



UNIVERSIDAD PERUANA
CAYETANO HEREDIA

“EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A AGENTES DE RIESGO QUÍMICO”

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA
OPTAR EL GRADO DE MAESTRO EN
MEDICINA OCUPACIONAL Y DEL MEDIO
AMBIENTE

ARTURO ALFREDO CORDOVA LUGO

GILSON JAVIER DAVILA QUISPE

LIMA – PERÚ

2023

ASESOR

Mg. Jonh Maximiliano Astete Cornejo

JURADO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

MG. CARLOS JOSE BOBADILLA BAZAN

PRESIDENTE

MG. PATRICIA GUADALUPE CUEVA ZAMBRANO

VOCAL

MG. RAUL ASTETE CORNEJO

SECRETARIO

DEDICATORIA.

A nuestros padres por su ejemplo y cariño.

A nuestras hermanas por su apoyo siempre.

A Málika Lupita, la motivación de mi vida.

A Lila por su comprensión en todo.

A Facundo Salvador que es lo mejor que me ha dado la vida.

A Stephanie por todo su apoyo, motivación y amor.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO.

Tesis Autofinanciada

EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A AGENTES DE RIESGO QUÍMICO

INFORME DE ORIGINALIDAD



FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Peruana Cayetano Heredia Trabajo del estudiante	1%
2	docplayer.es Fuente de Internet	1%
3	siar.minam.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	documentop.com Fuente de Internet	1%
5	Submitted to uisek Trabajo del estudiante	1%
6	repository.udistrital.edu.co Fuente de Internet	1%
7	www.paho.org Fuente de Internet	1%
8	dspace.esPOCH.edu.ec Fuente de Internet	1%
9	idoc.pub Fuente de Internet	

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	5
III. EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A AGENTES DE RIESGO QUÍMICO	6
1) Exposición ocupacional a agentes de riesgo químico.	
2) Clasificación de los agentes de riesgo químico.	
3) Monitoreo de los agentes de riesgo químico en el puesto de trabajo.	
4) Evaluación del riesgo de exposición ocupacional a agentes de riesgo químico.	
5) Controles de la exposición a agentes de riesgo químico.	
6) Riesgo de exposición ambiental por agentes químicos generados en actividades económicas.	
7) Medidas preventivas para la exposición ocupacional y ambiental a agentes de riesgo químico.	
IV. CONCLUSIONES	62
V. RECOMENDACIONES	64
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
VII ANEXOS	

RESUMEN

Los químicos ocupan un lugar cada vez más importante como problema de salud pública en los países de desarrollo, debido al modo inadecuado de cómo se producen y se usan, así como la forma en que se desecha ⁵, siendo la vía de absorción más importante la vía respiratoria en el ámbito laboral. La clasificación de los agentes químicos se puede realizar en función de su estado físico en tres grandes grupos: aerosoles, vapores y gases, existen clasificaciones en base a los efectos en el organismo, la composición química del agente, el sitio de la lesión, entre otras.

Para el monitoreo de los agentes de riesgo químico en el puesto de trabajo se debe tener en cuenta el tiempo de muestreo el cual puede ser de varios tipos, no obstante, se debe medir más del 80% de la jornada según los estándares.

En cuanto a los Instrumentos de lectura se encuentran los medidores de lectura directa y aquellos que tienen que ser analizados posteriormente en el laboratorio, para ello se hace uso de los muestreadores, siendo los activos cuando se usa una bomba que aspira aire de forma continua y en un caudal determinado, en el caso de no llevar bomba de aspiración se llaman pasivos.

De acuerdo con el tipo de agente a medir se utilizará un tipo de muestreador determinado, ello también en base a la normativa y los resultados obtenidos deben ser comparados según los principales tipos de límites permisibles para los contaminantes químicos TWA, STEL, CEILING, siendo el más importante el valor límite de llamado TWA¹⁵ y en base a ello son determinados los riesgos de exposición como alto, medio o bajo.

Los objetivos de las evaluaciones de riesgo son importantes para gestionar la supervisión de los controles sobre los peligros, cuantificar los niveles de riesgo, priorizar la toma de decisiones con mayor impacto en la prevención de riesgos potenciales. La metodología simplificada de evaluación de agentes químicos consta de tres fases ³⁰, el inventario de productos, la cantidad utilizada y la frecuencia de utilización.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSST. Madrid 2022) se pueden desplegar las acciones dirigidas al agente químico, como al proceso, el lugar de trabajo o incluso sobre el método de trabajo, se debe considerar que las acciones más efectivas son las dirigidas a la fuente de emisión de la sustancia química.

La vigilancia de la calidad atmosférica consiste nada menos que en la medición sistemática de los contaminantes para evaluar la exposición de receptores vulnerables, personas, animales, plantas y obras de arte, que se basan en normas y directrices derivadas de los efectos observados, y/o identificar la fuente de contaminación atmosférica y análisis de las causas, estas mediciones de las concentraciones de contaminantes atmosféricos tienen siempre carácter de muestras aleatorias en el espacio o en el tiempo.

La implementación de un sistema de evaluación, identificación y etiquetado de sustancias químicas permitirán garantizar el acceso oportuno de la información de los riesgos y esto será una herramienta para que la organización brinde atención para la correcta y oportuna respuesta a emergencias con productos químicos y especialmente la prevención de estas.

PALABRAS CLAVES

EXPOSICIÓN OCUPACIONAL, AGENTES QUÍMICOS, SALUD
OCUPACIONAL.

ABSTRACT

Chemicals occupy an increasingly important place as a public health problem in developing countries, due to the inadequate way in which they are produced and used, as well as the way in which they are disposed of, with the most important route of absorption being respiratory tract in the workplace. The classification of chemical agents can be carried out based on their physical state in three large groups: aerosols, vapors and gases. There are classifications based on the effects on the body, the chemical composition of the agent, the site of the injury, among others. others.

To monitor chemical risk agents in the workplace, the sampling time must be taken into account, which can be of various types; however, more than 80% of the day must be measured according to the standards.

As for the reading instruments, there are direct reading meters and those that have to be analyzed later in the laboratory, for this purpose samplers are used, being the active ones when a pump is used that sucks air continuously and at a certain flow rate, in the case of not having a suction pump, they are called passive. According to the type of agent to be measured, a specific type of sampler will be used, also based on the regulations and the results obtained must be compared according to the main types of permissible limits for chemical contaminants TWA, STEL, CEILING, being the Most importantly, the limit value called TWA15 and based on this, the exposure risks are determined as high, medium or low.

The objectives of risk assessments are important to manage the supervision of controls over hazards, quantify risk levels, prioritize decision making with the greatest impact on the prevention of potential risks. The simplified methodology for evaluating chemical agents consists of three phases 30, the product inventory, the quantity used and the frequency of use.

According to the National Institute of Safety and Hygiene at Work (INSST. Madrid 2022), actions aimed at the chemical agent can be deployed, such as the process, the workplace or even the work method, it must be considered that the The most effective actions are those directed at the source of the chemical substance emission.

Atmospheric quality monitoring consists of nothing less than the systematic measurement of pollutants to assess the exposure of vulnerable receptors, people, animals, plants and works of art, which are based on standards and guidelines derived from the observed effects, and/ o identify the source of atmospheric pollution and analyze the causes, these measurements of the concentrations of atmospheric pollutants always have the character of random samples in space or time.

The implementation of a system for the evaluation, identification and labeling of chemical substances will ensure timely access to risk information and this will be a tool for the organization to provide attention for the correct and timely response to emergencies with chemical products and especially the prevention of these.

KEYWORDS

OCCUPATIONAL EXPOSURE, CHEMICAL AGENTS,

OCCUPATIONAL HEALTH

I. INTRODUCCIÓN

La exposición a los agentes de riesgos químicos en el lugar de trabajo es un problema que afecta a millones de trabajadores en todo el mundo, según la American Chemical Society existen más de 127 millones de sustancias químicas registradas, ya sean orgánicas e inorgánicas únicas o mezclas como aleaciones, minerales, polímeros o sales ¹; y los trabajadores pueden estar expuestos a una amplia variedad de estos agentes que podrían tener efectos negativos en la salud ya que de las sustancias químicas registradas que presentan efectos toxicológicos conocidos, 350 son cancerígenas y al menos 3000 son alérgenos declarados según menciona European Agency for Safety and Health at Work ², no obstante cada año se registran nuevas sustancias de toxicidad que no son bien conocidas debido a la insuficiente información científica no solo en la posibilidad de producir efectos nocivos sobre la salud sino también sobre el medio ambiente teniendo consecuencias a corto o a largo plazo.

Dentro de los grupos ocupacionales de todos los sectores que tienen exposición a contaminarse son los que interactúan directamente. Según la OIT estima que, de los 2 millones de muertes vinculadas al trabajo, 440.000 se producen como resultado de la exposición de trabajadores a agentes químicos. Las principales industrias donde se procesan textiles, soldaduras, y cuyas materias primas sean aluminio, metales duros, plástico, pinturas o adhesivos, mantenimiento de plantas industriales, se ven expuestos a diversos químicos dentro de sus procesos productivos o extractivos ³. Lamentablemente la informalidad de muchas empresas demuestra carencias

de algún tipo de medidas preventivas y las solo los esfuerzos preventivos sean dirigidos por las empresas grandes que cuentan con sistemas de gestión de riesgos estandarizados y certificados.

La exposición a agentes químicos en el lugar de trabajo es un problema que a pesar de haber regulaciones y normas que establecen los límites de exposición a las sustancias químicas en el lugar de trabajo aún hay muchos trabajadores que están expuestos a niveles peligrosos de sustancias químicas, además de haber agentes químicos que no están regulados, en nuestro país no hay una extensa normativa, en Latinoamérica se ha tomado como referencia guías españolas y norteamericanas, en el Perú tenemos el Protocolo de monitoreo de la calidad del Aire y Gestión de los datos de – DIGESA y el Decreto Supremo 015-2005-SA que indica los valores límite permisibles de agentes químicos en el ambiente de trabajo ambas publicadas en el año 2005 .

La mayoría de las sustancias químicas que se comercializan y exponen a los trabajadores tienen efectos toxicológicos conocidos y en mayor frecuencia son potencialmente cancerígenos y alérgenos y a pesar de haber muchos estudios, hay investigación insuficiente frente a probables efectos tóxicos tanto al medio ambiente como a la persona.

Se debe valorar en la gestión de riesgos la información científica existente, los grupos de exposición similar dentro de la vigilancia médica y la frecuencia de daño con el fin de desarrollar estrategias efectivas de control

2.

La valoración de la exposición debe partir previa a la primera vez que se interactúa con el agente químico con el fin de evitar las manifestaciones preclínicas, la cual se denomina latencia ².

La vigilancia médica de trabajadores debe ser objetiva en los grupos ocupacionales que se encuentren expuestos a agentes químicos documentando antecedentes ocupacionales previos, histórico de atenciones por problemas respiratorios, dérmicos u otros. Asimismo, se debe considerar el abordaje sobre las condiciones ambientales del área laboral. Los monitoreos ocupacionales periódicos deben seguir estándares tanto para los métodos de evaluación como para la cadena de custodia de la selección de los trabajadores que serán evaluados.

El objetivo entonces de esta investigación documental es recopilar y desarrollar información técnica referida a la exposición a riesgos por agentes químicos en el lugar de trabajo, identificando los principales agentes, los niveles de exposición y las medidas de prevención para lo cual se realizará una revisión bibliográfica exhaustiva de documentos técnicos y científicos, revisiones sistemáticas, procedimientos técnicos normativos y los resultados de esta investigación permitirán organizar e implementar metodologías que podrían servir para establecer medidas de evaluación y prevención más efectivas para proteger la salud de los trabajadores, respondiendo a la necesidad de información nacional actualizada.

La justificación de esta investigación radica en la importancia de proteger la salud de los trabajadores que están expuestos a sustancias químicas en su lugar de trabajo y proporcionar un documento informativo que pueda ser utilizado para mejorar la información nacional de normas existentes, así como también, actualizar los conceptos y los métodos de medición de la exposición de los agentes químicos con el fin de proteger la salud de los trabajadores, asimismo, ayudar a los empleadores a implementar medidas de prevención más efectiva y capacitar a los trabajadores en el conocimiento de los agentes químicos que beneficie finalmente no solo a los mismos trabajadores sino a la sociedad en general.

II. OBJETIVOS

Objetivo General

Elaborar una revisión en fuentes de información indexadas sobre los avances de la exposición ocupacional a agentes de riesgo químico.

Objetivo Específico

Analizar los resultados y conclusiones de los artículos escogidos en relación con la exposición ocupacional a agentes de riesgo químico.

.

III. EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A AGENTES DE RIESGO QUÍMICO.

1) Exposición ocupacional a agentes de riesgo químico

La prevención o mitigación de la exposición a contaminantes químicos es una de las prioridades de acción de los gobiernos, debido a la presencia en casi todas las fases de los procesos productivos, extracción de materia prima, transformación de productos, consumo y finalmente, desechos; colocan en riesgo permanente a los trabajadores expuestos y sin la información suficiente sobre la toxicidad de las sustancias ⁴.

Los químicos ocupan un lugar cada vez más importante como problema de salud pública en los países de desarrollo, debido al modo inadecuado, cómo se producen y se usan las sustancias, así como la forma en que se desecha estos residuos con químicos ⁵.

Desde el punto de vista laboral existe gran complejidad en los patrones de uso de los plaguicidas a la vez de gran variedad de formas e intensidades de exposición, sin embargo, es la población económicamente activa del sector agrario la que tiene mayor exposición, dado que allí se utiliza el mayor porcentaje de los plaguicidas. En el ámbito ocupacional, los trabajadores tienen exposiciones en la fabricación y formulación de estos productos, en su transporte, almacenamiento y expendio; en el sector agrario, incluyendo el cultivo de las plantas, en actividades pecuarias, en la industria forestal ⁴.

Con el crecimiento de las actividades industriales, la fuente de contaminación con metales plomo, mercurio, cromo y cadmio, entre otros, han aumentado

considerablemente. Para el caso del plomo la contaminación es producida por actividades humanas en la minería y en la industria y por la combustión de vehículos. Dentro de las actividades con alto riesgo de exposición se encuentra en la fabricación de baterías, vidriado de alfarería, pigmentos para pinturas y recuperadores de metales. El mercurio puede existir una gravedad estado físicos y químicos con diferentes aplicaciones en la industria; dentro de los usos que tiene este material está en la fabricación de los instrumentos de la precisión como termómetros, manómetros, tensiómetros, la industria eléctrica y metalúrgica, la industria química, la extracción de oro y plata, la elaboración de pinturas y pigmentos, las artes gráficas, la industria de explosivos, la industria del papel, como fungicida y en odontología ⁶.

Los procesos y aplicaciones más importantes en que se usa el cromo y sus compuestos se encuentra la producción de aleaciones de ferrocromo utilizadas como aditivos en la producción de acero inoxidable, aceros especiales, revestimientos galvánicos, en la manufactura de materiales refractarios empleados en la valoración de hierro y acero, refinación de la de aleaciones no ferrosas, fabricación de vidrio y cemento, y en la industria química para la producción de ácido crómico para cromado y otros compuestos para la elaboración de pigmentos de pinturas, baterías de alta temperatura, fungicidas y especialmente en la industria de curtiembres ⁴.

El cadmio se obtiene como producto intermediario de la refinación del zinc, es usado en aleaciones para soldaduras, en electroplateado y en baterías de níquel-cadmio. Se libera en todos los procesos de refinado, fundición, soldadura, corte y calentamiento de materiales que contengan cadmio.

Los solventes orgánicos como el benceno, tolueno y el xileno se obtienen principalmente del petróleo. Entre los procesos más importantes que utilizan estos solventes están: como vehículo para aplicar determinados productos como pinturas, barnices, lacas y tintas; en la industria de adhesivos como intermediario químico en la síntesis de compuestos orgánicos; en la manufactura de colores de anilina de cuero artificial, como disolvente de gomas, resinas, grasas y líquidos para lavado en seco, y en la mezcla de combustibles para motores ⁷.

Los agentes contaminantes químicos son sustancias orgánicas o inorgánicas, naturales o sintéticas que durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso puede incorporarse al aire ambiente en forma de polvo, humo, gas, vapor con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en cantidades que tengan probabilidades de comprometer la salud de las personas que entran en contacto con ella ⁸.

Las vías de entrada del contaminante químico y en común con los contaminantes biológicos puede ser por vías respiratorias o inhalatorias, vía dérmica a través de la piel o cutáneas, por vía digestiva o vía parenteral a través de heridas o mucosas.

La vía de absorción más importante en el ámbito laboral es la vía respiratoria y esta cantidad total del contaminante absorbido por vías respiratorias está en función del grado de concentración del contaminante, tiempo de exposición, la ventilación pulmonar, que quiere decir cuanto más ventilación se respire, mayor será la peligrosidad del compuesto químico o mayor será el riesgo que va a sufrir el trabajador a una intoxicación; siendo la vía respiratoria la más

importante vía de absorción, la mayor parte de los valores límite que se norman son en este tipo de vía de entrada.

La mayor parte de los contaminantes de todos los que están en fase sólida o incluso vapor, se pueden quedar en primer tracto respiratorio, comprometiendo la boca y la tráquea; una parte entran a los pulmones y otros pasan a un siguiente tracto respiratorio, a los bronquios y a los alvéolos. Por lo tanto, aquellos contaminantes que pueden tener la capacidad de entrar hasta los tractos más profundos serían los más peligrosos.

La vida dérmica es aquella que ingresa a través de la piel y va a depender de la superficie total de la piel expuesta, el estado de la piel y la sustancia que sea más o menos liposoluble; en función de todos esos parámetros, se podrá intentar evitar esa exposición del trabajador. Es decir, si bloqueamos el contacto dérmico, si nos ponemos guantes o el equipo de protección personal adecuado, limitamos el contacto. El estado de la piel es importante ya que la absorción variará con relación a la humedad o hidratación de la piel, cuanto más liposoluble mayor será ingreso o absorción de la sustancia.

La vía digestiva es la forma de absorción menos común y su vía de entrada generalmente es de forma accidental, podría estar asociada a hábitos inadecuados como al ingerir alimentos en el puesto de trabajo.

2) Clasificación de los agentes de riesgo químico.

Los agentes químicos pueden ser clasificados de acuerdo con su estado físico, su composición química o su acción fisiológica. Los diferentes estados físicos del agente van a determinar su nivel de peligro, como por ejemplo el plomo, es inocua en forma sólida, algo tóxicos en polvo y muy tóxico en vapores ⁹.

La clasificación de los agentes químicos se puede realizar en función de su estado físico:

A.- Aerosoles: Son dispersiones de partículas de tamaño menor a 100 micras en un medio gaseoso.

A.1.- Líquidos: Muchos ácidos y solventes son líquidos cuando están a temperatura ambiental. En contacto directo con la piel o mucosas pueden ser absorbidos o no a la corriente sanguínea, generando efectos dañinos al trasladarse a distintas partes del organismo ⁵.

- Nieblas (Mist): Son la suspensión en el aire de pequeñas gotas de líquido entre 0.01 a 10 micras, producto de la condensación de un estado gaseoso o por la dispersión mecánica de un líquido en operaciones que producen espumas o atomizaciones ⁵.

- Brumas (Fog): Suspensión de gotas líquidas en el aire de entre 2 a 60 micras procedentes de la condensación del estado gaseoso ⁵.

A.2.- Sólidos: Los productos químicos en forma sólida pueden desprender vapores tóxicos, como parte del procedimiento del trabajo y estos se pueden

inhalar, pueden ser inflamables, explosivos, además de ser corrosivos para la piel o tóxicos si son ingeridos con los alimentos⁵.

- Humos (Smoke): Son la suspensión de partículas sólidas en el aire de menores de 0,1 micras. producto de la combustión incompleta, estas partículas aerodispersas pueden ser generadas por condensación a partir del estado gaseoso, generalmente después de la volatilización de los metales fundidos⁸.

- Polvos (Dust): Son partículas sólidas de tamaño relativamente grande de 0.25 a 20 micrones, capaces de quedar temporalmente suspendidas en el aire, estos se generan en operaciones de manipulación, trituración, molienda, impacto, detonación o calcinación de materiales inorgánicos tales como rocas, minerales metales, carbón maderas, cereales, etc., sedimentan por acción de la gravedad y el principal peligro es que pueden ser inhalados⁸.

- Fibras: Son partículas de una longitud mínima de 5 micras y una relación de la longitud al diámetro transversal de 3 a 1, que son uno de los más peligrosos en el tracto respiratorio ya que se depositan en los alveolos sin poder expulsarlos ni absorberlos, ello puede originar lesiones neoplásicas alrededor de estas fibras⁵.

- Humo metálico (Fume): Es la suspensión en el aire de partículas sólidas metálicas.

B.- Vapores: Fase gaseosa de una sustancia ordinariamente sólida o líquida a 25°C y 760 mmHg de presión atmosférica. Sus partículas son de tamaño molecular.

C.- Gases: Son fluidos amorfos que ocupan el espacio que los contiene a 25°C y 760 mmHg de presión atmosférica, se encuentran en estado gaseoso, ocupan el recipiente que los contiene y pueden pasar al estado sólido o líquido por efecto de variaciones de la presión y temperatura. Algunos gases pueden ser detectados por su color u olor, pero otros sólo a través de equipos especiales. Los gases pueden ser inflamables o explosivos y al ser inhalados pueden provocar efectos irritantes inmediatamente, pero en otros casos pueden advertirse únicamente cuando la salud está gravemente dañada ⁸.

La clasificación de los agentes químicos se puede realizar en función de los efectos en el organismo. El inicio de los efectos puede ser inmediatos, como ciertos irritantes que ocasionan daño directo a los tejidos al momento del contacto inicial, producen inflamación o el efecto puede ser retardado, como sucede con los cancerígenos químicos.

Que los efectos tóxicos de una sustancia sean reversibles o no depende de la capacidad de las células dañadas para poder regenerarse o recuperarse, por ejemplo, las células del cerebro y otras del sistema nervioso tienen poca capacidad de regeneración a diferencia de las células del hígado y las musculares tienen gran posibilidad de regenerarse o recuperarse después de la lesión.

En función a los efectos en el organismo pueden ser:

A.- Muy tóxicos: Los muy tóxicos son aquellos que se encuentran en concentraciones muy pequeñas, pueden provocar efectos agudos o crónicos para la salud, incluso la muerte.

B.- Tóxicos: Los tóxicos son aquellos que en pequeñas cantidades pueden provocar estos efectos a una concentración o un poco menor.

C.- Nocivos: Son aquellos que pueden provocar efectos agudos o crónicos para la salud e incluso la muerte generalmente suele ser a mayores concentraciones.

D.- Asfixiantes. Cuando la sustancia es capaz de impedir o dificultar la llegada de oxígeno hasta los tejidos. Este efecto puede producirse de distintas formas:

D.1.- Asfixiantes simples, que son generalmente sustancias inertes y el efecto es simplemente reducir la concentración de oxígeno del aire, como por ejemplo el dióxido de carbono, generalmente actúa por desplazamiento, el asfixiante ocupa lugar del oxígeno y lo desplaza, son tóxicos en la medida en que reducen la concentración inspiratoria fraccionada de oxígeno ⁴.

D.2.- Asfixiantes químicos. Estos agentes reaccionan en la sangre limitando la llegada de oxígeno al cerebro como es el caso del monóxido de carbono, sustituye al oxígeno ya que tiene una 200 veces más afinidad por la hemoglobina y al ser identificado como si fuera oxígeno produce una inadecuada oxigenación cerebral, en el caso del cianuro actúa inhibiendo el citocromo oxidasa y otras enzimas necesarias para la oxigenación celular.

E.- Los Neumoconióticos. Es el caso aerosoles sólidos que se depositan y se acumulan en los pulmones, por ejemplo, polvo de dióxido de hierro, polvo de

óxido de aluminio, sobre todo óxidos de metales, polvos de sílice, fibras de asbestos, estos actúan introduciéndose hasta los alvéolos y debido a sus dimensiones no pueden ser absorbidas por el organismo ni tampoco pueden ser expulsadas por los sistemas respiratorios originando que los pulmones pierdan la capacidad elástica, reduciendo de esta forma su capacidad pulmonar ⁶.

Los neumoconióticos, aquellos que son de fibras de asbesto pueden estar en gran cantidad de aislantes térmicos, por ejemplo, en tejados, frenos de vehículos antiguos, sin embargo, el problema en los asbestos está en los trabajadores que lo manipulan generalmente durante el corte o el desmantelado de esas de los tejados ⁷.

F. Los sensibilizantes. Son sustancias productoras de reacciones alérgicas en algunos trabajadores, es posible que estos agentes sensibilizantes en un primer momento no produzcan esa sensibilidad, pero por la exposición prolongada a estas sustancias pueden producirlas, un ejemplo muy descriptivo puede ser el polvo de la harina que tiene un valor límite que llega a ser sensibilizante especialmente en algunos organismos, en los cuales puede generar esta capacidad de sensibilización y con el tiempo puede limitar la capacidad pulmonar del individuo ⁷.

G. Los anestésicos o narcóticos. Son productos químicos que actúan como depresores del sistema nervioso. Ejemplos, acetona, tolueno, tricloroetileno. Suelen ser disolventes orgánicos.

H. Los carcinogénicos. Son aquellas sustancias capaces de inducir o aumentar la frecuencia de la formación o potenciación de un tumor maligno sin ser

transmitido a las siguientes generaciones, es un compuesto químico que genera un problema carcinogénico, pero no se transmite a la descendencia. Ejemplos de carcinogénicos, los bencenos, en la refinería de la gasolina, el amianto, cloruro de vinilo ⁷.

I. Los mutagénicos: Ellos generan o pueden producir alteraciones genéticas a las siguientes generaciones, se transmiten a la descendencia.

Los agentes pueden ser tóxicos para la reproducción, ya que pueden producir efectos negativos no hereditarios en la descendencia, aumentar su frecuencia o afectar de forma negativa la función o capacidad reproductora.

J. Los tóxicos sistémicos son aquellos que pueden producir efectos diversos o selectivos sobre un determinado órgano o sistema, por ejemplo, metales pesados como el cadmio, manganeso, plomo que afectan al riñón específicamente, estos metales pesados pasan a la sangre a través de la vía respiratoria y a través de la sangre, la cual es filtrada por los riñones, en donde se acumulan y no son capaces de eliminarlos. El hígado es el órgano blanco del cloroformo o las nitrosaminas y el sistema nervioso central lo es para el mercurio y el manganeso ⁷.

K. Los corrosivos son sustancias que pueden producir una acción destructora de tejidos, por ejemplo, ácido sulfúrico, hidróxido sódico (soda cáustica), ácido clorhídrico, que se utilizan en limpieza generalmente.

I. Los Irritantes son aquellos que luego por un contacto breve, prolongado o repetido con la piel o mucosas, pueden provocar una reacción inflamatoria que generalmente afectan las vías respiratorias, tanto del tracto respiratorio

superior como el inferior, por ejemplo, el dióxido de nitrógeno y el fosfógeno los cuales son los inhalantes insolubles en agua más importantes.

Los inhalantes irritantes. Son un grupo heterogéneo de sustancias tóxicas relacionadas por efectos comunes a órganos blancos, originan un inicio abrupto e irritación de todas las mucosas con las que entran en contacto, incluyendo las de ojos, nariz, boca y garganta. La exposición a los irritantes hidrosolubles, como el cloro, amoníaco, dióxido de azufre, aerosoles, ácidos origina lagrimeo, rinorrea, ardor de boca y garganta.

Las exposiciones a dosis más elevadas que se presentan en accidentes en espacios confinados o en las grandes liberaciones ambientales, ocasionan lesiones en la vía respiratoria inferior.

Los irritantes insolubles en agua no producen tanta sintomatología de las mucosas, pero sí ocasionan lesiones en las vías aéreas altas y bajas, como edema pulmonar no cardiogénico y bronquiolitis obliterante.

Clasificación según la composición química del agente:

La estructura química es la que va a determinar la toxicidad del agente, el isómero de un compuesto puede ser el tóxico y no el otro isómero, por ejemplo, las aminas aromáticas son carcinogénicas, pero cuando se hacen sustituciones distintas en su estructura la estabilidad de una sustancia y la presencia de impurezas, contaminantes o aditivos modifican su toxicidad ⁹.

Clasificación por el sitio de la lesión del agente: Los agentes tóxicos pueden describirse en términos de sus efectos sobre material celular, dañinos o no al DNA, pudiendo ser hepatotóxicas y nefrotóxicas ⁷.

3) Monitoreo de los agentes de riesgo químico en el puesto de trabajo

La identificación del producto químico empieza por conocer su nombre genérico, determinar la sustancia química, elemento o compuesto, tal y como se presenta en la naturaleza o en la industria.

Con respecto a la medición, se debe definir si el muestreo para dicho análisis será a través del trabajador o el ambiente del trabajador, si el producto químico es inhalado en un puesto de trabajo específico, si es emitido por una máquina o por un proceso en particular por lo cual se debería hacer un muestreo personal del propio trabajador.

Para el monitoreo de agentes químicos existen varios tipos de instrumentos que realizan las mediciones de manera directa en el lugar de trabajo denominados “sistema de lectura directa”, los cuales son rápidos en las determinaciones y resultan económicos, sin embargo, tienen limitaciones en cuanto a la precisión y pueden tener interferencias con otras sustancias que se encuentren en el ambiente; mientras que otros instrumentos efectúan una toma de muestra del aire y son analizadas posteriormente en el laboratorio, estas últimas tomas de muestra permiten determinar valores promediados en el tiempo, pero tienen limitaciones en proporcionar información para la obtención de picos de concentración y cuyos resultados no son inmediatos ¹⁰. La medición del tiempo de muestreo puede ser de varios tipos, cada uno de ellos con determinadas características:

Medición prolongada, la cual puede ser tomada como muestra única del periodo completo, muestras parciales del periodo completo o muestras consecutivas de periodos parciales.

Medición puntual, la cual va desde ser prácticamente inmediata hasta unos minutos; por ejemplo, se hace una medición corta antes de ingresar a un espacio confinado.

La medición más recomendada es la medición prolongada, ya sea la de periodo completo o de periodo parcial en el que se mida más del 80% de la jornada.

Con relación a los instrumentos de lectura tenemos:

Instrumentos de lectura Directa.

Dependiendo de cómo se presente el contaminante en el aire se clasificarán en:

- **Medidores de concentración de gases:** Los cuales son de varios tipos:
 - **Instrumentos colorimétricos:** Se utilizan para determinar la concentración de gases y vapores; se basan en un cambio de color cuando reaccionan con un contaminante específico. Estos dispositivos son principalmente: papel reactivo, tubos con indicadores de reactivos sólidos, líquidos de reacción y combinaciones de los dispositivos anteriores.

El más utilizado es un tubo indicador con un reactivo sólido, a menudo llamado tubo colorimétrico, conectado a una bomba de aspiración.

Consisten en un tubo de vidrio con reactivos químicos que reaccionan

con el estado gaseoso, cambiando de color comenzando por el extremo de entrada y continuando a lo largo del tubo dependiendo de la concentración de contaminantes. La longitud del área coloreada representa la concentración en la escala impresa en la pared del tubo¹⁰ (Fig. 1). Pueden utilizarse tanto a corto plazo como a largo plazo como muestreo personal, permitiendo obtener la concentración media durante la jornada laboral o durante ciclos de trabajo específicos.

Su aplicación práctica es la siguiente:

- Decide rápidamente antes de entrar en un entorno restringido o peligroso.

- Utilizado en estudios preliminares para aproximar posibles niveles de exposición.

- Determinaciones específicas realizadas en paralelo con muestreos de larga duración y cuantificación de concentraciones máximas. Los tubos colorimétricos tienen algunas limitaciones porque sus lecturas generalmente varían en un factor del 5% al 40%, carecen de especificidad y la presencia de otros contaminantes puede alterar la expansión y el color de las áreas coloreadas, así como cambios extremos de temperatura. provocar cambios de color y, por tanto, producir resultados erróneos¹².

- **Monitores de gases.** Se utilizan varios tipos de instrumentos de lectura directa para medir las concentraciones de gases y vapores. Estos instrumentos también se llaman monitores. Un dispositivo de monitoreo de

gas típico es un elemento sensor que genera una señal eléctrica que el instrumento manipula digital o analógicamente hasta que se convierte en un valor en la pantalla del dispositivo. Los monitores portátiles se utilizan como contadores personales y tienen la ventaja de poder leer la concentración promedio al final del día o durante un período en el que la concentración de exposición puede exceder un cierto valor (Figura 2) ¹².

- Existen cuatro principios físicos para la cuantificación utilizando los siguientes equipos: el principio eléctrico, el principio electromagnético, el principio electromagnético químico y el principio térmico. La precisión de estos instrumentos requiere una calibración periódica rigurosa.

Medidores de lectura directa para concentración de aerosoles.

La medición directa de aerosoles permite una distinción significativa entre instrumentos ópticos y eléctricos.

Los instrumentos ópticos son adecuados para concentraciones ambientales elevadas; éstas incluyen mediciones de la extinción de la luz a su paso a través de aerosoles; en los casos en que las concentraciones no son demasiado altas, se utilizan mediciones de dispersión de luz. Entre este tipo de instrumentos ópticos podemos encontrar los siguientes productos: instrumentos de medida de partículas mediante fuentes de luz visible, reflectómetros, fotómetros con fuente de luz láser y unidades de emisión espectral.

Los instrumentos eléctricos miden las interacciones entre partículas y cargas eléctricas. Existen dos tipos de instrumentos con estas propiedades: en el primer instrumento, las partículas adquieren una carga proporcional a su tamaño a medida que atraviesan la nube de iones, y esta carga es la carga a

medir. En otros tipos de instrumentos se mide la interceptación del haz de iones debido a la presencia del aerosol¹⁰.

Sistemas activos de toma de muestras

Los sistemas de muestreo activo o dinámico consisten en hacer pasar un volumen de aire determinado a través de un soporte de retención, en donde queda retenido el contaminante.

Muestreadores

Un sampler o muestreador es un instrumento que aspira aire. Por muestreadores personales nos referimos a aquellos que se colocan a una persona en el lugar de trabajo para tomar una muestra del aire que respira, existen otro tipo de muestreadores llamados muestreadores de alto flujo. Las principales características del muestreador personal son su pequeño tamaño, peso inferior a 1 kg, autonomía operativa y rango de flujo de succión limitado. Hay dos grupos de muestreadores personales: 0,02-0,5 litros por minuto y 0,5-4,5 litros por minuto. La elección depende de los requisitos analíticos del contaminante. Para saber cuánto aire se está muestreando, el muestreador debe calibrarse a un caudal operativo preestablecido. Para garantizar que la calibración inicial no haya cambiado durante el proceso de muestreo, el muestreador debe calibrarse antes y después del muestreo. Es aceptable una diferencia relativa inferior al 5% entre dos calibraciones; de lo contrario, la muestra resultante será rechazada¹².

Muestreador activo:

Muestreo de contaminantes por medios físicos o químicos, generalmente bombeando un volumen conocido de aire y haciéndolo pasar a través de un filtro colector. Este tipo se denomina muestreador activo manual, que también puede ser químico. La solución, un muestreador activo automático, se almacena durante un tiempo específico y luego se retira para su análisis en el laboratorio. Los muestreadores activos son económicos, fáciles de usar, confiables en operación y rendimiento y proporcionan promedios diarios. Los principales soportes que funcionan sobre esta base son el filtro de membrana en el portafiltro o casete, la solución absorbente en el borboteador o impinger y el sólido absorbente en el tubo de vidrio¹².

Toma de muestras con filtros

El principio del sistema de recogida de filtros es hacer pasar una cierta cantidad de aire contaminado a través del filtro hasta el portafiltro. La unidad básica de recogida consta de un filtro y un portafiltro. Para muestreo personal, los filtros más utilizados tienen 37 mm de diámetro y pueden ser de varios tipos, como éster de celulosa, cloruro de polivinilo, fluoruro de polivinilideno, etileno politetrafluoroetileno, fibra de vidrio, plata, policarbonato. El tamaño medio de los poros suele estar entre 0,45 y 5 micras. Estos tres datos (tamaño, propiedades y porosidad) caracterizan el filtro y deben especificarse en el método de muestreo de contaminación utilizado¹². Los soportes para filtros suelen ser a base de celulosa y su función es mejor para sostener y colocar el filtro en la caja. Los portafiltros, también conocidos como filtros de cartucho, suelen estar fabricados en poliestireno y pueden

constar de dos o tres cuerpos o secciones. El uso de una caja de tres cuerpos mejorará la distribución de partículas sobre el filtro, este tipo de caja es esencial para capturar contaminantes que requieren que la parte superior del cuerpo sea removida durante el proceso de muestreo, como es el caso del muestreo de fibra de asbesto. Ácido, spray alcalino, etc.¹².

Para la medición de aerosoles de polvo de neumoconiosis, como el sílice libre, se debe tener en cuenta que el material capturado es la denominada fracción respirable y no el aerosol completo. Para ello se utiliza como unidad de captura una caja de dos cuerpos conectada a un ciclón, cuya función es separar y retener las partículas no respirables de manera que solo la parte respirable del aerosol ambiental captado llegue al filtro.

El sistema de muestreo de filtro es adecuado para una variedad de contaminantes como gránulos, polvo, niebla y humo. Es un sistema de muestreo simple, práctico y conveniente tanto durante el proceso de muestreo real como posteriormente durante el transporte y almacenamiento de la muestra.

Toma de muestras con soluciones absorbentes

La captura utilizando absorbentes líquidos se basa en hacer pasar un volumen conocido de aire a través de una solución absorbente adecuada contenida en un borboteador o impinger. La unidad de recolección consta de: borboteador, solución absorbente y trampa, la finalidad de la trampa es proteger el equipo de muestreo de cualquier residuo de solución absorbente. El borboteador consta de dos partes, un cuerpo o vaso con una capacidad de 10 a 30 ml y un cabezal con un soplador de un solo extremo o placa de vidrio sinterizado. En

general, en el caso de los aerosoles líquidos, la absorción se produce principalmente mediante dilución y neutralización, y normalmente se utilizan burbujeadores simples. Para gases o vapores, la absorción se realiza principalmente por reacción, siendo más recomendables los sopladores de placas sinterizadas. Debido a que proporcionan burbujas de aire más finas, aumentan la tasa de difusión de contaminantes en el medio, así como el área de contacto, aumentando así la eficiencia de captura. Es una práctica común utilizar dos burbujas en serie y una tercera burbuja como trampa. Esto aumentará la eficiencia de conservación, y el segundo aireador actúa como control o testigo de recolección. La eficiencia de retención es satisfactoria si la persistencia lograda por el primer burbujeador supera el 90% de la captura total. Si es necesario evitar la presencia de partículas en la muestra, se introduce un prefiltro por el que pasa el aire antes de llegar al burbujeador. Actualmente, estos dispositivos se utilizan para recolectar muestras de ciertos gases, vapores y aerosoles líquidos, pero no existen alternativas efectivas¹².

Toma de muestras con sólidos adsorbentes

El principio de este sistema es hacer pasar una determinada cantidad de aire a través de un tubo de vidrio que contiene materiales sólidos que tienen la propiedad de retener ciertos gases y vapores mediante adsorción superficial. Se utilizan varios adsorbentes, incluidos carbón activado, gel de sílice, alúmina, polímeros porosos, tamices moleculares, resinas de intercambio iónico, etc. El carbón activado se puede utilizar para capturar diversos compuestos orgánicos del ambiente en forma de vapor, como hidrocarburos alifáticos, clorados y aromáticos, cetonas, alcoholes, ésteres, etc. (Figura 3).

El material adsorbente, normalmente en forma de gránulos, se divide en una, dos o tres partes de diferentes pesos y se separan entre sí mediante espaciadores. El modelo de tubo tiene dos secciones adsorbentes; el primero se llama "frontal" y suele contener el doble de adsorbente que el segundo llamado posterior. La parte frontal sirve como soporte de retención de la muestra, mientras que la parte trasera sirve como testigo o control de que la primera parte ha retenido todos los contaminantes y que no se ha producido saturación o migración.

La capacidad de la tubería está determinada por el valor del "volumen de ruptura", que es el punto de corte que marca el inicio del flujo de contaminantes de adelante hacia atrás. Este método de muestreo es adecuado para la mayoría de los vapores orgánicos, así como para otros tipos de contaminantes, como gases inorgánicos y aerosoles líquidos.

Toma de muestras con bolsas inertes

Especialmente indicado para CO, N₂O, H₂S, hidrocarburos ligeros y otros gases. Esto tiene la ventaja de evitar manipulaciones de contaminantes como adsorción, reacciones químicas, etc., que en muchos casos no pueden controlarse adecuadamente. Recomendado si se desconoce la composición de los gases que puedan estar presentes en el ambiente contaminado. Las bolsas suelen ser de plástico flexible pero no rígido, con capas de revestimiento de aluminio y una capacidad de 1 a 5 litros. El llenado se puede realizar manualmente o mediante una bomba, lo que permite un llenado regular a lo largo del tiempo y un conocimiento preciso del volumen de la muestra. Su

principal limitación es la insuficiente sensibilidad analítica para ciertos contaminantes, ya que la contaminación no se concentra en la muestra como en los sistemas de recolección, y pueden ocurrir interacciones entre los componentes de la muestra durante el transporte o almacenamiento, especialmente en presencia de gases inorgánicos altamente reactivos como el NO₂, SO₂, etc. no se recomienda en este caso.

Sistemas pasivos de toma de muestra

En los sistemas pasivos, los contaminantes se capturan inmovilizándolos o concentrándolos en un medio de retención, que es un adsorbente sólido o una sustancia sólida impregnada con un reactivo específico. Este proceso se basa en los fenómenos de difusión y ósmosis de las moléculas de gas, las cuales se encuentran en constante estado de movimiento y son capaces de difundirse a través de la masa de otro gas hasta distribuirse uniformemente y atravesar una membrana fija con permeabilidad (Figura 4).

Los sistemas pasivos son métodos simples y efectivos, que tienen la ventaja de ser de bajo costo, permitiendo realizar pruebas en varios puntos e identificar áreas clave con altas concentraciones de contaminantes. Son útiles para encuestas, gráficos e investigaciones de referencia, pero sólo proporcionan promedios mensuales y semanales. Se colocan al trabajador durante toda la jornada laboral, luego se retiran y se llevan al laboratorio; Los filtros tienen un color estandarizado según el tipo de reactivo que se desea muestrear, por ejemplo, los vapores orgánicos son naranjas, el formaldehído es violeta, esto tiene algunas desventajas como su dependencia de la

ventilación del lugar de trabajo, ya que requieren muestras basadas en el movimiento natural del aire¹².

El uso de colectores pasivos consiste en la toma de muestras de compuestos volátiles que son principalmente químicos orgánicos y están presentes en el medio ambiente en forma gaseosa, excluyendo sustancias que están total o parcialmente presentes en forma de aerosol¹⁰. En resumen, cuando una bomba de muestreo aspira aire continuamente a un caudal fijo, se denomina muestreador activo; si no hay bomba de succión de aire, se llama muestreador pasivo.

Tipos de monitoreos:

Muestreo de contaminantes químicos para muestreo de gases y vapores:

Podemos encontrar dos tipos de métodos

1.- Método de muestreo para análisis posterior, con el uso de adsorbentes sólidos o frascos borboteadores, es el más común, en la cual el trabajador tiene que portar una bomba y un medio de captación cerca de la zona respiratoria, esa medición, normalmente dura el 80% de la jornada de trabajo, la medida es en miligramos del contaminante por metro cúbico de aire.

2.- Métodos de lectura directa, con el uso de tubos colorimétricos, son los filtros de un cartucho de retención de polvos y vapor, se pueden utilizar varios tubos en la misma bomba de esta forma se podrá medir varios contaminantes al mismo tiempo.

Los instrumentos específicos para gases y vapores de CO, H₂S, NO, NO₂, SO₂, NH₃ son los sensores electroquímicos cuyo rango va de 1 a 3000 ppm. Se basa en la medida de la corriente cuando pasa el contaminante, el gas

reacciona electroquímicamente con electrodo y eso da un valor que va asociado a la declaración de la corriente eléctrica, en un ambiente donde está presente el gas o los térmicos, y son los que van a detectar las variaciones en las propiedades térmicas de los gases, el calor de combustión y la conductividad; para gases y vapores orgánicos e inorgánicos se usan los analizadores de infrarrojos y los cromatógrafos de gas portátiles son específicos para gases y vapores orgánicos e inorgánicos, el rango va de 0.1 ppm a 10000 ppm.

Los sensores de óxido metálico; para H₂S, aminas, alcoholes, compuestos halogenados, el rango de 1 a 100 ppm y los detectores de fotoionización, para compuestos orgánicos volátiles, el rango va de 0.1 a 10 000 ppm

Muestreo de contaminantes químicos para los aerosoles:

La muestra de aerosoles líquidos se puede tomar con adsorbentes, sólidos o con frascos por borboteadores que retienen el contaminante, tiene un segundo frasco para contener el líquido que haya pasado y no pase al primer frasco, al primer frasco debe pasar solo el contaminante aquí retenido en el producto químico en la solución para enviarlo a un laboratorio, para realizar este método hay que tener cuidado en con el transporte de la muestra. Los aerosoles se pueden medir con equipos ópticos o con filtros.

En el caso de los equipos óptico tenemos a los contadores de partículas de condensación, el flujo de muestreo va de 0.003 a 4.2 litros por minuto, el rango de aerosol de 1.6 a 20 nm y el rango de concentración de 0.1 a 10 millones de partículas por /Litro.

Por el lado de los filtros tenemos a los analizadores de partículas por beta atenuación con un flujo de muestreo de 15 lpm, un rango de aerosol < 10 um un rango de concentración de < 10mg/m³

Muestreo de contaminantes químicos humos metálicos

Para determinar la concentración de metales pesados, como plomo, manganeso, cromo, aluminio, cobre, zinc, níquel, etc. por ejemplo, en el caso de soldadores, Los monitoreos se realizan de tipo activo, empleando bombas de monitoreo, mangueras plásticas y filtro, como medio de captación de muestreo solo se utiliza el filtro de celulosa y el análisis en el laboratorio es por absorción atómica, en el cual se destruye el filtro y se determina la cantidad de metales pesados.

El tiempo de muestreo será el 80% de la jornada laboral, el filtro deberá estar ubicado lo más cerca de la zona respiratoria. Dependiendo del tipo de soldadura son los metales que se van a analizar de forma específica, la cantidad de muestra dependerá del tipo de exposición. Durante el monitoreo se deben encender los extractores, si cuenta con ellos y tener en cuenta las indicaciones de los métodos NIOSH ya que los caudales de la bomba deben de ser calibradas a 2 LT/m³.

Muestreo de contaminantes químicos vapores orgánicos:

Para el muestreo de vapores orgánicos se usa de medios de captación con tubos de carbón activado para muestrear derivados de petróleo, hidrocarburos, como benceno, tolueno, xileno, etilbenceno, alcoholes, etc.,

estos tubos son de vidrio y dentro de ellos está el carbón activado, dicho tubo de tiene 70 mm de largo y 6 mm de ancho aproximadamente está dividido en dos cámaras, el aire debe ingresar por una de las cámaras y salir del tubo por la otra cámara, la primera cámara contiene 100 mg de carbón activado y la segunda cámara contiene 50 mg, es por ello que se le conoce como tubos de 100-50, esta distribución tiene la finalidad que el contaminante sea retenido en la primera cámara y no se sature la segunda, si se considera que ambas cámaras van a ser saturadas se deben reemplazar los tubos durante la jornada de muestreo, por ello se deben determinar previamente cuántos tubos se deben utilizar por trabajador; una vez retirado el tubo hay que colocar sus tapas para evitar la contaminación cruzada. Estos tubos se pueden guardar en refrigeración o temperatura ambiente para luego ser analizados por cromatografía de gases con detector de ionización, realizando un reporte de la concentración del contaminante de las dos cámaras.

Muestreo de contaminantes químicos de polvo respirable.

Para este muestreo se hace uso de un ciclón, cuya función es tomar la fracción respirable del material particulado, lo realiza produciendo que el aire que ingrese tome una velocidad circular con esto las partículas más pesadas caerán y las más pequeñas subirán al filtro.

El ciclón se conecta a la bomba en la que va un filtro de celulosa, dicho filtro se encuentra dentro del cassette, para polvo respirable se utiliza el casete de dos cuerpos y para polvo total se usa el de un cuerpo.

El filtro tiene dos tipos de superficie, una superior lisa y otra inferior corrugada, en esta parte va el soporte de celulosa y por la superficie lisa va el soporte de PVC de 37 mm de diámetro de 0.5 micras, en donde va a quedar la muestra, la cual será pesada en la balanza analítica. Para fibras de asbesto se usan filtros de PVC con la bomba de aspiración

Una vez que se retiren los tapones del cassette del filtro se va a instalar este ciclón; el cassette va conectado por un lado a la bomba y por otro lado al ciclón en el trabajador para un muestreo entre 45 minutos y 8 horas (Figura 5).

La bomba de muestreo se instala en la cintura del trabajador y el ciclón va cerca o a 30 cm aproximadamente de la zona de respiración, tener en cuenta que el orificio del ciclón no debe ir hacia el cuerpo del trabajador, ya que ello evitaría el ingreso de aire.

Dependiendo del método de NIOSH, se tomará la muestra de acuerdo con el tiempo y caudal de la bomba, también del medio de muestro, terminado el tiempo de muestreo se vuelven a colocar las tapas, se rotula y se envía al laboratorio

METODOLOGÍA DE ACTUACIÓN

El proceso se inicia con identificación de los posibles contaminantes, definir de forma de medición, cualitativa o cuantitativa, en la primera etapa se deben identificar las materias primas y aquellas mezclas que son utilizadas, asimismo, deberá tenerse en cuenta las características del ambiente, si tiene ventiladores o extractores de aire.

Una vez identificadas las sustancias se debe conocer el proceso químico industrial para poder saber cuáles son los químicos primarios y las posibles sustancias secundarias pueden derivarse en el propio proceso de trabajo.

El siguiente paso consiste en realizar una investigación de las causas, de dónde provienen, cómo se han producido, y en función de cómo se producen se puede eliminar el riesgo en esa fase, que es lo más importante. Si no se puede eliminar la sustancia en el origen se realizarán las mediciones.

Para realizar las mediciones se deben conocer los parámetros, como es el estado del compuesto químico, porque en función de ese estado se tendrá que diseñar un procedimiento de medida diferente; luego vamos a comparar esos valores con los valores límites preestablecidos en función de cada normativa. La evaluación de la exposición también considera las diferencias entre los diferentes individuos, de acuerdo con su edad, el tiempo de exposición en el lugar y de las características de las sustancias involucradas (carcinógenos o no carcinógenos) ⁴.

Para la toma de muestras se debe tener en cuenta la característica de trazabilidad que consiste en que el resultado de la medición puede ser relacionado con referencias establecidas y el análisis de la información.

Seguidamente, hay que determinar el número de mediciones, para ello hay que definir los grupos de exposición similar, según la referencia de la normativa podría ser mínimo seis mediciones o tres como en el caso de España y sólo si se cumple con el número de mediciones recién se podría tomar acciones ¹¹.

Identificar las áreas de exposición y determinar cuántos trabajadores están expuestos, cual es tiempo de exposición dentro de la jornada laboral.

Definir el método de muestreo más adecuado teniendo como referencia el método NIOSH en el cual se define el tiempo mínimo de muestreo, cada método tiene un código en el cual se indica el TLV y los riesgos propios del contaminante.

Hay que fijar el tiempo de muestreo dependiendo el Valor límite permisible, como es el caso de la mayoría de los agentes, por lo tanto, debería ser el 80 % de la jornada laboral, pero para los agentes que tienen STEL, debería ser cuatro muestras de 15 minutos cada una, solamente si el contaminante tiene límite de exposición corta.

Son tres los principales tipos de límites permisibles para los contaminantes químicos teniendo como referencia los valores que indica la asociación de higienistas, TWA, STEL, CEILING. El más importante es el valor límite de llamado TWA, es un valor límite permisible de concentración media ponderada de una jornada de 8 horas, significa que ese valor no puede ser superado en 8 horas de trabajo, es decir que si un agente químico tiene TWA el tiempo de medición debe ser de al menos el 80% de la jornada. Si el valor del TWA del agente es 20 partes por 1000000, ese valor no puede ser excedido en la jornada de 8 horas de trabajo, de lo contrario el riesgo para su salud es alto.

El valor STEL es límite de corta exposición que normalmente se evalúa para periodos cortos de 15 minutos, es decir, cuando un contaminante tenga STEL,

el muestreo solamente va a durar 15 minutos y se repite cuatro veces, con ello se obtiene el valor para un contaminante que tenga STEL.

El tercero es el valor límite de tipo CEILING, techo, es una concentración que en ningún momento de la jornada se puede sobrepasar, la medición se debe realizar en momento de mayor exposición con un equipo de lectura directa.

La planificación del monitoreo depende de los contaminantes que se van a monitorear, la información que es requerida (periodo de monitoreo) y calidad de la información, la cual debe ser exacta, precisa, representativa para poder ser comparable con los valores referenciales ¹².

Para el muestreo de los contaminantes se debe definir previamente el método de análisis, ya que cada agente puede tener su propio método de análisis, por ejemplo, cromatografía para vapores orgánicos, gravimetría para material particulado, rayos X para sílice, microscopía para fibras de asbesto, etc., todo ello se menciona en los métodos NIOSH.

El monitoreo de los agentes químicos puede ser de varios tipos, desde el punto de vista de la localización tenemos dos opciones, la localización del equipo de muestreo en el trabajador y la que se coloca en el ambiente de trabajo; siendo la de tipo personal la que mide realmente la contaminación que recibe el trabajador ¹⁰.

De acuerdo con la cantidad de personas y para los efectos del muestreo, debemos pensar en un grupo homogéneo de exposición, o sea, pensar que haya un grupo de trabajadores que determinado sector que va a estar expuesto a la misma concentración.

El volumen de muestreo se debe tener de referencia según los métodos de NIOSH para no saturar la muestra, así como los caudales de muestreo, en el caso de material particulado, son caudales altos desde 1,7 a 2,5 LT/ min.

La colocación del muestreador debería ser personal, no ambiental y a treinta centímetros de la nariz aproximadamente, sujeta en la ropa para obtener una muestra representativa.

El laboratorio procesa muestra de partículas, humos, gases, vapores y envía el reporte, ellos aplican una técnica analítica determinada, pero el método de muestreo la determina el higienista basados en los métodos de NIOSH, por ejemplo, para determinar la concentración de sílice cristalina se usa método analítico 7602, en donde se indican los límites máximos permisibles del contaminante tener en cuenta como referencia los valores que indica la ACGIH ya que los valores límites permisibles de OSHA y NIOSH no son válidos para algunos países

Técnicas analíticas.

Una vez que tomamos estas mediciones, las muestras que se han obtenido de los filtros se hacen pasar por unas gravimetrías, volumetrías, etcétera. Los métodos de análisis a considerar podrían ser los señalados por las normas UNE como métodos de toma de contaminantes químicos en el aire y métodos de toma de muestras y análisis del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo este ámbito utilizado en España, en las normas se indica que método se debe usar para extraerlo, para medirlo, para captarlo y luego también para el análisis en el laboratorio, ellas consideran factores como actitud del

trabajador, ritmo de trabajo, ritmo de generación del agente, proximidad al foco, corrientes de aire, variaciones de temperaturas, influencia de otras actividades y trabajadores, eficacia en los sistemas de control, para ello requiere un test estadístico que requiere por lo menos seis mediciones, estableciendo la conformidad de la exposición con el VL cuando la probabilidad que se supere el valor límite es menor del 5% para un nivel de confianza del 70% ¹².

Otros métodos internacionales se indican según las normativas de NIOSH, OSHA, etc.

La normativa nacional presenta los Valores Límites Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo, los valores se expresan en concentraciones en ppm o mg/m³

En donde se describe:

Sc: Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.

UIC: Posibilidad de urticaria inmunológica de contacto.

C: (Ceiling) Valor Techo

TR1: Sustancia perjudicial para la fertilidad de los seres humanos o produce toxicidad para el desarrollo.

VLB: Son valores de referencia para los indicadores biológicos, asociados a la exposición global a los agentes químicos. Relacionan, la intensidad de la exposición con el nivel de un parámetro biológico y este a su vez con efectos sobre la salud.

Los TLV sirven exclusivamente para la evaluación y el control de los riesgos por inhalación de los agentes químicos incluidos en la Lista de Valores,

cuando uno de estos agentes puede ser absorbido por vía cutánea, ya sea por la manipulación directa del mismo o por el contacto de los vapores con las partes desprotegidas de la piel, y esta aportación pueda resultar significativa para la dosis absorbida por el trabajador, el agente en cuestión aparece señalado con la notación "vía dérmica".

Tener en cuenta para la comparación de valores la normativa internacional vigente, ACGIH (American Conference Governmental Industrial Hygienist), según su lista de agentes químicos.

Cálculo de concentraciones:

En el sistema activo, la concentración final es la masa de contaminante captado en miligramos, esta medida se hace generalmente por diferencia de pesos, se mide previo a la captación del producto químico y luego una vez que se ha captado el producto químico, se divide entre el volumen en metros cúbicos del aire muestreado.

$$C_t = \frac{\text{Masa contaminante captado (mg)}}{\text{Volumen muestreado (m}^3\text{)}}$$

En el sistema pasivo, la concentración al final es la masa de contaminante captado en miligramos, esta medida se hace generalmente por diferencia de pesos, se mide previo a la captación del producto químico y luego una vez que se ha captado el producto químico, se divide entre Q que es el factor característico de cada muestra del contaminante en metros cúbicos por minuto por el tiempo de muestreo en minuto.

Ct = Masa contaminante captado (mg)

Q(m³/min) * Tiempo de muestreo (min)

Luego mediante una fórmula se calcula todas las concentraciones por los tiempos que se ha estado midiendo y dividido entre 8 horas para sacar el valor límite de exposición diaria considerando un día de trabajo 8 horas.

Exposición Diaria:

$$ED = \sum_i^n C_i T_i / 8$$

Concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo para la jornada real, y referida a una jornada de 8 horas.

Exposición de Corta duración:

$$EC = \sum_i^n C_i T_i / 15$$

Concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada para cualquier periodo de 15 minutos a lo largo de jornada laboral,

Por lo tanto, es la concentración a la cual el organismo no debería estar expuesto en un valor en un tiempo de 15 minutos.

Los valores obtenidos son denominados VLA en España y según la normativa norteamericana se llama la TLV, que son los valores límites ambientales, los países latinoamericanos se suelen basar más en las TLV que en las VLA.

El TLV que proviene del valor límite de exposición diario, se llama TLV-TWA (VLA-ED), basados en 8 horas diarias o 40 horas semanales durante su

vida laboral sin sufrir efectos adversos sobre su salud, dichos valores se adaptan de acuerdo con la cantidad de horas de labor en cada país. El TLV, que proviene del valor límite de exposición corta, se llamaría el TLV-Steel (VLA-EC).

El valor límite ambiental para la exposición corta no debe ser superado por ninguna exposición.

En el caso de que el trabajador supere las 8 horas diarias de trabajo, el TLV del agente químico al que está expuesto va a sufrir un ajuste mediante un factor de corrección como se muestra a continuación:

$$F_c = \frac{8}{hd} \times \frac{24 - hd}{16}$$

Dónde:

- Fc= Factor de corrección
- hd= horas/día

Luego se multiplica el TLV con el factor de corrección. $TLV_c = F_c \times TLV$

Donde:

- TLV_c = TLV corregido con el que se realizarán las comparaciones

Debido a que el personal labora 8 horas al día el factor de corrección será 1, por lo cual el TLV_c será el mismo que el TLV.

CATEGORIZACIÓN DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN

En tabla 1 se detalla la valoración de riesgos ocupacionales de acuerdo con el índice de exposición, según la normativa D.S-015-2005-S. A. ¹⁵.

4) Evaluación del riesgo de exposición ocupacional a agentes de riesgo químico.

Los trabajadores de los diferentes sectores productivos se encuentran expuestos a riesgos químicos en distinto nivel, destacando las labores sector agrícola, plantas químicas, industria alimentaria, sector salud, metal mecánico, mantenimiento de vehículos, imprenta, industria textil, acopio y eliminación de residuos, limpieza y desinfección de oficinas, sector construcción.

Los objetivos de las evaluaciones de riesgo son importantes para gestionar la supervisión de los controles sobre los peligros, cuantificar los niveles de riesgo, priorizar la toma de decisiones con mayor impacto en la prevención de riesgos potenciales.

Las evaluaciones de riesgo tienen limitaciones en su aplicación, dependen de la validez y la calidad de la información de cada organización. La data para evaluar debe estar completa considerando todos los puestos de trabajo expuestos a riesgo químico, especificando nominalmente a cada trabajador, detallar las actividades que desarrollan y como eje principal las sustancias químicas que usan durante el desarrollo de estas.

Es necesario considerar para la evaluación de riesgo químico la definición de dosis de exposición que indica la cantidad de agente químico que tiene interacción directa por cualquier vía de exposición; por unidad de tiempo y peso corporal del trabajador afectado para así estandarizar los resultados y poder contrastar con las referencias normativas.

En la evaluación de la exposición de riesgo químico, es factible utilizar los estudios epidemiológicos (enfermedades ocupacionales versus dosis exposición) para validar o confirmar los resultados de la evaluación de riesgos para la salud. Sus limitaciones se refieren a la larga temporalidad para concluir una relación causal.

Teóricamente las mediciones más certeras consisten en mediciones de la exposición individual durante un largo período a evaluar hasta la aparición de manifestaciones de enfermedad ocupacional, tomando en cuenta la latencia o ventana que puede reflejarse con pérdida de los datos de exposición o por abandono de los sujetos de estudio.

Las metodologías de campo como los estudios transversales pueden aportar describiendo las asociaciones de dosis respuesta y evidenciar los puntos de corte. Con algunas sustancias químicas es posible realizar estudios de cohorte y casos controles que son más estrictos para determinar relación entre la toxicidad y los periodos de larga exposición, dependiendo si los diseños se encuentran metodológicamente bien realizados controlando los sesgos y elementos confusores.

De acuerdo con Sandhra S; refiere una serie de limitaciones al momento de gestionar una adecuada evaluación de riesgo químico como la reducida disponibilidad de data actualizada a algunas industrias y sustancias químicas; especialmente las mediciones cuantitativas y en la metodología con respecto a la recopilación de datos de los trabajadores expuestos. Como alternativa se toman como referencia los estudios epidemiológicos mediante instrumentos

autocompletados sobre la exposición a sustancias químicas específicas únicas o combinadas presentes en el ambiente de trabajo como vapores, gases, polvos y humos. Una crítica para tomar en cuenta en esta metodología son las percepciones dependientes de la memoria de los trabajadores. ²²

Como estrategia de evaluación de riesgo químico se analizan en países industrializados las tendencias de exposición a lo largo de un periodo de tiempo en retrospectiva, revisando estudios epidemiológicos ocupacionales contrastando con la carga de enfermedades ocupacionales reportada y las evidencias de exposición a sustancias químicas. ²³

Otra metodología referida como IUPAC Technical Report puede evaluarse con modelos matemáticos considerando sustancias con usos análogos, estándares y características de exposición. Se debe tener en cuenta el momento evaluar, la homogenización y validez de las mediciones y qué sustancias deben ser evaluadas. Las estimaciones precisan mayor validez deben considerar la medición en los peores escenarios con los datos objetivos de exposición que suceden en las labores habituales usando todas las sustancias que usan en sus procesos productivos. Deben excluirse al momento de hacer el análisis las exposiciones resultantes de accidentes. ²⁴

Una herramienta objetiva de utilidad para la valoración del riesgo químico son los indicadores de control biológico que proveen mejores resultados que miden concentraciones en los controles ambientales; ya que considera cuantitativamente la dosis que recibe el trabajador expuesto buscando las consecuencias de la toxicidad y su relación dosis respuesta. Además, se

consideran beneficios adicionales como la evaluación de la exposición global de la sustancia por todas las vías de entrada; las variaciones individuales con respecto a la velocidad de absorción, los efectos que generan los cambios de la carga de trabajo del trabajador expuesto, el tamaño o la solubilidad de la sustancia química; evidencia los comportamientos higiénicos individuales como el lavado de manos y la ingestión de alimentos durante la jornada laboral. Asimismo, aporta información sobre la relación de la dosis absorbida con las concentraciones ambientales y el periodo de exposición. Sin embargo, se debe tener en cuenta que los controles biológicos de exposición se ven limitados por el reducido espectro de sustancias químicas que pueden aplicar para poder ejecutar este tipo de estrategia de evaluación. Existen actualmente referencias de “Valores Límite Biológico” relacionado a sustancias químicas actualizados periódicamente por organizaciones acreditadas en el cuidado de la Seguridad e Higiene.¹⁹

Moshiran VA propone un enfoque del Sistema Integrado de Información de Riesgos que puede predecir cuantitativamente el nivel del riesgo utilizando la estimación de la exposición.²⁵

Debido a la limitación en el acceso a la data de reportes epidemiológicos para la evaluación de exposición y la larga duración de los métodos cuantitativos, algunos estudios utilizan métodos cualitativos. Además, han descrito un método semicuantitativo para la evaluación de riesgos químicos que consiste en evaluar y priorizar para la toma de decisiones a corto plazo, cuyos resultados evidencian la reducción de la tasa de riesgo y de exposición.²⁵

De acuerdo con Borghi F, puede usarse como estrategia en la evaluación y gestión del riesgo químico, las evaluaciones retrospectivas de exposición cuyo alcance puede valorar la exposición asociada con los antecedentes laborales de los trabajadores. Se valoran tanto la duración de la exposición y la concentración de la sustancia química; contrastando su historial laboral siendo lo más específico posible ajustando a los cambios de puesto laboral, el uso de EPP. Sin embargo, una limitante es inherente a la exposición histórica para obtener datos cuantitativos que puedan ser coherentes para una adecuada estimación. En su revisión sistemática recomienda que se aborde distintas técnicas para obtener una reconstrucción adecuada de la exposición histórica, por ejemplo, consolidar los resultados cualitativos y cuantitativos que concluya con la más acertada estimación. La información que aporta mayor valor, de forma más objetiva, y debe tomarse en cuenta son los datos resultantes de los estudios experimentales. El uso de modelos estadísticos de validación de datos contribuye a perfeccionar las estimaciones retrospectivas de exposición.²⁶

El uso de una combinación de diferentes técnicas de reconstrucción puede, por tanto, representar una poderosa herramienta para ponderar e integrar los datos obtenidos a través de enfoques cualitativos y cuantitativos, con el fin de obtener la mejor estimación posible, especialmente cuando las estimaciones se utilizarán en el contexto de la evaluación del impacto en la salud o la epidemiología, aunque es importante destacar cómo, idealmente, los datos experimentales disponibles para el escenario considerado deberían utilizarse

siempre que sea posible como la principal base de información inicial para su posterior procesamiento.^{26,27}

Es importante analizar en la evaluación de riesgo químico la existencia de coexposiciones químicas en el área de trabajo. No es criterio de coexposición cuando la variación en los tiempos entre cada actividad es mensual o anual. Se recomienda como buena práctica metodológica la agrupación en grupos de exposición similar, considerando realizar la cuantificación de forma simultánea para las actividades rutinarias y gestionar las mediciones progresivas cuando las actividades se dan en momentos de exposición distintos.

Sauvé J-F considera otro escenario posible al comparar las coexposiciones por situaciones de trabajo, las cuales son definidas como puestos de trabajo de distintas empresas de un mismo sector industrial que comparten grupos de exposición similar. La fuerza de asociación y extrapolación de los resultados se basa en los patrones de exposición conjunta. El ambiente ocupacional representa una importante fuente de exposición a múltiples riesgos para la salud de los trabajadores. Aunque se reconoce que las mezclas de agentes pueden tener diferentes efectos sobre la salud en comparación con sus efectos individuales, los estudios generalmente se enfocan en la evaluación de las exposiciones individuales.²⁸

El abordaje de la evaluación de riesgo químico cuando el escenario es de coexposiciones (simultáneas o sucesivas) es complejo y no son tomadas en cuenta, de la misma forma no se logra medir el impacto sobre la salud de los

trabajadores. La mayoría de los estudios evidencian y recomiendan que los monitoreos de las coexposiciones a sustancias químicas en momentos distintos. Los resultados de los efectos tóxicos combinados no han sido reportados y merece ser tomado en cuenta. Si al contrario se tuviera en cuenta las coexposiciones desde la planificación de la evaluación de riesgos químicos, se pudieran estratificar mejor las consecuencias toxicológicas y se tomarían medidas más efectivas de control.^{29,30}

Las metodologías utilizadas para la evaluación de riesgos químicos deben gestionarse desde la identificación, así como la planificación; y considerar a todas las sustancias incluidas en los productos como en las emisiones de los procesos productivos³⁰.

La metodología simplificada de evaluación de agentes químicos consta de tres fases:

1. Inventario de productos³¹.

Se debe considerar la denominación del producto, que incluya el código CAS, la cantidad que se usa históricamente, la periodicidad de uso, las áreas donde son utilizadas, los pictogramas de riesgo y la información de las hojas de seguridad.

2. Jerarquización de riesgos potenciales³¹.

En un escenario donde la exposición se da a un gran número de agentes químicos, se debe definir prioridades de actuación considerando el riesgo potencial en base a la peligrosidad y la probabilidad de exposición (cantidad

de producto versus frecuencia de uso). Se deben clasificar por agente químico, por área de trabajo y por proceso productivo.

3. Evaluación de riesgos ³¹.

Constituye de forma abreviada la valoración al contrastar la categorización hallada frente a las siguientes variables como propiedades fisicoquímicas, las condiciones y frecuencia de uso, los controles establecidos, las posibles áreas corporales expuestas, los mecanismos de absorción.

Se recomienda³⁰ que se cuantifique cada categoría para obtener un valor global de riesgo, catalogando y para determinar intervenciones de la siguiente manera; niveles de riesgo bajo (mantener las medidas implementadas), riesgo moderado (ejecución de nuevas medidas correctivas, reevaluar cuantitativamente las medidas) y riesgo elevado (gestionar cambios inmediatos).

Jerarquización de riesgos potenciales

Consiste en la categorización considerando la variabilidad del riesgo potencial que comprende los peligros, la exposición, denominación de los agentes químicos (etiquetado, ficha de seguridad, cantidad y frecuencia de uso para cada área de trabajo); y las áreas de trabajo (producción, logística, áreas de disposición temporal). Se priorizará las clases de peligro más elevadas de acuerdo a las clasificaciones existentes estandarizadas, y en algunos casos tomando en cuenta los valores límites de exposición de normados local y de no haberlos los considerados internacionalmente. ³¹

La resultante da niveles de peligros desde la clase 1 (menor daño a la salud) hasta la clase 5 (mayor daño para la salud). La metodología debe incluir el cálculo de la exposición potencial con los parámetros de cantidad considerada como el índice Q_i/Q_{max} (cuantificada usada del agente químico/ cantidad del agente químico de mayor consumo) enmarcada en un periodo de tiempo (día, semana, mes o año); y la frecuencia de uso determinada como ocasional, intermitente, frecuente o permanente).

La jerarquización determina qué área de trabajo requieren una intervención inmediata. Al coincidir el mismo nivel de riesgo a dos agentes químicos, la acción inmediata deberá considerar sobre el que impacta con mayor daño a la salud.³¹

Evaluación del riesgo por inhalación

En la valoración del riesgo por inhalación se consideran las siguientes variables: peligrosidad, volatilidad (depende del estado físico a considerar sólido, líquido o gas), método de uso y medidas de protección colectivas.

Particularmente cuando nos referimos a la volatilidad de los líquidos se toma en cuenta la temperatura de ebullición y la temperatura de utilización del agente químico.

La variable método de uso ha sido definida como dispersiva, aperturada, ocluida parcialmente y ocluida permanentemente.

Por ejemplo, se podría requerir una intervención correctiva inmediata cuando nos encontramos en un escenario de exposición continua de partículas

cancerígenas en comparación a una exposición discontinua y esporádica al usar pegamento cuya composición es a base de tolueno, correspondería un nivel de riesgo medio para implementar medidas correctivas.

Con los resultados se calcula la puntuación del riesgo por inhalación (Pinh) aplicando la siguiente fórmula ³¹:

Pinh = Puntuación peligro x Puntuación volatilidad x Puntuación procedimiento x Puntuación protección colectiva.

Evaluación del riesgo de contacto con la piel

En la valoración del riesgo de contacto con la piel se consideran: peligrosidad, área corporal expuesta y regularidad de uso. Las clases de peligrosidad se establecen del mismo modo que en la etapa de jerarquización. Según sea la parte del área corporal expuesta se consideran cuatro tipos con una puntuación. ³¹

Se determina en función de que el uso del producto químico puede sea ocasional, intermitente, frecuente o permanente. Posteriormente se calcula la puntuación del riesgo de contacto con la piel (Ppiel) aplicando la siguiente fórmula ³¹:

Ppiel = Puntuación peligro x Puntuación superficie x Puntuación frecuencia.

³¹

En la aplicación de esta metodología no pueden analizarse agentes químicos con efectos aditivos, no consideran la variabilidad de duración de exposición;

ni la metodología de evaluación de la vía dérmica. Un sesgo del método y que limita el análisis concurre en la omisión de la atenuación de las medidas de protección individuales o colectivas.

5) Controles de la exposición a agentes de riesgo químico.

Son el conglomerado de estrategias y herramientas que buscan eliminar o reducir la exposición de los trabajadores a agentes químicos.

Dentro del área de trabajo no solo es prioritario analizar a los agentes químicos que usan en los procesos productivos los trabajadores, además se deben implementar medidas de control más idóneas para los agentes químicos y que estos no causen daño en los empleados, merece un análisis prolijo de los riesgos a los que se tienen en el área de trabajo. Todos estos procesos productivos deber ser planificados de manera que los agentes químicos se encuentren por debajo de los límites permisibles (TLV'S).^{32,33,34}

Abordan la ejecución de soluciones prácticas y de impacto para lograr la prevención de riesgos y que sean sostenibles en el tiempo independientemente que surjan cambios en los procesos. Todas estas soluciones se orientan a la reducción de la concentración de la sustancia química en el ambiente o de acortar el periodo de exposición de los trabajadores.

En opinión del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSST. Madrid 2022): se pueden desplegar las acciones dirigidas al agente químico, como al proceso, el lugar de trabajo o incluso sobre el método de trabajo:

- Eliminar o evitar el uso del agente químico.

- Prescindir o reducir las emisiones de subproductos de los agentes químicos al ambiente.
- Mantener niveles ambientales de los agentes químicos en rangos de seguridad tolerables.
- Limitar el contacto directo de los agentes químicos y los trabajadores.

El mayor impacto se genera con las medidas de control que gestionan la disminución de la concentración del agente químico en el área de trabajo.

La planificación de los procesos productivos debe determinar de acuerdo a su histórico de uso los agentes químicos involucrados. Se debe considerar las acciones más efectivas dirigidas a la fuente de emisión de la sustancia química. En cuanto a la reducción del periodo de exposición de los trabajadores a agentes químicos es recomendable abordar la rotación de expuestos, de tal manera que sea el menor tiempo posible la dosis recibida. Las propuestas que se generan como los mecanismos de control deben involucrar a los dueños de cada proceso, es decir a los trabajadores expuestos con el fin de que los procedimientos sean aterrizados a la realidad de cada organización. Las medidas de mayor efectividad son dirigidas a los sistemas de ventilación que impactan sobre los agentes químicos que circulan en las distintas áreas de trabajo.

El uso de equipos de protección personal cobra importancia, cuando los controles de ingeniería o administrativos no sean suficientes o el proceso productivo en sí no pueda evitar la exposición.

Debe ser necesario evaluar mediante monitoreos ocupacionales y cuantificar las concentraciones de agentes químicos en las áreas de trabajo con trabajadores expuestos. Una crítica a los monitoreos es que los resultados no se pueden extrapolar a partir de evaluaciones anteriores ni se pueden comparar sobre estándares de control frente a la exposición.³⁴

Las evaluaciones cualitativas de peligrosidad propia de los agentes químicos y de las condiciones de trabajo deben ser valoradas por el especialista de higiene para estratificar los niveles de riesgo y contrastar con los controles correctivos o preventivos que puedan implementarse. El especialista de higiene debe utilizar metodologías cualitativas ya estandarizadas. La recomendación siempre será evaluar cuantitativamente la exposición, sin embargo, las oportunidades no siempre son factibles, debiendo priorizar estudios cualitativos. Aunque en algunos casos sea adecuado valorar sin mediciones ambientales, se deben mantener programar y mantener disponibles.

Las evaluaciones ambientales determinan objetivamente las variables causa-efecto o dosis-efecto en el análisis de la etiología de las enfermedades profesionales, y constituyen una fuente a considerar para actualizar periódicamente los límites de exposición.^{35,36}

Se recomienda como parte del análisis, considerar las medidas de control de riesgos que han sido implementadas. Para verificar el cumplimiento de los controles se justifica el uso de biomarcadores de efecto o exposición con el fin de gestionar las medidas correctivas.

6) Riesgo de exposición ambiental por agentes químicos generados en actividades económicas.

Según la OMS, las industrias productivas, los relaves mineros, los derrames de hidrocarburos, los subproductos de los agentes químicos son fuentes de contaminación ambiental que impactan en la salud de las comunidades cercanas o de influencia de los centros económicos de las ciudades.³⁷

De acuerdo a estudios realizados en nuestro país (La Oroya, Ilo, Callao, Cerro de Pasco, Puno, Madre de Dios, Cajamarca, Ancash) se evidenció hallazgos de contaminación por agentes químicos en el aire, agua y sustrato del suelo e incluso como parte de la cadena trófica de los animales, donde predominaron metales pesados como el plomo, cadmio, arsénico, mercurio, cianuro, asimismo cobre y otros. En todos estos lugares, la actividad principal contaminante es la minería informal o ilegal.³⁷

La contaminación de los suelos impacta a las zonas rurales agrícolas producto del uso no controlado de nuevos productos o técnicas que mejoran la producción y eliminan plagas. Las lluvias tiene el efecto de acarrear productos y subproductos de los agentes químicos que afectan directa o indirectamente a los organismos acuáticos y a las comunidades que usan las fuentes de agua incluidas las fuentes freáticas; o consumen alimentos contaminados.³⁷

Debemos considerar que un gran porcentaje de las exposiciones ocupacionales también se encuentran en el medio ambiente general y/o en productos de consumo. Según el estudio de Ari A que ha explorado en población general el nivel de la calidad del aire y su influencia en el estado

de salud, sin embargo, existe una baja percepción de sus efectos tóxicos y que no es adecuadamente interiorizada.³⁹

Según Álvarez ³⁶ en España se han estudiado parcialmente las exposiciones ambientales en el aire; sin embargo, los estudios ambientales de suelo por exposición a metales son escasos por su complejo análisis. En España durante el periodo 1999 – 2008 el sector industrial químico reportó cerca de cinco mil toneladas de emisiones de sustancias cancerígenas: cerca del 85-90% cargadas al aire; 10 al 15% al agua directa o indirectamente.

En el contexto de los estudios realizados en las américas se han referido a las exposiciones resultantes de fuentes puntuales, específicamente a metales pesados o de contaminantes derivados de la gran minería. ^{41,42,44}

La acumulación de metales en suelo se debe a las características que adquieren como la biodisponibilidad y que impactan sobre la cadena trófica, que implica a la contaminación del suelo un complejo problema para la salud de las comunidades afectadas.” (Álvarez A 2022) ³⁶

Las exposiciones ambientales a las sustancias químicas contribuyen a la creciente incidencia de envenenamientos en todo el mundo. Asimismo, las exposiciones ambientales han demostrado que han incrementado la carga de enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Se han demostrado una amplia variedad de contaminantes presentes en el aire, agua, suelo, alimentos o en el trabajo impactan a largo plazo. La contaminación ambiental emitida por las industrias ha constituido un factor contributorio a la pérdida de la salud de la población general. Existen esfuerzos regulatorios en países industrializados

con el fin de disminuir las emisiones de sustancias químicas derivadas de los procesos productivos, incluso alguna de estas como carcinogénicos o potencialmente sospechosas.⁴²

VIGILANCIA DE LA CALIDAD ATMOSFÉRICA

Se debe gestionar una adecuada vigilancia de las emisiones de agentes químicos sobre el medio ambiente para evaluar la exposición a la población, con criterios normativos y estudios previos que evalúan los efectos o las fuentes de contaminación del aire (análisis de las causas).

Otra metodología es la que utiliza una selección aleatoria de muestras de aire atmosférico en distintas áreas de exposición contrastando con un periodo de tiempo, podrá también determinarse la exposición.

Se pueden testear los peores escenarios con un numero de muestras pequeño bajo metodologías estandarizadas considerados además las variables como la normativa local vigente y planificación de las mismas; sin embargo, los resultados no podrían extrapolarse ni compararse con otras realidades.

7) Medidas preventivas para la exposición ocupacional y ambiental a agentes de riesgo químico.

Todos los sectores productivos usan una variedad de agentes químicos y generan emisiones que generan afectación sobre la salud de los expuestos. Se han implementado medidas preventivas que controlan el nivel de riesgo.

Las medidas preventivas suelen ser reactivas en la mayoría de las organizaciones, y enfocadas al uso de equipos de protección personal frente a las medidas colectivas por la complejidad de implementación y sostenibilidad, siendo las medidas de ingeniería o administrativas son dejadas de lado.

La implementación de un sistema de evaluación, identificación y etiquetado de agentes químicos han sido eficientes y de fácil implementación.

De acuerdo con Kauppinen T (2020), desde esta perspectiva, es importante que los grupos de riesgo que experimentan una alta exposición puedan ser seguidos en el tiempo. Otras medidas preventivas pueden entonces centrarse en los grupos de riesgo en los que la evolución no ha sido favorable.

MEDIDAS PREVENTIVAS:

1. Sustitución de agentes químicos peligrosos:

Se puede priorizar el retiro de agentes químicos con potencial cancerígeno. Consideradas como las más eficaces sin embargo no es factible implementar en todos los sectores.

2. Organización del lugar de trabajo:

- a. Implementación de adecuados sistemas de ventilación, mantenimiento preventivo y correctivo cuando sea necesario, que gestionan la extracción de la fuente del riesgo químico.
- b. Gestionar al mínimo las cantidades de agentes químicos peligrosos en el área de trabajo.
- c. Limitar o eliminar la necesidad de la manipulación directa de los agentes químicos.
- d. Sectorizar y señalizar las áreas de trabajo donde se usen los agentes químicos de mayor peligrosidad.

3. Establecimiento de procedimientos escritos de trabajo seguro:

- a. Gestionar y planificar el mantenimiento preventivo de los equipos utilizados para manipular los agentes químicos peligrosos.
- b. Estandarizar los procesos de uso, almacenaje y transporte de agentes químicos dentro de las diferentes áreas de trabajo.

4. Implementación de medidas administrativas:

- a. Evitar ingerir alimentos o bebidas las áreas de trabajo.
- b. Los uniformes de trabajo solo deben ser usados en el área de trabajo.
- c. Orden y limpieza en todas las áreas de trabajo.

5. Disminución al mínimo del número de trabajadores que se podrían exponer a agentes químicos de mayor peligrosidad.

6. Reducción al mínimo del tiempo e intensidad de las exposiciones.
7. Uso de equipos de protección personal certificados cuando la exposición o contacto con el agente químico no sea posible sortear por otros medios.
8. Vigilancia médica individual de los trabajadores expuestos con metodologías efectivas y uso de marcadores biológicos
9. Capacitación y formación para generar competencia en los trabajadores expuestos sobre todos los aspectos a tomar en cuenta en la interacción con agentes químicos y la respuesta a emergencias frente a un accidente o incidente.

NORMAS DE SEGURIDAD:

1. Almacenamiento de agentes químicos:

Limitar el acceso solo al personal autorizado con adecuada señalización de la restricción. Debe contar con sistemas de ventilación diseñados específicamente para el nivel de riesgo, asimismo una adecuada iluminación que elimine una lectura errónea de los agentes químicos almacenados y una inadecuada manipulación, que garantice la seguridad.

El personal deberá competente y periódicamente capacitado frente al uso y exposición de agentes químicos.

La implementación de medidas de descontaminación como las duchas de seguridad y lavaojos para poder minimizar las consecuencias de un accidente

por derrame o proyección. Las duchas y lavaojos deben verificarse su funcionamiento periódicamente para identificar mejoras que puedan gestionarse.

2. Identificación y etiquetado de todos los agentes químicos

Deben contar la información mínima en idioma local que incluyan la peligrosidad y recomendaciones de manipulación y transporte. Asimismo, se debe contar disponible en todo momento la ficha de seguridad. El área de salud e higiene debe mantener registros de acuerdo a la normativa sobre los valores límites permisibles tanto ambientales como biológicos.

3. Manipulación de agentes químicos

- Gestionar la cantidad mínima del agente químico que se usan en los procesos de la organización.
- Conocer las normas de etiquetado y la información de la ficha de seguridad.
- Usar el equipo de protección personal adecuado para el nivel de riesgo del agente químico.
- Contar con un área adecuada de trabajo distribuida en estaciones amplias que no dificulten los procesos.
- Estandarizar las variables resultantes en la combinación de agentes químicos tales como la velocidad de adición, y las reacciones químicas que puedan darse
- La eliminación y segregación adecuada de los subproductos o residuos de los agentes químicos peligrosos.

4. Trasvases de agentes y productos químicos

Se debe tener planificado desde el tipo de envases resistentes, el etiquetado y el almacenamiento posterior al transvase, asimismo una ventilación adecuada que evite las emisiones al aire libre. Se recomienda que este proceso en la medida de lo posible sea automatizado. El uso de equipos de protección personal debe ser evaluado por el especialista de higiene considerando las resistencias al agente químico y la interacción con la piel o los ojos del trabajador.

5. Equipos de protección personal

Se debe considerar vestimenta o uniforme de trabajo con manga larga, protección ocular de seguridad y los guantes de protección química.

La vestimenta debe solo usarse en el área de trabajo, considerando ambientes para cambiarse y lavandería de los mismos en caso sean reutilizables.

6. Derrames de productos químicos

Deben considerarse el kit antiderrame que contengan la exposición. En el mercado existen productos con eficacia demostrada para cada agente químico que deben usarse para la posterior recuperación y segregación, evitando exposición a sub productos como gases altamente tóxicos con capacidad de inflamabilidad.

IV. CONCLUSIONES

Existen diferentes tipos de clasificaciones de los agentes químicos, sin embargo, se consideran tres grandes grupos, los aerosoles, los gases y los vapores, ya que en base a esta clasificación se determinará el tipo de medición, el instrumento para realizar dicha medición, el tiempo de muestreo y tipo de análisis correspondiente basados en los estándares internacionales comparables con los valores límites determinados.

Los objetivos de las evaluaciones de riesgo son importantes para gestionar la supervisión de los controles sobre los peligros, cuantificar los niveles de riesgo, priorizar la toma de decisiones con mayor impacto en la prevención de riesgos potenciales. Las acciones de prevención deben ser dirigidas al agente químico, como al proceso, el lugar de trabajo o incluso sobre el método de trabajo, siendo las más efectivas las dirigidas a la fuente de emisión de la sustancia química.

La vigilancia de la calidad atmosférica consiste en la medición sistemática de los contaminantes atmosféricos para evaluar la exposición de receptores, no obstante, estas mediciones de las concentraciones de contaminantes atmosféricos tienen siempre carácter de muestras aleatorias en el espacio o en el tiempo.

La implementación de un sistema de evaluación, identificación y etiquetado de sustancias químicas garantiza el acceso oportuno de la información de los riesgos y permite a la organización brindar atención para la correcta y

oportuna respuesta a emergencias con productos químicos y especialmente la prevención de estas con acciones correctivas específicas.

V. RECOMENDACIONES

La prevención o mitigación de la exposición a contaminantes químicos debería ser una de las prioridades de acción de los gobiernos debido a la presencia de agentes químico en todas las fases de la industria tanto en los procesos productivos, extracción de materia prima, transformación de productos, consumo, como finalmente los desechos; ello coloca en riesgo permanente a los trabajadores expuestos.

La evaluación de los riesgos de agentes químicos debe ser supervisada constantemente por las entidades correspondientes, para poder detectar tempranamente algún riesgo químico no advertido.

El avance de la tecnología también implica la modernización de los instrumentos para el muestreo y análisis de los agentes químicos contaminantes, ello motiva la actualización periódica de los métodos y de los muestreadores para la evaluación de los riesgos.

La informalidad laboral es una actividad predominante en nuestro país, sin embargo, el estado debería tomar acciones sobre dichas actividades, no solo por una contaminación que no es controlada, sino por un tema de salud pública por las consecuencias patológicas en los trabajadores y en las comunidades que son afectadas.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. BOE n° 104: 2001. Guía técnica para la prevención de agentes químicos presentes en los lugares de trabajo. INSHT, Madrid, octubre 2013.
2. Gutiérrez, A. Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional en el proceso de evaluación para la calificación de origen de la enfermedad profesional. Bogotá: Ministerio de la Protección Social, 2011. 178 p. ISBN 978-958-8361-71-
3. https://www.ilo.org/global/about-the-ilo/newsroom/news/WCMS_819802/lang--es/index.htm.
4. Leonardo Briceño- Ayala. Medicina Preventiva ocupacional y ambiental. Editorial El Manual Moderno. 1era Edición 2022.
5. Córdoba, D. (2006). Toxicología. Bogotá: El Manual Moderno.
6. Peña, L., Arroyave, C., (2010). Fundamentos de medicina. Toxicología clínica. Corporación para investigaciones biológicas (CIB). 1er Edición.
7. Henao Robledo, Fernando. Riesgos Químicos. Ecoe Ediciones, 2008. Bogotá.
8. LaDou Joseph. Diagnóstico y tratamiento en medicina laboral y ambiental. 4ta Edición 2007.

9. Bernal Dominguez, Félix; Castejon Vilella, Emilio. Cavallé Oller; Hernández Calleja. Higiene Industrial. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo-INSHT, 2008. Madrid.
10. Gutiérrez, A. Guía técnica para el análisis de exposición a factores de riesgo ocupacional en el proceso de evaluación para la calificación de origen de la enfermedad profesional. Bogotá: Ministerio de la Protección Social, 2011. 178 p. ISBN 978-958-8361-71.
11. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo de la Organización Internacional del Trabajo. Parte IV. Herramientas y enfoques. Capítulo 27, control biológico.
12. Bernal Domínguez, Félix, Castejón Vilella, Centro Nacional de Condiciones de Trabajo- INSHT, Madrid. 2008.
13. Mudry. M y Carballo, M. (2006). Genética toxicológica (D. Los Vientos, Ed). Buenos Aires.
14. Exposición en el lugar de trabajo. Medición de la exposición por inhalación de agentes químicos. UNE, Norma Española. UNE-EN 689. Madrid. Marzo 2019.
15. Aprueban Reglamento sobre Valores Límite Permisibles para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo. Decreto Supremo No 015-2005-SA. Lima. 2005.

16. Montoya JEP, Millán JC. Riesgos Químicos. Condiciones de salud por exposición a sustancias químicas. Ediciones de la U; 2019.
17. Manchego E, Mercedes M. Diseño del programa de control del peligro químico en compañía de fumigación aérea de cultivos. Profesional en Gestión de Seguridad y la Salud Laboral; 2020.
18. Calera Rubio AA, Roel Valdés JM, Casal Lareo A, Gadea Merino R, Rodrigo Cencillo F. Riesgo químico laboral: elementos para un diagnóstico en España. Rev Esp Salud Pública [Internet]. 2005;79(2):283–295. Disponible en: <https://scielosp.org/article/resp/2005.v79n2/283-295/es/>.
19. Aranda Beltrán Carolina, Pando Moreno Manuel. Introducción a la seguridad y salud en el trabajo. México 2019.
20. Castro, D. Implementación de un Sistema de Evaluación, Identificación y Comunicación de los Riesgos y Controles Asociados a las Sustancias Químicas. [Internet]. 2017. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11349/5826>.
21. Andino E, David P. Material particulado y su incidencia en alteraciones respiratorias en los trabajadores de la construcción en viviendas rurales TIPO MIDUVI. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Dirección de Posgrado. Maestría en Seguridad e Higiene Industrial y Ambiental; 2017.

22. Sadhra S, Kurmi OP, Sadhra SS, Lam KB, Ayres JG. Occupational COPD and job exposure matrices: a systematic review and meta-analysis. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2017 feb 22; 12:725-734. doi: 10.2147/COPD.S125980. PMID: 28260879; PMCID: PMC5327910.
23. Kauppinen T, Uuksulainen S, Saalo A, Mäkinen I. Trends of occupational exposure to chemical agents in Finland in 1950-2020. *Ann Occup Hyg* [Internet]. 2013 [citado el 25 de abril de 2023];57(5):593–609. Disponible en: <https://academic.oup.com/annweh/article/57/5/593/212595>.
24. Herber RFM, Duffus JH, Christensen JM, Olsen E, Park MV. Risk assessment for occupational exposure to chemicals. A review of current methodology (IUPAC Technical Report). *Pure Appl Chem* [Internet]. 2001;73(6):993–1031. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1351/pac200173060993>.
25. Moshiran VA, Karimi A, Golbabaei F, Yarandi MS, Sajedian AA, Koozekonan AG. Quantitative and semiquantitative health risk assespational exposure to styrene in a petrochemical industry. *Saf Health Work* [Internet]. 2021;12(3):396–402. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2093791121000093>.
26. Borghi F, Mazzucchelli LA, Campagnolo D, Rovelli S, Fanti G, Keller M, et al. Retrospective exposure assessment methods used in occupational human health risk assessment: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2020 [citado el 28 de abril de 2023];17(17):6190. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/17/6190>.

27. Bonilla, D. Diseño de un sistema de vigilancia epidemiológica de riesgo químico para Biobrill S.A.S. [Internet]. 2019. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11349/15753>.
28. Sauvé J-F, Emili A, Mater G. Application of pattern mining methods to assess exposures to multiple airborne chemical agents in two large occupational exposure databases from France. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2022 ;19(3):1746. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35162769/>
29. Bosson-Rieutort D, Sarazin P, Bicout DJ, Ho V, Lavoué J. Occupational co-exposures to multiple chemical agents from workplace measurements by the US Occupational Safety and Health Administration. *Ann Work Expo Health* [Internet]. 2020; 64(4):402–15. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32006442/>
30. Clerc F, Bertrand NJH, La Rocca B. Taking multiple exposure into account can improve assessment of chemical risks. *Ann Work Expo Health* [Internet]. 2017; 62(1):53–61. Disponible en: <https://academic.oup.com/annweh/article/62/1/53/4582733>.
31. Apel P, Rousselle C, Lange R, Sissoko F, Kolossa-Gehring M, Ougier E. Human biomonitoring initiative (HBM4EU) - Strategy to derive human biomonitoring guidance values (HBM-GVs) for health risk assessment. *Int J Hyg Environ Health* [Internet]. 2020;230(113622):113622. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S143846392030568X>.

32. Choi J, Aarøe Mørck T, Polcher A, Knudsen LE, Joas A. Review of the state of the art of human biomonitoring for chemical substances and its application to human exposure assessment for food safety. EFSA Support Publ [Internet]. 2015;12(2). Available from: <https://www.proquest.com/openview/c88604d8b5ba414756facd5713bf8fc1/1?pq-origsite=gscholar&cbl=5070782>.
33. Temario actualizado de las oposiciones al INSST - Portal INSST - INSST [Internet]. Portal INSST. Disponible en: <https://www.insst.es/el-instituto/trabaja-con-nosotros/oposiciones-insst/temas-especificos-de-prl>.
34. Castro, D. Implementación de un Sistema de Evaluación, Identificación y Comunicación de los Riesgos y Controles Asociados a las Sustancias Químicas. [Internet]. 2017. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11349/5826>.
35. Organización Iberoamericana de seguridad OISS, Metodología para la identificación, evaluación y control de la exposición a contaminantes químicos. Versión 2, abril 2016.
36. Álvarez A, María A. Exposición ambiental a sustancias químicas, metales y metaloides. Asociación con los trastornos mentales y la mortalidad por enfermedades cardiovasculares y cáncer. Universidad Autónoma de Madrid; 2022.
37. Disalvo L, Cassain V, Fasano MV, Zar G, Varea A, Virgolini MB. Exposición ambiental a plomo y biomarcadores de estrés oxidativo en niños sanos de La Plata, Argentina. Arch Argent Pediatr [Internet]. 2022;

120(3):174–9. Disponible en:

<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/biblio-1368143>.

38. Chartres N, Bero LA, Norris SL. A review of methods used for hazard identification and risk assessment of environmental hazards. *Environ Int* [Internet]. 2019; 123:231–9. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412018322979>.

39. Kauppinen T, Uuksulainen S, Saalo A, Mäkinen I. Trends of occupational exposure to chemical agents in Finland in 1950-2020. *Ann Occup Hyg* [Internet]. 2013 ;57(5):593–609. Disponible en:

<https://academic.oup.com/annweh/article/57/5/593/212595>.

40. Arı A, Ertürk Arı P, Yenisoy-Karakaş S, Gaga EO. Source characterization and risk assessment of occupational exposure to volatile organic compounds (VOCs) in a barbecue restaurant. *Build Environ* [Internet]. 2020;174(106791):106791. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132320301499>.

41. Rojas Vázquez Evelyn Ivette, Domínguez Odio Aníbal, Rodríguez Tito Jose Carlos, Macías Peacock Beatriz, García Cabrera Liset, Clapé Laffita Oneyda et al. Identificación y prevención de riesgos de origen químico en centros laborales de Santiago de Cuba. *Salud de los Trabajadores* [Internet].

2006 jun; 14(1): 71-75. Disponible en:

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S131501382006000100007&lng=es

42. Navarro Bohórquez, Fabiola Alicia, Angye Catherine Ordoñez Diaz. "Efectos sobre la salud generados por la exposición a agentes químicos y biológicos asociados a hidrocarburos." (2021). Efectos sobre la salud generados por la exposición a agentes químicos y biológicos asociados a hidrocarburos [Internet]. Edu.co. Disponible en: <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/2630/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1>.

VII. ANEXOS

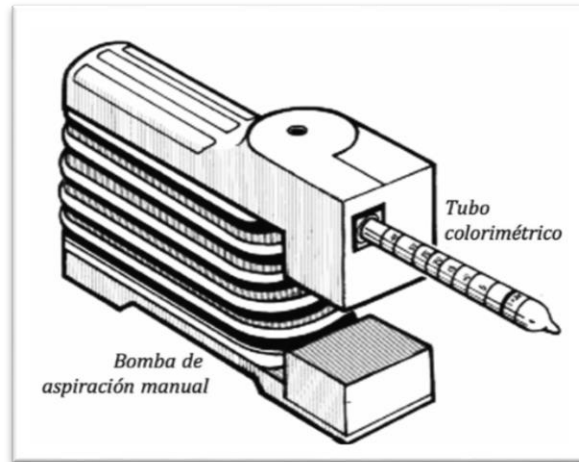


Figura 1. Tubo colorimétrico con bomba de aspiración ⁹

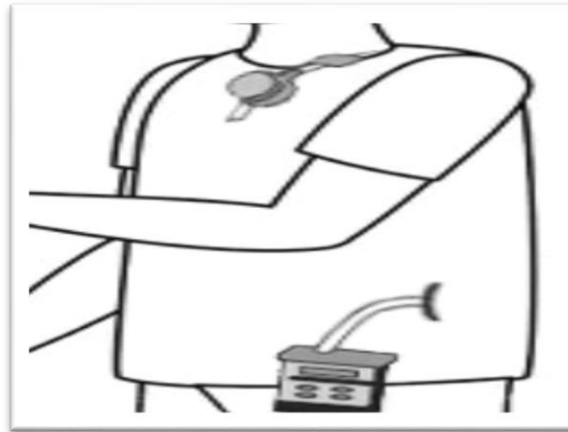


Figura 2. Equipo de monitoreo personal¹

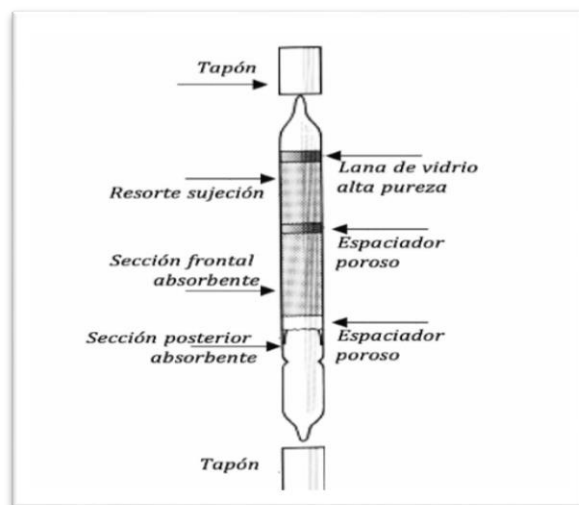


Figura 3. Tubos con sólidos adsorbentes para muestras de gases y vapores ⁹

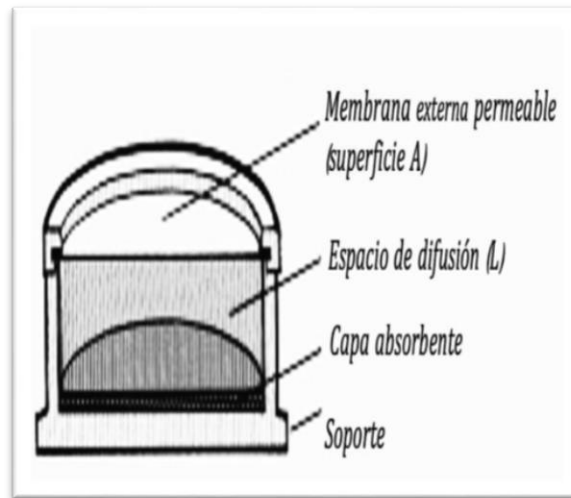


Figura 4. Soporte de retención para sistemas de muestreo pasivo ⁹

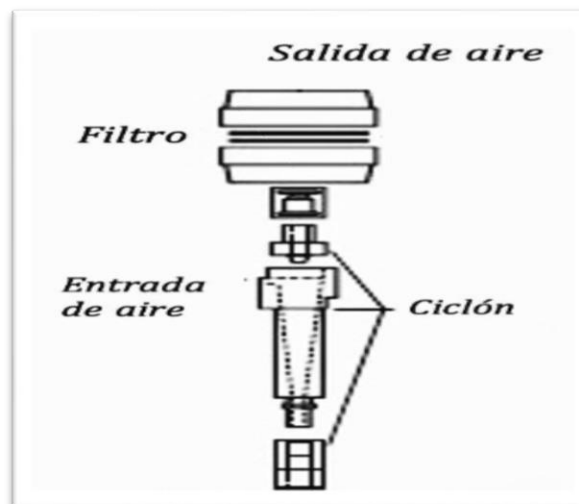


Figura 5. Ciclón utilizado para el muestreo de polvo respirable ⁹

Tabla 1

Índice de Exposición Nivel de Riesgo		Descripción	Nivel de Acción
$\geq 100\%$	ALTO	NO CUMPLE con la normativa D.S-015-2005-S. A	Requiere de una acción inmediata
[50% – 100%]	MEDIO	CUMPLE con la normativa D.S-015-2005-S. A.	Requiere de una acción preventiva.
$\leq 50\%$	BAJO	CUMPLE con la normativa D.S-015-2005-S. A.	No requiere de una acción

Tomado de la normativa D.S-015-2005-S. A ¹⁵.