Medida preventiva aplicada	Evidencia de efectividad
Control de ingeniería	Cabinas de extracción localizada con filtros HEPA	Reducción de hasta 90% de partículas en aire respirado según NIOSH (2002)
Control de ingeniería	Humectación de materiales o uso de sistemas de supresión de polvo	Disminuye el material particulado en suspensión según IARC (2012)
Control administrativo	Rotación de personal expuesto / reducción del tiempo de exposición	Limita la dosis acumulada de exposición (MinTrab. 2021)
Monitoreo ambiental	Muestreo periódico de material particulado respirable (PM10 - PM2.5)	Permite tomar decisiones basadas en niveles reales (NIOSH, 2003; OMS, 2005).
Capacitación y cultura SST	Capacitación sobre riesgos del polvo y uso correcto de EPP	Mejora la adherencia al uso de controles y EPP de acuerdo con la CTN 81/SC 1 (s. f.)
Vigilancia epidemiológica	Evaluaciones periódicas de función pulmonar (espirometría)	Detecta enfermedades respiratorias tempranas según ATS/ERS (2005)
Protección personal	Uso obligatorio de respiradores con filtro P100 o NIOSH N95	Disminuye la exposición directa en más del 95% Según NIOSH (2008)

Nota: se elabora tabla basados en la información científica recopilada (autoría propia)

Se plantea como control de ingeniería la instalación de cabinas de extracción localizada con filtros HEPA en las zonas de mayor afectación a la salud como el área de logística de acuerdo con la tabla 3, que permite la reducción de hasta un 90% de las partículas presentes en el

aire respirado, según NIOSH (2002); estas medidas se recomiendan especialmente en puntos críticos de emisión.

También se sugiere la humectación o supresión de polvo mediante sistemas automáticos, ubicados en las zonas donde laboran el operador de aditivos y operador de extrusión, que conforme a la tabla 1 tienen mayor nivel de exposición; tomando en cuenta que estos equipos disminuyen significativamente el material particulado en suspensión de acuerdo con IARC (2012).

El uso obligatorio de respiradores con filtro P100 o NIOSH N95 es esencial cuando los controles de ingeniería no eliminan completamente el riesgo, pero estos equipos ayudan al personal mayormente expuesto a reducir más del 95% de la exposición directa (NIOSH, 2008).

Se debe realizar muestreo periódico del material particulado respirable (PM10, PM2.5) en las áreas donde labora el personal con mayor exposición, como se relaciona en la tabla 1 para evaluar los niveles reales de micropartículas en el aire; este control es clave para la toma de decisiones preventivas (NIOSH, 2003; OMS, 2005) y análisis de exposición del personal que influye en la identificación de riesgos; el uso correcto del EPP fortalece la adherencia a las medidas de control relacionadas por la OMS (2021) y adecuado uso de elementos de protección individual conforme a CTN 81/SC 1 (s. f.).

La formación periódica sobre los riesgos del polvo respirable, su impacto en la salud a todo el personal con el fin de prevenir accidentes de trabajo y enfermedades laborales de acuerdo con los riesgos identificados como se indica en el artículo 2.2.4.6.11 del decreto 1072 (2015).

La evaluación de la función pulmonar mediante espirometría dando prioridad al personal de logística, seguido por el personal de producción y por último las otras áreas de acuerdo con la tabla 3, en donde se sugiere exámenes aplicados periódicamente que permiten la detección

temprana de enfermedades respiratorias y el seguimiento de trabajadores expuestos (ATS/ERS, 2005).

7. Conclusiones

A través del estudio ambiental efectuado con el equipo DustTrak II 8530, se identificaron concentraciones críticas de material particulado respirable en áreas estratégicas de la planta, particularmente en la línea de extrusión. Los resultados evidenciaron niveles que superan los valores de referencia internacionalmente aceptados para sílice cristalina respirable y cuarzo, registrándose concentraciones de 0,0835 mg/m³.

Por medio de la base de datos, se pudo evidenciar que las enfermedades presentes en la población objeto de estudio corresponden principalmente a infecciones respiratorias agudas, tales como nasofaringitis aguda (J00X), infección aguda no especificada de las vías respiratorias superiores (J069) y bronquitis aguda no especificada (J209). Estas patologías mostraron un mayor predominio en los trabajadores expuestos directamente a partículas respirables, especialmente en las áreas de producción y logística, donde se encuentran los procesos de clasificación y extrusión.

Tras la revisión de los resultados obtenidos en las mediciones higiénicas y las investigaciones relacionadas, se evidenció que las estrategias implementadas para mitigar la exposición a material particulado se centran en la instalación de cabinas de extracción localizada con filtros HEPA, cuya eficiencia de reducción se estima en un 90%. De igual manera, se enfatiza la relevancia del uso permanente y correcto de los elementos de protección personal, seleccionados de acuerdo con el nivel de exposición, los cuales contribuyen a prevenir la aparición o progresión de enfermedades respiratorias, alcanzando una efectividad aproximada del 95%.

8. Recomendaciones

Entre las principales limitaciones identificadas en esta fase se destaca la dependencia exclusiva de diagnósticos médicos generales, los cuales no discriminan de forma precisa los tipos de afecciones respiratorias, dificultando así la trazabilidad de causas ocupacionales.

Uno de los limitantes y elementos que se debería incluir en el próximo estudio, sería la afectación en la salud respiratoria por exposición a gases resultantes del uso de aditivos empleados para la extrusión de plásticos reciclados.

Es necesario ampliar el espectro de contaminantes analizados, incluyendo compuestos orgánicos volátiles (COV), PUF (partículas ultrafinas), gases tóxicos como monóxido de carbono o formaldehído y bioaerosoles que podrían estar presentes en el ambiente industrial y afectar la salud respiratoria de los trabajadores para tener mayor comprensión de está.

Los datos indican que los trabajadores en áreas con mayores concentraciones de material particulado en suspensión son el grupo con mayor probabilidad de reportar enfermedades respiratorias donde se identifica al personal de logística y producción, resaltando la urgente necesidad de implementar medidas de control ambiental y vigilancia médica regular, especialmente en estas áreas de alto riesgo. Además, es crucial fortalecer las estrategias preventivas, la capacitación en el uso de equipos de protección personal (EPP), actualización de elementos de protección individual conforme evoluciona la industria de seguridad y la evaluación técnica continua de los niveles de exposición.

Si bien la OMS establece controles para la calidad del aire, se sugiere considerar los resultados de las mediciones, de afectaciones a la salud y posible existencia de otros químicos que se deberían medir, para determinar el impacto de la contaminación en las áreas a fin de

determinar con mayor profundidad los controles que pueden ser selectivos, asociados al reconocimiento del riesgo derivado.

Se propone estructurar una segunda fase de investigación con un enfoque más amplio, que contemple tanto aspectos técnicos como percepciones y experiencias del personal expuesto.

Asimismo, se recomienda la implementación de un enfoque mixto que combine métodos cuantitativos con herramientas cualitativas como entrevistas semiestructuradas, grupos focales o encuestas de percepción del riesgo. Esto permitiría enriquecer el análisis con la visión del trabajador, quien aporta información clave sobre condiciones reales de exposición, uso efectivo del EPP y síntomas percibidos que muchas veces no se reportan en los registros clínicos.

Se sugiere evaluar desde el área de procesos e investigación y desarrollo (I+D) la viabilidad de sustituir aditivos actualmente utilizados por alternativas menos agresivas, que cumplan su función sin comprometer la salud de los empleados. Esta medida, junto con una vigilancia médica ocupacional más especializada, permitirá una gestión más proactiva y sostenible del riesgo respiratorio en la planta.

Referencias bibliográficas

Agost, T. (2021). *Función pulmonar en trabajadores de reciclaje de residuos electrónicos de Santiago, Temuco y Chillán*. [Tesis de maestría, Universidad de Chile].

Repositorio académico de la universidad de Chile.

<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/181632>

Bamigboye, O., Alfred, M., Bayode, A., Unuabonah, E., & Omorogie, M. (2024). The growing threats and mitigation of environmental microplastics. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 6. 259–268. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2024.07.001>

Bayo, J., Baeza, C., González, M., García, E., López, J., Doval, M., & Vidal, C. (2024). Respiramos plástico: detección de microplásticos en el sistema respiratorio humano. *Revista de Salud ambiental*. 24(1), 107-116 <https://ojs.diffundit.com/index.php/rsa/article/view/1625>

Camacho, B (2008). La población y la muestra. En Y. Romero A. (Ed.) *Metodología de la investigación científica: Un camino fácil de recorrer para todos* (pp. 121 – 130) Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

<https://librosaccesoabierto.uptc.edu.co/index.php/editorial-uptc/catalog/view/124/154/3259>

Corporación Universitaria Minuto de Dios – UNIMINUTO. (2020, 5 de junio). *Código de Ética y Buen Gobierno – Acuerdo N.º 308 de 2020*.

https://portalweb-uniminuto.s3.us-east-1.amazonaws.com/activos_digitales/DocInstitucionales/Lineamientos%20y%20Manuales/Acu308CodigoEticaBuenGobierno.pdf

Daltry, A., Merone, L., & Tait, P. (2021). Plastic pollution: why is it a public health problem? *Australian and New Zealand Journal of Public Health*. 45(6), 535–537.

<https://doi.org/10.1111/1753-6405.13149>

Elmasri, R., & Navathe, S. (2014). Bases de datos y usuarios de bases de datos en M. Martin-Romo (Ed.), *Fundamentals of database systems* (pp. 3 - 25). Pearson Education
<https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w24566w/FundamentosDeSistemasDeBasesDeDatos.-1-69.pdf>

Engel, G. (2012). The Need for a New Medical Model: A Challenge for Biomedicine. *Psychodynamic Psychiatry* 40(3), 377 - 396
<https://ezproxy.uniminuto.edu/login?url=https://dx.doi.org/10.1521/pdps.2012.40.3.377>

Escobar, L., Arco, D., & del Carmen, O. (2022). Condiciones de salud y trabajo de los recicladores de oficio: revisión de alcance. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 38 (4) 643-652. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rins/v38n4/1726-4642-rins-38-04-643.pdf>

Gómez. S., Pacavita, J. (2024, 15). *Esenttia puso en operación nueva planta de resinas plásticas recicladas en Tocancipá*. Esenttia. <https://www.esenttia.co/noticias/esenttia-inaugura-nueva-planta-de-resinas-plasticas-recicladas-en-tocancipa/>

Freeman, C., Young, A., & Fuller, J. (1963). The plastics industry: a comparative study of research and innovation. *National Institute Economic Review*, 26(1) 22- 49. <https://doi.org.ezproxy.uniminuto.edu/10.1177/002795016302600103>

Ministerio de Trabajo. (2024). *Guía técnica de higiene y seguridad para la prevención y control de riesgo por exposición a sílice respirable*.
https://www.fondoriesgoslaborales.gov.co/wp-content/uploads/2024/07/Guia-Tecnica-de-Higiene-y-Seguridad-Silice-Cristalina-Respirable-DR-ML.DTO_.20724.pdf

Garcés, O., Saldarriaga, J., Espinosa, L., Patiño, A., Cúsba, J., Canals, M., Mejía, K., Fragozo, L., Sáenz, S., Córdoba, T., & Thiel, M. (2022). Microplastic pollution in water, sediments and commercial fish species from Ciénaga Grande de Santa Marta lagoon complex,

Colombian Caribbean. *Science of the Total Environment*. 829(154643) 1-13 <https://doi-org.ezproxy.uniminuto.edu/10.1016/j.scitotenv.2022.154643>

García-Mazanti, R., Alves Silva, T., Almeida Aragão, S., Novaes Nogueira, R., & Del Valhe Abi-Rached. (2024). Importancia de las evaluaciones médicas ocupacionales en la salud laboral: un análisis bibliométrico y una revisión rápida de la literatura. *Revista Perspectivas* 9(24) 121 - 147 <https://doi.org/10.26620/uniminuto.perspectivas.9.24.2024.121-147>

Comités técnicos de normalización (s. f.) *CTN 81/SC 1 - Protección individual*. UNE normalización española <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/comites-tecnicos-de-normalizacion/comite?c=CTN+81/SC+1>

Gray, P., Senabe, S., Naicker, N., Kgalamono, S., Yassi, A., & Spiegel, J. M. (2019). Workplace-Based Organizational Interventions Promoting Mental Health and Happiness among Healthcare Workers: A Realist Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 16(22) 1 - 22. <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/22/4396>

Heinrich, H. (1941). Basic Philosophy of accident prevention. En H. Conn (Ed.) *Industrial Accident Prevention. A Scientific Approach*. (pp. 32-35) McGraw Hill Book Company Inc. <https://archive.org/details/dli.ernet.14601/page/35/mode/2up>

Hernández, R., Fernández-Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Capítulo 3 Planteamiento cuantitativo del problema. En M. A. Toledo (Ed.) *Metodología de la investigación*. (pp. 34-57) McGraw-Hill Education. https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

Hernández, R., Fernández-Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Capítulo 5 definición del alcance de la investigación que se realizará: exploratorio, descriptivo, correlacional o

explicativo. En M. A. Toledo (Ed.) *Metodología de la investigación*. (pp. 88-101) McGraw-Hill Education.

https://apiperiodico.jalisco.gob.mx/api/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf

Hernández, O. (2021). Aproximación a los diferentes tipos de muestreo no probabilístico existentes. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 37(3).

http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252021000300002&lng=es&tlng=es.

HISEG E.I.R.L. (2022). *DustTrak™ II Aerosol Monitor Model 8530*: Product details. Hisegeirl. <https://www.higsegeirl.com/DustrackII-8530.html>

Brodkin, C.; Barnhart, S.; Anderson, G.; Checkoway, H.; & Omenn, G; (1993). Correlation between respiratory symptoms and pulmonary function in asbestos-exposed workers. *The American review of respiratory disease*, 148(1), (pp. 32–37). <https://www-proquest-com.ezproxy.uniminuto.edu/intermediateredirectforezproxy>

ICONTEC (2012). Guía técnica GTC 45: *Guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional* (2012).

http://132.255.23.82/sipnvo/normatividad/GTC_45_DE_2012.pdf

Instituto Nacional de Salud; Ministerio de Salud y Protección Social. (2023). *Identificación y caracterización toxicológica de micro plásticos como peligro por vía alimentaria* (Informe técnico). INS–MinSalud.

https://www.ins.gov.co/BibliotecaDigital/identificacion-y-caracterizacion-toxicologica-de-microplasticos-como-peligro-por-via-alimentaria.pdf?utm_source=chatgpt.com

International Agency for Research on Cancer (IARC). (2012). *Silica dust, crystalline, in the form of quartz or cristobalite*. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 100C, 355–405.

https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK304375/pdf/Bookshelf_NBK304375.pdf

Kulkarni, P., Baron, P. A., & Willeke, K. (2011) Part III applications. En P. A. Barón (Ed.) *Aerosol Measurement: Principles, Techniques, and Applications* (pp. 681 - 771). Jhon Wiley & Son

https://www.google.com.co/books/edition/Aerosol_Measurement/2VtsSKLsMY8C?hl=es&gbp=1

Lacava, J., Denaro, M., Gargarello, R., Bernabeu, P., & Schmaedcke, A. (2022). Evaluación de la presencia de microplásticos en playas del Río de la Plata: Ciudad de Buenos Aires y alrededores. *AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales*, 15(3), p. 1163–1173.

<http://hdl.handle.net/11336/222233>

Letcher, T. (2020). Introduction to plastic waste and recycling. En M. (Ed) *Trevor Plastic Waste and Recycling. Environmental Impact, Societal Issues, Prevention, and Solution*, (pp. 3-12) *Science Direct*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817880-5.00002-5>

Lignell, S., Aune, M., Darnerud, P., Hanberg, A., Larsson, S., & Glynn, A. (2013). Prenatal exposure to polychlorinated biphenyls (PCBs) and polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) may influence birth weight among infants in a Swedish cohort with background exposure: a cross-sectional study, *Environ. Health*. 12(44), 1–9.

<https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1476-069X-12-44>

López, P. (2004). Población muestra y muestreo. *Punto Cero*. 9(08), 69-74.

http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012&lng=es&tlng=es.

Mastrantonio, M., Civisca, A., Siciliano, E., Inglese, E., Lippolis, T., Pompei, D., Cococetta, L., & Scatigna, M., (2021). Exposure assessment to inhalable and respirable dust in the post-earthquake construction sites in the city of L'Aquila. *Journal of Occupational Health*, 63(1), e12296. <https://doi.org/10.1002/1348-9585.12296>

Mercado, F. (2022). *Análisis de datos con Power Query, Power Pivot y DAX*. (Tesis de titulación, Universidad de Atacama). Repositorio académico UDA CL <https://repositorioacademico.uda.cl/server/api/core/bitstreams/5b13af98-b6b6-4137-b2e0-cc3f30dc67c1/content>

Ministerio de salud y protección social (2020). *Calidad del aire: elemento importante en las enfermedades respiratorias*. Ministerio de Salud y Protección Social. [Calidad del aire: elemento importante en las enfermedades respiratorias](#)

Mossman, B. T., & Glenn, R. E. (2013). Bioreactivity of the crystalline silica polymorphs, quartz and cristobalite, and implications for occupational exposure limits (OELs). *Critical Reviews in Toxicology*, 43(8), 632 – 660. <https://doi.org/10.3109/10408444.2013.818617>

NIOSH. (2002). *Health Effects of Occupational Exposure to Respirable Crystalline Silica* (DHHS (NIOSH) Publication No. 2002–129). U.S. Department of Health and Human Services. <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2002-129/pdfs/2002-129.pdf>

NIOSH. (2020). *Criteria for a recommended standard: Occupational exposure to respirable crystalline silica* (NIOSH Publication No. 2020-114). U.S. Department of Health and

Human Services, Centers for Disease Control and Prevention.

<https://www.cdc.gov/niosh/docs/2020-114/>

Organización Mundial de la Salud (2017). *Preventing disease through healthy environments: a global assessment of the burden of disease from environmental risks.*

<https://www.who.int/publications/i/item/9789241565196>

Organización Mundial de la Salud. (2019). *WHO calls for more research into microplastics and a crackdown on plastic pollution.* <https://www.who.int/es/news/item/22-08-2019-who-calls-for-more-research-into-microplastics-and-a-crackdown-on-plastic-pollution>

Organización Mundial de la Salud. (2021). *Directrices mundiales de la OMS sobre la calidad del aire* <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/346062/9789240035461-spa.pdf>

Organización Mundial de la Salud. (2025). *La OMS indica Efectos de la contaminación atmosférica en la salud.* <https://www.who.int/es/news-room/spotlight/how-air-pollution-is-destroying-our-health>

Organización de las Naciones Unidas (2019). *Compromiso mundial para reducir los plásticos de un solo uso.* Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). <https://news.un.org/es/story/2019/03/1452961>

Ortega, C. (2017). *Exposición ocupacional a contaminación atmosférica de material particulado y enfermedades respiratorias laborales en trabajadores del sector de la construcción de edificaciones en Colombia.* (Trabajo de grado, Universidad CES). Repositorio CES.EDU <https://repository.ces.edu.co/server/api/core/bitstreams/b3e60008-adac-4084-b5daf2fb85a3c934/content>

Pérez-Alonso, J., Córdoba-Doña, J., Millares-Lorenzo, J., Figueroa-Murillo, E., García-Vadillo, C., & Romero-Morillo, J. (2014). Outbreak of silicosis in Spanish quartz conglomerate

workers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(1), 26 – 32.

<https://doi.org/10.1179/2049396713Y.0000000049>

Thiri6n-Romero, I., Gochicoa-Rangel, L., & Torre-Bouscoulet, L. (2017). «Neumología ocupacional y ambiental». Temas necesarios en la formaci6n del especialista en Medicina Respiratoria. *Revista Mexicana de Neumología Ideas y perspectivas*, 76(4), 201–210.

<https://www.scielo.org.mx/pdf/nct/v76n4/0028-3746-nct-76-04-295.pdf>

Pertuz, Y., Rebolledo, M., Vázquez, H., & Gil, M. (2021). Efectos para la salud respiratoria de los trabajadores que usan sustancias químicas en su medio laboral. Una revisi6n sistemática. *Revista Científica Salud Uninorte*. 38(2), 560-585.

<https://doi.org/10.14482/sun.38.2.616.2>

Pinkerton, K., Harbaugh, M., Han, M., Le, C., Van, L., Martin, W., Kosgei, R., Carter, E., Sitkin, N., Smiley-Jewell, S., & George, M. (2015). Women and lung disease: Sex differences and global health disparities. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 192(1), 11– 16. <https://doi.org/10.1164/rccm.201409-1740PP>

Pope, C. A., & Dockery, D. W. (2006). Health effects of fine particulate air pollution: Lines that connect. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 56(6), 709–742

<https://doi.org/10.1080/10473289.2006.10464485>

Prata, J., Silva, A., Walker, T., Duarte, A., & Rocha-Santos, T. (2020). COVID-19 pandemic repercussions on the use and management of plastics. *Environmental Science & Technology*, 54(13), 7760–7765.

<https://www.proquest.com/docview/2412988377?parentSessionId=JQxlsYACBBNcFY1BCwDi>

[mua7d%2FMXrYNNu2TJ79zMJ1U%3D&pq-](https://www.proquest.com/docview/2412988377?parentSessionId=JQxlsYACBBNcFY1BCwDi)

[origsite=summon&accountid=48797&sourcetype=Scholarly%20Journals](https://www.proquest.com/docview/2412988377?parentSessionId=JQxlsYACBBNcFY1BCwDi)

Proust, J., Godeau, D., Guillon, F., El Khatib, A. (2025). Diagnóstico de una enfermedad respiratoria profesional. *EMC - Tratado de Medicina*. 29(2), 1-6. [https://doi-org.ezproxy.uniminuto.edu/10.1016/S1636-5410\(25\)50391-4](https://doi-org.ezproxy.uniminuto.edu/10.1016/S1636-5410(25)50391-4)

Purkovic, S., Jovanovic, L., Zivkovic, M., Antonijevic, M., Dolicanin, E., Tuba, E., Bacanin, N., Spalevic, P. (2025). Audio analysis with convolutional neural networks and boosting algorithms tuned by metaheuristics for respiratory condition classification. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*. 36(10), 1-28
<https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2024.102261>

Ranzieri, S., & Corradi, M. (2021). Conducting spirometry in occupational health at COVID-19 times: international standards. *Medicina del Lavoro work, environment and health* 112(2), 95–106 <https://doi.org/10.23749/mdl.v112i2.11420>

Raviv, G. (2019). Introduction to Power Query. En T. MacDonald, E. Bru, S. Schroeder, T. Simpson & K. Wilson (Eds.), *Collect, Combine, and Transform Data Using Power Query in Excel and Power BI*. (pp. 31). Microsoft Press. <https://dokumen.pub/qdownload/collect-transform-and-combine-data-using-power-bi-and-power-query-in-excel-business-skills-1509307958-9781509307951.html>

Rey, J., Martínez, C., Candal, C., Perez, M., Varela, L., & Ruano, A. (2023). Occupational exposure to respirable crystalline silica and lung cancer: a systematic review of cut-off points. *Environmental Health*, 22(82), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12940-023-01036-0>

Rumchev, K., Van Hoang, D., & Lee, A. (2022). Case report: Exposure to respirable crystalline silica and respiratory health among Australian mine workers. *Frontiers in Public Health*, 10(798472). 1 – 7. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.798472>

Ryan, K., Brady, J., Cooke, R., Jonsen, A., King, P., Lebacqz, K. & Turtle, R. (1980). *Informe belmont principios éticos y directrices para la protección de sujetos humanos de investigación*. Organización Panamericana de la Salud.

<https://www.paho.org/es/documentos/informe-belmont-principios-eticos-directrices-para-proteccion-sujetos-humanos>

Seachrist, D., Bonk, K., Ho, S., Prins, G., Soto, A., & Keri, R. (2016). A review of the carcinogenic potential of bisphenol A. *Elsevier*. 59(6) 167–182. <https://doi-org.ezproxy.uniminuto.edu/10.1016/j.reprotox.2015.09.006>

Shaddick, G., Lee, D., Zidek, J., & Salway, R. (2008). Estimating exposure response functions using ambient pollution concentrations. *The Annals of Applied Statistics*. 2(4), 1249-1270. <https://www.jstor.org/stable/30245134>

Téllez, I., Lozano, N., Restrepo, H., & Carvajal, R. (2015). Alteraciones espirométricas por exposición a material particulado. *Revista Colombiana de Salud Ocupacional*, 5(2), 27-30. <https://doi.org/10.18041/2322-634X/rcso.2.2015.4900>

Tong, Y., Lin, L., Tao, Y., Huang, Y., Zhu, X., (2023). The occurrence, speciation, and ecological effect of plastic pollution in the bay ecosystems. *Science of The Total Environment* 857(3), 159601.

<https://ezproxy.uniminuto.edu/login?url=https://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.159601>

Townsend, M. (2020). Spirometry in the occupational setting: *Journal of occupational and environmental medicine*. 62(5), e208 – e230
https://journals.lww.com/joem/fulltext/2020/05000/spirometry_in_occupational_health_2020.15.aspx

Vasilios, E., Paraskevi, B., Stamatis, Zoras., (2022). In-Depth Study of PM2.5 and PM10 Concentrations over a 12-Year Period and Their Elemental Composition in the Lignite

Center of Western Macedonia, Greece. *Atmosphere* 13(11), 1900;

<https://doi.org/10.3390/atmos13111900>

Vethaak, A. D., & Legler, J. (2021). Microplastics and human health. *Science*, 371(6530), 672-674. <https://ezproxy.uniminuto.edu/login?url=https://dx.doi.org/10.1126/science.abe5041>

Wagner, M., Lambert, S. (2018). *Freshwater Microplastics: Emerging Environmental Contaminants?*. Springer Nature (pp. 80-100). <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-61615-5>

Yokoyama, R., Wang, K., Susuki, S., Miwa, S., & Okamoto, K. (2025). Determination of Spearman's rank correlation for melt spreading-solidification dynamics through the combination of integrated experiments and Monte Carlo method. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 242(1). 126831.


<https://ezproxy.uniminuto.edu/login?url=https://dx.doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2025.126831>

Zabludovsky, G. (2020). Mujeres y empresas: tendencias estadísticas y debates conceptuales. *Revista mexicana de ciencias políticas y sociales*. 65(240). 431 - 459

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-19182020000300431

ANEXOS

Anexo 1. Carta de autorización del proyecto por la Operación Logística JDF S.A.S



Tocancipá, Cundinamarca, 23 / 04 / 2025

Señores
Operación Logística JDF S.A.S.
Tocancipá.

Referencia: Autorización de ejecución de proyecto aplicado.

Mediante la presente, nos permitimos solicitar autorización para la ejecución del proyecto titulado **"AFECTACION DE VIAS RESPIRATORIAS POR EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO DE RESIDUOS DE RESINAS RECICLADAS (PCR)"** en las instalaciones de la planta de Reciclaje mecánico en Tocancipá, desplegado por los estudiantes:



- ✓ **Erika Hernández Delgado** cc: 1118198075 de Villanueva – Casanare
- ✓ **Delanis Polo Acosta** cc: 1005709902 de Cartagena - Bolívar
- ✓ **Luisa Arianis Pájaro Contreras** cc: 1121299518 de Hato Nuevo - Guajira,
- ✓ **Maximiliano Villalba** ce: CE 7749910
- ✓ **Visley Espinoza Salas** cc 1014180811 de Bogotá, estudiantes del programa *Especialización en Gerencia en Riesgos Laborales, Seguridad y Salud en el Trabajo* de la Corporación Universitaria Minuto de Dios.

Para la ejecución del proyecto como estudiantes y en nombre de la institución proponemos las siguientes garantías:

1. Persona asignada por la institución para acompañar, supervisar y facilitar el desarrollo del proyecto.
2. Acuerdo firmado por los estudiantes para garantizar la protección de la información sensible o reservada de la organización.
3. Garantía de que los estudiantes cumplirán con los reglamentos internos de la empresa, especialmente en temas de bioseguridad, comportamiento y confidencialidad.
4. Presentación de un cronograma detallado con fechas, actividades y responsables, validado por la institución y los docentes asesores.
5. Compromiso de entregar un informe técnico o académico con los resultados del proyecto, el cual será compartido con la empresa.

Así mismo, la institución se compromete a facilitar los siguientes recursos o insumos para el cumplimiento del proyecto aprobado:

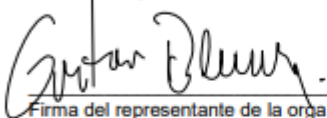
1. Entregar, de manera controlada y confidencial, los documentos, registros, formatos o datos necesarios para el análisis del proyecto, siempre que no comprometan la privacidad ni la operación crítica de la empresa.
2. Permitir el ingreso supervisado de los estudiantes a las áreas requeridas, bajo cumplimiento estricto de los protocolos de seguridad y normativas internas.



3. Facilitar la participación puntual de trabajadores en entrevistas, encuestas u observaciones planificadas, sin afectar significativamente sus funciones operativas.
4. Brindar soporte en la coordinación de reuniones, recolección de información o validación de actividades propuestas en el cronograma.
5. Respetar los plazos, condiciones y alcances definidos en conjunto con la institución educativa y los estudiantes, garantizando un entorno colaborativo.


Sin otro particular, agradezco la atención prestada.

Atentamente,



Firma del representante de la organización
Gustavo Benavides Acosta
CC: 1050966731 de Turbaco/Bolívar
Gerente de Operaciones

Anexo 2. Carta de autorización de proyecto



Bogotá, D.C. 18/ 07 / 2025

Señores
Gustavo Benavides Acosta
Gerente de Operaciones
Operación Logística JDF S.A.S.
Tocancipa

Referencia: Presentación de proyecto de investigación y autorización de publicación.

Mediante la presente, los estudiantes:

- ✓ Delanis Polo Acosta con documento 1.005.709.902 de Cartagena – Bolívar
- ✓ Erika Hernández Delgado con documento 1.118.198.075 de Villanueva – Casanare
- ✓ Maximiliano Alejandro Villalba con documento CE 7749910
- ✓ Visley Espinoza Salas con documento 1.014.180.811 de Bogotá – Cundinamarca, pertenecientes al programa *Especialización en Gerencia en Riesgos Laborales, Seguridad y Salud en el Trabajo* de la *Corporación Universitaria Minuto de Dios*, se permiten presentar el proyecto titulado: **AFECTACIÓN DE VIAS RESPIRATORIAS POR EXPOSICIÓN A MATERIAL PARTICULADO DE RESIDUOS DE RESINAS RECICLADAS (PCR) EN LA EMPRESA JDF S.A.S.** solicitando su autorización para desarrollarlo en la organización.

El proyecto estará bajo la orientación metodológica y temática de los docentes del programa y tiene como objetivo *Analizar las posibles afectaciones de las vías respiratorias en los trabajadores de la Planta de reciclaje mecánico en Tocancipá por la exposición al material particulado de residuos de resinas plásticas en la empresa*, para lo cual será necesario:

1. Bases de datos con información de las incapacidades del personal, donde se evidencie el cargo del operario, tipo de afectación y antigüedad en la empresa.
2. Mediciones de higiene realizadas en la empresa con énfasis en material particulado.


Al autorizar la participación, la empresa se verá beneficiada de la siguiente manera:

1. Recibir un documento con análisis de situación presente y observaciones conforme a las investigaciones científicas por exposición a micropartículas de plástico.
2. Examinar las afectaciones respiratorias en la planta y la incidencia de incapacidades con relación a este tipo de exposición.
3. Relación de las medidas preventivas o de control para mitigar los riesgos asociados al estudio.

Sin otro particular, agradecemos la confirmación de la autorización y aceptación, mediante carta de respuesta dirigida a la *Corporación Universitaria Minuto de Dios* con el nombre del proyecto y los estudiantes que lo proponen.

Atentamente,

©2024 Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. Todos los derechos reservados



Delanis Polo Acosta
1.005.709.902
ID: 1039215

Erika Fernández Delgado
1.118.198.075
ID: 1047173

Maximiliano Alejandro Villalba
7749910
ID: 1032567

za Salas
ID: 1033025

Firma de aceptación por parte de Operaciones Logísticas JDF S.A.S.

Gustavo Benavides Acosta
Gerente de Operaciones
CC: 1.050.986.731 de Turbaco - Bolívar

©2024 Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO. Todos los derechos reservados