

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Ambiental



TESIS

Estrategia de evaluación de la exposición a agentes químicos para la reducción de la inversión en los monitoreos ocupacionales en una empresa concretera

Para obtener el título profesional de Ingeniero de Higiene y Seguridad Industrial

Elaborado por:

Renzo Joel Paez Mendizabal

 [0009-0009-0831-6222](https://orcid.org/0009-0009-0831-6222)

Asesor:

Ing. Juan Edgardo Narciso Chávez

 [0000-0002-1419-3048](https://orcid.org/0000-0002-1419-3048)

LIMA - PERÚ

2025

Citar/How to cite	Paez Mendizabal [1]
Referencia/Reference	[1] R. Paez Mendizabal, "Estrategia de evaluación de la exposición a agentes químicos para la reducción de la inversión en los monitoreos ocupacionales en una empresa concretera"
Estilo/Style: IEEE (2020)	[Tesis], Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2025.

Citar/How to cite	(Paez, 2025)
Referencia/Reference	Paez, R. (2025), Estrategia de evaluación de la exposición a agentes químicos para la reducción de la inversión en los monitoreos ocupacionales en una empresa concretera. [Tesis, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional Cybertesis UNI.
Estilo/Style: APA (7ma ed,)	

Dedicatoria

A mis padres

*Maritza Mendizabal Orozco y Jhoe Paez Jacay, por haberme siempre
educado en principios y valores; y por sobretodo, tener la sabiduría para
tolerarme.*

A mi hermano

*Fernando Paez Mendizabal, por brindarme siempre su apoyo.
A todos aquellos familiares, amigos y colegas siempre presentes en los
momentos más felices y difíciles de mi vida.*

Agradecimientos

A mi madre Maritza y padre Jhoe, por sus consejos que constantemente me brinda.
A mi asesor Juan Narciso, por el tiempo y conocimientos brindados en la elaboración de la presente tesis.

Resumen

Esta tesis se adentra en la evaluación de agentes químicos en el ámbito laboral, focalizándose en Unión de Concreteras S.A. (UNICON), una empresa de concreto premezclado. Se aborda la complejidad de esta evaluación, considerando la diversidad de riesgos asociados. Las enfermedades laborales, según informes de la OIT y la OMS, provocan un número significativo de muertes anuales globalmente.

En UNICON y organizaciones similares, los monitoreos ocupacionales enfrentan dificultades para obtener mediciones representativas debido a diversos factores, desde la variedad de productos químicos hasta condiciones laborales cambiantes. Las limitaciones técnicas y costos adicionales complican la obtención de mediciones en toda la jornada laboral de cada trabajador.

Como solución, se propone medir grupos de exposición similar (GES) y aplicar pruebas estadísticas para obtener mediciones representativas y económicas. El objetivo principal es implementar una estrategia que reduzca la variabilidad y ahorre recursos. Los objetivos específicos incluyen pruebas de conformidad y validación para GES y pruebas estadísticas para verificar el cumplimiento de Límites Máximos Permisibles (LMP).

Las conclusiones resaltan que la estrategia implementada redujo costos en monitoreos de agentes químicos, garantizando mediciones representativas y conformidad legal. Se destaca el ahorro económico y el uso de herramientas electrónicas para agilizar el análisis de resultados. Este enfoque no solo optimiza recursos, sino que también contribuye a la seguridad y salud ocupacional en la industria del concreto premezclado.

Palabras clave — Gestión de riesgos químicos, evaluación de agentes químicos, monitoreo ocupacional, grupos de exposición similar (GES), seguridad en la construcción.

Abstract

This thesis delves into the evaluation of chemical agents in the workplace, focusing on “Unión de Concreteras” S.A. (UNICON), a ready-mix concrete company. The complexity of this evaluation is addressed, considering the diversity of associated risks. Occupational diseases, according to reports from the ILO and WHO, cause a significant number of deaths annually globally.

At UNICON and similar organizations, occupational monitoring faces difficulties in obtaining representative measurements due to various factors, from the variety of chemicals to changing working conditions. Technical limitations and additional costs complicate obtaining measurements throughout each worker's workday.

As a solution, it is proposed to measure groups of similar exposure (GES) and apply statistical tests to obtain representative and economical measurements. The main objective is to implement a strategy that reduces variability and saves resources. Specific objectives include conformance and validation testing for GES and statistical testing to verify compliance with Maximum Permissible Limits (MPL).

The conclusions highlight that the implemented strategy reduced costs in monitoring chemical agents, guaranteeing representative measurements and legal compliance. The economic savings and the use of electronic tools to speed up the analysis of results are highlighted. This approach not only optimizes resources, but also contributes to occupational safety and health in the ready-mix concrete industry.

Keywords — Chemical risk management, evaluation of chemical agents, occupational monitoring, similar exposure groups (SEG), construction safety.

Tabla de Contenido

	Pág.
Resumen	V
Abstract	VI
Introducción.....	XV
Capítulo I. Parte Introductoria del Trabajo.....	1
1.1 Generalidades	1
1.2 Descripción del problema de investigación	1
1.3 Objetivos	3
1.3.1 Objetivo General	3
1.3.2 Objetivos Específicos	3
1.4 Antecedentes	3
1.4.1 Determinación del Nivel de Exposición Ocupacional en una Empresa de Construcción:..	3
1.4.2 Diseño de un Programa Anual de Higiene Ocupacional en una Empresa Minera:.....	4
1.4.3 Material particulado y su incidencia en alteraciones respiratorias en los trabajadores de la construcción en viviendas rurales TIPO MIDUVI.....	4
1.4.4 Propuesta de un programa de seguridad e higiene en la minera Rodríguez & Asociados:.....	4
1.4.5 Valoración y Mitigación de Riesgos de Salud por Polvo en Construcciones de Túneles en Chongqing:	4
1.4.6 Evaluación de Riesgos para Mejorar la Seguridad en Proyectos de Construcción:.....	5
1.4.7 Monitoreo del aire para exposiciones peligrosas para la salud en la industria de la construcción:..	5

1.4.8	Nuevo método para la identificación y cuantificación de contaminantes atmosféricos en sitios de construcción:	6
1.4.9	Evaluación de Riesgos de SVOC en Edificios Chinos y Sus Efectos en la Salud.....	6
1.5	Hipótesis de la investigación	7
1.5.1	Hipótesis general	7
1.5.2	Hipótesis específicas.....	7
Capítulo II: Marco teórico y conceptual		8
2.1	Higiene Industrial.....	8
2.1.1	Ramas de la Higiene Ocupacional	11
2.1.2	Objetivos de los Programas de Higiene Ocupacional	11
2.1.3	Estrategia de Evaluación de la Exposición	12
2.2	Contaminantes Químicos	14
2.2.1	Por la Forma de Presentarse.	14
2.2.2	Por sus Efectos sobre los Organismos.....	16
2.3	Grupos de Exposición Similar.....	17
2.3.1	Estableciendo los Grupos de Exposición Similar por Observación	18
2.3.2	Estableciendo los Grupos de Exposición Similar por Muestreo	19
2.3.3	Enfoque Combinado por Observación y por Muestreo	20
2.3.4	Validación de los Grupos de Exposición Similar (GES)	20
2.3.5	Método Gráfico para Validación de Grupo de Exposición Similar (GES).....	21
2.4	Valores Límites de Umbral	24
2.4.1	Definiciones, Terminología, Unidades TLV.....	24
2.4.2	Evaluación Preliminar de Comparación con los Límites Máximos Permitidos (LMP).....	26
2.4.3	Prueba estadística de comparación de los resultados con los LMP	27
2.5	Reevaluación Periódica de Exposición	27

2.6	Reducción de costos en monitoreos ocupacionales	28
2.7	Normativa Nacional	29
2.7.1	Análisis de las bases fundamentales de la Constitución Política del Perú en Seguridad y Salud en el Trabajo	29
2.7.2	Análisis de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo en Perú.....	30
2.7.3	Decreto Supremo N° 005-2012-TR: Reglamento de la Ley N° 29783 - Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.	31
2.7.4	Análisis del D.S. 015-2005 S.A.: Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo	32
2.8	Análisis de la Normativa Internacional sobre Seguridad y Salud de los Trabajadores.....	33
2.8.1	UNE – EN 689:2019 Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional.	35
Capítulo III: Desarrollo del trabajo de investigación		36
3.1	Validación del Grupo de Exposición Similar	36
3.1.1	Método Gráfico:	36
3.1.2	Prueba Preliminar de Comparación con LMP:.....	36
3.1.3	Prueba Estadística de Comparación con LMP:	36
3.1.4	Reevaluación Periódica de Exposición:.....	37
3.1.5	Tabla de Intervalo de Reevaluación Periódica:	37
3.1.6	Tabla de Intervalo en Prueba Estadística:.....	37
Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados		39
4.1	Evaluación de la exposición a agentes químicos.....	39
4.1.1	Identificación de agentes químicos en el centro de trabajo	39
4.1.2	Revisión de los factores de exposición del lugar de trabajo.	40
4.2	Estrategia de muestreo	42
4.2.1	Constitución de los grupos de exposición similar	42

4.2.2	Especificación del procedimiento de medición	43
4.3	Validación de resultados de medición y grupos de exposición similar	45
4.3.1	Validación de los resultados de medición	45
4.3.2	Validación de los grupos de exposición similar	47
4.4	Comparación de los resultados con los límites máximos permisibles (LMP).....	54
4.4.1	Prueba preliminar	54
4.5	Reevaluación Periódica	65
4.6	Costos asociados a las reevaluaciones periódicas de los GES	67
Conclusiones		70
Recomendaciones		72
Referencias bibliográficas		74
Anexos		77

Índice de Figuras

Figura 1	Etapas de la gestión de la higiene industrial	9
Figura 2	Alcance de la higiene ocupacional.....	10
Figura 3	Ramas de la Higiene Ocupacional. (Mapfre, 1996).....	11
Figura 4	Estrategia para Evaluar y Gestionar Exposición Ocupacional.....	13
Figura 5	Clasificación de aerosoles	15
Figura 6	Clasificación de Contaminantes Químicos por sus efectos sobre los organismos.....	17
Figura 7	Clasificación de los Grupos de Exposición Similar por Observación.....	19
Figura 8	Diagrama de Exposición (mg/m ³) x Probabilidad Logarítmica*100.....	23
Figura 9	Extracto del Método Analítico de NIOSH 0500 para la medición de partículas totales.....	44
Figura 10	Extracto del Método Analítico de NIOSH 0500 para la medición de partículas respirables.....	45
Figura 11	Gráfico de probabilidad logarítmica de mediciones de polvo respirable del GES Chofer Operador de Mixer.	47
Figura 12	Gráfico de probabilidad logarítmica de mediciones de polvo respirable del GES Operador de Planta	48
Figura 13	Gráfico de probabilidad logarítmica de medidas de polvo respirable del GES Supervisor de Producción.....	48
Figura 14	Gráfico de probabilidad logarítmica de mediciones de polvo respirable del GES Técnico de Trabajo Interno.	49
Figura 15	Gráfico de probabilidad logarítmica de mediciones de polvo respirable del GES Técnico de Control de Calidad.....	49
Figura 16	Gráfico de probabilidad logarítmica de los datos de medición de polvo respirable del GES Operador de Cargador Frontal.....	50

Figura 17 Gráfico de probabilidad logarítmica de mediciones de polvo respirable del GES de Jefe de Planta, Administrador de Planta, Administrador de Transporte y Supervisor HSE.....	50
Figura 18 Gráfico de probabilidad logarítmica de las mediciones de polvo inhalable del GES Chofer Operador de Mixer.	51
Figura 19 Gráfico de probabilidad logarítmica de mediciones de polvo inhalable del GES Chofer Operador de Planta.....	51
Figura 20 Gráfico de probabilidad logarítmica de los datos de medición de polvo inhalable del GES Supervisor de Producción.....	52
Figura 21 Gráfico de probabilidad logarítmica de los datos de medición de polvo inhalable del GES Técnico de Trabajo Interno.	52
Figura 22 Gráfico de probabilidad logarítmica de los datos de medición de polvo inhalable del GES Técnico de Control de Calidad.....	53
Figura 23 Gráfico de probabilidad logarítmica de los datos de medición de polvo inhalable del GES Operador de Cargador Frontal - 1	53
Figura 24 Gráfico de probabilidad logarítmica de los datos de medición de polvo inhalable del GES Operador de Cargador Frontal - 2	54
Figura 25 Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PI-01	55
Figura 26 Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PI-02.....	56
Figura 27 Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PI-03.....	56
Figura 28 Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PI-04	57
Figura 29 Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PI-05.....	57

Figura 30 Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PI-06	58
Figura 31 Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PI-07	58
Figura 32 Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PR-01.	59
Figura 33 Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PR-02.	59
Figura 34 Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PR-03.	60
Figura 35 Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PR-04.	60
Figura 36 Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PR-05.	61
Figura 37 Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PR-06.	61
Figura 38 Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PR-07.	62

Índice De Tablas

Tabla 1:	Objetivos de los Programa de Higiene Ocupacional	11
Tabla 2	Mediciones de exposición con los valores asociados de probabilidad para su representación en un diagrama de probabilidad	22
Tabla 3	Intervalo de Reevaluación Periódica.....	28
Tabla 4	Intervalo de reevaluación periódica en prueba estadística.....	38
Tabla 5	Listado de agentes químicos en el centro de trabajo	39
Tabla 6	Revisión de factores de exposición del lugar de trabajo.	41
Tabla 7	Clasificación del Grupos de Exposición Similar por tarea	42
Tabla 8	Mediciones por GES (Grupo de Exposición Similar).....	46
Tabla 9	Resultados de comparación de mediciones por cada GES con el LMP.....	64
Tabla 10	Criterios de Intervalos de Reevaluación Periódica.....	65
Tabla 11	Determinación de los Periodos de Reevaluación.....	66
Tabla 12	Resultados de la Inversión antes y después de aplicar la estrategia	68

Introducción

En el contexto laboral global, los entornos de trabajo se han vuelto cada vez más complejos debido a la diversidad de riesgos asociados con la exposición a agentes físicos, químicos y biológicos. Este fenómeno ha resultado que la gestión de la higiene ocupacional y en específico la gestión de la exposición a agentes químicos se ha convertido en un desafío crucial para salvaguardar la salud y el bienestar de los trabajadores.

En el caso específico de Unión de Concreteras S.A. (UNICON), una empresa especializada en la fabricación de concreto premezclado, la realización de monitoreos ocupacionales es una práctica anual dirigida a evaluar los agentes ocupacionales que podrían dar lugar a enfermedades profesionales. Sin embargo, la obtención de mediciones representativas y la demostración de conformidad con los límites máximos permisibles (LMP) en los monitoreos de agentes químicos se han revelado como desafíos significativos.

Las dificultades inherentes radican en la diversidad de productos químicos que afectan la exposición, la introducción de nuevos procesos, las variadas condiciones de trabajo, la distancia variable del trabajador a las fuentes de emisión y una serie de parámetros que impactan en la precisión de las mediciones.

Esta problemática conlleva la necesidad de realizar un número significativo de mediciones en los monitoreos ocupacionales, lo cual resulta inviable para la mayoría de los agentes químicos debido a limitaciones técnicas y costos asociados.

En este contexto, la presente tesis propone una estrategia que proporciona a los empleadores y otros interesados un marco claro para abordar la variabilidad en las mediciones. La toma de muestras pertenecientes al grupo de exposición similar (GES) se destaca como una herramienta esencial, y la aplicación de pruebas estadísticas refuerza la confiabilidad de las conclusiones sobre conformidad.

La necesidad de implementar esta estrategia surge de la complejidad creciente del entorno laboral y la importancia de gestionar eficazmente la higiene ocupacional,

reduciendo al mismo tiempo la variabilidad de la exposición a agentes químicos con el menor uso de recursos, lo que podría traducirse en un ahorro económico para la empresa.

Capítulo I. Parte Introductoria del Trabajo

1.1 Generalidades

En el entorno laboral moderno, caracterizado por una rápida industrialización y expansión urbana, emergen retos significativos en la gestión de la seguridad y la salud ocupacional. La construcción, en particular, destaca por su vital contribución al crecimiento económico y por los riesgos que implica, especialmente en relación con la exposición a agentes químicos. La gestión de estas sustancias no solo presenta desafíos para la salud de los trabajadores, sino que también pone a prueba la capacidad de las empresas y reguladores para mantener las normativas de seguridad.

En este escenario, la evaluación precisa de la exposición a agentes químicos es fundamental para identificar y mitigar riesgos, permitiendo la implementación de estrategias preventivas efectivas. No obstante, llevar a cabo estas evaluaciones de manera eficaz es complejo y costoso, lo que impulsa a las empresas a buscar métodos que optimicen los recursos sin comprometer la seguridad de los empleados.

Este estudio se enfoca en desarrollar y aplicar una estrategia confiable de evaluación de agentes químicos que también contribuya a reducir los costos asociados con los monitoreos ocupacionales en una empresa productora de concreto. Se espera que los resultados no solo mejoren la seguridad en el lugar de trabajo, sino que también proporcionen un modelo replicable que otras empresas del sector puedan adoptar, promoviendo un entorno laboral más seguro y sostenible. Este enfoque está diseñado para superar los obstáculos técnicos y económicos relacionados con la evaluación de riesgos químicos y mejorar la gestión de la seguridad y salud en el trabajo de manera eficiente.

1.2 Descripción del problema de investigación

La realidad problemática que motiva esta investigación se sitúa en el contexto de Unión de Concreteras S.A. (UNICON), una empresa especializada en la fabricación de concreto premezclado. En consonancia con las prácticas comunes en la industria, UNICON

lleva a cabo monitoreos ocupacionales anuales con el objetivo de evaluar la exposición de sus trabajadores a agentes químicos que podrían derivar en enfermedades profesionales.

Sin embargo, la gestión efectiva de la exposición a agentes químicos se ha vuelto un desafío considerable para la empresa y otras organizaciones similares. La complejidad de los entornos laborales contemporáneos, caracterizados por la diversidad de riesgos asociados con la exposición a agentes físicos, químicos y biológicos, ha generado obstáculos significativos en la obtención de mediciones representativas y en la demostración de conformidad con los Valores Límites Permisibles (LMP).

La problemática se manifiesta en la variabilidad de los productos químicos presentes en el ambiente laboral de UNICON, la introducción continua de nuevos procesos, las condiciones de trabajo diversas, la distancia variable del trabajador a las fuentes de emisión y la influencia de diversos parámetros en la precisión de las mediciones. Esta complejidad ha llevado a la empresa a la necesidad de realizar un número significativo de mediciones en los monitoreos ocupacionales, enfrentando limitaciones técnicas y costos asociados.

A nivel global, la situación se agrava, ya que la exposición a agentes químicos en el trabajo está vinculada a un riesgo sustancial de enfermedades profesionales. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), las enfermedades profesionales causan 2.02 millones de muertes anuales (OIT, 2013), subrayando la urgencia de abordar eficazmente la gestión de la higiene ocupacional.

La presente investigación busca ofrecer una solución integral a esta realidad problemática. Se propone una estrategia que, mediante la toma de muestras pertenecientes al grupo de exposición similar (GES) y la aplicación de pruebas estadísticas, permita abordar la variabilidad en las mediciones, optimizando recursos y reduciendo la necesidad de un elevado número de mediciones para la evaluación de agentes químicos. Este enfoque busca no solo cumplir con los estándares de conformidad sino también contribuir al bienestar de los trabajadores y promover prácticas laborales seguras y sostenibles en el ámbito de la industria del concreto premezclado.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo General*

- Implementar una estrategia de evaluación a agentes químicos de alta confiabilidad para la reducción de costos en los monitoreos ocupacionales de una empresa concretera.

1.3.2 *Objetivos Específicos*

- Implementar una prueba de conformidad de los Grupos de Exposición Similar (GES) para la realización de mediciones representativas en los trabajadores de una Planta Concretera.
- Implementar una prueba de conformidad estadística de Valores Límites Permisibles para para la realización de mediciones representativas en los trabajadores de una Planta Concretera.

1.4 Antecedentes

La literatura existente proporciona valiosos antecedentes que abordan la evaluación y gestión de la exposición ocupacional a agentes químicos y físicos en diversas industrias. A continuación, se resumen los aportes más relevantes:

1.4.1 *Determinación del Nivel de Exposición Ocupacional en una Empresa de Construcción:*

Arango Jayo, (2017), de la Universidad Nacional de Ingeniería realizó un estudio exhaustivo sobre “determinación del nivel de exposición ocupacional a agentes químicos y físicos en una empresa de la industria de la construcción”. El trabajo se desarrolló en tres etapas, desde la identificación de procesos y puestos de trabajo hasta la valoración de niveles de exposición. El autor destacó la importancia de distribuir los grupos de exposición similar (GES) para una evaluación representativa y confiable (Arango Jayo, 2017).

1.4.2 *Diseño de un Programa Anual de Higiene Ocupacional en una Empresa Minera:*

Poma Beltrán (2014) de la Universidad Nacional de Ingeniería propuso un programa anual de higiene ocupacional aplicando la metodología de estrategia de muestreo NIOSH 77-173 para los agentes de ruido y material particulado en una empresa minera. Su enfoque busca clasificar con precisión las exposiciones de los trabajadores para una gestión más efectiva del control de riesgos (Poma Beltrán, 2014).

1.4.3 *Material particulado y su incidencia en alteraciones respiratorias en los trabajadores de la construcción en viviendas rurales TIPO MIDUVI*

Escudero Andino (2017) de la Universidad Técnica de Ambato presentó un programa de prevención de alteraciones respiratorias que permite controlar los factores de riesgos en la fuente, en el medio y en la persona en base analizar el nivel de material particulado y su incidencia en las alteraciones respiratorias en las actividades que realizan los trabajadores de la construcción. (Escudero Andino, 2017).

1.4.4 *Propuesta de un programa de seguridad e higiene en la minera Rodríguez & Asociados:*

Ochoa Rodríguez (2010) de la Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador propuso un Plan de Seguridad Industrial adecuado para la Sociedad Minera Rodríguez & Asociados con el fin de disminuir el nivel de gasto por diversas causas sean estas, indemnización por accidentes laborales, mal utilización de técnicas en la actividad minera y/o carencia de conocimientos en seguridad por parte de los trabajadores. (Rodríguez, 2010).

1.4.5 *Valoración y Mitigación de Riesgos de Salud por Polvo en Construcciones de Túneles en Chongqing:*

En el estudio realizado por Chen et al. (2019), se investigaron los riesgos de salud asociados con la exposición al polvo en las construcciones de túneles mediante rozadoras, específicamente en Chongqing, China. La metodología empleada combinó mediciones en sitio con la evaluación del año de vida ajustado por discapacidad (AVAD) y la disposición

a pagar (DAP) para asignar un valor económico al riesgo de salud. Un hallazgo clave fue la efectividad de las máscaras en la mitigación del riesgo, demostrando una reducción de este en un 82% bajo condiciones ideales de uso. Los datos recalcan la necesidad de fortalecer las estrategias de control de polvo, especialmente en las fases más riesgosas de la construcción de túneles (Chen et al., 2019).

1.4.6 *Evaluación de Riesgos para Mejorar la Seguridad en Proyectos de Construcción:*

En el artículo de Sanni-Anibire et al. (2019) titulado "Un enfoque de evaluación de riesgos para mejorar el desempeño de la seguridad en la construcción" destaca la alta incidencia de accidentes en la industria de la construcción y los esfuerzos insuficientes para mitigar estos riesgos a pesar de las políticas existentes. El estudio desarrollado por Sanni-Anibire et al. (2019) se centra en un enfoque de evaluación de riesgos utilizando comparaciones por pares y encuestas para asignar puntajes a diferentes tipos de accidentes y sus causas, basados en datos de profesionales en sitios de construcción en Arabia Saudita. El accidente más común identificado fue la caída de objetos, atribuida principalmente a vientos excesivos. Este enfoque se aplicó a un proyecto específico, y los resultados indicaron un rendimiento de seguridad de 2,33 sigma, sugiriendo un número significativo de accidentes potenciales. El estudio concluye con recomendaciones para mejorar estas cifras en futuros proyectos.

1.4.7 *Monitoreo del aire para exposiciones peligrosas para la salud en la industria de la construcción:*

Johnson y LeBouf (2017) abordan la monitorización del aire para exposiciones a riesgos de salud en la industria de la construcción. El artículo destaca la importancia de este monitoreo en entornos laborales donde se presentan exposiciones peligrosas. Se discuten las estrategias de monitoreo del aire y su relevancia para evaluar y mitigar los riesgos para la salud de los trabajadores. Los autores enfatizan la necesidad de implementar medidas efectivas de monitoreo para proteger la salud de los trabajadores en la industria de la construcción.

1.4.8 *Nuevo método para la identificación y cuantificación de contaminantes atmosféricos en sitios de construcción:*

Gennaro et al. (2018) presentan un nuevo método para la identificación y cuantificación de contaminantes del aire peligrosos en sitios de construcción. El artículo detalla el desarrollo y la validación de este método, que se centra en mejorar la precisión y la eficiencia de la evaluación de la calidad del aire en entornos de construcción. Este enfoque innovador combina técnicas analíticas avanzadas con tecnologías de muestreo específicas para capturar y analizar una amplia gama de contaminantes. Los autores destacan la importancia de esta investigación para mejorar la gestión de la salud y la seguridad en la industria de la construcción al proporcionar una herramienta confiable y precisa para la identificación temprana y la cuantificación precisa de contaminantes del aire en sitios de construcción.

1.4.9 *Evaluación de Riesgos de SVOC en Edificios Chinos y Sus Efectos en la Salud.*

El artículo "Efectos sobre la salud de la exposición a compuestos orgánicos semivolátiles en interiores en el entorno de los edificios chinos: una revisión sistemática" por Ataei et al. (2022), aborda la relevancia de los compuestos orgánicos semivolátiles (SVOC) como contaminantes significativos en ambientes interiores. La investigación sistemática evalúa 12 estudios que documentan la relación entre la exposición a SVOC y problemas de salud específicos en China. Los hallazgos indican que ciertos hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP) están asociados con un aumento del riesgo de cáncer de pulmón, mientras que los ftalatos están vinculados a enfermedades respiratorias como el asma y a reacciones alérgicas en diferentes grupos de edad. A pesar de las evidencias encontradas, el artículo recalca la necesidad de más estudios para afirmar conclusivamente estas asociaciones y para establecer normas de control de SVOC más eficaces en China.

En su revisión sistemática, Ataei et al. (2022) exploran cómo la exposición a compuestos orgánicos semivolátiles (SVOC) en ambientes interiores afecta la salud en

China. Analizando doce estudios relevantes, encontraron evidencias de que la exposición a hidrocarburos aromáticos policíclicos puede estar relacionada con un incremento en el riesgo de cáncer de pulmón. Además, varios estudios sobre ftalatos indicaron relaciones significativas con condiciones respiratorias como el asma y reacciones alérgicas en niños y adultos jóvenes. Aunque estos hallazgos son prometedores, los autores enfatizan la necesidad de investigación adicional para confirmar estas asociaciones y mejorar los estándares de control ambiental de SVOC en China (Ataei et al., 2022).

Estos antecedentes proporcionan una base sólida para la presente investigación al ofrecer una variedad de enfoques y metodologías para la evaluación de riesgos ocupacionales. Sin embargo, se debe realizar un análisis crítico para adaptar y aplicar estas ideas de manera efectiva al contexto específico de una empresa concretera, con el objetivo de implementar una estrategia que reduzca los costos en los monitoreos ocupacionales sin comprometer la seguridad de los trabajadores.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 *Hipótesis general*

- H_0 : La estrategia de evaluación a agentes químicos logrará la reducción de costos en los monitoreos ocupacionales de una Empresa Concretera.
- H_A : La estrategia de evaluación a agentes químicos no logrará la reducción de costos en los monitoreos ocupacionales de una Empresa Concretera.

1.5.2 *Hipótesis específicas*

- La prueba de conformidad de los Grupos de Exposición Similar (GES) logrará mediciones representativas en los trabajadores de una Planta Concretera.
- La prueba de conformidad estadística de Valores Límites Permisibles logrará mediciones representativas en los trabajadores de una Planta Concretera.

Capítulo II: Marco teórico y conceptual

2.1 Higiene Industrial

La Higiene Industrial, también reconocida como Higiene Ocupacional, se define como una disciplina dedicada a la identificación, evaluación y control de los factores ambientales en el lugar de trabajo que pueden influir en la salud, bienestar y rendimiento de los trabajadores, además de tener impactos en la comunidad y el entorno. Diversos autores han contribuido a esclarecer esta disciplina a lo largo del tiempo.

De acuerdo con la American Industrial Hygiene Association (1959), la Higiene Industrial es "la ciencia y el arte de anticipar, reconocer, evaluar y controlar aquellos factores o agentes ambientales, originados por el puesto de trabajo o presentes en el mismo, que pueden causar enfermedad, disminución de la salud o el bienestar, o incomodidad o ineficiencia significativos entre los trabajadores o los restantes miembros de la comunidad."

Desde la perspectiva de la Organización Internacional del Trabajo (1998), la Higiene Industrial se concibe como "la ciencia de la anticipación, la identificación, la evaluación y el control de los riesgos que se originan en el lugar de trabajo o en relación con él y que pueden poner en peligro la salud y el bienestar de los trabajadores, teniendo también en cuenta su posible repercusión en las comunidades vecinas y en el medio ambiente en general."

La International Occupational Hygiene Association (1987) presenta su enfoque, definiendo la Higiene Industrial como "la disciplina de anticipar, reconocer, evaluar y controlar los peligros para la salud en el ambiente de trabajo con el objetivo de proteger la salud y el bienestar de los trabajadores y salvaguardar a la comunidad en general."

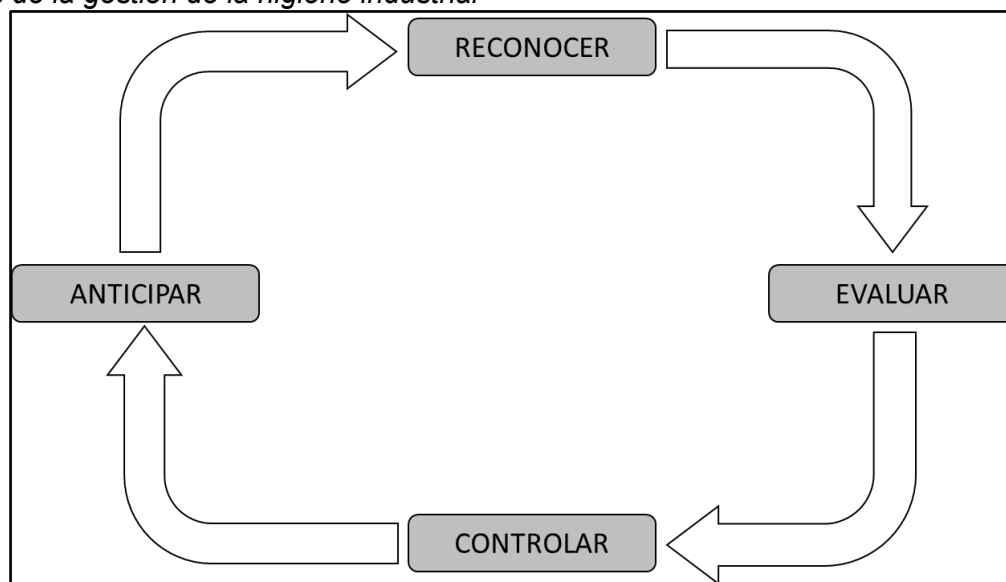
En resumen, la teoría de Higiene Industrial integra la anticipación, identificación, evaluación y control de riesgos en el entorno laboral, buscando proteger la salud de los trabajadores y contribuir a la seguridad y bienestar de la comunidad en general. Esta

disciplina se respalda en un enfoque científico y práctico para abordar los desafíos asociados con los factores ambientales en el ámbito laboral (American Industrial Hygiene Association, 1959; Organización Internacional del Trabajo, 1998; International Occupational Hygiene Association, 1987).

La conceptualización contemporánea y ampliamente aceptada de higiene industrial es proporcionada por la American Industrial Hygiene Association (AIHA). Según esta entidad, la higiene industrial se define como "la ciencia y el arte de anticipar, reconocer, evaluar y controlar aquellos factores o agentes ambientales, originados por el puesto de trabajo o presentes en el mismo, que pueden causar enfermedad, disminución de la salud o el bienestar, o incomodidad o ineficiencia significativos entre los trabajadores o los restantes miembros de la comunidad" (American Industrial Hygiene Association, 1959).

Esta definición destaca cuatro etapas distintivas en la gestión de la higiene ocupacional: Anticipar, Reconocer, Evaluar y Controlar, como se ilustra en la Figura 1.

Figura 1
Etapas de la gestión de la higiene industrial

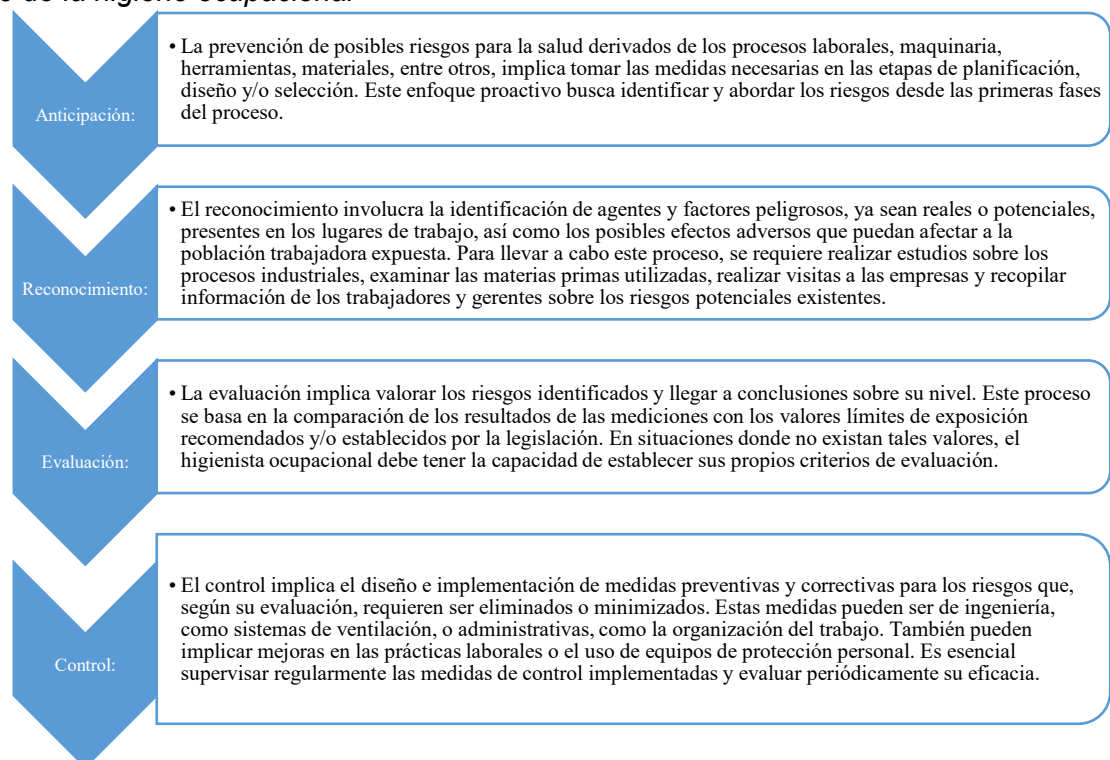


Además, la higiene industrial se caracteriza por su enfoque ambiental, centrandose en el entorno que rodea al trabajador en lugar de enfocarse directamente en el trabajador. Este enfoque busca realizar una prevención primaria de enfermedades profesionales al modificar y controlar el ambiente que potencialmente podría causarlas.

Asimismo, la función de control de la agresión es esencial, ya que la higiene industrial no solo busca obtener información sobre las características agresivas del ambiente, sino que tiene como objetivo principal su modificación. Finalmente, los objetivos de la higiene industrial se han expandido desde la protección original del trabajador contra enfermedades profesionales hasta abordar la incomodidad, no solo de los trabajadores, sino también de la comunidad en general, manteniendo siempre el enfoque en el puesto de trabajo y los factores ambientales Bernal Dominguez et al. (2008).

El higienista ocupacional debe poseer conocimientos integrales en diversas áreas relevantes para la práctica profesional, como se detalla en la Figura 2. Sin embargo, la aplicación de estos conocimientos puede variar según las necesidades y condiciones locales, las particularidades del entorno laboral o los cambios socioeconómicos (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS), 2001).

Figura 2
Alcance de la higiene ocupacional



2.1.1 Ramas de la Higiene Ocupacional

Se puede distinguir cuatro ramas fundamentales dentro de la Higiene Ocupacional.

(FUNDACIÓN MAPFRE, 2015).

Figura 3

Ramas de la Higiene Ocupacional. (Mapfre, 1996).

Higiene Teórica	Estudio de contaminantes, analiza dosis-respuesta y establece estándares de concentración para comprender la relación entre exposición y efectos en la salud humana.
Higiene de Campo	Evalúa condiciones higiénicas en entornos laborales mediante análisis de puestos, la identificación de contaminantes y toma de muestras, buscando comprensión práctica.
Higiene Analítica	Investiga cualitativa y cuantitativamente los contaminantes en ambientes laborales, proporcionando datos específicos en colaboración con higiene de campo y teórica.
Higiene Operativa	Selecciona y recomienda métodos de control para reducir niveles de contaminantes, garantizando ambientes laborales seguros y saludables con medidas prácticas.

Nota: El cuadro representa un resumen de las ramas de la higiene industrial.

Extraído del Manual de Higiene Industrial de FUNDACIÓN MAPFRE (2015).

2.1.2 Objetivos de los Programas de Higiene Ocupacional

Los objetivos de un programa de Higiene Ocupacional de acuerdo con la O.M.S.

(Organismo Mundial de la Salud) se describen en la siguiente tabla.

Tabla 1

Objetivos de los Programa de Higiene Ocupacional

N°	Descripción del objetivo
1	Identificar y abordar en entornos laborales todos los elementos químicos, físicos, mecánicos, biológicos y psicosociales, tanto conocidos como potencialmente dañinos.
2	Asegurar que las demandas físicas y mentales en el trabajo se ajusten a las capacidades y necesidades individuales, considerando limitaciones anatómicas, fisiológicas y psicológicas.
3	Implementar medidas eficaces para resguardar a quienes son particularmente susceptibles a condiciones perjudiciales en el entorno laboral, fortaleciendo su capacidad de resistencia.
4	Investigar y corregir condiciones laborales que puedan afectar la salud de los trabajadores, con el objetivo de mantener la morbilidad de distintos grupos profesionales en niveles comparables a la población en general

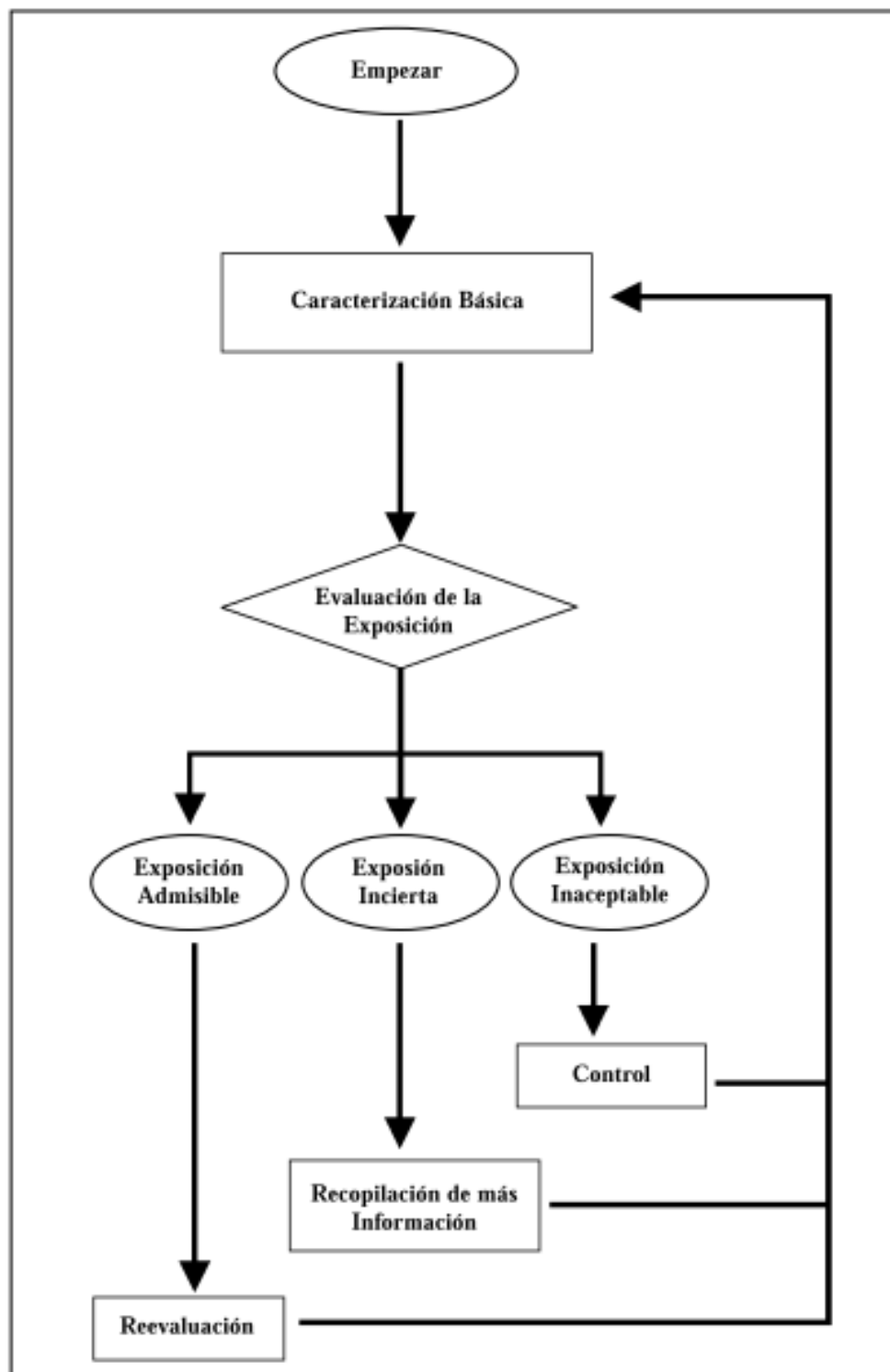
N°	Descripción del objetivo
5	Capacitar a líderes empresariales y trabajadores sobre el cumplimiento de sus responsabilidades en la protección y promoción de la salud laboral.
6	Desarrollar en las empresas programas integrales de salud que abarquen todos los aspectos, contribuyendo a elevar el nivel sanitario de la comunidad y apoyando los servicios de salud pública.

Nota: Extraído del Manual de Higiene Industrial de FUNDACIÓN MAPFRE (2015).

2.1.3 Estrategia de Evaluación de la Exposición

La estrategia de evaluación de la exposición, según John Mulhausen y Joseph Damiano (2010), sigue un enfoque cíclico e iterativo para lograr mejoras continuas. La información derivada de la evaluación inicial orienta la priorización, seguimiento de controles y la secuencia de esfuerzos para obtener datos posteriores. Es crucial dirigir los recursos hacia exposiciones con mayor prioridad de riesgo potencial para la salud, disminuyendo en importancia una vez conocidas y controladas, dando paso a un nuevo ciclo de la estrategia enfocado en las siguientes prioridades. (John Mulhausen & Joseph Damiano, 2010).

Figura 4
Estrategia para Evaluar y Gestionar Exposición Ocupacional



Nota: Extraído del libro de “La estrategia para la evaluación ocupacional” de (American Industrial Hygiene Association (AIHA, 2011)

2.2 Contaminantes Químicos

Los contaminantes químicos, según la Fundación MAPFRE (2015), abarcan sustancias naturales o sintéticas, orgánicas e inorgánicas, que, durante su manufactura, manejo, transporte, almacenamiento o uso, pueden liberarse al aire en forma de polvo, humo, gas o vapor, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos, en cantidades con potencial para dañar la salud de las personas en contacto con ellas.

En cuanto a la clasificación de estos contaminantes, existen diversas formas de llevarla a cabo, siendo las dos más relevantes descritas a continuación:

2.2.1 *Por la Forma de Presentarse.*

- **Aerosol:** El aerosol se describe como una dispersión de partículas sólidas o líquidas, con un tamaño menor a 100 micras, en un entorno gaseoso. En la siguiente figura, se detallarán los diferentes estados físicos presentes en el campo de los aerosoles.

Figura 5
Clasificación de aerosoles

Polvo	El polvo se refiere a la presencia en el aire de partículas sólidas originadas por procesos físicos de desintegración. Las partículas de polvo abarcan un amplio rango de tamaños, principalmente entre 0,1 y 25 micras. Estas partículas, que no floclan a menos que existan fuerzas electrostáticas, no se dispersan en el aire y se sedimentan debido a la gravedad.
Nieblas	Las nieblas consisten en la suspensión en el aire de pequeñas gotas de líquido generadas por la condensación de un estado gaseoso o la desintegración de un estado líquido mediante procesos como la atomización o la ebullición. El rango de tamaños para estas gotas líquidas es amplio, oscilando entre 0,01 y 10 micras, algunas de las cuales son visibles a simple vista.
Bruma	La bruma se define como la suspensión en el aire de pequeñas gotas líquidas que son apreciables a simple vista y se originan por la condensación del estado gaseoso. El rango de tamaño de estas gotas está comprendido entre 2 y 60 micras. En algunas publicaciones, el concepto de bruma se fusiona con el de niebla.
Humo	El humo consiste en la suspensión en el aire de partículas sólidas originadas en procesos de combustión incompleta. Por lo general, el tamaño de estas partículas es inferior a 0,1 micra.
Humo metálico	El humo metálico implica la suspensión en el aire de partículas sólidas metálicas generadas a través de la condensación del estado gaseoso, resultante de la sublimación o volatilización de un metal. Este tipo de humo, comúnmente acompañado de una reacción química, generalmente de oxidación, tiene un tamaño similar al del humo. Estas partículas tienden a floclan, es decir, unirse para formar partículas de mayor tamaño.

Nota: Extraído del Manual de Higiene Industrial de FUNDACIÓN MAPFRE (2015).

- **Gas:** El estado gaseoso se refiere a una sustancia en físico de 25 °C y 760 mm de Hg de presión. Los gases son fluidos amorfos que ocupan el espacio que los contiene y experimentan cambios de estado únicamente mediante combinaciones de presión y temperatura. Debido a que las partículas en estado gaseoso son de tamaño molecular, tienen la capacidad de moverse

eficientemente a través de transferencia de masa o difusión, influenciadas también por la fuerza gravitacional entre moléculas.

- **Vapor:** Corresponde a la fase gaseosa de una sustancia que normalmente se encuentra en estado sólido o líquido a 25 °C y 760 mm de Hg de presión. El vapor puede transformarse en sólido o líquido mediante ajustes en su presión o temperatura. Las partículas en esta fase también son de tamaño molecular, y se aplican todas las características mencionadas anteriormente para los gases.

2.2.2 *Por sus Efectos sobre los Organismos*

Según los efectos que producen sobre el organismo, es decir, a su acción fisiopatología, los contaminantes químicos se pueden clasificar en:

Figura 6*Clasificación de Contaminantes Químicos por sus efectos sobre los organismos.*

Irritantes	Compuestos químicos que causan inflamación en áreas anatómicas, como piel y mucosas respiratorias, mediante acción química o física.
Neumoconióticos	Sustancias químicas sólidas que se depositan en los pulmones, acumulándose y provocando neumopatía y degeneración fibrótica pulmonar.
Tóxicos sistemáticos	Compuestos químicos que, al ingresar al organismo, se distribuyen produciendo diversos efectos. Algunos actúan selectivamente en órganos o sistemas específicos.
Anestésicos y Narcóticos	Sustancias químicas con acción depresora en el sistema nervioso central. Su efectividad depende de la cantidad que llega al cerebro y requieren ser liposolubles.
Asfixiantes	Sustancias que impiden el suministro de oxígeno a los tejidos.
Productores de Dermatitis	Sustancias que, al entrar en contacto con la piel, generan cambios, como irritación, sensibilización alérgica o fotosensibilización, independientemente de otros efectos
Efectos Combinados	Algunos contaminantes desencadenan un único efecto, mientras que otros pueden tener una acción combinada. Además, un mismo entorno puede contener distintos contaminantes simultáneamente.

Nota: Extraído del Manual de Higiene Industrial de FUNDACIÓN MAPFRE (2015).

2.3 Grupos de Exposición Similar

Medir la exposición diaria de cada trabajador en la mayoría de los lugares de trabajo resulta difícil y, en muchos casos, impracticable debido a restricciones de recursos y limitaciones en la tecnología de higiene industrial (Mulhausen & Damiano, 2015). Ante estos desafíos, una estrategia eficaz es la agrupación de trabajadores con exposiciones similares, donde la caracterización cualitativa o cuantitativa de uno en el grupo se considera representativa de todos (Mulhausen & Damiano, 2015).

El concepto de Grupos de Exposición Similar (GES) se define como conjuntos de trabajadores que comparten similitudes en tareas, materiales y procesos, clasificándolos

por su perfil de exposición. Los GES se adaptan a dinamismos y cambios, permitiendo asignaciones flexibles a los trabajadores según sus actividades laborales. Dos enfoques para definir GES son el cualitativo, basado en observaciones, y el cuantitativo, basado en muestreo. A menudo, se emplea una combinación de ambos para una evaluación cíclica y continua de la exposición (Mulhausen & Damiano, 2015). Ambos enfoques presentan ventajas y desventajas, complementándose en una estrategia integral de evaluación de la exposición laboral (Mulhausen & Damiano, 2015).

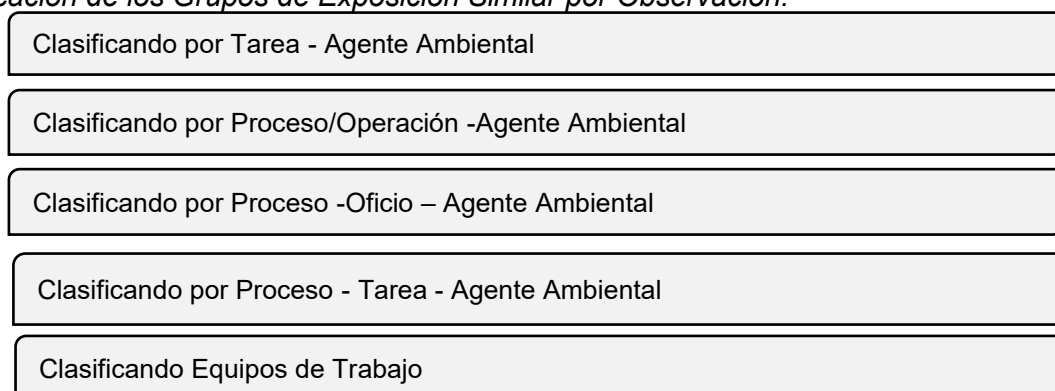
2.3.1 *Estableciendo los Grupos de Exposición Similar por Observación*

Los grupos de exposición similar se establecen por observación usando los datos recopilados durante la caracterización básica del lugar de trabajo, fuerza laboral y agentes ambientales (Mulhausen & Damiano, 2015).

Existen varias estrategias jerárquicas que se han sugerido para establecer grupos de exposición por observación. Lo que se debe recalcar es la importancia de una completa caracterización básica del lugar de trabajo usando no solo una revisión de los documentos, sino también tiempo en el área de proceso conversando con los trabajadores y examinando los procesos de trabajo. Este total entendimiento, en conjunto con un sólido juicio profesional, debe ayudar a disminuir las probabilidades de clasificar erróneamente a algún trabajador. Las estrategias que se sugieren para establecer GES se describen en la siguiente figura:

Figura 7

Clasificación de los Grupos de Exposición Similar por Observación.



Nota: Extraído del libro de “La estrategia para la evaluación ocupacional” de (American Industrial Hygiene Association (AIHA), 2011)

2.3.2 Estableciendo los Grupos de Exposición Similar por Muestreo

En la metodología de muestreo para la conformación de Grupos de Exposición Similar (GES), se inicia con la recolección de datos de monitoreo antes de la creación de los grupos. Los valores de exposición medidos se utilizan para categorizar a los trabajadores en un GES, empleando técnicas estadísticas como el análisis de varianza (ANOVA) cuando se cuenta con suficientes mediciones, logrando agrupar a los trabajadores con homogeneidad y confiabilidad (Mulhausen & Damiano, 2015).

Este enfoque, al establecer los grupos mediante muestreo, puede ser más preciso que la clasificación por observación, especialmente cuando las prácticas laborales generan variabilidad significativa entre los trabajadores. La recopilación cuantitativa de datos de monitoreo para un gran número de empleados proporciona una caracterización precisa de la variabilidad en las prácticas de trabajo, reduciendo así la probabilidad de clasificación incorrecta. A pesar de sus ventajas, una vez obtenidos suficientes datos para formar un GES mediante este método, la razón inicial de economizar en la caracterización de exposiciones se vuelve menos relevante, ya que la exposición individual se ha caracterizado cuantitativamente al recopilar datos de monitoreo para cada trabajador (Mulhausen & Damiano, 2015).

Sin embargo, depender exclusivamente del enfoque de muestreo limita la flexibilidad del higienista industrial para priorizar grupos durante la evaluación o en otras acciones en ausencia de datos cuantitativos. Como se discutirá posteriormente, en muchos casos, los datos cuantitativos no son indispensables para resolver la evaluación de la exposición, es decir, para determinar si las exposiciones son aceptables o inaceptables (Mulhausen & Damiano, 2015).

2.3.3 *Enfoque Combinado por Observación y por Muestreo*

Un programa de evaluación de la exposición que busca ser pragmático y preciso integra los enfoques de observación y muestreo para definir Grupos de Exposición Similar (GES). La variabilidad diaria en la exposición de los trabajadores en un GES proviene de dos fuentes principales: condiciones del proceso y ambientales, y prácticas laborales. El enfoque de observación se emplea de manera más destacada cuando la variabilidad se origina principalmente en el proceso, y se utiliza con menor frecuencia cuando la variabilidad surge principalmente de las prácticas individuales de los trabajadores. Ambos componentes de la variabilidad deben ser evaluados mediante la observación en el lugar de trabajo, así como a través de una investigación cuidadosa y el seguimiento meticuloso de los datos recopilados mediante el monitoreo de la exposición (Mulhausen & Damiano, 2015).

2.3.4 *Validación de los Grupos de Exposición Similar (GES)*

Cuando el número de mediciones válidas alcanza al menos 6 en un Grupo de Exposición Similar (GES), es imperativo evaluar la distribución de los resultados (UNE, 2019). Las mediciones de exposición generalmente se adhieren a una distribución logarítmico-normal. Para verificar si todos los individuos pertenecen al mismo GES y si la distribución de las mediciones es logarítmico-normal, se debe analizar el gráfico de probabilidad logarítmica de los datos (UNE-EN 689, 2019).

En situaciones donde las mediciones indican que uno o más trabajadores presentan una exposición inusual, aparentemente discordante con la distribución del resto del GES, es crucial investigar las razones. Estos trabajadores pueden tratarse de forma independiente, creando así un nuevo GES, y se deben realizar más mediciones si es necesario. En algunas instancias, puede ser esencial repetir las mediciones de exposición para obtener datos suficientemente representativos de cada GES y confirmar su conformidad (UNE-EN 689, 2019).

2.3.5 Método Gráfico para Validación de Grupo de Exposición Similar (GES).

El método gráfico consiste en representar los valores medidos de la exposición x en orden ascendente en un gráfico de probabilidad logarítmica. Si no se dispone de un gráfico de probabilidad logarítmica, también se puede utilizar un gráfico de probabilidad normal, en cuyo caso se representa $\log(x)$ en lugar de x (UNE-EN 689, 2019)

La evaluación del gráfico se realiza de la siguiente manera:

Se ordenan de manera ascendente los n valores medidos de exposición x_k ($x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$). Estos valores se plasman en el eje horizontal en función de las correspondientes probabilidades P_k en el eje vertical, donde:

$$P_k = \left(\frac{k-3}{8}\right)\left(n + \frac{1}{4}\right) \quad (1)$$

Fórmula 1: Ecuación de Probabilidad Logarítmica. (UNE, 2019)

Se calcula P_k como un decimal con un valor máximo de 1. Si los gráficos comerciales de probabilidad presentan P_k como un porcentaje, los valores calculados a partir de la fórmula de Probabilidad logarítmica se multiplican por 100 antes de su representación (UNE-EN 689, 2019).

Tabla 2

Mediciones de exposición con los valores asociados de probabilidad para su representación en un diagrama de probabilidad

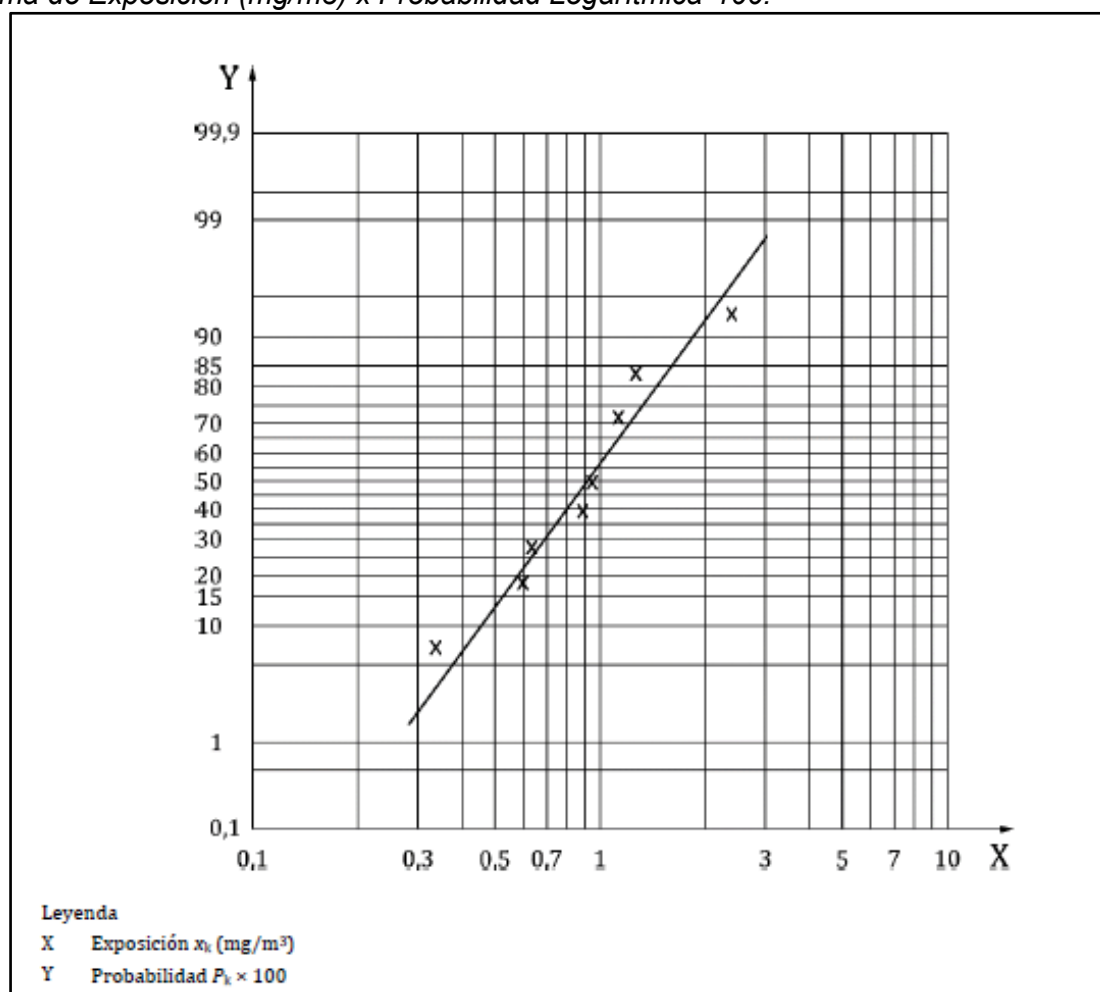
Exposición xk	k	Pk	Pk como
mg/m3			porcentaje
X ₁	1	P ₁	P ₁ x 100
X ₂	2	P ₂	P ₂ x100
X ₃	3	P ₃	P ₃ x100
X ₄	4	P ₄	P ₄ x100
X ₅	5	P ₅	P ₅ x100
X ₆	6	P ₆	P ₆ x100
X ₇	7	P ₇	P ₇ x100
X ₈	8	P ₈	P ₈ x100
X ₉	9	P ₉	P ₉ x100

Nota: Tomada de (UNE-EN 689, 2019)

Las mediciones de exposición y sus valores de probabilidad representados se representan en un diagrama de probabilidad logarítmica.

Figura 8

*Diagrama de Exposición (mg/m³) x Probabilidad Logarítmica*100.*



Nota: Tomada de (UNE-EN 689, 2019)

El buen ajuste a una línea recta muestra que estos resultados se distribuyen de forma logarítmico normal (UNE-EN 689, 2019).

En numerosas ocasiones, como se observa en la figura 8, resulta evidente que el gráfico de probabilidad logarítmica exhibe una aproximación a una línea recta. Por lo tanto, se puede concluir que, para propósitos prácticos, es plausible asumir que la distribución de las mediciones de exposición sigue una tendencia logarítmico-normal. De acuerdo con la Norma ISO 5479, "si una representación en este tipo de gráfico presenta un conjunto de puntos que parecen distribuirse alrededor de una línea recta, esto proporciona respaldo para inferir que la muestra puede considerarse razonablemente perteneciente a la distribución ensayada". Además, la Norma ISO 5479 señala que la variabilidad de los valores extremos de la distribución es mayor que la de los valores intermedios, lo que

implica que los puntos situados en los extremos pueden distar más de la línea en comparación con los ubicados en el centro (ISO 5479:1997 Statistical interpretation of data — Tests for departure from the normal distribution, 1997).

2.4 Valores Límites de Umbral

La recopilación más reconocida de "estándares de higiene" es la relativa a los valores límites de umbral (TLV), elaborada por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH).

Los valores límites de umbral (TLV) hacen referencia a las concentraciones de sustancias químicas suspendidas en el aire y representan las condiciones en las que se estima que la exposición repetida de prácticamente todos los trabajadores, día tras día, durante toda su vida laboral, no generará efectos adversos para la salud. Estos TLV son desarrollados con la finalidad de salvaguardar la salud de trabajadores adultos normales y en buen estado de salud (ACGIH) (UNE-EN 689, 2019).

2.4.1 Definiciones, Terminología, Unidades TLV

Existen tres tipos de TLV:

- TLV – Promedio ponderado con el tiempo (TLV-TWA)
- TLV – Límite de exposición breve (TLV-STEL)
- TLV - Tope (TLV-C)

2.4.1.1 TLV – TWA

La concentración TWA (Tiempo Ponderado) representa la exposición permitida durante un día laboral estándar de 8 horas y una semana laboral de 40 horas, considerada segura para casi todos los trabajadores, día tras día, a lo largo de toda su vida laboral, sin ocasionar efectos adversos.

No obstante, dentro de este periodo promedio de 8 horas, se admiten desviaciones por encima del TLV - TWA, siempre y cuando estas sean compensadas con desviaciones equivalentes por debajo del estándar durante el día laboral. Dado que algunas sustancias pueden provocar efectos agudos en la salud incluso después de exposiciones breves a concentraciones elevadas, es sensato restringir las desviaciones por encima de la concentración TWA. Además, la magnitud de estas desviaciones proporciona una indicación precisa del grado real de control sobre la emisión de contaminantes en un proceso (ACGIH) (UNE-EN 689, 2019).

2.4.1.2 TLV – STEL

En ningún momento durante la jornada laboral se debe superar una exposición de 15 minutos al TWA, incluso si el TWA está dentro de los límites TLV - TWA. La concentración TLV - STEL representa el nivel al cual se estima que los trabajadores pueden estar expuestos de manera intermitente durante un breve período sin experimentar:

1. Irritación
2. Daño crónico o irreversible de los tejidos
3. Efectos tóxicos, dependiendo de la tasa de dosis
4. Narcosis en un grado suficiente para aumentar la probabilidad de lesiones accidentales, impedir el auto-rescate o reducir significativamente la eficiencia en el trabajo (ACGIH).

El TLV - STEL no constituye una exposición independiente, sino que complementa al TLV - TWA cuando se reconocen efectos agudos de una sustancia cuyos efectos tóxicos son principalmente de naturaleza crónica.

Las exposiciones por encima del TLV - TWA hasta el TLV - STEL deben ser menores de 15 minutos, deben ocurrir menos de cuatro veces al día y deben transcurrir al menos 60 minutos entre exposiciones continuas (ACGIH) (UNE-EN 689, 2019).

2.4.1.3 TLV – C

Es la concentración que no debe ser rebasada en ningún momento durante la exposición laboral. En situaciones donde no se cuente con mediciones instantáneas, el muestreo debe realizarse durante un período mínimo suficiente para detectar exposiciones que alcancen o superen el valor límite.

La ACGIH sostiene que los TLV® fundamentados en la irritación física no deben considerarse menos restrictivos que aquellos basados en discapacidades físicas. Cada vez hay más evidencia que indica que la irritación física puede desencadenar, fomentar o acelerar efectos adversos para la salud mediante la interacción con otros agentes biológicos o químicos, o a través de otros mecanismos (ACGIH) (UNE-EN 689, 2019).

2.4.2 Evaluación Preliminar de Comparación con los Límites Máximos Permitidos (LMP)

La evaluación preliminar implica la obtención de entre tres y cinco mediciones válidas de la exposición de los trabajadores pertenecientes a un Grupo de Exposición Similar (GES). Se aplican los siguientes criterios:

a) Si todos los resultados son inferiores a:

1. 0,1 LMP para un conjunto de 3 mediciones de la exposición, o
2. 0,15 LMP para un conjunto de 4 mediciones de la exposición, o
3. 0,2 LMP para un conjunto de 5 mediciones de la exposición, se considera que no se supera el LMP, y el resultado se clasifica como Conformidad.

b) Si al menos uno de los resultados es mayor que el LMP, se establece que se supera el LMP y el resultado se etiqueta como No Conformidad.

c) Si todos los resultados son inferiores al LMP y un resultado se encuentra por encima de 0,1 LMP (en el conjunto de tres resultados) o 0,15 LMP (en el conjunto de cuatro resultados) o 0,2 LMP (en el conjunto de cinco resultados), no es posible emitir un veredicto sobre la conformidad con el LMP, y el resultado se considera como no decisión.

En esta situación, se deben realizar mediciones adicionales de la exposición (requiriendo al menos un total de seis mediciones) para aplicar la prueba basándose en el cálculo del intervalo de confianza de la probabilidad de superar el LMP, según se especifica en la siguiente sección (UNE-EN 689, 2019).

2.4.3 Prueba estadística de comparación de los resultados con los LMP

El evaluador debe elegir una prueba estadística para verificar si las exposiciones en el Grupo de Exposición Similar (GES) cumplen con los Límites Máximos Permitidos (LMP). La prueba debe tener la capacidad, con al menos un 70% de confianza, de determinar si menos del 5% de las exposiciones en el GES superan el LMP.

En el caso de que una o más mediciones de la exposición sean inferiores al límite de cuantificación (LOQ), y la prueba estadística seleccionada implique el uso de desviaciones geométricas (DSG) o estándar (DS) y/o medias geométricas (MG) o aritméticas (MA), es necesario tratar los valores inferiores al LOQ de manera que aporten un resultado confiable.

Cuando se aplican estas pruebas a las mediciones de la exposición, se presupone que las mediciones siguen una distribución logarítmico-normal, y esto se realiza mediante el uso de programas informáticos de análisis de datos (por ejemplo, Altrex-Chimie, BWStat, IHDataAnalyst, IHSTAT). Esta suposición es generalmente válida, al menos de manera aproximada, y es poco común contar con suficientes mediciones que demuestren estadísticamente lo contrario (UNE-EN 689, 2019).

2.5 Reevaluación Periódica de Exposición

La actualización periódica de la evaluación de la exposición laboral es esencial para mantenerla actualizada y garantizar que la exposición de los trabajadores permanezca en conformidad con los Límites Máximos Permitidos (LMP).

Es necesario aplicar la reevaluación a cada Grupo de Exposición Similar (GES), lo que incluye una revisión para determinar si la asignación de los trabajadores al GES sigue siendo apropiada.

a) En el caso de que se haya alcanzado una decisión de conformidad mediante la prueba preliminar de comparación de los resultados con los LMP y las condiciones no hayan experimentado cambios, se deben llevar a cabo mediciones adicionales, hasta un total de al menos seis, incluyendo las pruebas preliminares originales, y aplicar el procedimiento indicado en el punto b).

b) Si se han realizado más de seis mediciones para cada GES, se pueden emplear la Media Geométrica (MG) o la Media Aritmética (MA) de las primeras mediciones, las cuales se ajustan respectivamente a una distribución logarítmico-normal o normal, para determinar el intervalo, como se indica a continuación. Posteriormente, se debería repetir la prueba preliminar y, si es pertinente, la prueba estadística (UNE-EN 689, 2019).

Tabla 3
Intervalo de Reevaluación Periódica

Resultado	Reevaluación Periódica
(MG o MA) < 0,1LMP	36 meses (3 años)
0,1LMP < (MG o MA) < 0,25LMP	24 meses (2 años)
0,25LMP < (MG o MA) < 0,5LMP	18 meses (1.5 años)
0.5LMP < (MG o MA)	12 meses (1año)

Nota: Extraído de (UNE-EN 689, 2019)

2.6 Reducción de costos en monitoreos ocupacionales

La reducción de costos es una estrategia que las organizaciones utilizan para disminuir sus gastos y aumentar sus ganancias. Para lograrlo, se analizan las actividades empresariales, como pueden ser los monitoreos ocupacionales, y se toman decisiones para mejorar los procesos, productos, servicios y costos.

Para poder verificar si se ha llegado a una reducción de costos en relación a los monitoreos ocupacionales primero calcularemos el costo total por la realización de las

mediciones de la exposición a agentes químicos en un periodo de 3 años sin la estrategia para luego calcular en un periodo de 3 años aplicando la estrategia y así poder compararlos.

2.7 Normativa Nacional

2.7.1 *Análisis de las bases fundamentales de la Constitución Política del Perú en Seguridad y Salud en el Trabajo*

La Constitución Política del Perú de 1993 establece los fundamentos legales para la seguridad y salud en el trabajo. En su Artículo N° 2, la Constitución reconoce el derecho fundamental a un ambiente saludable, resaltando la importancia del desarrollo de la persona en condiciones que salvaguarden su integridad física y mental. Este artículo subraya el compromiso del Estado con la creación de un entorno laboral que promueva el bienestar de los trabajadores desde su concepción, reconociéndolos como sujetos de derechos desde ese momento (Constitución Política del Perú, 1993).

En el Artículo N° 7, la Constitución destaca la relevancia de la protección de la salud no solo a nivel individual, sino también en el ámbito familiar y comunitario. Este artículo establece el deber de contribuir a la promoción y defensa de la salud. Asimismo, garantiza derechos específicos para las personas incapacitadas, asegurando el respeto a su dignidad y estableciendo un régimen legal de protección, atención, readaptación y seguridad (Constitución Política del Perú, 1993).

El Artículo N° 23 de la Constitución resalta que el trabajo es objeto de atención prioritaria por parte del Estado. Este artículo establece una conexión directa entre el derecho a la salud y el trabajo, indicando que no es legalmente permitido que el desempeño laboral genere perjuicios o riesgos para la salud de los trabajadores. Aquí, el Estado asume la responsabilidad de garantizar que el ejercicio del trabajo no comprometa la salud de los trabajadores y, por ende, reconoce la necesidad de establecer medidas para prevenir cualquier perjuicio derivado de la actividad laboral (Constitución Política del Perú, 1993).

En conclusión, la normativa peruana, basada en la Constitución Política del Perú, establece un marco sólido que reconoce y garantiza el derecho a un ambiente laboral

seguro y saludable. Estos principios constitucionales proporcionan la base para el desarrollo de leyes específicas y políticas públicas orientadas a la seguridad y salud en el trabajo en el país.

2.7.2 *Análisis de la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo en Perú.*

La Ley N° 29783, conocida como la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo en Perú, establece un marco integral para la prevención de riesgos laborales y la promoción de ambientes laborales seguros y saludables. Su objetivo principal es fomentar una cultura de prevención en el ámbito laboral (Ley N° 29783 Ley de seguridad y Salud en el Trabajo, 2011).

El Artículo N° 36 destaca la importancia de los servicios de seguridad y salud en el trabajo, enumerando diversas responsabilidades que deben ser asumidas por los empleadores. Desde la identificación y evaluación de riesgos hasta el fomento de la adaptación del trabajo a los trabajadores, este artículo busca abordar aspectos clave para garantizar la seguridad y la salud en el entorno laboral. La inclusión de asesoramiento en ergonomía y la participación en el desarrollo de programas para mejorar las prácticas laborales demuestra un enfoque integral para abordar diferentes dimensiones de la seguridad y la salud (Ley N° 29783 Ley de seguridad y Salud en el Trabajo, 2011).

El Artículo N° 56 aborda la exposición a agentes físicos, químicos, biológicos, ergonómicos y psicosociales en el centro de trabajo. Se destaca la responsabilidad del empleador para prever que dicha exposición no genere daños a la salud de los trabajadores, evidenciando un compromiso con la prevención y la protección de la salud de los empleados (Ley N° 29783 Ley de seguridad y Salud en el Trabajo, 2011).

El Artículo N° 57 establece la obligación del empleador de actualizar la evaluación de riesgos al menos una vez al año o cuando cambien las condiciones de trabajo. Este enfoque dinámico refleja la necesidad de mantenerse al tanto de los riesgos emergentes y de adaptarse a las condiciones cambiantes del entorno laboral (Ley N° 29783 Ley de seguridad y Salud en el Trabajo, 2011).

El Artículo N° 65 destaca la importancia de evaluar factores de riesgo para la procreación en el plan integral de prevención de riesgos. Este enfoque preventivo refleja la preocupación por proteger la salud reproductiva de los trabajadores (Ley N° 29783 Ley de seguridad y Salud en el Trabajo, 2011).

El Decreto Supremo N° 005-2012-TR, que reglamenta la Ley N° 29783, refuerza estos principios. El Artículo N° 26 destaca la responsabilidad del empleador para garantizar que la seguridad y salud en el trabajo sea una responsabilidad conocida y aceptada en todos los niveles de la organización, subrayando la importancia de una cultura organizacional orientada a la seguridad y salud (Decreto Supremo N° 005-2012-TR "Reglamento de la ley N° 29783, ley de seguridad y salud en el trabajo", 2012).

En resumen, la Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo en Perú y su reglamento establecen un marco legal sólido que promueve la prevención de riesgos y la creación de ambientes laborales seguros, reflejando un compromiso integral con la salud y el bienestar de los trabajadores.

2.7.3 *Decreto Supremo N° 005-2012-TR: Reglamento de la Ley N° 29783 - Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo.*

Análisis del Decreto Supremo N° 005-2012-TR: Reglamento de la Ley N° 29783 - Ley de Seguridad y Salud en el Trabajo en Perú

El Decreto Supremo N° 005-2012-TR complementa la Ley N° 29783 al establecer directrices y medidas específicas para garantizar la implementación efectiva de los principios y disposiciones de la ley en el ámbito laboral peruano.

El Artículo N° 26 destaca la responsabilidad del empleador para garantizar que la seguridad y salud en el trabajo sea una responsabilidad conocida y aceptada en todos los niveles de la organización. Este enfoque refleja la importancia de crear una cultura organizacional orientada a la seguridad y salud, involucrando a todos los niveles jerárquicos. La obligación de adoptar disposiciones efectivas para identificar y eliminar los peligros y riesgos relacionados con el trabajo subraya la necesidad de medidas proactivas

para prevenir incidentes laborales (Decreto Supremo N° 005-2012-TR "Reglamento de la ley N° 29783, ley de seguridad y salud en el trabajo", 2012).

El Artículo N° 33 establece registros obligatorios para el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo, incluyendo el monitoreo de agentes físicos, químicos, biológicos, psicosociales y factores de riesgo disergonómicos. Estos registros son esenciales para evaluar y gestionar los riesgos laborales de manera continua, proporcionando información valiosa para la toma de decisiones y mejorando la eficacia de los programas de seguridad y salud (Decreto Supremo N° 005-2012-TR "Reglamento de la ley N° 29783, ley de seguridad y salud en el trabajo", 2012).

El Artículo N° 77 destaca la importancia de la evaluación inicial de riesgos en cada puesto de trabajo. La participación de personal competente en consulta con los trabajadores y sus representantes ante el Comité o Supervisor de Seguridad y Salud en el Trabajo asegura una evaluación integral. Considerar las condiciones de trabajo existentes o previstas, así como la sensibilidad individual de los trabajadores, demuestra un enfoque personalizado y preventivo para garantizar la salud y seguridad en el trabajo (Decreto Supremo N° 005-2012-TR "Reglamento de la ley N° 29783, ley de seguridad y salud en el trabajo", 2012).

En conjunto, el Decreto Supremo refuerza la necesidad de un compromiso organizacional, el monitoreo constante de riesgos y la evaluación específica de cada puesto de trabajo. Estos elementos son cruciales para establecer y mantener un entorno laboral seguro y saludable, alineándose con los principios fundamentales de la Ley N° 29783.

2.7.4 *Análisis del D.S. 015-2005 S.A.: Reglamento sobre Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo*

El reglamento tiene como objetivo principal establecer Valores Máximos Permisibles para proteger la salud de los trabajadores y su descendencia, centrándose en la evaluación cuantitativa y control de riesgos por la exposición a agentes químicos, principalmente por inhalación. Este enfoque indica una preocupación específica por la

salud ocupacional, reflejando la importancia de gestionar de manera rigurosa los riesgos químicos en el entorno laboral (Decreto Supremo N° 015-2005-SA "Aprueban Reglamento sobre Valores Límite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo" , 2005).

2.7.5 Ley General de Salud – Ley N° 26842

El capítulo VI de la Ley General de Salud describe en relación a la higiene y seguridad en los ambientes de trabajo que quienes conduzcan o administren actividades de extracción, producción, transporte y comercio de bienes o servicios, cualesquiera que éstos sean, tienen la obligación de adoptar las medidas necesarias para garantizar la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores y de terceras personas en sus instalaciones o ambientes de trabajo. Por ello para garantizar medidas de control para la salud de los trabajadores es necesaria una correcta evaluación de los agentes ocupacionales.

2.8 Análisis de la Normativa Internacional sobre Seguridad y Salud de los Trabajadores

La normativa internacional, representada por el Convenio C 155 de 1981 y la Directiva 89/391/CEE del Consejo, demuestra un compromiso global con la seguridad y salud en el trabajo. El artículo 3 del Convenio destaca que la salud laboral va más allá de la mera ausencia de enfermedad, incorporando elementos físicos y mentales relacionados directamente con la seguridad e higiene en el trabajo. Este enfoque amplio refleja la comprensión de que la salud ocupacional abarca diversos aspectos, desde condiciones físicas hasta bienestar mental (International Labour Organization, 1981).

En el artículo 16 del mismo Convenio, se establece la responsabilidad de los empleadores para garantizar lugares de trabajo, maquinaria, equipos y operaciones seguras. Este requisito resalta la necesidad de medidas razonables y factibles que eviten riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores. La mencionada responsabilidad subraya la importancia de la gestión activa por parte de los empleadores en la prevención de accidentes y riesgos profesionales (International Labour Organization, 1981).

La Directiva 89/391/CEE del Consejo refuerza estos principios al establecer medidas para mejorar la seguridad y salud de los trabajadores en diversos sectores. Su enfoque integral incluye la prevención de riesgos profesionales, la protección de la seguridad y salud, la eliminación de factores de riesgo y accidentes, la información y consulta, la participación equilibrada, y la formación de trabajadores y sus representantes. Este marco establece principios generales que resaltan la importancia de un enfoque proactivo y preventivo (Directiva 89/391/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo, 1989).

La normativa también destaca la protección de los trabajadores que toman medidas preventivas en situaciones de peligro grave e inminente. Un trabajador que se aleja de su puesto de trabajo o de una zona peligrosa en tales circunstancias no debe sufrir perjuicios. Este principio incentiva a los trabajadores a tomar acciones inmediatas para protegerse sin temor a represalias, promoviendo así una cultura de seguridad (Directiva 89/391/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo, 1989).

Además, se reconoce el derecho de los trabajadores y sus representantes a recurrir a la autoridad competente si consideran insuficientes las medidas adoptadas por el empleador para garantizar la seguridad y salud en el trabajo. Este derecho subraya la importancia de la participación de los trabajadores en la gestión de la seguridad y la necesidad de un sistema de supervisión eficiente (Directiva 89/391/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo, 1989).

Por lo tanto, la normativa internacional refleja un consenso global sobre la importancia de la seguridad y salud en el trabajo, estableciendo principios clave para la prevención de riesgos y la protección de los trabajadores en entornos laborales de diversa índole.

2.8.1 *UNE – EN 689:2019 Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. Estrategia para verificar la conformidad con los valores límite de exposición profesional.*

Esta norma europea trata sobre una estrategia de medición para la comparación de la exposición de los trabajadores por inhalación con los valores límite de exposición profesional (VLA) (UNE-EN 689, 2019). Tiene como objetivo resolver el problema de la variabilidad utilizando número pequeño de mediciones, con alto nivel de confianza, mediante un procedimiento.

Capítulo III: Desarrollo del trabajo de investigación

3.1 Validación del Grupo de Exposición Similar

La metodología propuesta para validar el Grupo de Exposición Similar (GES) se basa en un enfoque gráfico y pruebas preliminares y estadísticas, de acuerdo a lo indicado por norma UNE-EN 689 (2019). A continuación, se presenta un resumen de los pasos involucrados:

3.1.1 *Método Gráfico:*

- Utilización de gráficos de probabilidad logarítmica o normal.
- Representación de valores medidos de la exposición (x) en orden ascendente.
- Alternativamente, se puede utilizar $\log(x)$ en un gráfico de probabilidad normal.
- Esta visualización inicial permite una inspección gráfica de la similitud en la exposición entre los trabajadores del GES.

3.1.2 *Prueba Preliminar de Comparación con LMP:*

- Requiere de tres a cinco mediciones válidas en el GES.
- Comparación de las mediciones con los Límites Máximos Permisibles (LMP).
- Resultados posibles: Conformidad, No Conformidad o No Decisión.
- No Decisión requiere mediciones adicionales (al menos seis en total) y aplicación de una prueba estadística.

3.1.3 *Prueba Estadística de Comparación con LMP:*

- Seleccionar una prueba estadística para verificar si las exposiciones cumplen con el LMP.
- La prueba debe medir, con al menos el 70% de confianza, si menos del 5% de las exposiciones en el GES exceden el LMP.
- El tipo de distribución (log-normal o normal) afecta la fórmula utilizada para calcular el valor de la prueba estadística.

3.1.4 **Reevaluación Periódica de Exposición:**

- La evaluación debe actualizarse periódicamente para mantener la conformidad con el LMP.
- Considera la asignación continua de trabajadores al GES y si las condiciones han cambiado.
- El intervalo entre evaluaciones varía según los resultados de las pruebas y se basa en la media geométrica (MG) o media aritmética (MA) de las mediciones iniciales (UNE, 2019). Los criterios se muestran en la tabla 3.

3.1.5 **Tabla de Intervalo de Reevaluación Periódica:**

- Establece intervalos según la relación entre el resultado (MG o MA) y el LMP.
- Define periodos de reevaluación periódica en función de esta relación (UNE, 2019).

3.1.6 **Tabla de Intervalo en Prueba Estadística:**

- Utiliza la fracción j para decidir el intervalo entre la prueba de conformidad inicial y las mediciones periódicas.
- Considera la distribución de los resultados (log-normal o normal) para calcular el valor de la prueba estadística (UNE-EN 689, 2019).

Si se realizaron al menos seis mediciones para un GES en la prueba de conformidad inicial, y se aplicó la prueba estadística, los resultados pueden utilizarse para decidir el intervalo entre la prueba de conformidad inicial y las mediciones periódicas, comprobando, como se indica a continuación, para que fracción del LMP los resultados indicarían que el GES cumple (UNE-EN 689, 2019).

Si la distribución es log-normal de los resultados

$$UR = \frac{\ln(j * LMP) - \ln(MG)}{\ln(DSG)} \quad (2)$$

Si la distribución es normal de los resultados

$$UR = \frac{j * LMP - MA}{DS} \quad (3)$$

Donde:

- j: es una fracción como se indica más abajo.
- UR : Valor calculado en la prueba estadística

Tabla 4

Intervalo de reevaluación periódica en prueba estadística

Resultado	Reevaluación Periódica
$j < 0,25$	36 meses (3 años)
$0,25 < j < 0,5$	24 meses (2 años)
$0,5 < j < 1$	18 meses (1.5 años)

Nota: Adaptada de (UNE-EN 689, 2019)

En conclusión, la metodología combina enfoques gráficos y estadísticos para validar y mantener la conformidad del GES con los LMP, asegurando la protección de los trabajadores ante exposiciones ocupacionales.

Capítulo IV: Análisis y discusión de resultados

4.1 Evaluación de la exposición a agentes químicos

4.1.1 Identificación de agentes químicos en el centro de trabajo

El desarrollo de un registro detallado de agentes químicos identificados implica especificar sus propiedades, riesgos asociados, ubicaciones en el entorno laboral y las medidas de control implementadas. La identificación de agentes químicos en el ámbito laboral se erige como una fase fundamental en el contexto de la seguridad y la salud ocupacional. Este procedimiento se orienta a reconocer y determinar los diferentes compuestos químicos presentes en el lugar de trabajo que puedan representar amenazas para la salud de los trabajadores. Se llevó a cabo con la finalidad de evaluar y regular la exposición de los trabajadores a sustancias químicas peligrosas. El proceso de identificación abarcó la recopilación de información, la inspección en el lugar de trabajo, entrevistas y consultas al personal, así como la clasificación y etiquetado, incluyendo la documentación de tales agentes, principalmente a través de las Fichas de Seguridad de Materiales (MSDS, por sus siglas en inglés).

Tabla 5

Listado de agentes químicos en el centro de trabajo

IDENTIFICACIÓN DE LOS AGENTES QUÍMICOS Y OTRA INFORMACIÓN NECESARIA		
LISTADO DE AGENTES QUÍMICOS		Hoja de Datos de Seguridad / Hoja MSDS
Materia	Aditivos (Master Rheobuild 1202, Master Set R800)	OK
Prima	Cemento (Portland Tipo HS, Portland Tipo I, Portland Tipo II)	OK
	Agregados (Piedra, arena húmeda, arena seca)	OK
Producto	Delimer	OK
Primario	Combustible	OK
Producto	Concreto premezclado	OK
Final		

Entre los agentes químicos identificados en la empresa concretera se encontraron materiales primarios como aditivos (Master Rheobuild 1202, Master Set R800), cemento (Portland Tipo HS, Portland Tipo I, Portland Tipo II), y agregados (piedra, arena húmeda, arena seca). El producto primario, Delimer, así como el combustible y el producto final, concreto premezclado, también se contabilizan como agentes químicos. Cada uno de estos agentes químicos se documentó con su respectiva Ficha de Seguridad de Materiales (MSDS).

La identificación de agentes químicos se presenta como un paso esencial para llevar a cabo una evaluación de riesgos efectiva y establecer medidas de control pertinentes. Asimismo, sienta las bases para la implementación de programas de monitoreo continuo, garantizando el cumplimiento de los estándares de seguridad y salud ocupacional. Este proceso contribuye significativamente a la creación de entornos laborales más seguros y a la protección de la salud de los trabajadores frente a potenciales riesgos químicos.

4.1.2 *Revisión de los factores de exposición del lugar de trabajo.*

Con el propósito de evaluar la exposición y elaborar el perfil correspondiente a los agentes químicos, se llevó a cabo una minuciosa revisión de los factores de exposición en cada uno de los puestos de trabajo. Este proceso incluyó una evaluación detallada de los procedimientos laborales para estimar de manera precisa la exposición a agentes químicos en el entorno laboral

Tabla 6

Revisión de factores de exposición del lugar de trabajo.

REVISIÓN DE LOS FACTORES DE EXPOSICIÓN A AGENTES QUÍMICOS										
Área de Trabajo	Puesto de Trabajo	Nº de trabajadores	Tareas	Agente Ocupacional	Fuente	Cantidad	Duración/Frecuencia	EPPs	Controles de Ingeniería	Magnitud de la exposición
PLANTA CONCRETERA	Chofer Operador de Mixer	50	Carguío de concreto	Polvo Respirable Polvo Inhalable	Planta Concretera Movimiento de agregados	3-4 veces/día	30 minutos, 6 días/semana	Protección respiratoria	Filtros en silos de cemento Protección en tolva de carguío de agregados Absorbedor de polvo en carguío a mixer	Medido
	Operador de Planta	4	Limpieza de planta de concreto	Polvo Respirable Polvo Inhalable	Planta Concretera Movimiento de agregados	1 vez/día	1 hora, 6 días/semana	Protección respiratoria	Filtros en silos de cemento Protección en tolva de carguío de agregados Absorbedor de polvo en carguío a mixer	Medido
	Supervisor de Producción	4	Carguío de concreto Carguío de agregados en tolva	Polvo Respirable Polvo Inhalable	Planta Concretera Movimiento de agregados	30-40 veces/día	2 minutos, 6 días/semana	Protección respiratoria	Filtros en silos de cemento Protección en tolva de carguío de agregados Absorbedor de polvo en carguío a mixer	Medido
	Técnico de Trabajo Interno	2	Toma de muestra de agregados Carguío de concreto Carguío de agregados en tolva	Polvo Respirable Polvo Inhalable	Planta Concretera Movimiento de agregados	1 vez/día	1 hora, 6 días/semana	Ninguno	Filtros en silos de cemento Protección en tolva de carguío de agregados Absorbedor de polvo en carguío a mixer	Medido
	Técnico de Control de Calidad	4	Romper de probetas	Polvo Respirable Polvo Inhalable	Planta Concretera Movimiento de agregados Rotura de probetas en prensa	50-60 veces/día	1 minutos, 6 días/semana	Ninguno	Filtros en silos de cemento Protección en tolva de carguío de agregados Absorbedor de polvo en carguío a mixer	Medido
	Operador de Cargador Frontal	3	Carguío de agregados en tolva	Polvo Respirable Polvo Inhalable	Planta Concretera Movimiento de agregados	20-30 veces/día	10 min, 6 días/semana	Protección respiratoria	Filtros en silos de cemento Protección en tolva de carguío de agregados Absorbedor de polvo en carguío a mixer	Medido
	Jefe de Planta	1	Supervisión en planta concretera	Polvo Respirable Polvo Inhalable	Planta Concretera Movimiento de agregados	N.A.	4 horas, 6 días/semana	Ninguno	Filtros en silos de cemento Protección en tolva de carguío de agregados Absorbedor de polvo en carguío a mixer	Medido
	Administrador de Planta	1	Supervisión en planta concretera	Polvo Respirable Polvo Inhalable	Planta Concretera Movimiento de agregados	N.A.	4 horas, 6 días/semana	Ninguno	Filtros en silos de cemento Protección en tolva de carguío de agregados Absorbedor de polvo en carguío a mixer	Medido
	Administrador de Transporte	1	Supervisión en planta concretera	Polvo Respirable Polvo Inhalable	Planta Concretera Movimiento de agregados	N.A.	4 horas, 6 días/semana	Ninguno	Filtros en silos de cemento Protección en tolva de carguío de agregados Absorbedor de polvo en carguío a mixer	Medido
	Supervisor HSE	1	Supervisión en planta concretera	Polvo Respirable Polvo Inhalable	Planta Concretera Movimiento de agregados	N.A.	4 horas, 6 días/semana	Ninguno	Filtros en silos de cemento Protección en tolva de carguío de agregados Absorbedor de polvo en carguío a mixer	Medido

4.2 Estrategia de muestreo

4.2.1 Constitución de los grupos de exposición similar

En la práctica, por lo general no es posible medir la exposición de cada uno de los trabajadores cada día. Para obtener datos cuantitativos de las mediciones de la exposición que permitan la evaluación de la conformidad con el LMP, debe considerarse una aproximación eficaz que permita el uso más eficiente de los recursos.

Este método, basado en la observación de las condiciones laborales, permite la medición de la exposición de un pequeño número de trabajadores pertenecientes a un GES para la comparación con los LMP. En el caso de que las mediciones de la exposición de algunos trabajadores del GES indiquen que se cumplen con los LMP (conformidad), se considera entonces que se cumplen para todos los trabajadores del GES.

El GES debe constituirse usando información sobre el perfil de exposición y la duración de las tareas desarrolladas en las jornadas de trabajo.

Considerando los siguientes criterios:

- El tipo de trabajo de la organización.
- Inventario de las tareas dentro de un trabajo.
- Condiciones en que se realizan las operaciones y las medidas de control del riesgo.
- Tiempo de exposición, localización de la exposición dentro de la jornada y a lo largo del tiempo, determinado por la frecuencia y periodicidad de las tareas.

La clasificación de los GES se realizará teniendo como resultado el siguiente cuadro:

Tabla 7

Clasificación del Grupos de Exposición Similar por tarea

Código GES	Puesto de Trabajo
GES -001	Chofer Operador de Mixer
GES -002	Operador de Planta

GES -003	Supervisor de Producción
GES -004	Técnico de Trabajo Interno
GES -005	Técnico de Control de Calidad
GES -006	Operador de Cargador Frontal
GES -007	Jefe de Planta
	Administrador de Planta
	Administrador de Transporte
	Supervisor HSE

4.2.2 Especificación del procedimiento de medición

En el proceso de medición de la exposición en el entorno laboral, es fundamental emplear equipos de muestreo personal que se ubiquen en la vestimenta del trabajador dentro de la zona de respiración. La duración del muestreo también se revela como un factor crítico, influyendo directamente en la representatividad de las mediciones de la exposición.

Para llevar a cabo estas mediciones, se seguirán los procedimientos detallados en el Manual de Métodos Analíticos del Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). Específicamente, se aplicarán el procedimiento NMAN 0600 para la medición de partículas respirables y el NMAN 0500 para la medición de partículas totales. Estas elecciones se justifican por su conformidad con los criterios establecidos para garantizar la validez y precisión de los resultados obtenidos (NIOSH, 2021).

Figura 9

Extracto del Método Analítico de NIOSH 0500 para la medición de partículas totales

PARTICULATES NOT OTHERWISE REGULATED, TOTAL		0500
DEFINITION: total aerosol mass		CAS: NONE RTECS: NONE
METHOD: 0500, Issue 2		EVALUATION: FULL
		Issue 1: 15 February 1984 Issue 2: 15 August 1994
OSHA: 15 mg/m ³ NIOSH: no REL ACGIH: 10 mg/m ³ , total dust less than 1% quartz		PROPERTIES: contains no asbestos and quartz less than 1%
SYNONYMS: nuisance dusts; particulates not otherwise classified		
SAMPLING		MEASUREMENT
SAMPLER: FILTER (tared 37-mm, 5-µm PVC filter) FLOW RATE: 1 to 2 L/min VOL-MIN: 7 L @ 15 mg/m ³ -MAX: 133 L @ 15 mg/m ³ SHIPMENT: routine SAMPLE STABILITY: indefinitely BLANKS: 2 to 10 field blanks per set BULK SAMPLE: none required		TECHNIQUE: GRAVIMETRIC (FILTER WEIGHT) ANALYTE: airborne particulate material BALANCE: 0.001 mg sensitivity; use same balance before and after sample collection CALIBRATION: National Institute of Standards and Technology Class S-1.1 weights or ASTM Class 1 weights RANGE: 0.1 to 2 mg per sample ESTIMATED LOD: 0.03 mg per sample PRECISION ($\bar{S}_j$): 0.026 [2]
ACCURACY		
RANGE STUDIED: 8 to 28 mg/m ³		
BIAS: 0.01%		
OVERALL PRECISION ($\bar{S}_p$): 0.056 [1]		
ACCURACY: ±11.04%		
APPLICABILITY: The working range is 1 to 20 mg/m ³ for a 100-L air sample. This method is nonspecific and determines the total dust concentration to which a worker is exposed. It may be applied, e.g., to gravimetric determination of fibrous glass [3] in addition to the other ACGIH particulates not otherwise regulated [4].		
INTERFERENCES: Organic and volatile particulate matter may be removed by dry ashing [3].		
OTHER METHODS: This method is similar to the criteria document method for fibrous glass [3] and Method 5000 for carbon black. This method replaces Method S349 [5]. Impingers and direct-reading instruments may be used to collect total dust samples, but these have limitations for personal sampling.		

Nota: Extraído de Leidel et al. (1977)

Figura 10

Extracto del Método Analítico de NIOSH 0500 para la medición de partículas respirables

PARTICULATES NOT OTHERWISE REGULATED, RESPIRABLE 0600	
DEFINITION: aerosol collected by sampler with 4-µm median cut point	
CAS: None RTECS: None	
METHOD: 0600, Issue 3	EVALUATION: FULL
Issue 1: 15 February 1984 Issue 3: 15 January 1998	
OSHA: 5 mg/m ³ NIOSH: no REL ACGIH: 3 mg/m ³	PROPERTIES: contains no asbestos and quartz less than 1%; penetrates non-ciliated portions of respiratory system
SYNONYMS: nuisance dusts; particulates not otherwise classified	
SAMPLING	MEASUREMENT
SAMPLER: CYCLONE + FILTER (10-mm nylon cyclone, Higgins-Dewell [HD] cyclone, or aluminum cyclone + tared 5-µm PVC membrane)	TECHNIQUE: GRAVIMETRIC (FILTER WEIGHT)
FLOW RATE: nylon cyclone: 1.7 L/min HD cyclone: 2.2 L/min Al cyclone: 2.5 L/min	ANALYTE: mass of respirable dust fraction
VOL-MIN: 20 L @ 5 mg/m ³ -MAX: 400 L	BALANCE: 0.001 mg sensitivity; use same balance before and after sample collection
SHIPMENT: routine	CALIBRATION: National Institute of Standards and Technology Class S-1.1 or ASTM Class 1 weights
SAMPLE STABILITY: stable	RANGE: 0.1 to 2 mg per sample
BLANKS: 2 to 10 field blanks per set	ESTIMATED LOD: 0.03 mg per sample
PRECISION: <10 µg with 0.001 mg sensitivity balance; <70 µg with 0.01 mg sensitivity balance [3]	
ACCURACY	
RANGE STUDIED: 0.5 to 10 mg/m ³ (lab and field)	
BIAS: dependent on dust size distribution [1]	
OVERALL PRECISION ($\hat{S}_{\mu}$): dependent on size distribution [1,2]	
ACCURACY: dependent on size distribution [1]	
APPLICABILITY: The working range is 0.5 to 10 mg/m ³ for a 200-L air sample. The method measures the mass concentration of any non-volatile respirable dust. In addition to inert dusts [4], the method has been recommended for respirable coal dust. The method is biased in light of the recently adopted international definition of respirable dust, e.g., $\approx +7\%$ bias for non-diesel, coal mine dust [5].	
INTERFERENCES: Larger than respirable particles (over 10 µm) have been found in some cases by microscopic analysis of cyclone filters. Over-sized particles in samples are known to be caused by inverting the cyclone assembly. Heavy dust loadings, fibers, and water-saturated dusts also interfere with the cyclone's size-selective properties. The use of conductive samplers is recommended to minimize particle charge effects.	
OTHER METHODS: This method is based on and replaces Sampling Data Sheet #29.02 [6].	

Nota: Extraído de Leidel et al. (1977)

4.3 Validación de resultados de medición y grupos de exposición similar

4.3.1 Validación de los resultados de medición

Una vez obtenidos los resultados de las mediciones, cada valor se somete a una exhaustiva evaluación. Este proceso implica el análisis detallado de la información

recopilada durante la medición en campo, así como la comparación con otras mediciones realizadas en el Grupo de Exposición Similar (GES) correspondiente.

Este enfoque garantiza una validación rigurosa de los resultados, permitiendo la identificación de posibles variaciones, factores externos o condiciones específicas que podrían influir en la exposición a agentes químicos. La comparación intragrupo contribuye a establecer patrones y consistencia en los datos, fortaleciendo la fiabilidad de los resultados obtenidos en la investigación.

Tabla 8
Mediciones por GES (Grupo de Exposición Similar)

MEDICIONES DE EXPOSICIÓN							
Puesto de Trabajo	Código	Mediciones (mg/m³)					
	GES						
Chofer Operador de Mixer	GO-PR-01	0,270	0,170	0,390	0,200	0,220	0,290
	GO-PI-01	0,140	0,156	0,222	0,267	0,182	0,186
Operador de Planta	GO-PR-02	0,105	0,133	0,107	0,190	0,093	0,111
	GO-PI-02	0,666	0,596	0,560	0,540	0,610	0,561
Supervisor de Producción	GO-PR-03	0,170	0,210	0,138	0,161	0,145	0,195
	GO-PI-03	0,277	0,262	0,222	0,316	0,210	0,235
Técnico de Trabajo Interno	GO-PR-04	0,390	0,120	0,470	0,190	0,200	0,250
	GO-PI-04	0,330	0,250	0,280	0,260	0,300	0,290
Técnico de Control de Calidad	GO-PR-05	0,360	0,250	0,290	0,340	0,320	0,270
	GO-PI-05	0,400	0,450	0,480	0,510	0,440	0,450
Operador de Cargador Frontal	GO-PR-05	0,218	0,295	0,245	0,231	0,288	0,275
	GO-PI-05	0,194	0,138	0,121	0,097	0,111	0,101
Jefe de Planta	GO-PR-06	0,061	0,057	0,052	0,065	0,055	0,060
Administrador de Planta	GO-PI-06	0,223	0,188	0,120	0,155	0,133	0,201
Supervisor HSE							

Nota: La unidad de medición se da en miligramos por metro cúbico (mg/m³)

Comparando las mediciones por cada GES (Grupo de Exposición Similar) y verificando que los resultados no son inusualmente altos o bajo se llega a la conclusión

que todas las mediciones realizadas por cada GES (Grupo de Exposición Similar) son válidas.

4.3.2 Validación de los grupos de exposición similar

Para la validación de los grupos de exposición similar (GES) se realizará mediante el análisis del gráfico de probabilidad logarítmica de los datos; ya que las mediciones de un mismo GES habitualmente siguen una distribución logarítmico-normal.

Para poder validar los resultados se hace el uso de la herramienta electrónica IHSTAT de uso público que es elaborado por AIHA (American Industrial Hygiene Association).

Figura 11

Gráfico de probabilidad logarítmica de mediciones de polvo respirable del GES Chofer Operador de Mixer.

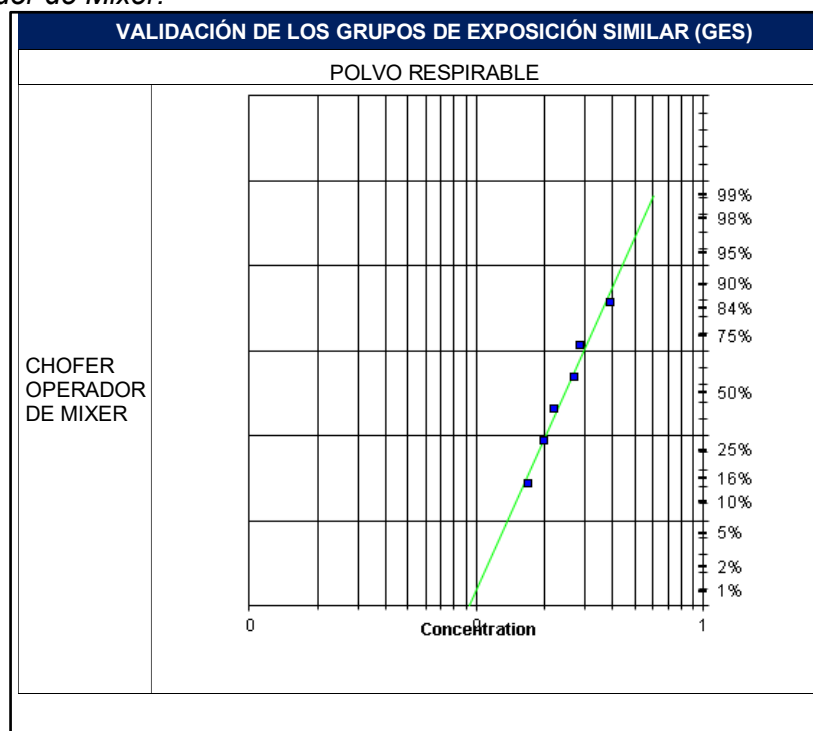


Figura 12

Gráfico de probabilidad logarítmica de mediciones de polvo respirable del GES Operador de Planta

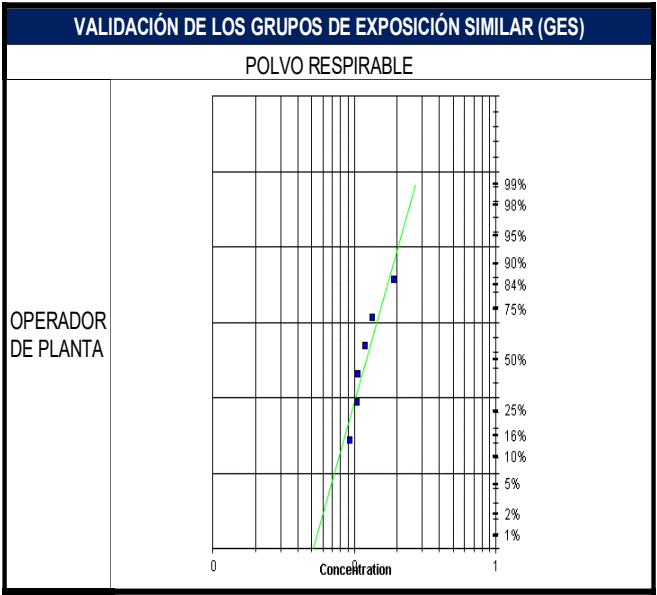


Figura 13

Gráfico de probabilidad logarítmica de medidas de polvo respirable del GES Supervisor de Producción

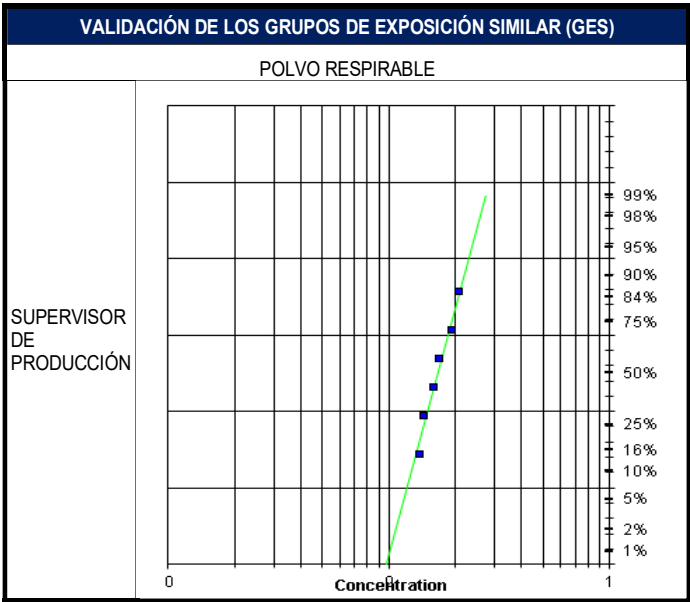


Figura 14

Gráfico de probabilidad logarítmica de mediciones de polvo respirable del GES Técnico de Trabajo Interno.

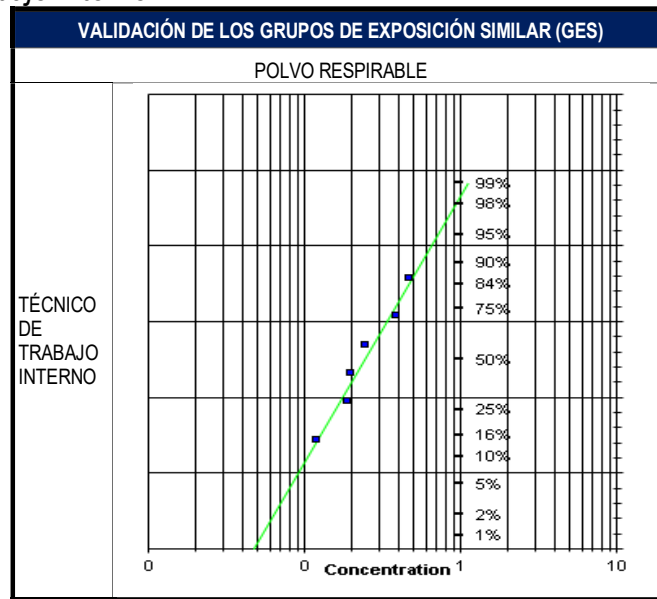


Figura 15

Gráfico de probabilidad logarítmica de mediciones de polvo respirable del GES Técnico de Control de Calidad.

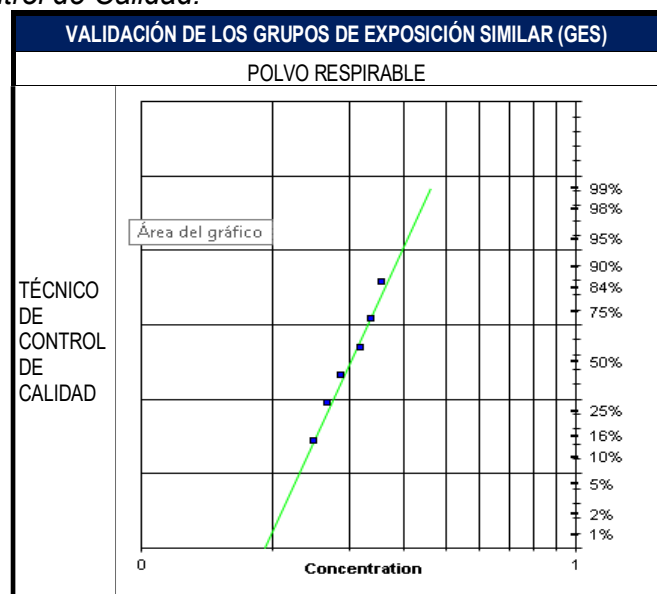


Figura 16

Gráfico de probabilidad logarítmica de mediciones de polvo respirable del GES Operador de Cargador Frontal.

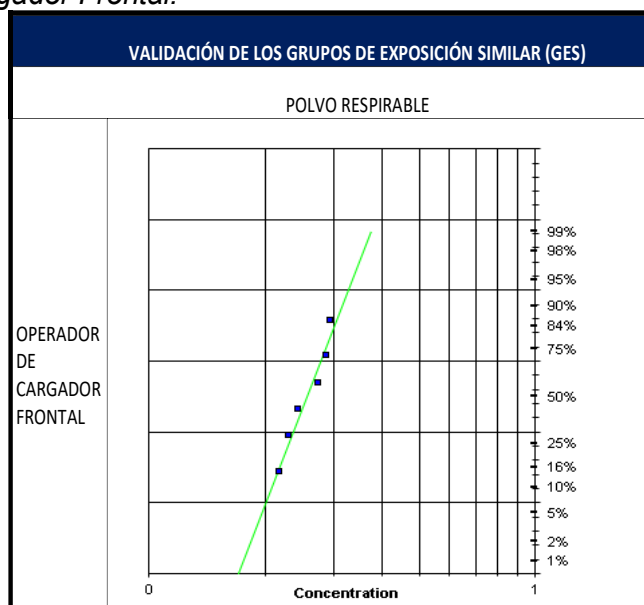
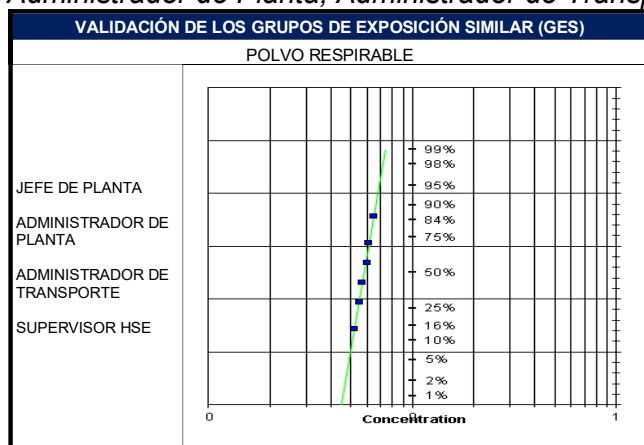


Figura 17

Gráfico de probabilidad logarítmica de mediciones de polvo respirable del GES de Jefe de Planta, Administrador de Planta, Administrador de Transporte y Supervisor HSE.



Observando los gráficos de cada uno los Grupos de Exposición Similar (GES) de los datos de medición de polvo respirable se llega a la conclusión que siguen una distribución logarítmica-normal por tal motivo se valida cada uno de los Grupos de Exposición Similar (GES).

Figura 18

Gráfico de probabilidad logarítmica de las mediciones de polvo inhalable del GES Chofer Operador de Mixer.

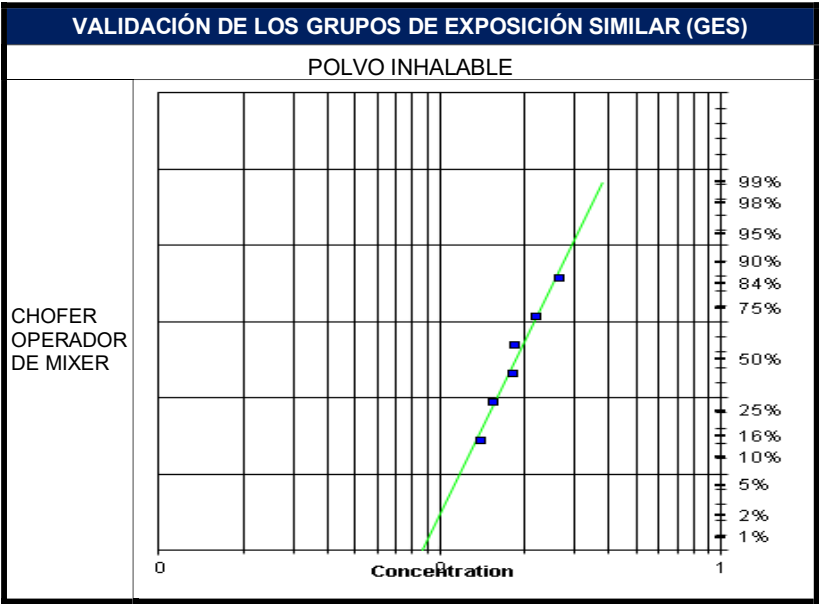


Figura 19

Gráfico de probabilidad logarítmica de mediciones de polvo inhalable del GES Chofer Operador de Planta.

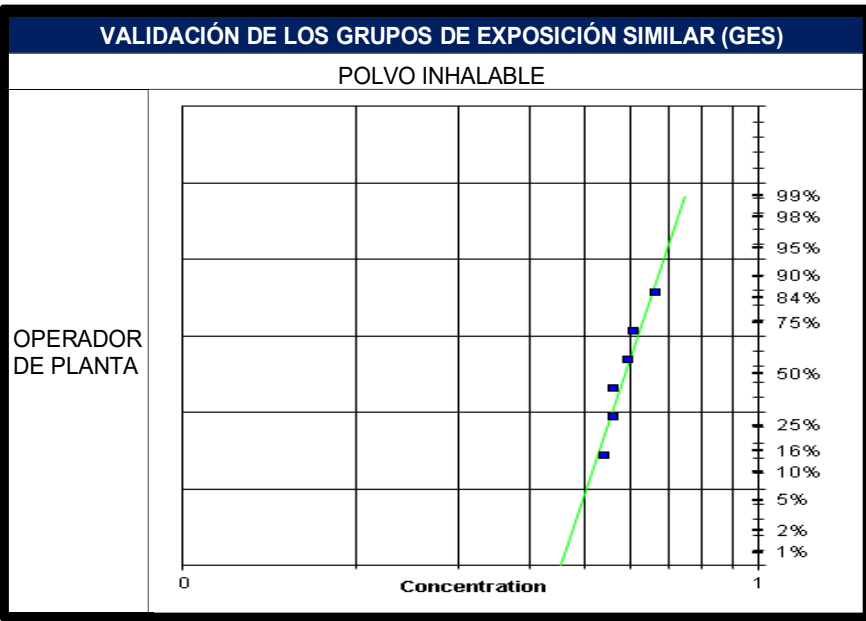


Figura 20

Gráfico de probabilidad logarítmica de los datos de medición de polvo inhalable del GES Supervisor de Producción.

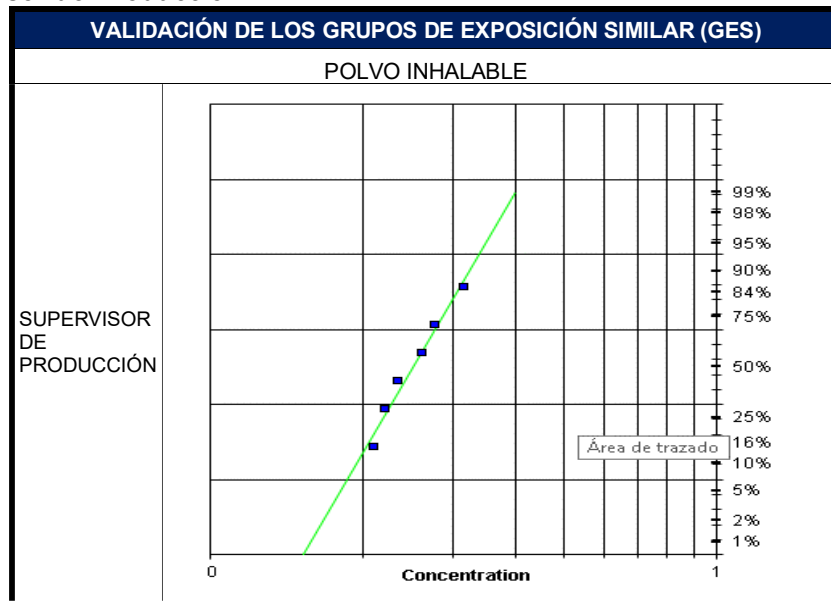


Figura 21

Gráfico de probabilidad logarítmica de los datos de medición de polvo inhalable del GES Técnico de Trabajo Interno.

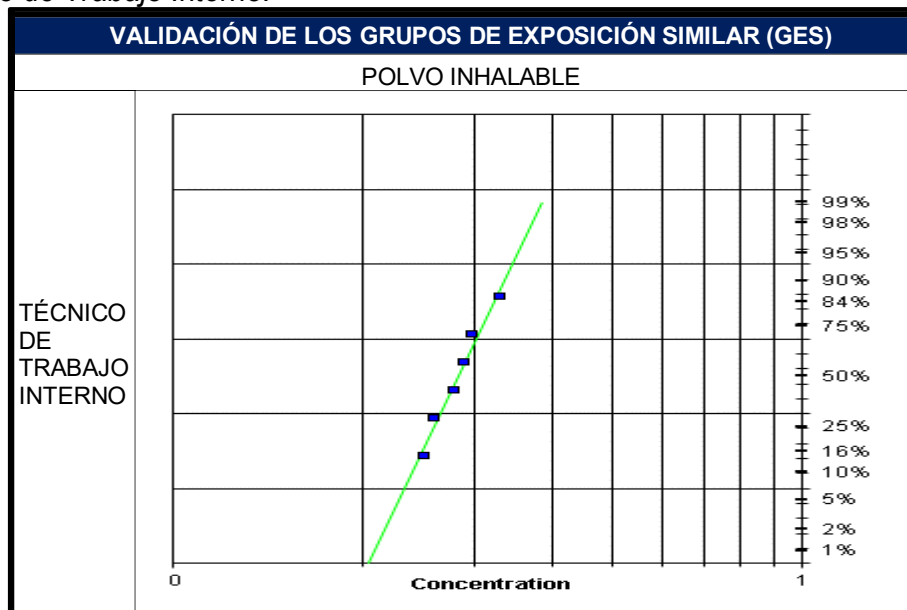


Figura 22

Gráfico de probabilidad logarítmica de los datos de medición de polvo inhalable del GES Técnico de Control de Calidad.

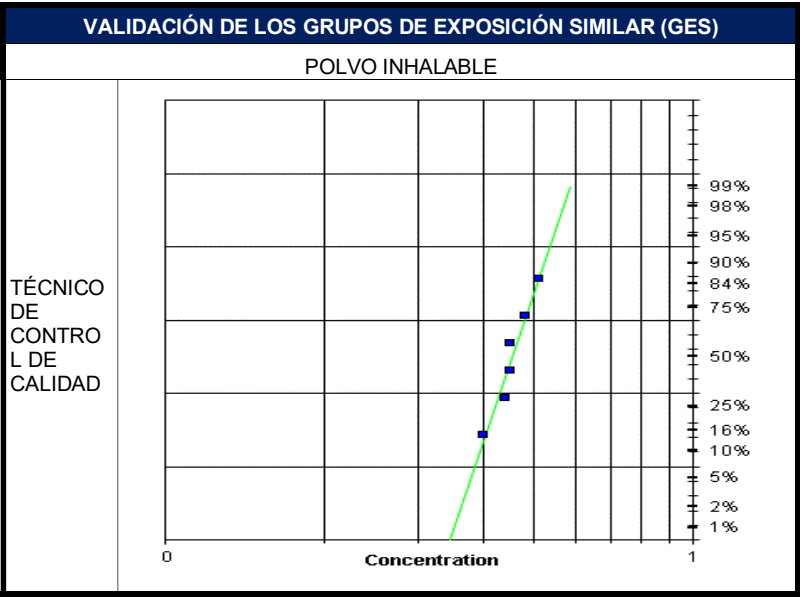


Figura 23

Gráfico de probabilidad logarítmica de los datos de medición de polvo inhalable del GES Operador de Cargador Frontal - 1.

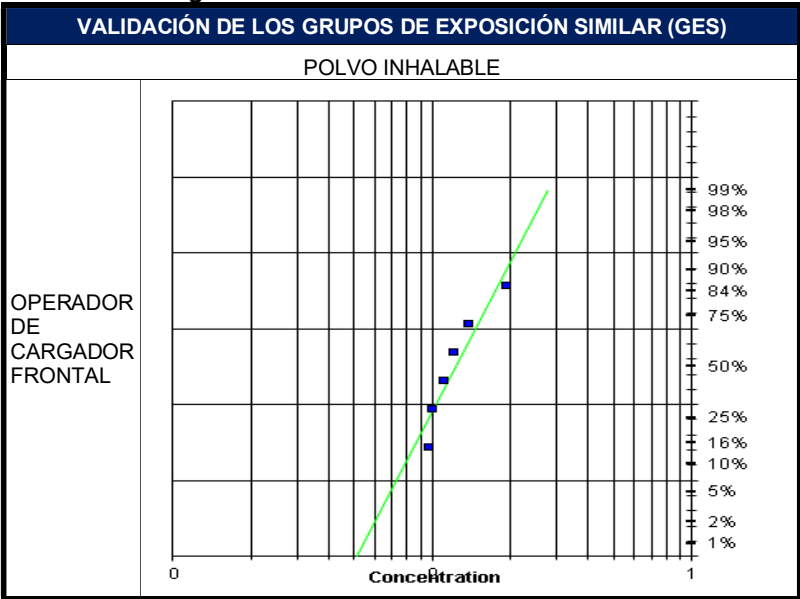
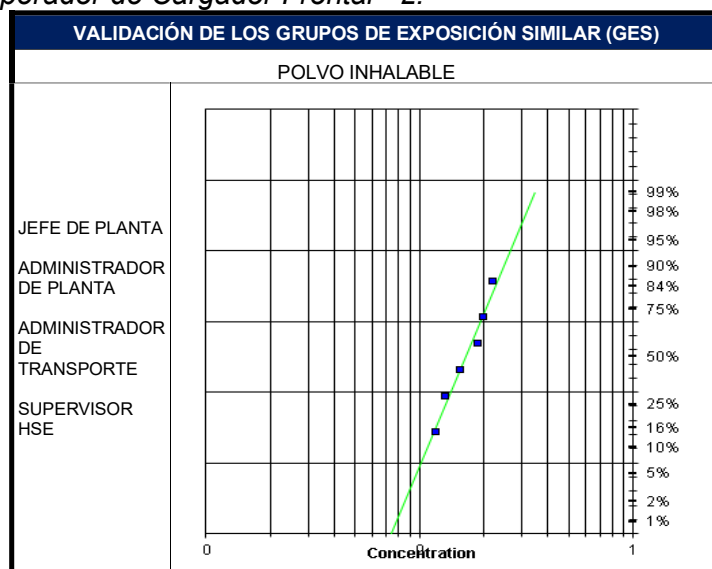


Figura 24

Gráfico de probabilidad logarítmica de los datos de medición de polvo inhalable del GES Operador de Cargador Frontal - 2.



Observando los gráficos de cada uno de los Grupos de Exposición Similar (GES) de los datos de medición de polvo inhalable se llega a la conclusión que siguen una distribución logarítmica-normal por tal motivo se valida cada uno de los Grupos de Exposición Similar (GES).

4.4 Comparación de los resultados con los límites máximos permisibles (LMP)

Habiendo validado previamente los Grupos de Exposición Similar (GES), el siguiente paso implica la comparación de los resultados obtenidos con los Límites Máximos Permisibles (LMP). Este proceso comprende dos pruebas: una prueba preliminar y una prueba estadística.

4.4.1 Prueba preliminar

La prueba preliminar consiste en realizar cinco mediciones válidas de la exposición de trabajadores pertenecientes a un Grupo de Exposición Similar (GES). Se establece que si todos los resultados se sitúan por debajo del 0,2 del Límite Máximo Permissible (LMP) para un conjunto de cinco mediciones, se llega a las siguientes decisiones:

- a) Conformidad: Si el LMP no es superado.
- b) No Conformidad: Si al menos uno de los resultados excede el LMP.

c) No Decisión: Si todos los resultados son inferiores al LMP y, además, uno de los resultados está por encima del 0,1 del Valor Límite Ambiental (VLA) para un conjunto de tres resultados, o del 0,15 VLA para un conjunto de cuatro resultados, o del 0,2 VLA para un conjunto de cinco resultados. En esta circunstancia, se requieren mediciones adicionales (al menos seis en total) para aplicar la prueba, basándose en el cálculo del intervalo de confianza de la probabilidad de sobrepasar el VLA, según se detalla en la sección 5.5.3.

Figura 25

Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PI-01

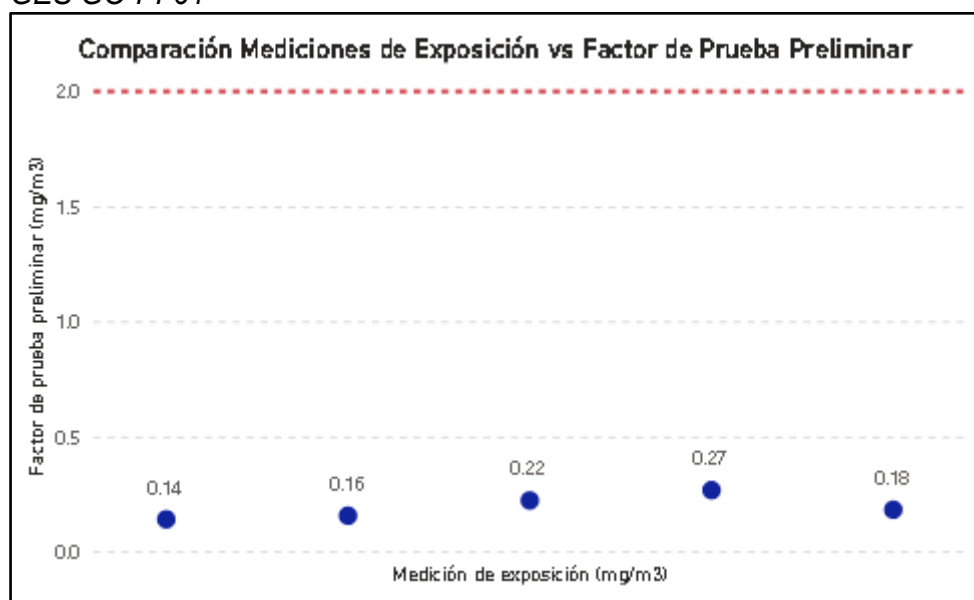


Figura 26

Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PI-02.

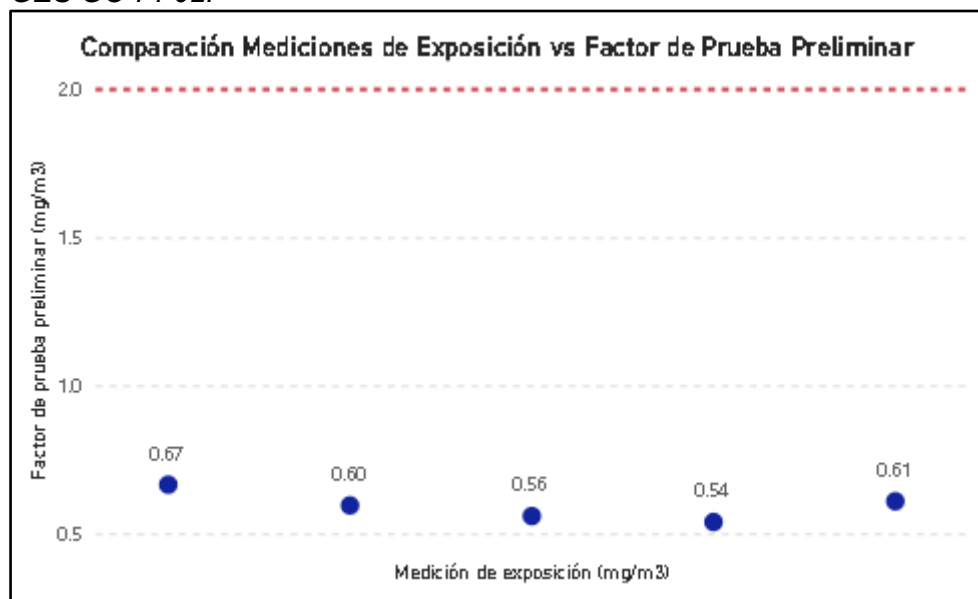


Figura 27

Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PI-03.

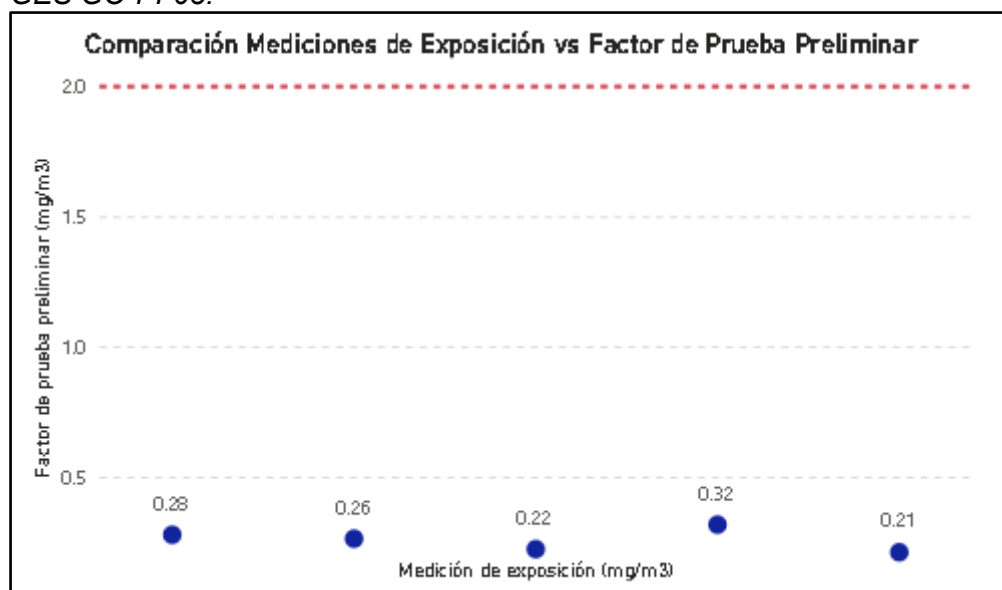


Figura 28

Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PI-04

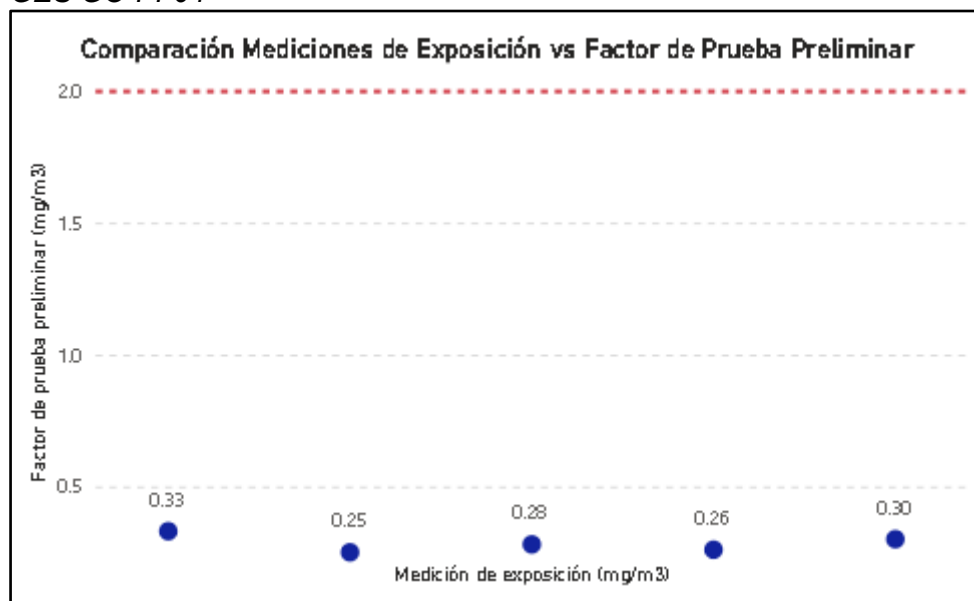


Figura 29

Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PI-05

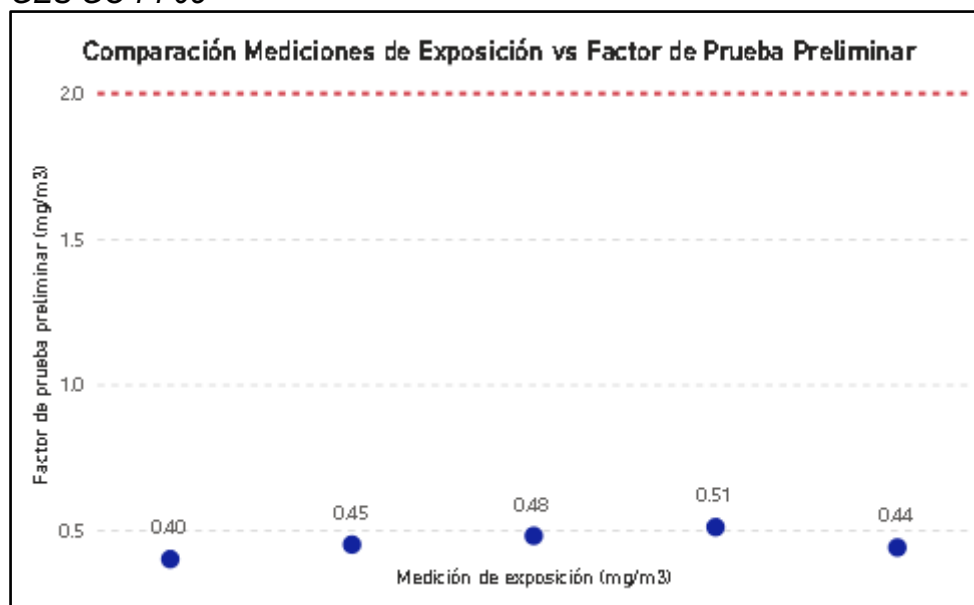


Figura 30

Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PI-06

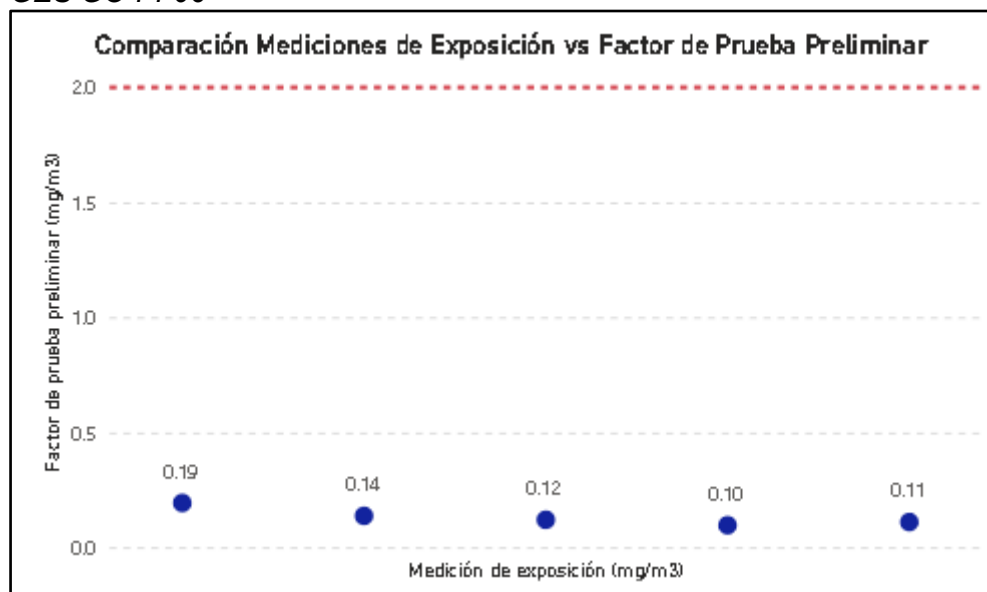


Figura 31

Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PI-07

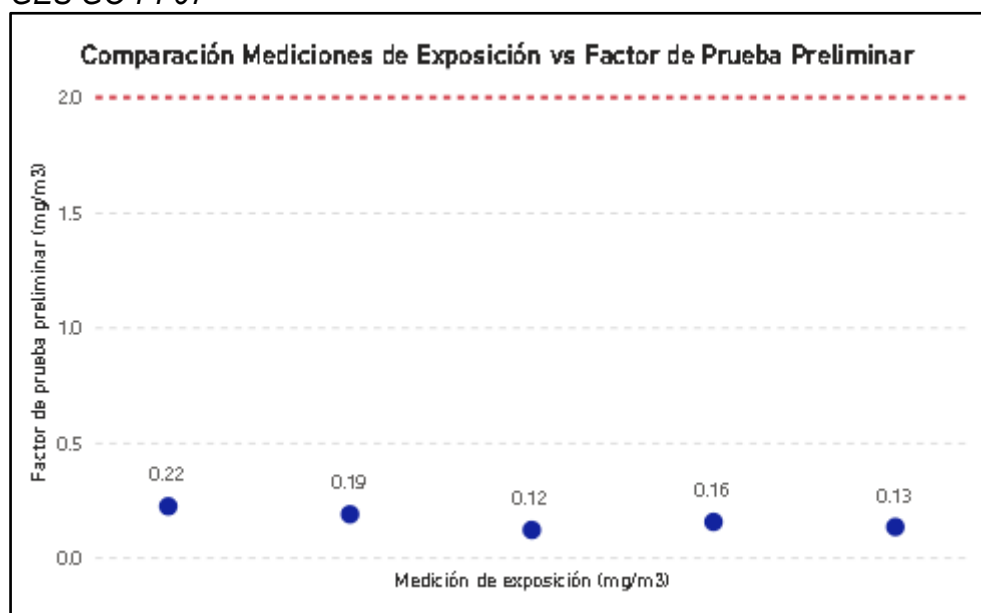


Figura 32

Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PR-01.

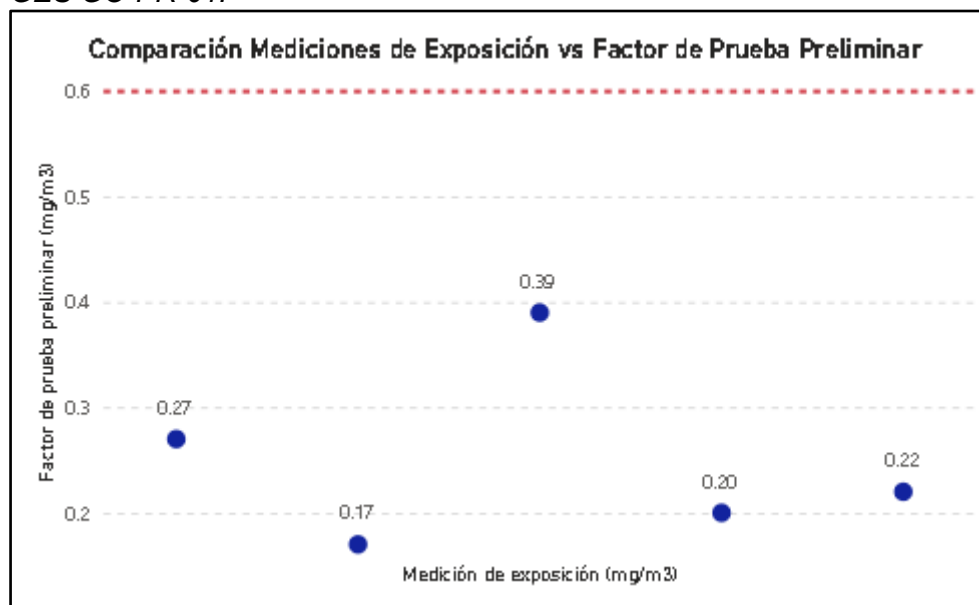


Figura 33

Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PR-02.

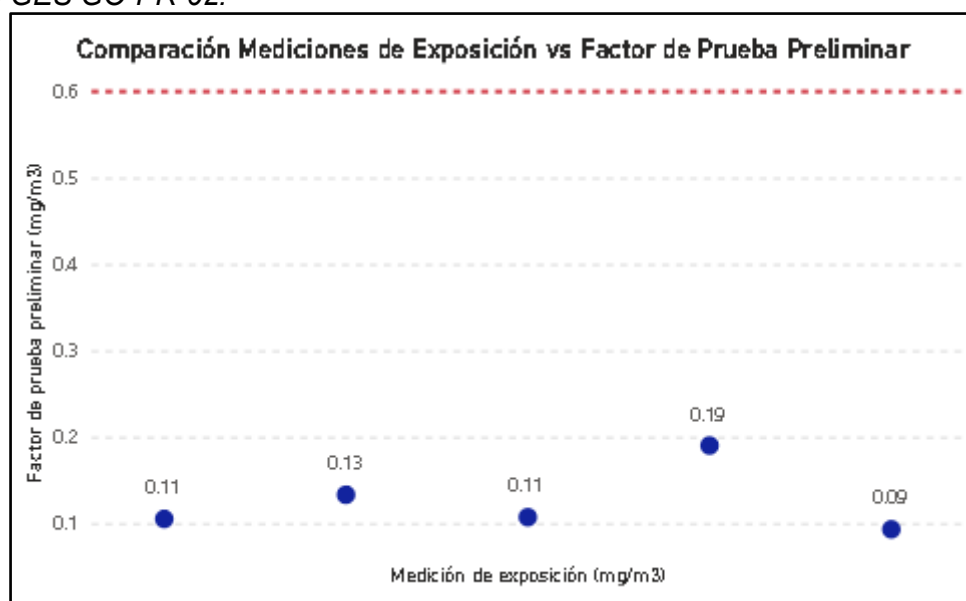


Figura 34

Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PR-03.

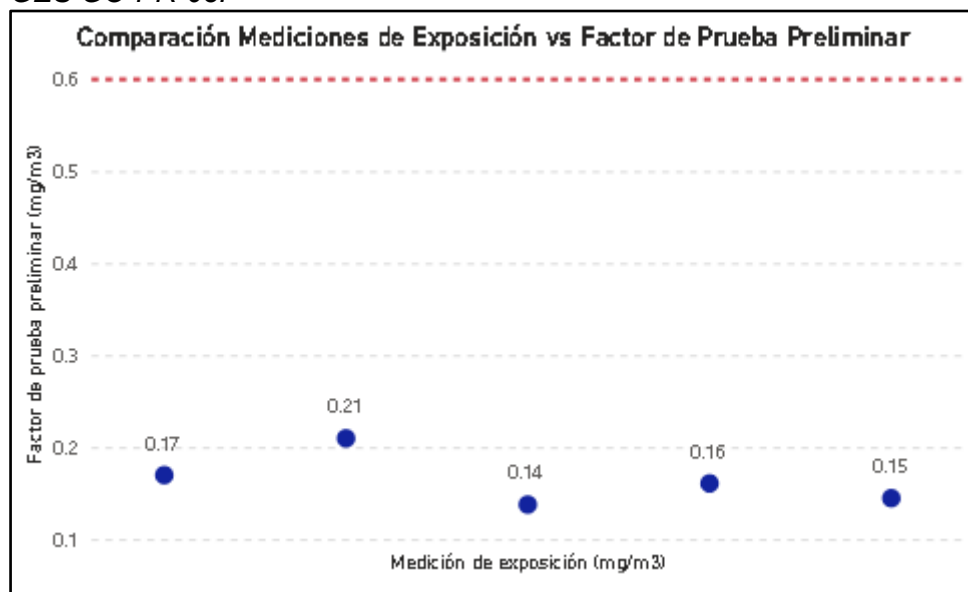


Figura 35

Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PR-04.

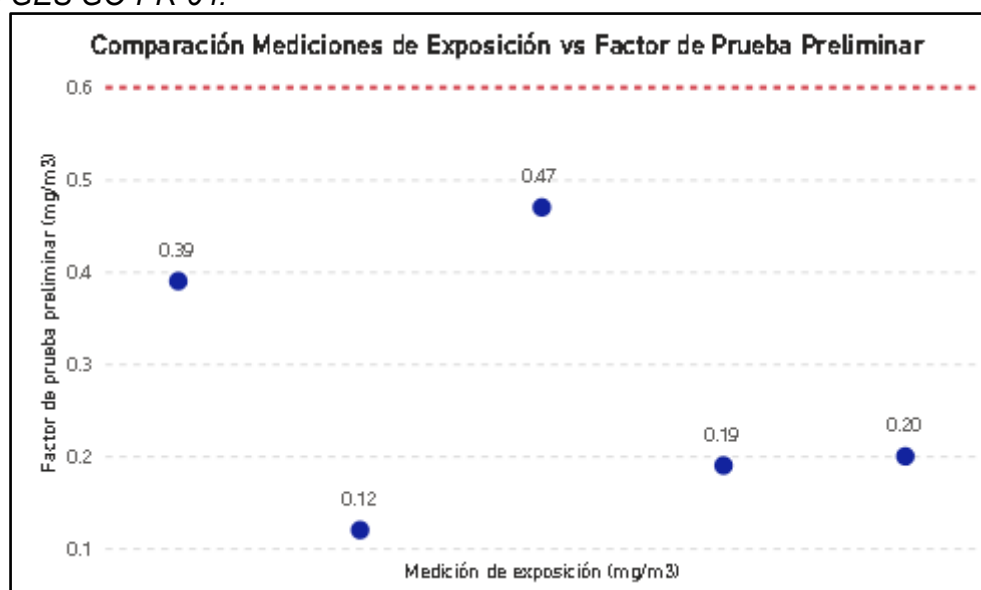


Figura 36

Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PR-05.

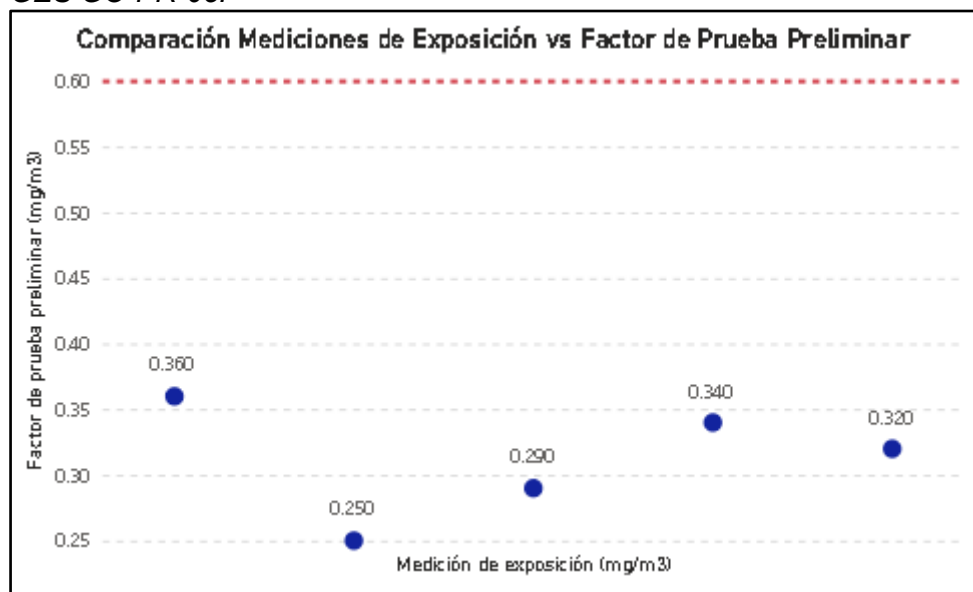


Figura 37

Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PR-06.

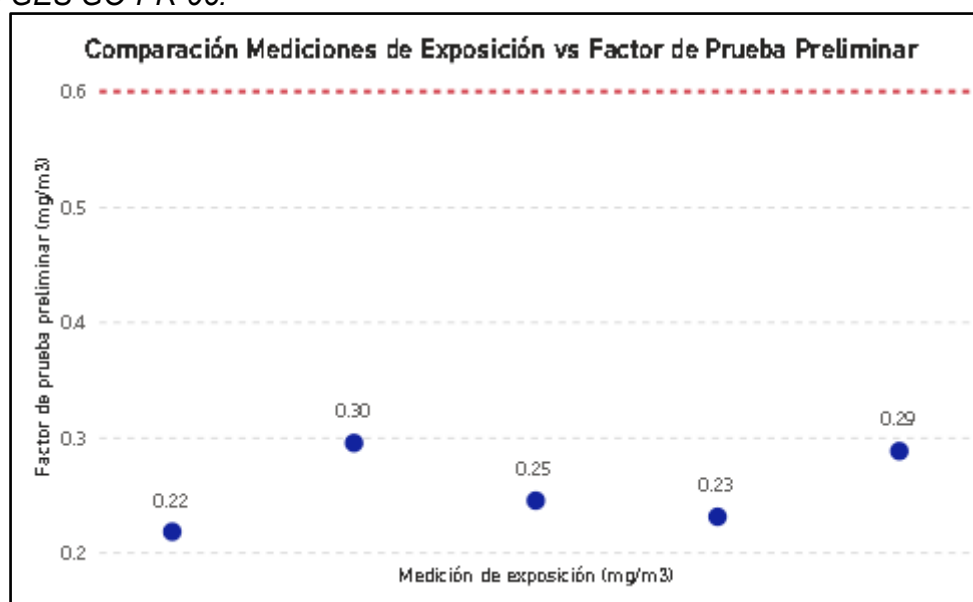
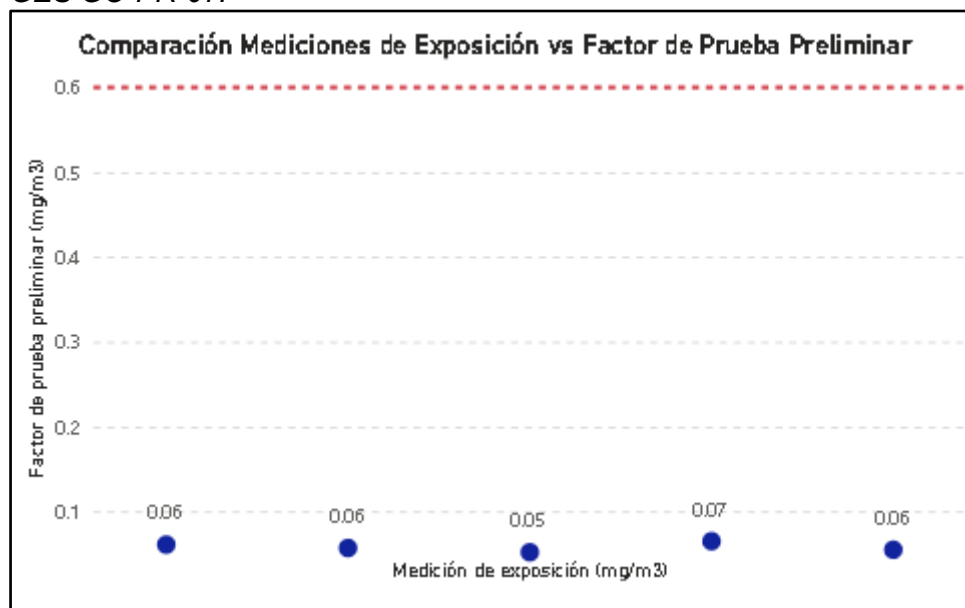


Figura 38

Gráfico de comparación de mediciones de exposición vs Factor de Prueba Preliminar para el GES GO-PR-07.



La evaluación detallada de las figuras desde la 25 hasta la 38, que representan las comparaciones de mediciones por cada factor de prueba preliminar, refleja coherencia con los lineamientos establecidos en el numeral 5.4.1. Se concluye de manera consistente que todos los resultados se ajustan a los Valores Límites Permisibles (LMP), según lo indicado en la Evaluación Preliminar de Comparación con los Límites Máximos Permitidos.

Este hallazgo refuerza la efectividad de la estrategia de evaluación implementada, destacando que los resultados de las mediciones cumplen con los estándares establecidos para la seguridad y salud ocupacional. La coherencia en la conformidad con los LMP a través de las distintas figuras respalda la validez y fiabilidad de la metodología aplicada.

Adicionalmente, este análisis robustece la confianza en la estrategia, ya que las comparaciones se extienden a través de múltiples factores de prueba preliminar. La consistencia en los resultados fortalece la validez de la estrategia, ofreciendo una base sólida para futuras implementaciones y mejoras en la gestión de la exposición a agentes químicos en entornos laborales.

Adicionalmente, este análisis robustece la confianza en la estrategia, ya que las comparaciones se extienden a través de múltiples factores de prueba preliminar. La

consistencia en los resultados fortalece la validez de la estrategia, ofreciendo una base sólida para futuras implementaciones y mejoras en la gestión de la exposición a agentes químicos en entornos laborales.

Tabla 9

Resultados de comparación de mediciones por cada GES con el LMP.

MEDICIONES DE EXPOSICIÓN								Conteo de cumplimiento	
GES (Tarea / Puesto de trabajo)	Puesto de Trabajo	Mediciones (mg/m3)						Cumple LMP	Cumple 0.20VLA
TOTAL DE PARTÍCULAS INHALABLES		LMP(ACGIH): 10 mg/m3						<10	<2.0
GO-PI-01	Chofer Operador de Mixer	0.14	0.16	0.22	0.27	0.18	0.19	6	6
GO-PI-02	Operador de Planta	0.67	0.60	0.56	0.54	0.61	0.56	6	6
GO-PI-03	Supervisor de Producción	0.28	0.26	0.22	0.32	0.21	0.24	6	6
GO-PI-04	Técnico de Trabajo Interno	0.33	0.25	0.28	0.26	0.30	0.29	6	6
GO-PI-05	Técnico de Control de Calidad	0.40	0.45	0.48	0.51	0.44	0.45	6	6
GO-PI-06	Operador de Cargador Frontal	0.19	0.14	0.12	0.10	0.11	0.10	6	6
GO-PI-07	Administrador de Transporte o Supervisor HSE	0.22	0.19	0.12	0.16	0.13	0.20	6	6
TOTAL DE PARTÍCULAS RESPIRABLES		LMP(ACGIH): 3 mg/m3						<3.0	<0.6
GO-PR-01	Chofer Operador de Mixer	0.27	0.17	0.39	0.20	0.22	0.29	6	6
GO-PR-02	Operador de Planta	0.11	0.13	0.11	0.19	0.09	0.11	6	6
GO-PR-03	Supervisor de Producción	0.17	0.21	0.14	0.16	0.15	0.20	6	6
GO-PR-04	Técnico de Trabajo Interno	0.39	0.12	0.47	0.19	0.20	0.25	6	6
GO-PR-05	Técnico de Control de Calidad	0.36	0.25	0.29	0.34	0.32	0.27	6	6
GO-PR-06	Operador de Cargador Frontal	0.22	0.30	0.25	0.23	0.29	0.28	6	6
GO-PR-07	Jefe de Planta o Administrador de Planta	0.06	0.06	0.05	0.07	0.06	0.06	6	6

La evaluación detallada de la "Tabla 09: Resultados de comparación de mediciones por cada GES con el LMP" demuestra de manera consistente que todas las mediciones efectuadas en los siete puestos de trabajo cumplen con los Límites Máximos Permisibles (LMP). Ningún valor excede el límite de 0.2VMA, tanto para partículas inhalables como para partículas respirables.

Este conjunto de resultados proporciona una conclusión firme respecto a la eficacia de las medidas de control implementadas. La conformidad general con los LMP indica que las estrategias de gestión de la exposición a agentes químicos en la concretera han sido exitosas. Esto, a su vez, asegura la seguridad y salud de los trabajadores en el entorno laboral.

La coherencia en los datos presentados en la tabla refuerza la confianza en la estrategia de evaluación aplicada. Además, sugiere que las medidas de control adoptadas son adecuadas para mantener los niveles de exposición a agentes químicos dentro de los límites establecidos por las normativas de seguridad y salud ocupacional.

4.5 **Reevaluación Periódica**

Como la decisión de conformidad se alcanzó mediante la prueba preliminar para todos los GES y las condiciones no cambiaron se decidirá el intervalo de reevaluación periódica como se indica a continuación.

Tabla 10
Criterios de Intervalos de Reevaluación Periódica.

Resultado	Reevaluación Periódica
(MG o MA) < 0,1LMP	36 meses (3 años)
0,1LMP < (MG o MA) < 0,25LMP	24 meses (2 años)
0,25LMP < (MG o MA) < 0,5LMP	18 meses (1.5 años)
0.5LMP < (MG o MA)	12 meses (1año)

Fuente: (UNE,2019).

Los resultados de la Reevaluación, se muestra en la tabla 12, donde se determina los periodos de reevaluación.

Tabla 11*Determinación de los Periodos de Reevaluación.*

DETERMINACIÓN DEL INTERVALO DE REEVALUACIÓN PERIÓDICA										
GES (Tarea / Puesto de trabajo)	Puesto de Trabajo	Mediciones (mg/m3)						ANALISIS DE DATOS		
TOTAL DE PARTÍCULAS INHALABLES		LMP(ACGIH):		10	mg/m3	MA	MG	Reevaluación		
GO-PI-01	Chofer Operador de Mixer	0.14	0.16	0.22	0.27	0.18	0.19	0.19	0.19	36 meses
GO-PI-02	Operador de Planta	0.67	0.60	0.56	0.54	0.61	0.56	0.59	0.59	36 meses
GO-PI-03	Supervisor de Producción	0.28	0.26	0.22	0.32	0.21	0.24	0.25	0.25	36 meses
GO-PI-04	Técnico de Trabajo Interno	0.33	0.25	0.28	0.26	0.30	0.29	0.29	0.28	36 meses
GO-PI-05	Técnico de Control de Calidad	0.40	0.45	0.48	0.51	0.44	0.45	0.46	0.45	36 meses
GO-PI-06	Operador de Cargador Frontal	0.19	0.14	0.12	0.10	0.11	0.10	0.13	0.12	36 meses
GO-PI-07	Administrador de Transporte o Supervisor HSE	0.22	0.19	0.12	0.16	0.13	0.20	0.17	0.17	36 meses
TOTAL DE PARTÍCULAS RESPIRABLES		LMP(ACGIH):		3	mg/m3	MA	MG	Reevaluación		
GO-PR-01	Chofer Operador de Mixer	0.27	0.17	0.39	0.20	0.22	0.29	0.26	0.25	36 meses
GO-PR-02	Operador de Planta	0.11	0.13	0.11	0.19	0.09	0.11	0.12	0.12	36 meses
GO-PR-03	Supervisor de Producción	0.17	0.21	0.14	0.16	0.15	0.20	0.17	0.17	36 meses
GO-PR-04	Técnico de Trabajo Interno	0.39	0.12	0.47	0.19	0.20	0.25	0.27	0.24	36 meses
GO-PR-05	Técnico de Control de Calidad	0.36	0.25	0.29	0.34	0.32	0.27	0.31	0.30	24 meses
GO-PR-06	Operador de Cargador Frontal	0.22	0.30	0.25	0.23	0.29	0.28	0.26	0.26	36 meses
GO-PR-07	Jefe de Planta o Administrador de Planta	0.06	0.06	0.05	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	36 meses

Los resultados presentados en la "Tabla 11: Determinación de los Periodos de Reevaluación" revelan que un puesto de trabajo específico requiere ser reevaluado cada 24 meses, mientras que los demás puestos deben someterse a la reevaluación a los 36 meses. Ambos intervalos de tiempo superan la periodicidad estándar de 12 meses, lo cual

tiene implicaciones significativas para la gestión de costos asociados a las evaluaciones de los ambientes de trabajo por puesto.

La extensión de los periodos de reevaluación a 24 y 36 meses representa una oportunidad clara para la reducción de costos en las evaluaciones ocupacionales. Al disminuir la frecuencia de las evaluaciones, la empresa puede lograr eficiencias económicas sin comprometer la seguridad y salud de los trabajadores. Estos hallazgos respaldan la eficacia de la estrategia de evaluación implementada, demostrando su capacidad para optimizar recursos sin comprometer la integridad del proceso de evaluación.

Estos resultados respaldan la hipótesis de que la estrategia de evaluación a agentes químicos logrará la reducción de costos en los monitoreos ocupacionales de la empresa concretera, contribuyendo así a una gestión más eficiente y sostenible de la exposición a agentes químicos en el entorno laboral.

4.6 Costos asociados a las reevaluaciones periódicas de los GES

Se realiza el cálculo de costos al realizar las mediciones en un periodo de 6 años para poder realizar la comparación antes y después de la implementación de la estrategia.

Tabla 12

Resultados de la Inversión antes y después de aplicar la estrategia

DETERMINACIÓN DE COSTOS ASOCIADOS A LAS REEVALUACIONES DE GES									
GES (Tarea / Puesto de trabajo)	Puesto de Trabajo	Antes de la estrategia (en 6 años)				Después de la estrategia (en 6 años)			
TOTAL DE PARTÍCULAS INHALABLES		períod o	N° Reevaluaciones	Precio	Subtotal	períod o	N° Reevaluaciones	Precio	Subtotal
GO-PI-01	Chofer Operador de Mixer	6	6	S/ 220.00	S/ 7,920.00	6	2	S/ 220.00	S/ 2,640.00
GO-PI-02	Operador de Planta	6	6	S/ 220.00	S/ 7,920.00	6	2	S/ 220.00	S/ 2,640.00
GO-PI-03	Supervisor de Producción	6	6	S/ 220.00	S/ 7,920.00	6	2	S/ 220.00	S/ 2,640.00
GO-PI-04	Técnico de Trabajo Interno	6	6	S/ 220.00	S/ 7,920.00	6	2	S/ 220.00	S/ 2,640.00
GO-PI-05	Técnico de Control de Calidad (1)	6	6	S/ 220.00	S/ 7,920.00	6	3	S/ 220.00	S/ 3,960.00
GO-PI-06	Operador de Cargador Frontal	6	6	S/ 220.00	S/ 7,920.00	6	2	S/ 220.00	S/ 2,640.00
GO-PI-07	Administrador de Transporte o Supervisor HSE	6	6	S/ 220.00	S/ 7,920.00	6	2	S/ 220.00	S/ 2,640.00
TOTAL DE PARTÍCULAS RESPIRABLES									
GO-PR-01	Chofer Operador de Mixer	6	6	S/ 220.00	S/ 7,920.00	6	2	S/ 220.00	S/ 2,640.00
GO-PR-02	Operador de Planta	6	6	S/ 220.00	S/ 7,920.00	6	2	S/ 220.00	S/ 2,640.00
GO-PR-03	Supervisor de Producción	6	6	S/ 220.00	S/ 7,920.00	6	2	S/ 220.00	S/ 2,640.00
GO-PR-04	Técnico de Trabajo Interno	6	6	S/ 220.00	S/ 7,920.00	6	2	S/ 220.00	S/ 2,640.00
GO-PR-05	Técnico de Control de Calidad	6	6	S/ 220.00	S/ 7,920.00	6	3	S/ 220.00	S/ 3,960.00
GO-PR-06	Operador de Cargador Frontal	6	6	S/ 220.00	S/ 7,920.00	6	2	S/ 220.00	S/ 2,640.00
GO-PR-07	Jefe de Planta o Administrador de Planta	6	6	S/ 220.00	S/ 7,920.00	6	2	S/ 220.00	S/ 2,640.00
NOTA	(1) El puesto de control de calidad se reevaluará cada 24 meses, tanto en inhalables como en respirables.			TOTAL	S/ 110,880.00		S/ 39,600.00		
							% Ahorro		64.3%

Los resultados presentados en la "Tabla 12: Comparación de Costos Antes y Después de la Aplicación de la Estrategia" evidencian una notable reducción económica al aplicar la estrategia de evaluación a agentes químicos. La inversión previa, cifrada en S/110,880.00, experimentó una significativa disminución, situándose en S/39,600.00 después de implementar la estrategia. Este cambio representa una reducción porcentual del 64.3% en comparación con la inversión inicial.

Estos resultados confirman la efectividad de la estrategia no solo en términos de optimización de recursos, sino también en cuanto a la reducción sustancial de costos asociados a las evaluaciones ocupacionales. La estrategia ha demostrado ser una alternativa viable y eficiente, proporcionando a la empresa un ahorro económico significativo sin comprometer la calidad y representatividad de las mediciones.

La disminución del 64.3% en los costos sugiere que la estrategia no solo cumple con los estándares de conformidad, sino que también ofrece beneficios financieros tangibles. Estos hallazgos respaldan la hipótesis de que la implementación de la estrategia de evaluación a agentes químicos contribuirá a la reducción de costos en los monitoreos ocupacionales de la empresa concretera.

Conclusiones

Esta investigación, orientada a la "Implementación de una estrategia de evaluación de agentes químicos para reducir costos en monitoreos ocupacionales en una empresa concretera", ha logrado avances sustanciales en el logro de sus objetivos. Las conclusiones se derivan directamente de los objetivos y las hipótesis establecidas:

- Se cumplió el primer objetivo específico al llevar a cabo con éxito la "Implementación de una prueba de conformidad para Grupos de Exposición Similar (GES)". Esta fase del estudio permitió la identificación y clasificación de siete grupos de exposición similar en la planta concretera, así como una revisión exhaustiva de los factores de exposición que afectan a los trabajadores.
- El segundo objetivo específico también se abordó de manera efectiva con la "Implementación de una prueba de conformidad estadística para Límites Máximos Permisibles (LMP)". Se verificó la normalidad logarítmica de cada GES y se confirmó el cumplimiento de todos los LMP, tanto para partículas inhalables como respirables, sin superar el 0.2 VLA. Este hallazgo allana el camino para la determinación de los periodos de reevaluación.
- La determinación de los periodos de reevaluación resultó en un hito importante. Se estableció que el grupo "técnico de control de calidad" debe ser reevaluado cada 2 años, mientras que los demás puestos de trabajo requieren una reevaluación cada 3 años. Estos plazos proporcionan una base sólida para la gestión efectiva de la exposición a agentes químicos en el lugar de trabajo.
- La hipótesis general, que postulaba que la estrategia de evaluación de agentes químicos reduciría los costos en los monitoreos ocupacionales, se corroboró. El análisis indicó que, al adoptar estos periodos de reevaluación, se podría lograr un ahorro significativo del 64.3% en los costos asociados a las reevaluaciones durante un período de 6 años.

- En general, los resultados obtenidos en este estudio contribuyen sustancialmente al conocimiento práctico y estratégico de la evaluación de agentes químicos para reducir costos en monitoreos ocupacionales en el contexto específico de una empresa concretera. La implementación de estas estrategias no solo asegura mediciones representativas, sino que también demuestra ser una alternativa efectiva y eficiente desde el punto de vista económico.

Recomendaciones

Para futuras investigaciones en este ámbito, se pueden considerar las siguientes recomendaciones:

- **Ampliar el Estudio a Otros Sectores Industriales:** Extender la estrategia de evaluación de agentes químicos a diferentes sectores industriales para evaluar su aplicabilidad y eficacia en contextos diversos. Esto permitiría generalizar los hallazgos y adaptar la estrategia a diferentes entornos laborales.
- **Incorporar Nuevos Agentes Químicos:** Añadir a la investigación la evaluación de otros agentes químicos específicos para la industria concretera. Esto proporcionaría una visión más completa de los riesgos laborales y permitiría desarrollar estrategias específicas para cada sustancia química.
- **Incluir Evaluaciones de Riesgos Psicosociales:** Integrar evaluaciones de riesgos psicosociales en la estrategia, ya que la salud ocupacional no se limita solo a riesgos químicos. Considerar aspectos como el estrés laboral, la carga de trabajo emocional y otros factores psicosociales que puedan afectar la salud y el bienestar de los trabajadores.
- **Aplicar la Estrategia en Empresas de Diferente Tamaño:** Realizar la implementación de la estrategia en empresas concreteras de diferentes tamaños. Esto permitiría evaluar la escalabilidad de la estrategia y su viabilidad en empresas más pequeñas o grandes.
- **Incorporar Tecnologías de Monitoreo Avanzadas:** Explorar el uso de tecnologías de monitoreo avanzadas, como sensores inteligentes y dispositivos portátiles, para realizar mediciones de exposición de manera más eficiente y precisa. La incorporación de tecnologías emergentes podría mejorar la calidad de los datos recopilados.
- **Evaluar la Percepción y Participación de los Trabajadores:** Incluir un análisis de la percepción y participación de los trabajadores en el proceso de evaluación. Obtener

retroalimentación directa de los empleados puede ser crucial para comprender mejor los riesgos percibidos y mejorar la implementación de medidas de control.

- Explorar Estrategias de Sensibilización y Capacitación: Investigar la efectividad de estrategias de sensibilización y capacitación para los trabajadores en temas de seguridad y salud ocupacional. Evaluar cómo la información y la formación impactan en la percepción y conducta de los empleados respecto a la exposición a agentes químicos.

Estas recomendaciones pueden proporcionar líneas de investigación valiosas para avanzar en el campo de la evaluación de agentes químicos y la reducción de costos en monitoreos ocupacionales.

Referencias bibliográficas

American Industrial Hygiene Association (AIHA). (2011). *La Estrategía para la Evaluación Ocupacional*. AIHA.

American Industrial Hygiene Association Journal. (1959). American Industrial Hygiene Association Journal. *American Industrial Hygiene Association*, 20(6).

Arango Jayo, G. L. (2017). Determinación del nivel de exposición ocupacional a agentes químicos y físicos en una empresa de la industria de la construcción.

Asociación Internacional de Higiene Ocupacional (IOHA). (1987). Voluntary Associations in Western Countries. 1.

Ataei, Y., Sun, Y., Liu, W., Ellie, A., Dong, H., & Ahmad, U. M. (2022). Health Effects of Exposure to Indoor Semi-Volatile Organic Compounds in Chinese Building Environment: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 20(1). doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph20010678>

Batallas Guerrero, L. (2016). Propuesta de aplicación de los modelos simplificados para evaluar y controlar los riesgos por exposición inhalatoria a agentes químicos en operaciones de mezcla y envasado de fertilizantes inorgánicos.

Bernal Dominguez, F., Castejón Villena, E., Cavallé Oller, N., & Hernandez Calleja, A. (2008). *Higiene industrial*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. doi:I.S.B.N.: 978-84-7425-757-1

Castro Torres, K. (2009). Establecimiento de la estrategia y metodología de muestreo ambiental de agentes químicos para la determinación de la exposición laboral de los trabajadores de una refinería del área andina.

Chen, X., Guo, C., Song, J., Wang, X., & Cheng, J. (2019). Occupational health risk assessment based on actual dust exposure in a tunnel construction adopting roadheader in Chongqing, China. *Building and Environment*, 165(106415). doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106415>

Constitución Política del Perú (1993).

Decreto Supremo N° 005-2012-TR "Reglamento de la ley N° 29783, ley de seguridad y salud en el trabajo" (25 de Abril de 2012).

Decreto Supremo N° 015-2005-SA "Aprueban Reglamento sobre Valores Límite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo" (06 de Julio de 2005).

Directiva 89/391/CEE del Consejo, de 12 de junio de 1989, relativa a la aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo, Diario Oficial L 183 de 29/06/1989 p. 0001 - 0008 Edición especial en finés: Capítulo 5 Tomo 4 p. 0146 Edición especial en sueco: Capítulo 5 Tomo 4 p. 0146 (29 de junio de 1989). Obtenido de <http://data.europa.eu/eli/dir/1989/391/oj>

FUNDACIÓN MAPFRE (2015) "*Manuel de higiene industrial* (2° ed.)". Madrid: FUNDACIÓN MAPFRE. Centro de Documentación. Obtenido de <https://documentacion.fundacionmapfre.org/documentacion/publico/es/bib/151999.do>

Gennaro, V., Marzocca, A., & Corvaglia, M. M. (2018). Development and Validation of a New Method for the Identification and Quantification of Hazardous Air Pollutants in Construction Sites. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11).

International Labour Organization. (11 de Agosto de 1981). *C155 - Convenio sobre seguridad y salud de los trabajadores*. Ginebra, 67ª reunión CIT.

ISO 5479:1997 Statistical interpretation of data — Tests for departure from the normal distribution. (1997). ISO 5479:1997(en) Statistical interpretation of data — Tests for departure from the normal distribution. *International Standard ISO 5479*. Technical Committee ISO/TC 69, Applications of statistical methods, Subcommittee SC 6, Measurement methods and results.

Johnson, E., & LeBout, R. (2017). Air Monitoring for Healt hazardous Exposures in the Construction Industry. *Journal of Occupatinal and Environmental Hygiene*, 14(7).

Leidel, N., Busch, K., & Lynch, J. (1977). *Occupational Exposure Sampling Strategy Manual* (DHHS (NIOSH) PUBLICATION NUMBER 77-173 ed.). National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH).

Ley N° 29783 Ley de seguridad y Salud en el Trabajo (20 de Agosto de 2011).

Mulhausen, J., & Damiano, J. (2015). Establishing Similar Exposure Groups. En A. I. (AIHA), *A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposure* (4th Edition ed., págs. 37-50). AIHA.

ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD (OPS). (2001). *La higiene ocupacional en América Latina: Una guía para su desarrollo*. (R. van der Haar, & B. Goelzer, Edits.) Washinton, D.C.

Poma Beltrán, W. A. (2014). Diseño de un programa anual de higiene ocupacional aplicando la metodología de estrategia de muestreo NIOSH 77-173 para los agentes de ruido y material particulado en una empresa minera.

Sanni-Anibire, M., Mahmoud, A., Hassanain, M., & Salami, B. (2019). A risk assessment approach for enhancing construction safety performance. *Safety Science*, 121, 15-29. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.08.044>

UNE-EN 689. (2019). UNE-EN 689. 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 profesional. Asociación Española de Normalización UNE-EN comité técnico CTN 81 Seguridad y salud en el trabajo.

Anexos

ANEXO 1: Cuadro de Variables operacionales	1
ANEXO 2: Matriz de consistencia	2

ANEXO 1: Cuadro de Variables operacionales.

VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
INDEPENDIENTE	Estrategia de Evaluación para realizar medición representativa de la exposición de los trabajadores a agentes químicos en una Planta Concretera	Cantidad de Mediciones Representativas en los monitoreos de agentes químicos	Número de mediciones representativas.	Prueba Estadística
DEPENDIENTE	Costos al realizar el monitoreo ocupacional de la exposición de los trabajadores a Agentes Químicos en una Planta Concretera.	Cantidad de soles invertidos en los monitoreos de agentes químicos	Número de soles invertidos en los monitoreos de agentes químicos.	Presupuesto Anual en Evaluación de Agentes Químicos

ANEXO 2: Matriz de Consistencia.

Problema General	Objetivos de la investigación	Hipótesis de la investigación	Método de la investigación	Variables	Población y muestra
¿Es posible implementar una Estrategia de Evaluación a agentes químicos para lograr generar un ahorro económico a la empresa, utilizando la menor cantidad de recursos?	Objetivo general	Hipótesis General	Exploratorio y correlacional	Variable Independiente	Población: Personal operativo de Planta Concretera.
	Implementar estrategia de evaluación de la exposición a agentes químicos para la reducción de costos en monitoreos ocupacionales en una empresa concretera.			Estrategia de Evaluación para realizar medición representativa de la exposición de los trabajadores a agentes químicos en una Planta Concretera.	
	Objetivos específicos	La estrategia de evaluación a agentes químicos logrará la reducción de costos en los monitoreos ocupacionales de una Empresa Concretera.	Técnica de investigación:	Variable Dependiente	Muestra: Cuarenta (40) personal operativo, que realiza actividades en Planta Concretera.
	O.E. 1:				
	Implementar prueba de conformidad de los Grupos de Exposición Similar (GES) de en los trabajadores de una Planta Concretera		Transversal	Costos al realizar el monitoreo ocupacional de la exposición de los trabajadores a Agentes Químicos en una Planta Concretera.	
	O.E. 2:		Diseño de investigación:		
	Implementar prueba de conformidad de Valores Límites Permisibles para los resultados de los monitoreos ocupacionales		Experimental		