



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

**“Evaluación Cualitativa de Riesgos Químicos a los cuales están
expuestos los trabajadores del área de ensayos físico-químicos
de un Laboratorio Químico Ambiental y propuesta de mejoras a
las condiciones de trabajo”**

PROYECTO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del Título de:

MAGÍSTER EN SEGURIDAD Y SALUD

OCUPACIONAL

Presentada por:

Edison Fabian Armas Doicela

Lady Adriana Paladines Barba

GUAYAQUIL- ECUADOR

Año: 2025

AGRADECIMIENTO

A Dios por bendecirme cada día y permitirme culminar con éxito esta nueva etapa en mi vida. A mi padre y hermanos por todo el apoyo incondicional. Al Ing. José Luis Saa. MSc.

**EDISON FABIAN ARMAS
DOICELA**

A mi madre por ser esa guía y pilar fundamental para mi desarrollo personal, y a mi pareja por apoyarme en todo el proceso de este proyecto que siempre a esta presente en cada logro de mi vida, a mi director de proyecto, el Ing. José Luis Saa. MSc.

**LADY ADRIANA PALADINES
BARBA**

DEDICATORIA

A Dios, mi padre, mi madre, mis
hermanos y a mi familia por su
amor y apoyo incondicional.

**EDISON FABIAN ARMAS
DOICELA**

A Dios por ser la inspiración para
salir adelante cada día, a mi
pareja por el gran apoyo para
continuar en esta etapa de mi
vida, gracias por su amor
incondicional.

**LADY ADRIANA PALADINES
BARBA**

DECLARACIÓN EXPRESA

Nosotros Edison Fabian Armas Doicela y Lady Adriana Paladines Barba acordamos y reconocemos que: La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores. El o los estudiantes deberán procurar en cualquier caso de cesión de sus derechos patrimoniales incluir una cláusula en la cesión que proteja la vigencia de la licencia aquí concedida a la ESPOL.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, secreto empresarial, derechos patrimoniales de autor sobre software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique los autores que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 19 de febrero de 2025.

Edison Fabian Armas
Doicela

Lady Adriana Paladines
Barba

EVALUADORES

Kleber Barcia V. Ph. D.

Profesor de Materia

José Saa L., MSc.

Tutor de proyecto

RESUMEN

En la presente investigación se evaluó cualitativamente los riesgos químicos del área de ensayos físico-químicos de un laboratorio químico ambiental ubicado la ciudad de Quito en un periodo de 6 meses, para posteriormente proponer medidas de mejora a las condiciones de trabajo.

La evaluación consistió en 4 etapas donde se realizó el procesamiento de la información, identificación, valoración y jerarquización del riesgo químico por inhalación de los productos químicos utilizando la metodología propuesta por el INRS. Se identificó que el área de análisis cuenta con 10 trabajadores, los cuales se desempeñan como analistas de laboratorio. Se realizó el levantamiento de información mediante entrevistas, observaciones in situ, listas de chequeo y revisión documental para identificar los productos químicos.

Para la valoración del nivel de riesgo químico por inhalación (NRQI) propuesto por la INRS se tomó en cuenta variables como: peligro, frecuencia de exposición, cantidad utilizada, riesgo potencial, volatilidad, procedimiento de uso, equipo de protección colectiva y los valores límites ambientales.

En el análisis realizado por clase, se determinó que la clase de procedimiento de uso es la que mayor riesgo, ya que los trabajadores están expuestos de manera directa con la fuente; en segundo lugar, la clase de protección colectiva que está relacionado con el sistema de ventilación del laboratorio y por último la clase de volatilidad o pulverulencia debido a que se trabaja con las sustancias químicas a diferentes temperaturas.

Finalmente, se concluyó con la identificación de un total de 40 productos químicos utilizados en el área ensayos físico-químicos del laboratorio químico ambiental, presentan diferentes niveles de riesgo, donde se obtuvo 9 de productos químicos con riesgo probablemente elevado; 7 productos químicos con riesgo moderado y 24 productos químicos con riesgo a priori bajo y se propuso condiciones de mejora con relación al manejo de productos químico y la ventilación del área.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ÍNDICE GENERAL	II
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.3. Formulación del problema.....	3
1.4. Objetivos del trabajo de titulación.....	3
1.4.1. Objetivo general	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. Preguntas de investigación	3
1.6. Justificación del estudio	3

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Antecedentes de la investigación	5
2.2. Marco conceptual.....	5
2.2.1. Trabajador.....	5
2.2.2. Peligro.....	5
2.2.3. Riesgo.....	5
2.2.4. Agente químico	6
2.2.5. Sustancia química.....	6
2.2.6. Etiquetado de productos químicos	6
2.2.7. Transporte del producto químico	7
2.2.8. Hoja de seguridad (SDS).....	7
2.3. Riesgo químico en el laboratorio químico ambiental	7
2.3.1. Entorno físico	8

2.3.2. Factor humano	8
2.3.3. Manejo de sustancias.....	8
2.4. Descripción del laboratorio químico ambiental	9
2.4.1. Proceso y métodos de análisis del laboratorio químico ambiental	11
2.4.2. Ensayos del laboratorio de análisis químico ambiental.....	11
2.5. Evaluación higiénica	14
2.5.1. Límites de Exposición Profesional.....	15
2.5.2. Evaluación higiénica cualitativa	15
2.5.3. Método del Instituto Nacional de Investigación y Seguridad de Francia (INRS)	
15	
2.5.4. Medidas de prevención del riesgo químico.....	18
2.6. Marco legal	18

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA.....	20
3.1. Procesamiento de la Información	20
3.2. Identificación	22
3.3. Valoración	27
3.3.1. Riesgo Potencial	27
3.3.2. Clase y Puntuación por Volatilidad/Pulverulencia de Sustancias.....	31
3.3.3. Clase y Puntuación por Procedimiento de Uso.....	33
3.3.4. Clase y Puntuación de tipo de Protección Colectiva.....	33
3.3.5. Puntuación según los Valores Limites Ambientales.....	34
3.4. Jerarquización.....	34

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS	35
4.1. Identificación de productos químicos.....	35
4.2. Valoración.....	37
4.2.1. Riesgo Potencial	37
4.2.2. Clase de Puntuación por Volatilidad/Pulverulencia de Sustancias.....	38
4.2.3. Clase y Puntuación por Procedimiento de Uso.....	39
4.2.4. Clase y Puntuación de tipo de Protección Colectiva.....	39
4.2.5. Puntuación según los Valores Limites Ambientales.....	39
4.3. Jerarquización.....	42

4.4. Medidas correctivas para la gestión de riesgos por inhalación en un laboratorio químico ambiental de acuerdo con la jerarquía de reducción de riesgos.....	48
4.4.1. Medidas correctivas para el riesgo probablemente elevado	48
4.5. Propuesta para el sistema de vigilancia de seguridad y salud.....	51

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
5.1. Conclusiones	61
5.2. Recomendaciones	62

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

CIQE	Centro de Información Química para Emergencias
EPP	Equipo de protección personal
INEN	Servicio Ecuatoriano de Normalización
INRS	Instituto Nacional de Investigación en Seguridad
INSST	Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo
NRQUI	Nivel de Riesgo Químico por Inhalación
OSHA	Administración de Seguridad y Salud Ocupacional
RQI	Riesgo Químico por Inhalación
SDS	Hoja de datos de seguridad

SIMBOLOGÍA

°C	Grados centígrados
gr	Gramos
h	Hora
Kg	kilogramos
L	Litro
m ³	Metro cúbico
mg	Miligramos
ml	Mililitros
ppm	Partes por millón

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Árbol de problemas.....	2
Figura 2.1 Laboratorio químico ambiental.....	9
Figura 2.2 Áreas de ensayos físico – químico.....	10
Figura 3.1 Esquema de Evaluación Cualitativa de Riesgos Químicos INRS	27
Figura 3.2 Clases de volatilidad por punto de ebullición.....	32
Figura 4.1 Resultados evaluación cualitativa INRS.....	43
Figura 4.2 Resultados por clases.....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ensayos físico-químicos del laboratorio de análisis químico ambiental	12
Tabla 2 Clase de Peligro 1.....	16
Tabla 3 Clase de Peligro 2.....	16
Tabla 4 Clase de Peligro 3.....	17
Tabla 5 Clase de Peligro 4.....	17
Tabla 6 Clase de Peligro 5.....	18
Tabla 7 Normativa	18
Tabla 8 Listado de Productos Químicos Inventariados	20
Tabla 9 Identificación de variables de exposición de riesgo	22
Tabla 10 Productos químicos identificados área de ensayos físico – químicos.....	24
Tabla 11 Clases de Peligro	28
Tabla 12 Clases de Cantidad	29
Tabla 13 Clases de Frecuencia	30
Tabla 14 Clases de Exposición Potencial	30
Tabla 15 Clases de Riesgo Potencial	31
Tabla 16 Puntuación de Clases de Riesgo	31
Tabla 17 Clases de Pulverulencia por tamaño de partícula	31
Tabla 18 Clases de Volatilidad por Presión de Vapor	32
Tabla 19 Puntuación asignada por Volatilidad o Pulverulencia	33
Tabla 20 Clases y Puntuación por Procedimiento de Uso.....	33
Tabla 21 Clases y Puntuación por Protección Colectiva	33
Tabla 22 Factores de Corrección en función del VLA	34
Tabla 23 Jerarquización del NRQI	34

Tabla 24 Resultados por Clases	35
Tabla 25 Resultados por Puntuación	40
Tabla 26 Ejemplo ácido sulfúrico	42
Tabla 27 Resultados de Jerarquización del Riesgo	45
Tabla 28 Jerarquización de Control de Riesgos — Eliminación o Sustitución	48
Tabla 29 Jerarquización de Control de Riesgos — EPP	50
Tabla 30 Registro de sustancias y evaluación de exposición	52
Tabla 31 Evaluación de riesgos en puesto de trabajo	55
Tabla 32 Equipos de protección personal y ropa de trabajo	56
Tabla 33 Planificación de capacitaciones en prevención de riesgos laborales, prevención de amenazas naturales y riesgos antrópicos Abril 2025 – Diciembre 2026	58
Tabla 34 Matriz de Evaluación y Mejora Continua de la Seguridad y Salud en el Laboratorio	59

CAPÍTULO 1

1. GENERALIDADES

1.1. Introducción

La (Organización Internacional del trabajo, 2024) (OIT), calcula que más de 1000 millones de trabajadores en todo el mundo están expuestos a sustancias peligrosas durante cada año, en todos los sectores industriales el desarrollo tecnológico avanza continuamente, acompañado de un creciente empleo de sustancias químicas. Estas sustancias han facilitado la identificación de componentes de interés, contribuyendo a la resolución de problemas en múltiples áreas. No obstante, su uso también ha generado impactos adversos en la salud humana, evidenciando la necesidad de un manejo responsable y estrategias de mitigación para reducir sus riesgos.

En laboratorios los casos que se reportan por intoxicación son pocos, sin embargo, los riesgos químicos surgen como consecuencia de las actividades que involucran el uso, manejo, almacenamiento y eliminación de sustancias químicas que implica exponerse a agentes químicos peligrosos. Los espacios de trabajo en condiciones deficientes que impactan directamente en la seguridad del trabajador (INSST, 2019). Los ensayos físico-químicos son una actividad que realizan los laboratoristas, los trabajadores utilizan de instrumentos para manipular sustancias químicas y equipos de precisión en ambientes controlados, durante largas jornadas para sus trabajadores, exponiéndolos a potenciales riesgos principalmente la exposición a sustancias tóxicas, manipulación de reactivos peligrosos. Las actividades diarias demandan altos niveles de concentración y precisión, pueden generar fatiga, estrés y aumento en la probabilidad de accidentes durante el procedimiento.

Según (Organización Internacional del trabajo, 2024), las sustancias químicas pueden encontrarse en formas distintas o transmitirse en distinta manera, como polvos, humos y vapores. La (Organización Mundial de la Salud, 2024), advierte sobre los riesgos asociados a la exposición ocupacional a productos químicos peligrosos, en exposiciones menores y reiteradas pueden desencadenar efectos graves para la salud a largo plazo, mientras que las exposiciones agudas a altas concentraciones suelen ser fatales, en este sentido enfatizan la necesidad de estrategias efectivas de gestión y capacitación para minimizar el impacto sobre los trabajadores.

El presente estudio tiene como finalidad identificar y diagnosticar mediante un análisis cuantitativo de la exposición a sustancias químicas a trabajadores del área de ensayos físico-químicos del personal que labora en los espacios del laboratorio ambiental ubicado la ciudad de Quito en el periodo de 6 meses (mayo 2024 – octubre 2024).

Con el propósito de establecer una cultura de prevención de riesgos se busca determinar el estado actual, evaluando las condiciones de seguridad del entorno laboral donde los trabajadores realizan las actividades de laboratorio y, están expuestos a manipulación y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. Con la información obtenida mediante la metodología cualitativa se espera identificar y clasificar los niveles de riesgo asociados a cada sustancia química. En función de estos resultados, se busca proponer un sistema de seguimiento en el que se pongan en práctica determinadas medidas de control, actividades correctoras y sugerencias de mejora para garantizar la disminución de la exposición a agentes químicos, promoviendo así un lugar de trabajo más seguro y saludable.

1.2. Planteamiento del problema

El laboratorio ambiental se dedica a la realización de análisis físico-químicos que implican la manipulación de una variedad de compuestos peligrosos. Este laboratorio ha estado en funcionamiento durante cuatro años. Durante este periodo, los empleados de esta área han manifestado diversos tipos de fatiga, migrañas y problemas de irritación en las fosas nasales y la piel al concluir sus jornadas laborales. A pesar de estas señales de alerta, las medidas no han sido las adecuadas, la relevancia de implementar medidas preventivas para mitigar los riesgos químicos a los que se exponen los trabajadores no es adecuadamente reconocida, lo cual podría prevenir el deterioro de la salud de los empleados. Por consiguiente, surge la necesidad de abordar este problema debido a la notable amenaza que estos compuestos representan para la salud y seguridad de los trabajadores. Esto requiere una evaluación exhaustiva de los peligros asociados y la implementación de estrategias efectivas para minimizar los riesgos y fomentar un entorno laboral seguro y saludable.

La ausencia de evaluación de los riesgos químicos asociados a las operaciones de laboratorio ambiental, la falta de espacios adecuados para el almacenamiento de sustancias peligrosas y la poca información de conocimiento de seguridad y salud ocupacional por parte de las partes involucradas, resultan en la ausencia de medidas preventivas para este tipo de accidentes laborales, lo que conduce al deterioro de la salud de los trabajadores, generando lesiones en los trabajadores, ausencia laboral y pérdidas económicas, a continuación, en la figura 1.1 se presenta el árbol de problemas.

Por consiguiente, es importante identificar e implementar medidas de control para la prevención de riesgos laborales. Este enfoque busca mitigar la ocurrencia de enfermedades puedan impactar negativamente en la salud y bienestar de los trabajadores.

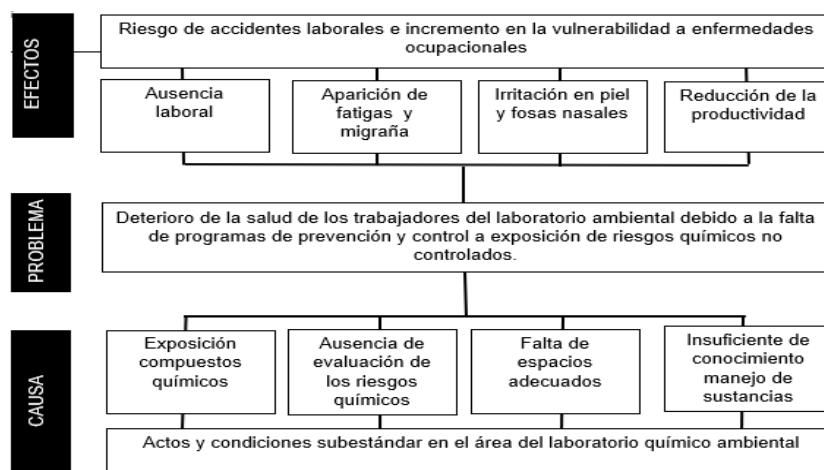


Figura 1.1 Árbol de problemas

Fuente: Autores

1.3. Formulación del problema

En virtud de lo expuesto anteriormente, se plantea la siguiente pregunta:

¿Cómo influyen los riesgos químicos generados por la exposición a productos y reactivos en el área de ensayos físico-químicos de un laboratorio químico ambiental a la salud y seguridad de los trabajadores?

1.4. Objetivos del trabajo de titulación

1.4.1. Objetivo general

Evaluar cualitativamente los riesgos químicos debido a los productos y reactivos a los cuales están expuestos los trabajadores del área de ensayos físico-químicos de un laboratorio químico ambiental, y propuesta de medidas mejoras a las condiciones de trabajo.

1.4.2. Objetivos específicos

- Identificar los compuestos químicos presentes en el área de ensayos del laboratorio químico ambiental, considerando sus cantidades y características fisicoquímicas y toxicológicas.
- Realizar el levantamiento de información de las condiciones en el lugar de trabajo, considerando los factores relacionados con el proceso productivo, la tecnología aplicada, y las medidas preventivas implementadas.
- Determinar la importancia de la cuantificación de compuestos químicos en el laboratorio Ambiental.
- Proponer un sistema de vigilancia que incluya propuestas de mejora a las condiciones laborales.

1.5. Preguntas de investigación

¿Cuál es el diagnóstico del entorno actual en el laboratorio ambiental respecto a la seguridad y salud ocupacional de los trabajadores?

¿De qué manera la ausencia de evaluación de riesgos químicos y la falta de medidas preventivas contribuyen a la aparición de enfermedades ocupacionales en el personal del laboratorio?

¿Cómo influye la falta de espacios adecuados para el almacenamiento de sustancias peligrosas en la ocurrencia de accidentes y enfermedades laborales?

1.6. Justificación del estudio

Las actividades de laboratorio, particularmente en el ámbito físico-químico, revisten una importancia crucial, dado que la determinación y evaluación de posibles contaminantes es

a través de parámetros como el pH, la conductividad, la temperatura, el color y la exposición a sustancias son fundamentales para la vigilancia y el control de la calidad del agua, suelo y aire.

Estas actividades constituyen las labores habituales llevadas a cabo en el laboratorio y, en consecuencia, la evaluación de riesgos asociados a la exposición prolongada a estos agentes resulta de suma relevancia.

La justificación de este estudio radica en la necesidad de abordar los riesgos asociados a la manipulación de compuestos químicos peligrosos en el laboratorio ambiental. Durante los cuatro años de funcionamiento del laboratorio, los trabajadores han manifestado problemas de salud como fatiga, migrañas e irritaciones, lo que evidencia la ausencia de medidas preventivas adecuadas y un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional, así como de la carencia de registros sobre los incidentes laborales generados por las actividades desempeñadas en el contexto de este laboratorio ambiental.

Este proyecto busca resaltar la importancia de identificar y mitigar los riesgos químicos mediante la implementación de estrategias efectivas y sostenibles. Al mejorar las condiciones de seguridad, no solo se protegerá la salud de los trabajadores, sino que también se reducirá la incidencia de ausencias laborales y costos asociados a enfermedades ocupacionales, promoviendo un entorno laboral seguro y productivo.

La investigación contribuye a generar conciencia sobre la relevancia del cumplimiento normativo y la capacitación en seguridad laboral, lo cual resulta fundamental para prevenir accidentes y enfermedades en el sector. En este contexto, se justifica plenamente la necesidad de una intervención integral que combine evaluaciones de riesgos, capacitación continua y mejoras en las condiciones laborales.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

El término riesgo químico es originado por la exposición a sustancias químicas naturales o sintéticas, ya sean elementos individuales o compuestos, que por su naturaleza o concentración pueden ser perjudiciales para los trabajadores (Decreto Ejecutivo No. 255, 2024).

Según este criterio la exposición a riesgos químicos en el lugar de trabajo puede tener consecuencias graves para la salud de los trabajadores, así como para el medio ambiente. En respuesta a estos desafíos, se han establecido normativas y estándares internacionales para garantizar condiciones laborales seguras y saludables, así como para minimizar los riesgos asociados con la manipulación de sustancias químicas peligrosas. Normativas como las establecidas por la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA, 2022) en Estados Unidos, en la Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo (EU-OSHA, 2018) en la Unión Europea y en el Ecuador mediante el reglamento del seguro general de riesgos del trabajo (IESS, 2018) proporcionan directrices claras sobre las medidas de seguridad y prevención en el lugar de trabajo.

Para la seguridad y salud ocupacional en entornos laborales, particularmente en laboratorios químicos, es un área de preocupación creciente tanto para los empleadores como para los organismos reguladores (Organización Mundial de la Salud, 2017). En área de ensayos físico-químicos del laboratorio químico ambiental, se manipulan diferentes sustancias químicas esto tiene un elevado riesgo laboral derivado de la ausencia de una adecuada evaluación de los riesgos inherentes asociados a los productos químicos empleados.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Trabajador

Individuo que desempeña tareas o actividades laborales que se encuentran bajo la supervisión o control de la organización (NTE INEN-ISO 45001, 2018).

2.2.2. Peligro

Es la fuente, condición o acción con el potencial de causar daño a la salud, a las personas, a los bienes materiales o al entorno laboral (NTE INEN-ISO 45001, 2018).

2.2.3. Riesgo

Se entiende como el impacto de la incertidumbre, abarcando tanto efectos potencialmente negativos como positivos (NTE INEN-ISO 45001, 2018).

2.2.4. Agente químico

Es todo elemento o compuesto químico, ya sea individual o en mezcla, que se encuentra en su estado natural o es generado, empleado o liberado durante una actividad laboral, independientemente de si fue fabricado de manera intencional o comercial, un agente químico es peligroso por la forma en que se utiliza y la forma en la que se haya en el ambiente de trabajo (ISTAS, 2022).

La exposición a un agente químico es el contacto del agente y el trabajador, siempre que existe una vía adecuada (tópica, inhalación o digestión) para su penetración en el organismo.

2.2.5. Sustancia química

Una sustancia se define como un elemento químico o un compuesto, ya sea en su estado natural o producido mediante un proceso de fabricación. Durante este proceso, generalmente es necesaria una reacción química para formar la sustancia (Beltrán, 2022). Mientras que una sustancia química peligrosas es todo elemento químico o compuesto que, debido a sus propiedades físico-químicas, puede representar un riesgo significativo para la salud humana, la seguridad laboral o el medio ambiente.

Las sustancias peligrosas se clasifican en distintas categorías, según sus características y los riesgos que representan (CIQE, 2024). Una de las clasificaciones más utilizadas es la establecida por las Naciones Unidas que agrupa estas:

- Clase 1 Explosivos, capaces de causar explosiones bajo ciertas condiciones;
- Clase 2 Gases, incluyen gases inflamables, no inflamables y tóxicos;
- Clase 3 Líquidos inflamables, que emiten vapores inflamables a bajas temperaturas.
- Clase 4 Sólidos inflamables, que pueden encenderse fácilmente.
- Clase 5 Sustancias oxidantes y peróxidos orgánicos, favorecen la combustión o reaccionan de forma violenta con otros materiales.
- Clase 6 Sustancias tóxicas e infecciosas, causar daños graves a la salud.
- Clase 7 Materiales radiactivos, emiten radiación ionizante peligrosa para la salud y el ambiente.
- Clase 8 Sustancias corrosivas, dañan tejidos vivos o materiales.
- Clase 9 Sustancias y objetos peligrosos varios, que representan riesgos significativos.

2.2.6. Etiquetado de productos químicos

Las normas internacionales como el Sistema Globalmente Armonizado (GHS), proporciona criterios estandarizados para clasificar y etiquetar productos químicos (Naciones Unidas, 2023). En este sistema, se incluyen pictogramas, palabras de advertencia, frases de riesgo y consejos de prudencia que deben estar claramente visibles en las etiquetas para garantizar la seguridad de los trabajadores y usuarios.

2.2.7. Transporte del producto químico

Es el traslado apropiado de productos químicos, garantizando que los productos sean transportados de manera controlada y conforme a los estándares nacionales e internacionales. Para asegurar la seguridad durante el manejo, transporte, y distribución de sustancias peligrosas los aspectos clave son la clasificación de los productos químicos, el etiquetado adecuado, el embalaje, la señalización, y la capacitación del personal encargado del transporte (NTE INEN 2266, 2013).

2.2.8. Hoja de seguridad (SDS)

Es un documento que proporciona información detallada sobre las propiedades químicas de una sustancia o mezcla, enfocándose en permitirle al usuario un manejo seguro, almacenamiento, transporte, primeros auxilios y respuesta a emergencias. La importancia principal es garantizar la seguridad de los trabajadores y el medio ambiente durante el uso y manejo de productos químicos peligrosos (NTE INEN-ISO 11014, 2015).

De acuerdo con las normativas internacionales, la hoja de seguridad debe estar estructurada en 16 secciones obligatoriamente:

- Identificación del producto
- Identificación de peligros
- Composición e información sobre los componentes
- Primeros auxilios
- Medidas contra incendios
- Medidas en caso de derrame accidental
- Manejo y almacenamiento
- Controles de exposición y protección personal
- Propiedades físicas y químicas
- Estabilidad y reactividad
- Información toxicológica
- Información ecológica
- Consideraciones sobre la eliminación
- Información sobre transporte
- Información reglamentaria
- Otra información

2.3. Riesgo químico en el laboratorio químico ambiental

La manipulación de sustancias peligrosas y mezclas químicas es un aspecto fundamental de las operaciones de laboratorio. Los laboratorios suelen trabajar con productos químicos que suponen riesgos para la salud humana y el medio ambiente debido a su toxicidad, inflamabilidad o reactividad. Estos riesgos exponen a los trabajadores del laboratorio a posibles peligros para la salud y pueden contribuir a la contaminación ambiental, lo que convierte a los laboratorios en lugares de trabajo de alto riesgo si no se aplican las medidas preventivas adecuadas.

Los riesgos químicos en los laboratorios pueden manifestarse de diversas formas, como la exposición a humos tóxicos, derrames accidentales o reacciones que provoquen incendios

o explosiones. La exposición prolongada a sustancias peligrosas sin la protección adecuada puede provocar problemas de salud crónicos, como problemas respiratorios, trastornos cutáneos o incluso toxicidad sistémica. Además, la gestión inadecuada de los productos químicos puede provocar contaminación ambiental, lo que pone al descubierto la necesidad de contar con protocolos rigurosos de manipulación de residuos (INSST, 2022).

2.3.1. Entorno físico

La infraestructura y el diseño de las instalaciones son componentes clave para garantizar un entorno seguro y saludable. Factores como una ventilación eficiente, una iluminación adecuada y el control de temperaturas extremas contribuyen a crear condiciones óptimas (Elnagar et al., 2024).

2.3.2. Factor humano

La exposición a sustancias químicas tóxicas representa un riesgo significativo que debe ser abordado con rigurosidad. La exposición a gases y vapores, compuestos por sustancias de alta volatilidad, requiere la implementación de controles estrictos para minimizar los riesgos de inhalación y toxicidad (INSST, 2022). Por otro lado, el contacto directo durante la manipulación rutinaria de sustancias químicas en estado sólido, líquido o gaseoso demanda medidas de protección específicas, como el uso adecuado de equipos de protección personal (EPP).

La formación de los trabajadores es esencial para comprender y respetar las normas de seguridad del laboratorio, diseñadas para mitigar riesgos y prevenir accidentes. Aquellas personas involucradas directamente en la manipulación de químicos deben recibir un entrenamiento y capacitación intensiva, garantizando que estén familiarizadas con los procedimientos de manejo seguro, las propiedades de las sustancias químicas y las respuestas ante emergencias.

2.3.3. Manejo de sustancias

En el control de sustancias en un laboratorio intervienen varios factores el conocer los dispositivos, sustancias químicas y fuentes de energía presentes en el laboratorio, para la implementación de protocolos específicos en almacenamiento, manipulación y disposición final de materiales peligrosos, garantizando la seguridad y minimizando riesgos.

Aspectos clave a considerar sobre las sustancias químicas:

- Peligrosidad: Evaluar propiedades como inflamabilidad, toxicidad, explosividad, corrosividad, impacto ambiental, comburencia, irritabilidad, nocividad y el estado físico de la sustancia.
- Volatilidad: Analizar características volátiles y grado de pulverización, que determinan su tendencia a dispersarse.
- Cantidad Manejada: Documentar y controlar el volumen de las sustancias empleadas.

2.4. Descripción del laboratorio químico ambiental

En la provincia de Pichincha existen impactos de diferentes industrias de manufactura, el laboratorio químico ambiental realiza mediante análisis físico-químicos la manipulación de sustancias químicas a través de sus trabajadores, y presta sus servicios a pequeña y medianas empresas.

El laboratorio cuenta con la acreditación del Servicio de Acreditación Ecuatoriano (SAE) de acuerdo con los requerimientos establecidos en la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2018 equivalente a la Norma ISO/IEC 17025:2017, reconocida para evaluar la competencia técnica de los laboratorios de ensayo y calibración.

Ofrece servicios de monitoreo ambiental y laboral en áreas de análisis físico-químicos, microbiológico, ambiente laboral, físico, radiaciones no ionizantes y acústica laboral, en los recursos de agua, suelo, calidad el aire y ruido, que han sufrido cambios, alteraciones o impactos ambientales negativos, producto de las actividades humanas en las diferentes industrias, ver la figura 2.1.



Figura 2.1 Laboratorio químico ambiental

Fuente: Autores

Tiene sus instalaciones en la calle Juan González N35-26 y Juan Pablo Sanz, Edificio Torres Vizcaya, las cuales cuentan con equipos calibrados y con la tecnología más reciente para prestar servicios analíticos, con estándares de controles de calidad que aseguran la exactitud y precisión de los servicios prestados, también cuentan con personal altamente calificado para realizar los ensayos.

El espacio físico del área de análisis físico-químico se divide en diferentes áreas; el área de lavado de metales, área de almacenamiento de muestras, área de incubación, área de análisis con técnica HACH, área de balanza y desecador, área de almacenamiento de gases acetileno- argón, área de absorción atómica, área de análisis, área de metales, área de la estufa, área de la extracción por sorbona y baño. A continuación, se presenta en la figura 2.2.

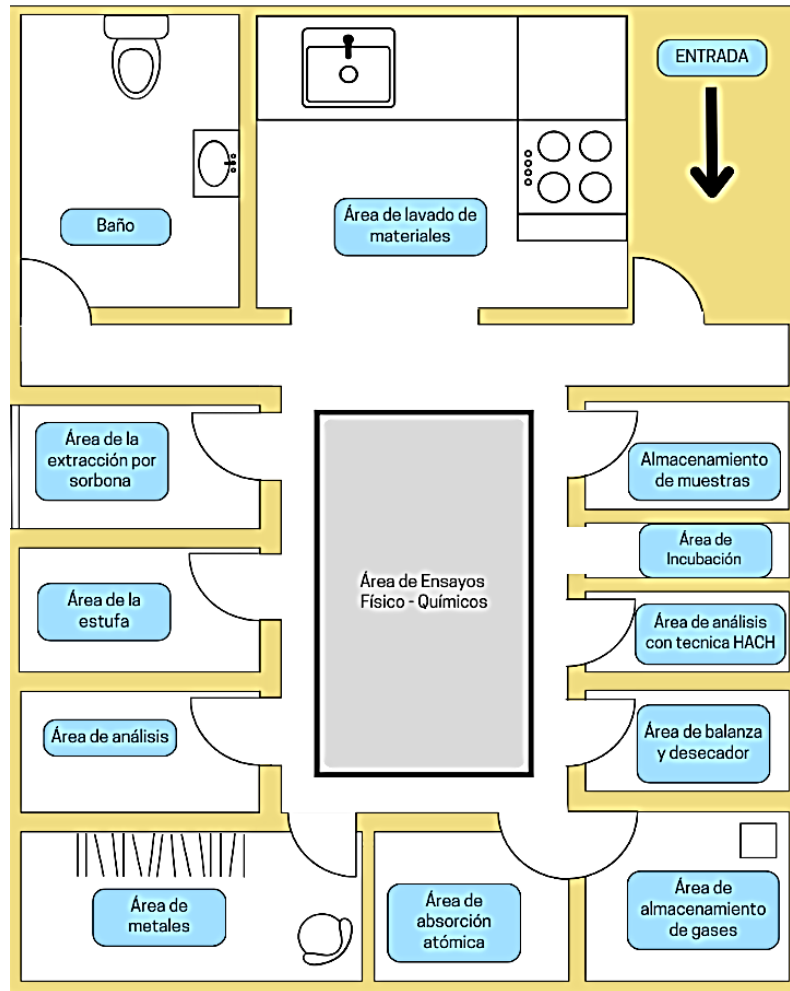


Figura 2.2 Áreas de ensayos físico – químico

Fuente: Autores

La separación de las áreas está bien definida una de otra, en las que se verifican actividades no compatibles para evitar contaminación o afectación en instalaciones, existe un área específicamente para el almacenamiento de gases, almacenamiento de sustancias y lavado de materiales peligrosos.

Todas las áreas del laboratorio tienen un piso de baldosa cerámica y los mesones son de granito y acero inoxidable para algunos mesones, posee divisiones de pared de hormigón armado con instalaciones eléctricas adecuadas que cumplen con los requerimientos de voltaje de cada equipo.

En el laboratorio trabajan 10 empleados, indistintamente son hombres y mujeres con diferentes edades, en jornadas de lunes a viernes que son 5 días de trabajo, y 2 días de descanso en el horario de 8h00 a 17h00. Todos los laboratoristas trabajan al menos un año

y poseen gran experiencia en los análisis que realizan, considerando que la rotación de personal ha sido limitada, este laboratorio cuenta con un plan de manejo ambiental para desechos, no se contempla un sistema de gestión de la seguridad porque no hay registros de accidentes o incidentes recientes en las operaciones del laboratorio.

El laboratorio al prestar servicios a las industrias sus desechos y residuos son variables en función de la cantidad de muestras ingresadas durante el transcurso del mes, especialmente estos corresponden a papel, plástico y vidrio. El papel siendo residuo de la limpieza y secado de área de trabajo, el plástico y vidrio es producto de muestreo de aguas o muestras de tierra. Los residuos líquidos se generan en el área de lavado de materiales, y de las muestras analizadas, los residuos sólidos son la eliminación de muestras de suelo.

El laboratorio se autofinancia de las actividades productivas de sus servicios, garantizando los recursos para el funcionamiento de todas las áreas de trabajo.

2.4.1. Proceso y métodos de análisis del laboratorio químico ambiental

El laboratorio utiliza diversos métodos de análisis para identificar diversas variables en los análisis físico-químicos, en aguas naturales, aguas marinas, descargas líquidas, suelos, lixiviados, sedimentos y lodos. Esto se realiza mediante técnicas como electrometría, espectrofotometría absorción atómica-generación de hidruros, espectrofotometría de absorción atómica de llama, espectrofotometría de absorción atómica, vapor frío, espectrofotometría infrarroja, espectrofotometría ir, espectrofotometría UV-VIS, gravimetría y volumetría, que incluye una amplia gama de solventes, estándares, materiales de referencia y sustancias químicas.

Se establece la solicitud de servicios, y tipo de análisis, se realiza la toma de muestra in situ y se etiqueta, los laboratoristas llevan la cadena de custodia del muestreo, en el laboratorio se establece comprobaciones de identificación única, verificación de envases de acuerdo a la normativa establecida antes de ingresarla al área de análisis, se registra los datos del ensayo hojas de trabajo, una vez obtenido los resultados del análisis por los técnicos, se remite la información a un informe final, que será enviado al cliente. Realizado el ensayo, en función de los resultados y el tipo de análisis se procede a almacenamiento, desecho o evacuación de la muestra realizada.

2.4.2. Ensayos del laboratorio de análisis químico ambiental

El laboratorio químico ambiental de monitoreo ambiental y laboral en áreas de análisis físico-químicos, microbiológico, ambiente laboral, físico, radiaciones no ionizantes y acústica laboral; en el área de análisis físico-químico ofrece servicios de monitoreo y control de agua y suelo, presentes en la tabla 1.

Tabla 1
Ensayos físico-químicos del laboratorio de análisis químico ambiental

Ensayo	Técnica	Método de referencia
Conductividad	Electrometría	Standard Methods 2510 B Ed.24, 2023 ISO 11965, 1994
Oxígeno disuelto	Electrometría	Standard Methods 4500 – O Optical – Probe Method Ed.24, 2023
Potencial de hidrógeno (pH)	Electrometría	Standard Methods 4500 H+ B, Ed.24, 2023. EPA 9045 D, 24, 2004
Temperatura	Electrometría	Standard Methods 2550 B Ed.24, 2023
Arsénico (As), Selenio (Se)	Espectrofotometría Absorción Atómica- Generación de Hidruros	EPA 3050 B:1996 EPA 7062.:1994 EPA 1311, 1992 TOXICITY CHARACTERISTIC LEACHING PROCEDURE Standard Methods 3114 Ed.24, 2023 Standard Methods 3030 F Ed.24, 2023
Antimonio (Sb)	Espectrofotometría Absorción Atómica- Generación de Hidruros	EPA 7062, 1994 EPA 3010A, 1992
Relación de adsorción de sodio (RAS)	Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama	Louisiana Department of Natural Resources, Soluble cation extraction procedure, Rev. 5, 2005. EPA 7000 B, 2007
Estaño (Sn), Molibdeno (Mo), Aluminio (Al), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Litio (Li), Plomo (Pb), Cobalto (Co), Sodio (Na), Manganeseo (Mn), Zinc (Zn), Plata (Ag), Aluminio (Al), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Cromo Total (Cr), Hierro total (Fe), Bario (Ba), Berilio (Be), Potasio (K), Cadmio (Cd), Vanadio (V)	Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama	Standard Methods 3111 D Ed.24, 2023 Standard Methods 3030 E Ed.24, 2023
Cadmio (Cd), Arsénico (As), Cromo Total (Cr), Bario (Ba), Plata (Ag), Plomo (Pb), Plata (Ag), Bario (Ba), Níquel (Ni), Cadmio (Cd)	Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama	EPA 1311, 1992 TOXICITY CHARACTERISTIC LEACHING PROCEDURE EPA 7000 B: 2007
Plomo (Pb), Cadmio (Cd), Calcio (Ca), Cobalto (Co), Vanadio (V), Bario (Ba), Zinc (Zn), Cobre (Cu), Níquel (Ni), Cromo Total (Cr), Molibdeno (Mo), Talio (Tl), Estaño (Sn), Sodio (Na), Magnesio (Mg)	Espectrofotometría de Absorción Atómica de Llama	EPA 3050 B : 1996 EPA 7000 B : 2007
Mercurio (Hg)	Espectrofotometría de absorción atómica, vapor frío	Standard Methods 3112B Ed.24, 2023

		EPA 1311, 1992 TOXICITY CHARACTERISTIC LEACHING PROCEDURE EPA 245.2, 1974 EPA 7471 B: 2007
Aceites y grasas, Hidrocarburos totales de petróleo (TPH)	Espectrofotometría infrarroja	Standard Methods 5520 C Ed. 24, 2023/ ASTM D7066 -2017
Aceites y grasas, Hidrocarburos totales de petróleo (TPH)	Espectrofotometría IR	ASTMD7066-2017 EPA 3550C, 2007
Boro	Espectrofotometría UV-VIS	HACH 8015, Ed. 08, 2014 Norma Técnica Colombiana NTC 5404-2006
Cianuro total	Espectrofotometría UV-VIS	HACH 8027, Ed. 9, Ed. 14 2014 Standard Methods 4500-CN-C Ed. 24, 2023
Cloro libre residual	Espectrofotometría UV-VIS	HACH 8021, Ed. 09 , 20194
Cloro residual total	Espectrofotometría UV-VIS	HACH 8167, Ed. 10 , 2018
Cloruros	Espectrofotometría UV-VIS	HACH 8113, Ed. 11 , 2003
Color	Espectrofotometría UV-VIS	Standard Methods 2120 C Ed.24, 2023. HACH 8025, Ed. 10 , 2014
Color Real, Color aparente	Espectrofotometría UV-VIS	HACH 8025
Cromo hexavalente	Espectrofotometría UV-VIS	HACH 8023, Ed. 10 , 2019 EPA 3060 A,1996 / EPA 7196 A, 1992
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Espectrofotometría UV-VIS	Standard Methods 5220 D Ed.24, 2023. HACH 8000
Fenoles Totales,	Espectrofotometría UV-VIS	HACH 8047, Ed. 08 , 2014
Fluoruros	Espectrofotometría UV-VIS	HACH 10225, Ed. 09, 2014
Fósforo total	Espectrofotometría UV-VIS	HACH 8190, Ed. 10, 2017
Nitratos (NO ₃ -), Nitratos	Espectrofotometría UV-VIS	HACH 8039, Ed. 10, 2019
Nitritos	Espectrofotometría UV-VIS	HACH 8507, Ed. 11, 2019
Nitrógeno total	Espectrofotometría UV-VIS	HACH 10072, Ed. 11, 2015
Nitrógeno amoniacal	Espectrofotometría UV-VIS	HACH 8155, Ed. 10, 2015
Sulfatos	Espectrofotometría UV-VIS	HACH 8051, Ed. 11, 2019 Standard Methods 4500 SO ₄ -2 C Ed.24, 2023
Sulfuros, Sulfuro de Hidrógeno	Espectrofotometría UV-VIS	HACH 8131, Ed. 11, 2018
Sustancias activas al azul de metileno (SAAM)	Espectrofotometría UV-VIS	Standard Methods 5540 C Ed.24, 2023
Aceites y grasas	Gravimetría	Standard Methods 5520 B Ed.24, 2023

Humedad	Gravimetría	NORMA MEXICANA NMX- AA-16-1984
Sólidos disueltos totales, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales	Gravimetría	Standard Methods 2540 Ed.24, 2023
Carbono orgánico total (TOC)	Volumetría	Walkley & Black 1934
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO5)	Volumetría	Standard Methods 5210 B Ed.24, 2023
Dureza cálcica	Volumetría	Standard Methods 3500 – Ca B Ed.24, 2023
Dureza Magnésica	Volumetría	Standard Methods 3500 –Mg Ed. 24
Dureza total, Sólidos sedimentables	Volumetría	Standard Methods 2340 C Ed.24, 2023
Materia Orgánica	Volumetría	Walkley & Black 1934
Nitrógeno Total Kjeldahl,	Volumetría	Standard Methods 24 ed., 2023,4500 -Norg y 4500 NH3 C.
Nitrógeno amoniacal	Volumetría	Standard Methods Ed. 24., 2023,4500 NH3 B. C.

Fuente: Autores

2.5. Evaluación higiénica

En el ámbito de la salud ocupacional, la evaluación higiénica es una herramienta esencial para salvaguardar la salud de los trabajadores. Este proceso implica una identificación sistemática de los agentes peligrosos que pueden estar presentes en el entorno laboral, incluyendo agentes químicos, físicos y biológicos. La evaluación se lleva a cabo mediante la observación directa, la recolección de datos tanto cualitativos como cuantitativos, y el análisis de la exposición de los trabajadores a estos agentes.

Para llevar a cabo una evaluación higiénica efectiva, es fundamental establecer medidas preventivas y de control que mitiguen los riesgos identificados. Este enfoque no solo busca proteger la salud de los empleados, sino que también asegura el cumplimiento de las normativas y estándares de seguridad establecidos en el ámbito laboral. La evaluación se basa en la comparación del ambiente laboral observado con criterios previamente definidos, lo que permite concluir sobre la necesidad de intervenir para evitar daños a la salud. La intervención para modificar el ambiente se considera un elemento clave en la higiene industrial, ya que busca eliminar o reducir los riesgos asociados a la exposición a contaminantes (INSST, 2008).

La evaluación higiénica cualitativa permite valorar la exposición de los trabajadores a riesgos potenciales y proporciona las herramientas necesarias para diseñar o establecer la eficiencia de los controles. Este proceso, que incluye una cierta complejidad, involucra varios pasos clave: primero, se identifica el peligro potencial o la sustancia química involucrada; luego, se caracteriza el lugar de trabajo y se definen las estrategias de muestreo, así como la toma de muestras. A continuación, se evalúa la relación dosis-efecto, el grado de exposición y la magnitud del impacto que esta exposición puede tener en las personas, lo que permite realizar comparaciones con criterios de valoración establecidos.

2.5.1. Límites de Exposición Profesional

Los límites de exposición laboral, conocidos como Valores Límite Ambientales (VLA), son parámetros utilizados para regular las concentraciones de agentes químicos en el aire de los lugares de trabajo. Estos valores sirven como referencia para determinar la cantidad de exposición a la que los trabajadores pueden estar sujetos de manera continua, durante su jornada laboral, sin que esto cause efectos negativos en su salud. Según la normativa actual, se establece que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos, día tras día, a estas concentraciones de agentes químicos durante toda su vida laboral, sin que ello implique un riesgo para su bienestar.

El Valor Límite Ambiental para la Exposición Diaria (VLA-ED) es el valor más comúnmente utilizado y está relacionado con las condiciones en las que los trabajadores pueden estar expuestos a ciertos agentes químicos durante 8 horas al día y 40 horas a la semana, sin que esto les cause daño.

Por otro lado, existe el Valor Límite Ambiental para la Exposición de Corta Duración (VLA-EC), que hace referencia a la concentración media de un agente químico en el aire durante un período breve de 15 minutos. Este límite se aplica a todos los agentes, a menos que se especifique un período de referencia diferente para ciertos productos químicos. Estos valores son esenciales para proteger la salud de los trabajadores y garantizar que se cumpla con los estándares de seguridad en los ambientes laborales (INSST, 2024a).

2.5.2. Evaluación higiénica cualitativa

Es un proceso que se utiliza para identificar, evaluar y gestionar los riesgos laborales que pueden afectar la salud de los trabajadores. Estos riesgos pueden surgir de la exposición a agentes químicos, físicos, biológicos o ergonómicos. A diferencia de las evaluaciones cuantitativas, que se centran en medir con precisión la concentración de estos agentes de riesgo, la evaluación cualitativa se basa en la observación y el análisis de las condiciones laborales y los métodos de trabajo para detectar posibles peligros sin necesidad de realizar mediciones exactas.

Este tipo de evaluación se lleva a cabo principalmente a través de entrevistas, encuestas y el examen de los procedimientos y equipos utilizados en el trabajo. El objetivo es identificar patrones, comportamientos y prácticas que podrían dar lugar a exposiciones peligrosas. Es especialmente útil en entornos laborales donde los agentes de riesgo son difíciles de medir o cuando se necesita un enfoque inicial antes de realizar una evaluación cuantitativa más exhaustiva (Société Générale de Surveillance, 2023). La evaluación higiénica cualitativa es crucial para desarrollar estrategias efectivas de control y prevención de riesgos, así como para garantizar que las condiciones laborales sean seguras para todos los empleados.

2.5.3. Método del Instituto Nacional de Investigación y Seguridad de Francia (INRS)

El método del INRS (Instituto Nacional de Investigación y Seguridad de Francia) es una herramienta ampliamente utilizada para la identificación y evaluación de riesgos laborales

en diversos entornos de trabajo. Este enfoque se centra en la prevención y control de los riesgos relacionados con la seguridad, la salud y el bienestar de los trabajadores.

El método del INRS se basa en un análisis estructurado que permite detectar peligros y evaluar los riesgos asociados a distintas actividades laborales. Su propósito principal es ayudar a las organizaciones a implementar medidas correctivas y preventivas efectivas, reduciendo así el impacto de los riesgos en la salud de los empleados.

El método utiliza clases de peligro, que se dividen en 5 clases diferentes de indicadores de peligro H y frases de riesgo R, referidas como concentraciones de exposición y control, en la NTP 1080 describe las clases de peligro para controlar la exposición por inhalación acorde a lo establecido en las tablas 2,3,4,5 y 6.

Tabla 2
Clase de Peligro 1

Indicaciones de Peligro H	Frases R
Tiene indicaciones de peligro H, pero no tiene ninguna de las siguientes	Tiene frases R, pero no tiene ninguna de las siguientes

Fuente: Autores

Tabla 3
Clase de Peligro 2

Indicaciones de Peligro H	Frases R
H315 Irrita la piel	R36 Irrita los ojos
H319 Causa irritación ocular grave	R37 Irrita las vías respiratorias
H335 Puede irritar las vías respiratorias	R38 Irrita la piel
H336 Puede provocar somnolencia o vértigo	R36/37 Irrita los ojos y las vías respiratorias
EUH066 La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel	R36/38 Irrita los ojos y la piel
	R36/37/38 Irritación en los ojos, la piel y el sistema respiratorio.
	R37/38 Irrita las vías respiratorias y la piel
	R66 La exposición repetida puede causar sequedad o grietas en piel
	R67 La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo

Fuente: Autores

Tabla 4
Clase de Peligro 3

Indicaciones de Peligro H		Frases R	
H302	Nocivo en caso de ingestión	R20	Nocivo por inhalación
H304	Mortal si se ingiere o penetra en vías respiratorias.	R21	Nocivo en contacto con la piel
H312	Nocivo en contacto con la piel	R22	Nocivo por ingestión
H314	Provoca quemaduras graves en piel y lesiones oculares	R34	Provoca quemaduras
H332	Nocivo en caso de inhalación	R48	Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada
H361	Se sospecha que daña al feto	R62	Riesgo de perjudicar la fertilidad
H362	Puede perjudicar a los niños en lactancia	R63/64	Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto
H371	Puede provocar daños a órganos	R65	Nocivo: si se ingiere puede causar daño pulmonar
H373		R68	Posible riesgo de efectos irreversibles
EUH071	Corrosivo para las vías respiratorias		

Fuente: Autores

Tabla 5
Clase de Peligro 4

Indicaciones de Peligro H		Frases R	
H301	Tóxico en caso de ingestión	R23	Tóxico por inhalación
H311	Tóxico en contacto con la piel	R24	Tóxico en contacto con la piel
H314	Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves, categoría 1A	R25	Tóxico por ingestión
H317	Puede provocar una reacción alérgica en la piel	R35	Provoca quemaduras graves
H318	Causa lesiones oculares graves	R39	Peligro de efectos irreversibles muy graves
H331	Tóxico en caso de inhalación	R40	Posibilidad de efectos cancerígenos
H334	Puede provocar síntomas de alergia o asma o dificultades respiratorias en caso de inhalación	R41	Riesgo de lesiones oculares graves
H340	Puede provocar daños genéticos	R42	Posibilidad de sensibilización por inhalación
H350	Puede provocar cáncer	R43	Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel
H351		R45	Puede causar cáncer

Fuente: Autores

Tabla 6
Clase de Peligro 5

Indicaciones de Peligro H		Frases R	
H300	Mortal en caso de ingestión	R26	Muy tóxico por inhalación
H310	Mortal en contacto con la piel	R27	Muy tóxico en contacto con la piel
H330	Mortal en caso de inhalación	R28	Muy tóxico por ingestión
H340	Puede provocar daños genéticos	R39/26	Peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación
H350i	Puede provocar cáncer por inhalación	R39/27	Peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel
EUH032	En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos	R39/28	Peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión
EUH070	Tóxico en contacto con los ojos	R45	Puede causar cáncer
		R46	Puede causar alteraciones genéticas hereditarias
		R49	Puede causar cáncer por inhalación

Fuente: Autores

2.5.4. Medidas de prevención del riesgo químico

La prevención de riesgos químicos en el lugar de trabajo es esencial para proteger la salud y seguridad de los trabajadores, lo cual requiere un enfoque integral que abarque medidas jerárquicas como la sustitución de sustancias peligrosas por alternativas menos nocivas, la implementación de controles de ingeniería como sistemas de ventilación y cabinas de extracción, el establecimiento de controles administrativos mediante capacitación, rotación de tareas y etiquetado adecuado, el uso de EPP como guantes y respiradores, y la evaluación continua del entorno laboral con análisis cualitativos y cuantitativos para identificar nuevos riesgos; además, es fundamental garantizar el almacenamiento seguro de sustancias químicas en áreas designadas y diseñar planes de emergencia eficaces con procedimientos para responder a incidentes, incluyendo duchas y lavaojos de emergencia, medidas que en conjunto no solo minimizan los riesgos químicos, sino que también promueven un ambiente laboral más seguro y saludable.

2.6. Marco legal

La normativa aplicable en este trabajo se encuentra en la siguiente tabla 7.

Tabla 7
Normativa

Normativa	Descripción
NTE INEN-ISO 45001:2018	Se especifica el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, su objetivo es proporcionar lugares de trabajo seguros.
NTE INEN-ISO 11014:2015	Norma para el formato, las secciones y el contenido de manera general de la hoja de datos de seguridad para productos químicos
Decreto Ejecutivo 255 (2024)	Reglamento ecuatoriano que promueve una cultura de prevención en seguridad y salud en el trabajo,

	estableciendo las bases para la gestión de riesgos laborales en Ecuador.
NTE INEN 2266:2013	Norma técnica ecuatoriana que regula el transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos.
NTE INEN-ISO/IEC 17025	Norma internacional que establece los requisitos para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, aplicable a la seguridad en el trabajo cuando se manejan sustancias peligrosas.
Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria (Capítulo VII Gestión de sustancias químicas peligrosas)	Establece directrices para el manejo de sustancias químicas peligrosas en las actividades laborales y sus riesgos asociados.
Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo (Resolución No. C.D.513)	Reglamento que regula el seguro de riesgos laborales en Ecuador, estableciendo las obligaciones de los empleadores para garantizar la protección de los trabajadores frente a accidentes y enfermedades laborales.
Decisión 584 - Instrumento Andino	Instrumento que regula la gestión de productos y sustancias peligrosas dentro de la Comunidad Andina, promoviendo la seguridad y salud laboral.
Código de Trabajo del Ecuador (Título IV: Riesgos del Trabajo)	Establece las disposiciones para la prevención de riesgos laborales en Ecuador, detallando las responsabilidades de empleadores y trabajadores.
Guías técnicas y documentación del INSHT	Guías elaboradas por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo para la gestión de la seguridad laboral, enfocadas en la protección de los trabajadores en diversos sectores.

Fuente: Autores

CAPÍTULO 3

3. METODOLOGÍA

La investigación, según su alcance, es descriptiva y se realizó mediante una evaluación cualitativa de riesgos químicos a los cuales están expuestos los trabajadores del área de ensayos físico – químicos de un laboratorio químico ambiental, durante un periodo de 6 meses (mayo 2024 – octubre 2024). El proceso consiste en 4 etapas donde se realizó el procesamiento de la información, identificación, valoración y jerarquización del riesgo químico por inhalación de los productos químicos utilizando la metodología propuesta por el INRS.

3.1. Procesamiento de la Información

El laboratorio químico ambiental se especializa en el análisis de contaminantes ambientales mediante ensayos físico – químicos, se identificó que el área de análisis cuenta con 10 trabajadores, los cuales se desempeñan como analistas de laboratorio. Se realizó el levantamiento de información mediante entrevistas, observaciones in situ, listas de chequeo y revisión documental para identificar los productos químicos que puedan representar un riesgo para la seguridad y salud de los trabajadores (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2017).

Para la evaluación del RQI, se realizó el procesamiento de información de inventario para identificar los productos químicos utilizados en el área de ensayos físico - químicos del laboratorio, se identificaron 40 productos químicos que se presentan a continuación en la tabla 8.

Tabla 8 Listado de Productos Químicos Inventariados

Nro.	Producto Químico
1	Ácido Sulfúrico
2	Hidróxido de Sodio
3	Sulfato de Sodio
4	Cloruro de Calcio
5	Dicromato de Potasio
6	Carbonato de Sodio
7	Ácido Clorhídrico
8	Hexano
9	Acetona

10	Hidróxido de Amonio
11	Ácido Acético
12	Alcohol Isopropílico
13	Bicarbonato de Sodio
14	Ácido Nítrico
15	Cloroformo
16	Acetileno
17	Di Sodio Hidrogeno Fosfato Di hidrato
18	Sulfato de Potasio
19	Tiosulfato de Sodio
20	Urea
21	L – cisteína
22	Cloruro de Amonio
23	Cloruro de Sodio
24	Ácido Barbitúrico
25	Fosfato de Potasio Dibásico Anhidro
26	Acetato de Sodio Trihidratado
27	Peróxido de Hidrogeno
28	Borohidruro de Sodio
29	Acetato de Amonio
30	Yoduro de Potasio
31	Fenolftaleína
32	Ácido fosfórico
33	Óxido Nitroso

34	Carbonato de Calcio
35	Acetato de Zinc
36	Nitrato de Amonio
37	Cloruro de Cesio
38	Cloruro de Potasio
39	Sulfato de Zinc
40	Naranja de Metilo

Fuente: Autores

3.2. Identificación

Para la identificación de exposición a productos químicos se analizó los diferentes ensayos realizados en el área de análisis físico – químico, donde se identificó variables como:

- **Tipo de ensayo:** se recopiló información sobre los diferentes tipos de ensayos y productos químicos que emplean los analistas para realizar los análisis físico – químicos.
- **Etapas del proceso:** por observación y mediante entrevistas se consultó a los analistas cuales son los productos químicos utilizados y su percepción respecto a la exposición en las diferentes etapas del ensayo.
- **Trazabilidad:** se identificó cual es la cadena de trazabilidad que atraviesan los productos químicos desde su adquisición hasta la disposición final, presentes en la tabla 9.

Tabla 9
Identificación de variables de exposición de riesgo

Tipo de Ensayo	Etapas del Proceso	Trazabilidad
• Aceites y grasas • Tensoactivos • Fenoles • Nitratos • Cianuros • Nitrógeno Kjeldahl • TPH • Metales • Dureza Total • DBO • Sulfuros, boro y azufre en Suelos • Aceites y Grasas • Material Particulado	• Preparación de la muestra • Ensayo • Almacenamiento de desecho	• Compra • Almacenamiento • Uso del Producto • Gestión de Desechos

• Carbono Orgánico Total • Materia Orgánica en Suelos • Nitrógeno Amoniacal • Entre otros		
--	--	--

Fuente: Autores

Para complementar la información obtenida previamente, se realizó inspecciones in situ para conocer cuáles son las condiciones de almacenamiento (etiquetado, estanterías, recipientes utilizados), compatibilidad de productos químicos, medidas de seguridad implementadas (señalización, ventilación, iluminación), dispositivos de emergencia (extintores, kits antiderrames), aplicación de listas de chequeo, entrevistas (analistas, encargado de seguridad), revisión de hojas de seguridad (identificación de peligros H complementada con la guía de límites de exposición profesional para agentes químicos), EPP, capacitaciones, frecuencia y cantidad de los productos químicos utilizados en los ensayos físico – químicos.

A continuación, en la tabla 10, se presenta la tabulación de la información levantada de los productos químicos en relación con el tipo de ensayo, indicaciones de peligro H, cantidad y frecuencia de uso.

Tabla 10
Productos químicos identificados área de ensayos físico – químicos

Nro.	Ensayo	Producto Químico	Indicaciones de Peligro R	Indicaciones de Peligro H	Valores Límite				Cantidad (litros/año kg/año)	Cantidad (ml/día g/día)	Frecuencia de Uso
					VLA-ED		VLA-EC				
					ppm	mg/m³	ppm	mg/m³			
1	Tensoactivos, Cianuros, DBO, Nitrógeno Kjeldahl, Nitrógeno Amoniacal, TPH, Aceites y Grasas, Infrarrojo, Alcalinidad, Carbono Orgánico Total y Materia Orgánica en Suelos	Ácido Sulfúrico		H290-H304-H314-H318		0,05			50	50	Diario
2	Nitrógeno Kjeldahl, Cianuro, DBO	Hidróxido de Sodio		H314-H290-H318				2	10	40	Diario
3	TPH, Aceites y grasas	Sulfato de Sodio							4	11	Diario
4	Boro y Azufre en suelo	Cloruro de Calcio		H319					2,5	45	Una vez por semana
5	Carbón orgánico total y materia orgánica en suelo	Dicromato de Potasio		H272-H301-H312-H314-H317-H330-H334-H335-H340-H350-H360fd-H372		0,01			15	72	Una vez a la semana
6	Extracción de metales por Holsen	Carbonato de Sodio		H319		10			2	50	Tres veces a la semana
7	Metales, Sulfuro en Suelos	Ácido Clorhídrico		H290-H314-H318-H335	5	7,6	10	15	20	83,3	Diario
8	Aceites y Grasas	Hexano		H225-361f-H304-H373-H315-H336-H411	20	72			35	90	Diario
9	Material particulado	Acetona		H225-H319-H336	500	1,21			25	80	Diario
10	DBO	Hidróxido de Amonio		H302-H314-H318-H335					2,5	48	Una vez por semana
11	Boro en suelo	Ácido Acético		H226-H290-H314-H318	10	25	20	50	3	11,4	Diario

12	Nitrógeno Kjeldahl	Alcohol Isopropílico		H225-H319-H336	200	500	400	1000	4	300	Mensual
13	Extracción de metales por Holsen	Bicarbonato de Sodio		H332					5	20	Una vez por semana
14	Metales	Ácido Nítrico		H272-H290-H314-H318-H331			1	2,6	40	10	Diario
15	Tensoactivos	Cloroformo		H351-H361d-H331-H302-H372-H319-H315	2	10			45	40	Diario
16	Metales	Acetileno		H220-H280-H336					40	100	Diario
17	DBO	Di Sodio Hidrogeno Fosfato Dihidrato							1	83	Mensual
18	Nitrógeno Kjeldahl	Sulfato de Potasio							2	134	Mensual
19	DBO	Tiosulfato de Sodio							1	80	Mensual
20	Metales	Urea							1	5	Diario
21	Metales	L - cisteína		H302		10			1	1	Diario
22	DBO y dureza total	Cloruro de Amonio		H302-H319		10		20	1	100	Mensual
23	Sólidos disueltos	Cloruro de Sodio		H303-H319					1	20	Una vez a la semana
24	Cianuro	Ácido Barbitúrico							0,5	40	Mensual
25	DBO	Fosfato de Potasio Dibásico Anhidro		H316					0,5	40	Mensual
26	Cianuro	Acetato de Sodio Trihidratado							1	1000	Anual
27	Tensoactivos	Peróxido de Hidrogeno			1	1,4			12	3	Diario
28	Metales	Borohidruro de Sodio		H260-H301-H314-H318-H360fd					5	20,4	Diario

29	Cianuro	Acetato de Amonio							1	1000	Anual
30	DBO	Yoduro de Potasio		H372					1	80	Mensual
31	Alcalinidad	Fenoltaleína		H341-H350-H361f					1	2	Diario
32	Fenoles	Ácido Fosfórico		H290-H314-H318		1		2	2,5	10	Dos veces a la semana
33	Metales	Óxido Nitroso		H270-H280-H336					40	100	Diario
34	Alcalinidad y Dureza cálcica	Carbonato de Calcio							1	70	Mensual
35	Cianuro	Acetato de Zinc		H302-H318-H411					2,5	10	Dos veces a la semana
36	Nitratos	Nitrato de Amonio	R36-R37-R38-R8-R9	H272-H319							Ya no se usa
37	Metales	Cloruro de Cesio		H361fd		10			0,5	5	Tres veces a la semana
38	Metales	Cloruro de Potasio		H303-H320					1	5	Tres veces a la semana
39	Sulfuros	Sulfato de Zinc		H302-H318-H400-H140-H412		0,2			0,5	40	Una vez a la semana
40	Fenoles	Naranja de Metilo		H301					1	2	Diario

Fuente: Autores

3.3. Valoración

Para la valoración del nivel de riesgo químico por inhalación (NRQI) se tomaron en cuenta variables como: peligro, frecuencia de exposición, cantidad utilizada, riesgo potencial, volatilidad, procedimiento de uso, equipo de protección colectiva y los valores límites ambientales (VLA) (Villalobos et al., 2021). A continuación, se presenta la figura 3.1.

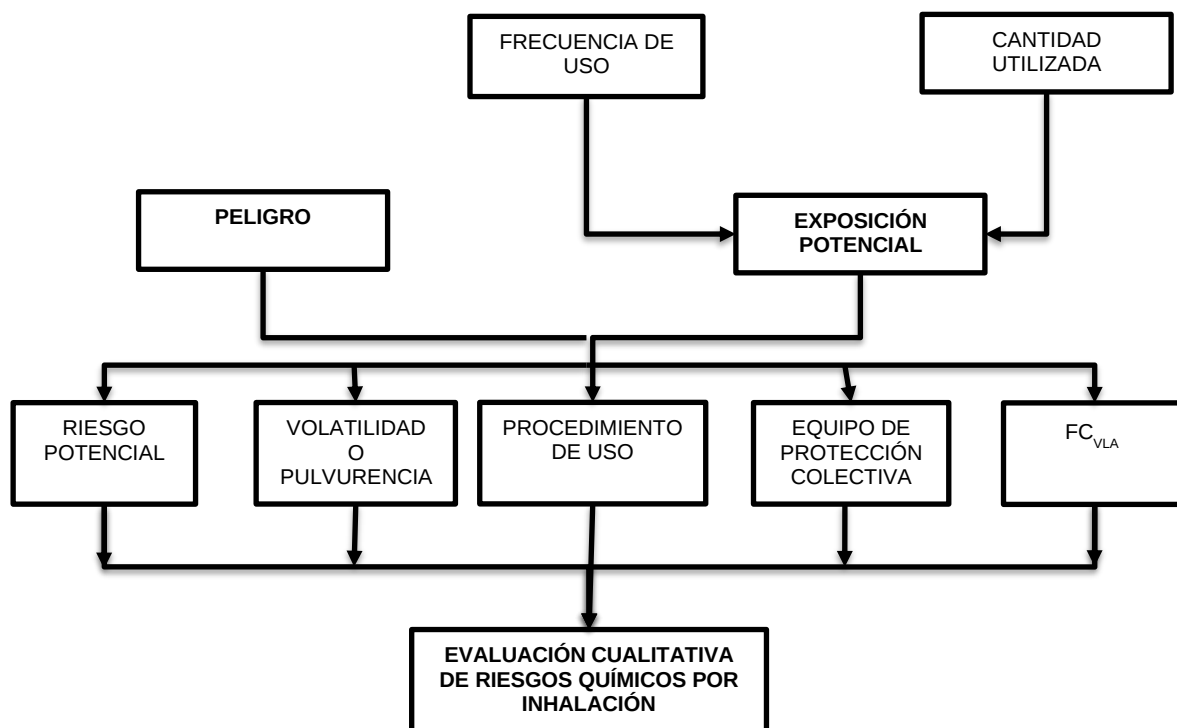


Figura 3.1 Esquema de Evaluación Cualitativa de Riesgos Químicos INRS

Fuente: (Encarnación et al., 2012a)

A continuación, se describe como se realizó la valoración de cada una de las variables:

3.3.1. Riesgo Potencial

Para la evaluación cualitativa del riesgo químico, se asignó una puntuación a cada una de las variables de peligro correspondiente a cada producto químico y se aplicó un factor de corrección en función del VLA. Además, acorde a lo establecido por la metodología simplificada del INRS para el riesgo potencial se tomó en cuenta a la cantidad y frecuencia de uso.

- **Clase de Peligro**

La valoración de esta variable se realizó de acuerdo con los criterios establecidos en la tabla 11, para asignar la clase de peligro del producto químico se utilizó la información de

identificación de los peligros proporcionada de las hojas de seguridad y complementada con la guía de límites de exposición profesional para agentes químicos (INSST, 2024).

En el caso de los productos químicos no tienen definidas frases R o H, se realizó a partir de los VLA y en el caso de no tener ninguna de las dos variables, se le asignó la puntuación de peligro más baja, siendo 1 el valor más bajo (Encarnación et al., 2012).

Es importante mencionar que las frases R fueron utilizadas anteriormente en las hojas de seguridad hasta el 2009 y fueron reemplazadas por las frases H como cambio implementado por el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (Reglamento (CE) 1272/2008 Del Parlamento Europeo y Del Consejo, 2008). Es por ello que para la determinación de cada clase de riesgo potencial se utilizó las frases H de cada una de las sustancias químicas. A continuación, se presenta la siguiente tabla 11.

Tabla 11
Clases de Peligro

Clase de peligro	Frases R	Frases H	VLA mg/m3	Materiales y procesos
1	Tiene frases R, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación.	Tiene frases H, pero no tiene ninguna de las que aparecen a continuación.	> 100	
2	R36, R37, R38 R36/37, R36/38, R36/37/38 R37/38 R66, R67	H315, H319 H335 H336 EUH066	> 10 ≤ 100	Hierro / Cereal y derivados / Grafito Material de construcción / Talco Cemento / Composites Madera de combustión tratada Soldadura Metales- Plásticos Material vegetal- animal
3	R20, R21, R22 R20/21, R20/22, R20/21/22 R21/22 R33, R34 R48/20, R48/21, R48/22 R48/20/21, R48/20/22 R48/21/22, R48/20/21/22 R62, R63, R64, R65 R68/20, R68/21, R68/22 R68/20/21, R68/20/22 R68/21/22, R68/20/21/22	H302, H304 H312 H314 (Corr. Ct. 1B y 1C) H332 H361, H361d, H361f, H361fd H362 H371 H373 EUH071	> 1 ≤ 10	Soldadura inoxidable Fibras cerámicas- vegetales Pinturas de plomo Muelas Arenas Aceites de corte y refrigerantes
4	R15/29 R23, R24, R25 R23/24, R23/25, R23/24/25, R24/25 R29, R31 R35	H301, H311 H314 (Corr. Ct. 1A) H317, H318 H331, H334 H341, H351	> 0,1 ≤ 1	Maderas blandas y derivados Plomo metálico Fundición y afinaje de plomo

	R39/23, R39/24, R39/25 R39/23/24, R39/23/25 R39/24/25, R39/23/24/25 R40, R41, R42, R43 R42/43 R48/23, R48/24, R48/25 R48/23/24, R48/23/25 R48/24/25, R48/23/24/25 R60, R61, R68	H360, H360F, H360FD, H360D, H360Df, H360Fd H370, H372 EUH031		
5	R26, R27, R28 R26/27, R26/28, R26/27/28 R27/28 R32, R39 R39/26, R39/27, R39/28 R39/26/27, R39/26/28 R39/26/27/28 R45, R46, R49	H300, H310 H330 H340 H350, H350i EUH032 EUH070	≤ 0.1	Amianto y materiales que lo contienen Betunes y breas Gasolina (carburante) Vulcanización Maderas duras y derivados
(1) Cuando se trate de materia particulada, este valor se divide entre 10. (2) Posee legislación específica y requiere de evaluación cuantitativa obligatoria por ser cancerígeno. (3) Se refiere únicamente al trabajo en contacto directo con este agente. (4) Se refiere a polvo de maderas considerado como cancerígeno.				

Fuente: (Encarnación et al., 2012a)

• Clase de Cantidad

Se realizó en función de la cantidad de producto químico utilizado en cada ensayo físico – químicos, la información se obtuvo de los procedimientos de validación de los métodos de análisis y de las entrevistas realizadas a los analistas (Encarnación et al., 2012). El valor de la clase de cantidad se asignó mediante la tabla 12.

Tabla 12
Clases de Cantidad

Clase de Cantidad	Cantidad/día
1	< 100 g o ml
2	≥ 100 g o ml y < 10 Kg o L
3	≥ 10 y < 100 Kg o L
4	≥ 100 y < 1000 Kg o L
5	≥ 1000 Kg o L

Fuente: (Encarnación et al., 2012a)

• Clase de Frecuencia

La información se recopiló mediante las entrevistas realizadas a los analistas, el valor de esta variable se asignó en función de la frecuencia de uso de los productos químicos acorde a lo establecido en la tabla 13 (Encarnación et al., 2012b).

Tabla 13
Clases de Frecuencia

Utilización	Ocasional	Intermitente	Frecuente	Permanente
Día	≤ 30'	> 30 - ≤ 120'	> 2 - ≤ 6 h	> 6 horas
Semana	≤ 2 h	> 2-8 h	1-3 días	> 3 días
Mes	1 día	2-6 días	7-15 días	> 15 días
Año	≤ 15 días	> 15 días - ≤ 2 meses	> 2 - ≤ 5 meses	> 5 meses
Clase	1	2	3	4
	0: El agente químico no se usa hace al menos un año.			
	El agente químico no se usa más.			

Fuente: (Encarnación et al., 2012a)

- Clase de Exposición Potencial**

La asignación del valor de la clase de exposición potencial se realizó a partir de la combinación de los resultados obtenidos de las clases de cantidad y frecuencia, se utilizó la tabla 14 (Encarnación et al., 2012).

Tabla 14
Clases de Exposición Potencial

Clase de Cantidad						
5	0	4	5	5	5	
4	0	3	4	4	5	
3	0	3	3	3	4	
2	0	2	2	2	2	
1	0	1	1	1	1	
	0	1	2	3	4	Clase de Frecuencia

Fuente: (Encarnación et al., 2012a)

- Clase y puntuación del Riesgo Potencial**

Finalmente se definió el valor del riesgo potencial, a partir de los resultados obtenidos de las clases de peligro (tabla 11) y clases de exposición potencial (tabla 14). Dado por la combinación de estas dos variables acorde a la tabla 15 (Encarnación et al., 2012b).

Tabla 15
Clases de Riesgo Potencial

Clase de Exposición Potencial						
5	0	4	5	5	5	
4	0	3	4	4	5	
3	0	3	3	3	4	
2	0	2	2	2	2	
1	0	1	1	1	1	
	0	1	2	3	4	Clase de Peligro

Fuente: (Encarnación et al., 2012a)

Una vez obtenido el resultado del riesgo potencial se asigna la puntuación en base a los criterios dados en la tabla 16, siendo la clase 5 el de mayor riesgo potencial (Encarnación et al., 2012b).

Tabla 16
Puntuación de Clases de Riesgo

Clase de Riesgo Potencial	Puntuación de Riesgo Potencial
5	10000
4	1000
3	100
2	10
1	1

Fuente: (Encarnación et al., 2012a)

3.3.2. Clase y Puntuación por Volatilidad/Pulverulencia de Sustancias

Para la determinación de la tendencia de los productos químicos sólidos para pasar al ambiente de trabajo se realizó mediante lo presentado en la tabla 17, que se realiza en función del tamaño de las partículas por pulverulencia (Encarnación et al., 2012b).

Tabla 17
Clases de Pulverulencia por tamaño de partícula

Descripción del material sólido	Clase de Pulverulencia
Material en forma de polvo fino, formación de polvo que queda en suspensión en la manipulación (azúcar en polvo, harina, cemento, yeso, entre otros)	3
Material en forma de polvo en grano (1-2 mm). El polvo sedimenta rápido en la manipulación (azúcar consistente cristalizada)	2

Material en pastillas, granulado, escamas (varios mm o 1-2 cm) sin apenas emisión de polvo en la manipulación.	1
--	---

Fuente: (Encarnación et al., 2012a)

En el caso de los productos químicos líquidos se analizó la volatilidad en función de su punto de ebullición encontrada en las hojas de seguridad como se indica en la figura 3.2 (Encarnación et al., 2012b).

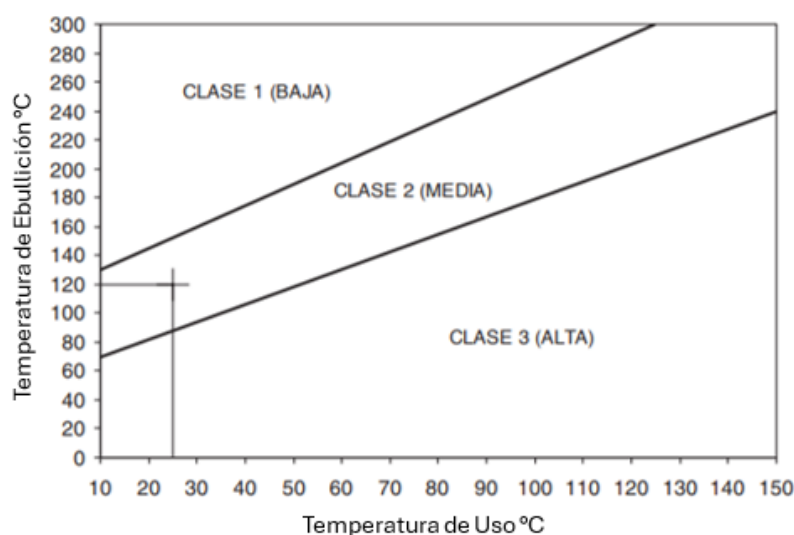


Figura 3.2 Clases de volatilidad por punto de ebullición

Fuente: (Encarnación et al., 2012a)

Para el caso de sustancias químicas que no presenten información del punto de ebullición, para poder evaluar la volatilidad se realizara en función de la presión de vapor presentada en su respectiva hoja de seguridad, se presenta la tabla 18 (Encarnación et al., 2012b).

Tabla 18
Clases de Volatilidad por Presión de Vapor

Presión de Vapor	Clase de Volatilidad
$P_v < 0,5 \text{ KPa}$	1
$0,5 \text{ KPa} \leq P_v < 25 \text{ KPa}$	2
$P_v \geq 25 \text{ KPa}$	3

Fuente: (Encarnación et al., 2012a)

Finalmente se presenta el criterio de puntuación asignada por cada clase de volatilidad o pulverulencia, presente en la tabla 19.

Tabla 19
Puntuación asignada por Volatilidad o Pulverulencia

Clase de Volatilidad o Pulverulencia	Puntuación
3	100
2	10
1	1

Fuente: (Encarnación et al., 2012a)

3.3.3. Clase y Puntuación por Procedimiento de Uso

En esta variable se tomó en cuenta el procedimiento de uso de las sustancias químicas en función de la exposición de los trabajadores con la fuente, a continuación, en la tabla 20, se presenta el puntaje asignado para cada clase de procedimiento (Villalobos et al., 2021).

Tabla 20
Clases y Puntuación por Procedimiento de Uso

Clase	Procedimiento	Puntuación
4	Dispersivo	1
3	Abierto	0.5
2	Cerrado/abierto regularmente	0.05
1	Cerrado permanente	0.001

Fuente: (Encarnación et al., 2012a)

3.3.4. Clase y Puntuación de tipo de Protección Colectiva

Se asignó la puntuación en función de la protección colectiva instalada en el área de ensayos físico – químicos, se presenta la tabla 21 (Villalobos et al., 2021).

Tabla 21
Clases y Puntuación por Protección Colectiva

Tipo de Protección Colectiva	Clase	Puntuación
Espacio con aberturas limitadas de entrada y salida	5	10
Espacio con ausencia de ventilación mecánica	4	1
Trabajo a la intemperie, ventilación mecánica general	3	0.7
Campana superior, rendija de aspiración, mesa con aspiración, aspiración integrada a la herramienta	2	0.1
Captación envolvente (campana de laboratorio)	1	0.001

Fuente: (Encarnación et al., 2012a)

3.3.5. Puntuación según los Valores Límites Ambientales

Esta variable cumplirá la función de factor de corrección ya que según lo propuesto por la metodología simplificada del INRS al considerar que un agente químico tiene un VLA muy bajo o inferior a 0.1 mg/m^3 es poco probable que llegue al ambiente por lo tanto se puede despreciar el riesgo (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT), 2017). A continuación, se presenta la tabla 22.

Tabla 22
Factores de Corrección en función del VLA

VLA	FC_{VLA}
$VLA > 0,1$	1
$0,01 < VLA \leq 0,1$	10
$0,001 < VLA \leq 0,01$	30
$VLA \leq 0,001$	100

Fuente: (Encarnación et al., 2012a)

3.4. Jerarquización

A partir de la información obtenida previamente se realizó el procesamiento, identificación, valoración y finalmente la jerarquización del nivel de riesgo químico por inhalación (NRQI) de sustancias químicas utilizadas en el área de ensayos físico – químicos del laboratorio químico ambiental. La valoración y priorización se llevó a cabo mediante la metodología propuesta por el Instituto Nacional de Investigación en Seguridad (INRS).

$$P_{inh} = P_{riesgo\ potencial} \times P_{volatilidad} \times P_{procedimiento} \times P_{proteccion\ colectiva} \times FC_{VLA}$$

Para la jerarquización de los productos químicos se realizó acorde a la tabla 23.

Tabla 23
Jerarquización del NRQI

Puntuación del Riesgo por Inhalación	Prioridad de acción	Caracterización del riesgo
> 1000	1	Riesgo probablemente elevado (medidas correctoras inmediatas)
> 100 a ≤ 1000	2	Riesgo moderado, necesita probablemente medidas correctoras y/o una evaluación más detallada (mediciones)
≤ 100	3	Riesgo a priori bajo (sin necesidad de modificaciones)

Fuente: (Encarnación et al., 2012a)

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS

4.1. Identificación de productos químicos

En base a los datos obtenidos mediante entrevistas, observaciones in situ, listas de chequeo y revisión documental se aplicó la metodología propuesta por la INRS, dando como resultado la evaluación cualitativa de los riesgos químicos por inhalación en el laboratorio químico ambiental donde se identificaron productos químicos que presentan niveles de riesgo elevados, moderados y bajos.

Para realizar la evaluación del NRQI se analizaron variables como: cantidades utilizadas, frecuencia de uso, información de peligro, volatilidad o pulverulencia, forma de uso, protección colectiva y valores límites ambientales a los cuales se les asignó un valor en función de su clase donde cada una tiene un puntaje según lo establecido por la INRS. En la tabla 24 se presentan los resultados preliminares por clases obtenidos de la evaluación realizada.

Tabla 24
Resultados por Clases

Nro.	Producto Químico	Clase de Riesgo Potencial	Clase de Volatilidad o Pulverulencia	Clase de Procedimiento de Uso	Clase por Protección Colectiva	Factor de Corrección VLA
1	Ácido Sulfúrico	3	3	3	3	10
2	Hidróxido de Sodio	3	1	3	3	1
3	Sulfato de Sodio	1	2	3	3	1
4	Cloruro de Calcio	1	1	3	4	1
5	Dicromato de Potasio	4	2	3	2	10
6	Carbonato de Sodio	1	3	3	4	1
7	Ácido Clorhídrico	3	3	3	4	1
8	Hexano	2	3	3	3	1
9	Acetona	1	3	3	3	1
10	Hidróxido de Amonio	4	3	3	4	1
11	Ácido Acético	3	3	3	2	1
12	Alcohol Isopropílico	1	2	3	3	1

13	Bicarbonato de Sodio	2	3	3	4	1
14	Ácido Nítrico	3	3	3	2	1
15	Cloroformo	3	3	3	4	1
16	Acetileno	1	3	2	4	1
17	Di Sodio Hidrogeno Fosfato Dihidrato	1	2	3	4	1
18	Sulfato de Potasio	1	2	3	3	1
19	Tiosulfato de Sodio	1	2	3	4	1
20	Urea	1	1	3	4	1
21	L – cisteína	2	1	3	4	1
22	Cloruro de Amonio	2	2	3	4	1
23	Cloruro de Sodio	1	2	3	4	1
24	Ácido Barbitúrico	1	3	3	4	1
25	Fosfato de Potasio Dibásico Anhidro	1	2	3	4	1
26	Acetato de Sodio Trihidratado	1	2	3	4	1
27	Peróxido de Hidrogeno	1	1	3	4	1
28	Borohidruro de Sodio	3	1	3	4	1
29	Acetato de Amonio	1	2	3	4	1
30	Yoduro de Potasio	3	2	3	4	1
31	Fenolftaleína	4	3	3	4	1
32	Ácido fosfórico	3	3	3	4	1
33	Óxido Nitroso	3	3	2	4	1
34	Carbonato de Calcio	1	1	3	4	1
35	Acetato de Zinc	3	2	3	4	1
36	Nitrato de Amonio	1	2	3	4	1
37	Cloruro de Cesio	2	2	3	4	1

38	Cloruro de Potasio	1	2	3	4	1
39	Sulfato de Zinc	3	3	3	4	1
40	Naranja de Metilo	3	3	3	4	1

Fuente: Autores

4.2. Valoración

Se presenta el análisis realizado a los resultados obtenidos por variable de la evaluación de NRQI de los productos químicos de un laboratorio químico ambiental, basado en la metodología del INRS.

4.2.1. Riesgo Potencial

- **Clase de Peligro**

Mediante la clasificación de las frases H de las sustancias químicas del laboratorio químico ambiental, se identificó un total de 42 frases H, debido a la necesidad del estudio realizado solo se tomó en cuenta a las indicaciones de peligro para la salud humana dando un total de 32 frases H.

En la clase de peligro se asignan valores que van desde 1 siendo el más bajo, hasta 5 el más alto, donde las frases H indican información de peligro. En función de las clases asignadas por las indicaciones de peligro se identificó que la clase 4 es la que se presenta con mayor frecuencia con 13 productos químicos y seguida por la clase 1 con 12.

La frase H318 fue la que se presentó con mayor frecuencia, está relacionada con lesiones oculares graves y está presente en sustancias químicas como: ácido sulfúrico, hidróxido de sodio, ácido clorhídrico, hidróxido de amonio, ácido acético, ácido nítrico, borohidruro de sodio, ácido fosfórico, acetato de zinc y sulfato de zinc. En segundo lugar, se encuentra la frase H319 que describe peligro de irritación ocular grave, presente en las sustancias: cloruro de calcio, carbonato de sodio, acetona, alcohol isopropílico, cloroformo, cloruro de sodio, y nitrato de amonio. Finalmente, otra frase que se presentó con frecuencia fue H302 que es nociva en caso de ingestión y está presente en sustancias como: hidróxido de amonio, cloroformo, l-cisteína, cloruro de amonio y acetato de zinc. Es importante indicar que en los productos químicos dicromato de potasio y fenolftaleína se identificaron las frases H330 y H350 consideradas como unas de las más peligrosas debido a que pueden causar la muerte en caso de ingestión y provocar cáncer.

- **Clase de Cantidad**

En esta clase se asignan valores que van desde 1, siendo el más bajo relacionado a cantidades menores a 100 gramos o mililitros; hasta el valor más alto que es 5 y hace referencia a cantidades superiores a los 1000 kilogramos o litros.

Para el caso del laboratorio químico ambiental se identificó que la clase 1 con 33 productos químicos, fue la que se presentó con mayor frecuencia debido a que en los ensayos físico-químicos las cantidades utilizadas de productos químicos son mínimas en base a lo establecido en los procedimientos de acreditación.

- **Clase de Frecuencia**

La clase de frecuencia hace referencia al tiempo de uso de una sustancia química, se presentan valores desde 1 que es el más bajo correspondiente a uso ocasional hasta el valor más alto 4, de uso permanente. En el presente estudio se identificó que 21 productos químicos son de uso ocasional, 3 de uso frecuente y 15 son utilizados de manera permanente, excluyendo a un producto que ya no se utiliza. Se hace énfasis en los productos químicos de uso permanente ya que representan más de una cuarta parte del total de las sustancias químicas y los analistas están expuestos de manera continua, esto se debe al alto número de muestras analizadas y parámetros solicitados por los clientes del laboratorio químico ambiental.

- **Clase de Exposición Potencial**

Esta variable está dada por el resultado entre las variables de clase de cantidad y clase de frecuencia, donde se tiene una escala de valores entre 1 más baja y 5 más alta, en base a los resultados obtenidos se evidencio que la clase de exposición potencial de los productos químicos se agrupan en las 3 primeras clases, en su mayoría en la clase 1 con 33 productos químicos, 5 en la clase 2 y 2 en la clase 3.

- **Clase de Riesgo Potencial**

Finalmente, el resultado obtenido de la clase de exposición potencial interactuó con la clase de peligro obtenida a partir de las frases H, para conocer el riesgo potencial de las sustancias químicas. Cada clase de riesgo potencial tiene un puntaje asignado, siendo 1 la clase más baja con un puntaje de 1 y la clase 5 siendo la más alta con un puntaje de 10000.

Como resultado se obtuvo a 19 productos químicos en la clase 1, 5 en la clase 2, 13 en la clase 3 y 3 en la clase 4. Se resaltan a los productos químicos dicromato de potasio, hidróxido de amonio y fenolftaleína ya que fueron las sustancias que obtuvieron la puntuación más alta en la clase 4 con 1000.

4.2.2. Clase de Puntuación por Volatilidad/Pulverulencia de Sustancias

La evaluación de la volatilidad o pulverulencia se realizó en función de la temperatura de ebullición, granulometría del material sólido o presión de vapor de los productos químicos. Esta clase presenta una escala del 1 al 3 cada una con sus respectivas puntuaciones, clase 1-baja con puntaje 1, clase 2-media con puntaje 10 y la clase 3-alta con un puntaje de 100. En el laboratorio químico ambiental se trabajan a diferentes temperaturas con sustancias líquidas, sólidas y gases en función del tipo de ensayo.

Según los resultados obtenidos se identificó 17 sustancias químicas en la clase 3, 16 en la clase 2 y 7 en la clase 1. En base a esto se evidencio que la mayoría de los productos

químicos corresponden a la clase 3 – alta, dadas sus propiedades físico-químicas analizadas a partir de las hojas de seguridad. Los productos químicos que están en esta clase son los siguientes: ácido sulfúrico, carbonato de sodio, ácido clorhídrico, hexano, acetona, hidróxido de amonio, ácido acético, bicarbonato de sodio, ácido nítrico, cloroformo, acetileno, ácido barbitúrico, fenoltaleína, ácido fosfórico, óxido nitroso, sulfato de zinc y naranja de metilo.

4.2.3. Clase y Puntuación por Procedimiento de Uso

Para la evaluación por el procedimiento de uso, se tomó en cuenta el nivel de contacto directo entre la sustancia química y el trabajador al momento de realizar un ensayo físico-químico. Para esta variable se tienen definidas 4 clases que son: 1 cerrado permanentemente (0.001), 2 abierto regularmente (0.05), 3 abierto (0.5) y 4 dispersivo (1).

Como resultado se obtuvo 38 productos químicos de clase 3, esto relacionado a que en la mayoría de los ensayos los trabajadores preparan soluciones o mezclas en fuentes abiertas donde tienen exposición directa con sustancias que liberan vapores, gases, aerosoles o partículas peligrosas al momento de manipular, calentar, disolver o simplemente al abrir los productos químicos. Se excluye al acetileno y óxido nitroso ya que estos se clasifican en la clase 2 debido a que se encuentran dentro de tanques herméticamente sellados y se salen mediante válvulas de manera regular al equipo de espectrofotometría de absorción atómica de llama para análisis de metales.

4.2.4. Clase y Puntuación de tipo de Protección Colectiva

Esta variable se evaluó en relación con las medidas de protección colectiva de ventilación implementadas en el laboratorio químico ambiental, se manejan clases del 1 al 5, siendo la clase 1 la que representa menor peligro por su alta eficiencia de ventilación hasta la 5 que es la más peligrosa por la ventilación deficiente o nula en el área de trabajo.

Como resultado se obtuvo que 30 sustancias químicas se clasificaron en la clase 4, esto debido a que en la observación in situ del laboratorio químico ambiental se evidencio que el espacio de trabajo es muy limitado, no cuentan con ventilación mecánica y la ventilación natural es muy limitada. Entre los productos identificados en esta clase tenemos: cloruro de calcio, carbonato de sodio, ácido clorhídrico, hidróxido de amonio, bicarbonato de sodio, cloroformo, acetileno, di hidrogeno fosfato dihidratado, tiosulfato de sodio, urea, l-cisteína, cloruro de amonio, cloruro de sodio, ácido barbitúrico, fosfato de potasio dibásico anhidro, acetato de amonio, yoduro de potasio, fenoltaleína, ácido fosfórico, óxido nitroso, carbonato de calcio, acetato de zinc, nitrato de amonio, cloruro de cesio, cloruro de potasio, sulfato de zinc y naranja de metilo. En segundo lugar, hay 7 sustancias en la clase 3, que tienen ventilación mecánica de manera general. Y finalmente 3 productos químicos en la clase 2, donde los ensayos son realizados debajo de una campana superior.

4.2.5. Puntuación según los Valores Limites Ambientales

En función de lo establecido por la metodología planteada por la INRS se utilizó el VLA como un factor corrector que hace referencia a la concentración máxima de un producto químico en el aire, donde en base a los resultados se identificó que 38 de los 40 productos

químicos presentan una tendencia baja de estar presentes en el ambiente de trabajo. Mientras que las sustancias ácido sulfúrico y dicromato de potasio presentan un puntaje de 10 lo cual indica que es más probable que puedan mantenerse en el ambiente y causar efectos adversos en la salud de los trabajadores.

Finalmente, en la tabla 25 se presentan las puntuaciones asignadas a cada una de las variables en función de las clases obtenidas como resultado descritas anteriormente.

Tabla 25
Resultados por Puntuación

Nro.	Producto Químico	Puntuación Riesgo Potencial	Puntuación Volatilidad o Pulverulencia	Puntuación Procedimiento de Uso	Puntuación Protección Colectiva	Factor de Corrección VLA
1	Ácido Sulfúrico	100	100	0,5	0,7	10
2	Hidróxido de Sodio	100	1	0,5	0,7	1
3	Sulfato de Sodio	1	10	0,5	0,7	1
4	Cloruro de Calcio	1	1	0,5	1	1
5	Dicromato de Potasio	1000	10	0,5	0,1	10
6	Carbonato de Sodio	1	100	0,5	1	1
7	Ácido Clorhídrico	100	100	0,5	1	1
8	Hexano	10	100	0,5	0,7	1
9	Acetona	1	100	0,5	0,7	1
10	Hidróxido de Amonio	1000	100	0,5	1	1
11	Ácido Acético	100	100	0,5	0,1	1
12	Alcohol Isopropílico	1	10	0,5	0,7	1
13	Bicarbonato de Sodio	10	100	0,5	1	1
14	Ácido Nítrico	100	100	0,5	0,1	1
15	Cloroformo	100	100	0,5	1	1
16	Acetileno	1	100	0,05	1	1
17	Di Sodio Hidrogeno Fosfato Dihidrato	1	10	0,5	1	1
18	Sulfato de Potasio	1	10	0,5	0,7	1

19	Tiosulfato de Sodio	1	10	0,5	1	1
20	Urea	1	1	0,5	1	1
21	L – cisteína	10	1	0,5	1	1
22	Cloruro de Amonio	10	10	0,5	1	1
23	Cloruro de Sodio	1	10	0,5	1	1
24	Ácido Barbitúrico	1	100	0,5	1	1
25	Fosfato de Potasio Dibásico Anhidro	1	10	0,5	1	1
26	Acetato de Sodio Trihidratado	1	10	0,5	1	1
27	Peróxido de Hidrogeno	1	1	0,5	1	1
28	Borohidruro de Sodio	100	1	0,5	1	1
29	Acetato de Amonio	1	10	0,5	1	1
30	Yoduro de Potasio	100	10	0,5	1	1
31	Fenolftaleína	1000	100	0,5	1	1
32	Ácido fosfórico	100	100	0,5	1	1
33	Óxido Nitroso	100	100	0,05	1	1
34	Carbonato de Calcio	1	1	0,5	1	1
35	Acetato de Zinc	100	10	0,5	1	1
36	Nitrato de Amonio	1	10	0,5	1	1
37	Cloruro de Cesio	10	10	0,5	1	1
38	Cloruro de Potasio	1	10	0,5	1	1
39	Sulfato de Zinc	100	100	0,5	1	1
40	Naranja de Metilo	100	100	0,5	1	1

Fuente: Autores

4.3. Jerarquización

A continuación, se presenta un ejemplo de cálculo del NRQI, una vez que se ha determinado cada clase se asignó el puntaje correspondiente, para finalmente aplicar la fórmula para la jerarquización. Esta metodología fue aplicada a cada uno de los productos químicos del laboratorio químico ambiental.

Tabla 26
Ejemplo ácido sulfúrico

Clase		Puntaje
Clase de riesgo potencial	3	100
Clase de volatilidad o pulverulencia	3	100
Clase de procedimiento	3	0.5
Clase de protección colectiva	3	0.7
Factor de corrección VLA	10	10

Fuente: Autores

A continuación, se presenta el cálculo de la puntuación del riesgo por inhalación:

$$P_{inh} = P_{riesgo\ potencial} \times P_{volatilidad} \times P_{procedimiento} \times P_{proteccion\ colectiva} \times FC_{VLA}$$

$$P_{inh} = 100 \times 100 \times 0.5 \times 0.7 \times 10$$

$$P_{inh} = 35000$$

$$P_{inh} = \text{Riesgo probablemente elevado}$$

Como resultado de la evaluación cualitativa de riesgos químicos en el área de ensayos físico-químicos del laboratorio químico ambiental se identificaron 9 productos químicos con riesgo probablemente elevado; 7 productos químicos con riesgo moderado y 24 productos químicos con riesgo a priori bajo. A continuación, en la figura 4.1 se presentan los resultados obtenidos acorde a su jerarquización.

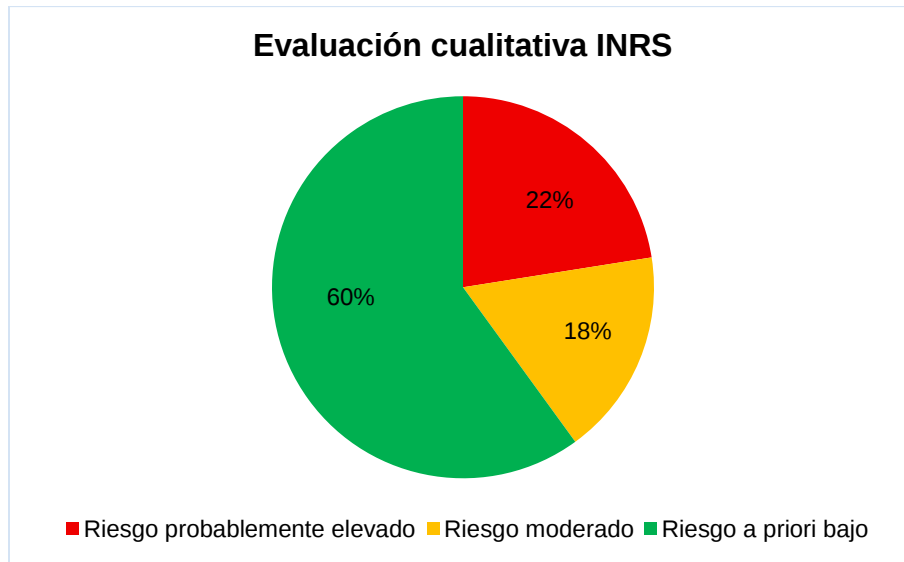


Figura 4.1 Resultados evaluación cualitativa INRS

Fuente: Autores

En el análisis realizado por clase, se determinó que la clase de procedimiento de uso es la que mayor riesgo representa con 38 productos químicos, ya que los trabajadores están expuestos de manera directa con la fuente; en segundo lugar, la clase de protección colectiva con 30 productos químicos que está relacionado con el sistema de ventilación del laboratorio y tercero la clase de volatilidad o pulverulencia debido a que se trabaja con las sustancias químicas a diferentes temperaturas. A continuación, en la figura 4.2 se presentan los resultados obtenidos por clases.

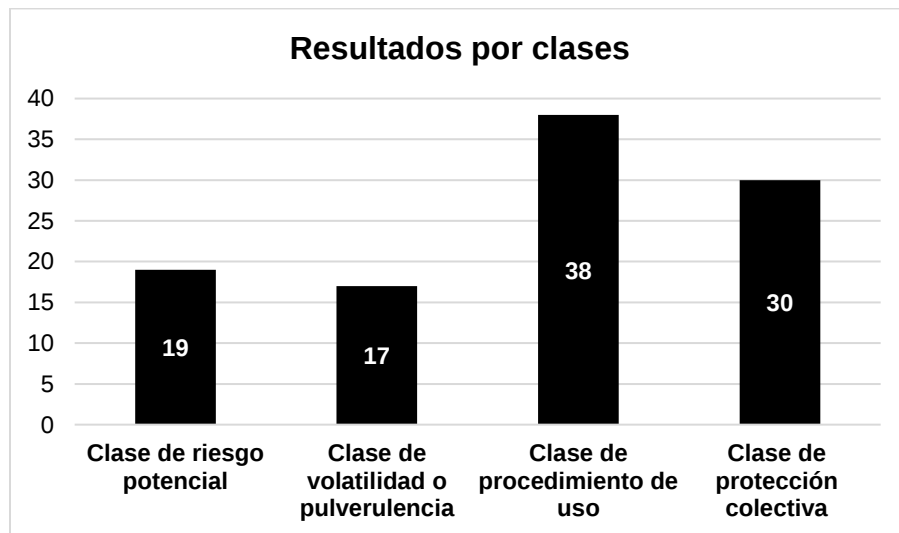


Figura 4.2 Resultados por clases

Fuente: Autores

Entre las sustancias químicas que representan mayor nivel de riesgo para los trabajadores en el laboratorio químico ambiental tenemos: ácido sulfúrico, dicromato de potasio, ácido clorhídrico, hidróxido de amonio, cloroformo, fenolftaleína, ácido fosfórico, sulfato de zinc y naranja de metilo. Estos productos químicos son utilizados en los siguientes ensayos: tensoactivos, cianuros, DBO, nitrógeno Kjeldahl, nitrógeno amoniacal, THP, aceites y grasas, alcalinidad, carbono orgánico total, materia orgánica en suelos, metales, sulfuro en suelos y fenoles.

A continuación, en la tabla 27 se presentan los resultados obtenidos de la jerarquización del nivel de riesgo químico por inhalación realizada en el área de ensayos físico-químicos del laboratorio químico ambiental:

Tabla 27
Resultados de Jerarquización del Riesgo

Nro.	Producto Químico	Clase de Riesgo Potencial				Riesgo Potencial	Clase de Volatilidad o Pulverulencia	Clase de Procedimiento de Uso	Clase por Protección Colectiva	Factor de Corrección VLA	Caracterización del riesgo
		Clase de Exposición Potencial			Clase de Peligro						
		Clase de Cantidad	Clase de Frecuencia	Exposición Potencial							
1	Ácido Sulfúrico	1	4	1	4	3	3	3	3	10	Riesgo probablemente elevado
2	Hidróxido de Sodio	1	4	1	4	3	1	3	3	1	Riesgo a priori bajo
3	Sulfato de Sodio	1	4	1	1	1	2	3	3	1	Riesgo a priori bajo
4	Cloruro de Calcio	1	1	1	2	1	1	3	4	1	Riesgo a priori bajo
5	Dicromato de Potasio	1	4	1	5	4	2	3	2	10	Riesgo probablemente elevado
6	Carbonato de Sodio	1	3	1	2	1	3	3	4	1	Riesgo a priori bajo
7	Ácido Clorhídrico	1	4	1	4	3	3	3	4	1	Riesgo probablemente elevado
8	Hexano	1	4	1	3	2	3	3	3	1	Riesgo Moderado
9	Acetona	1	4	1	2	1	3	3	3	1	Riesgo a priori bajo
10	Hidróxido de Amonio	1	3	1	5	4	3	3	4	1	Riesgo probablemente elevado
11	Ácido Acético	1	4	1	4	3	3	3	2	1	Riesgo Moderado
12	Alcohol Isopropílico	2	1	2	2	1	2	3	3	1	Riesgo a priori bajo
13	Bicarbonato de Sodio	1	1	1	3	2	3	3	4	1	Riesgo Moderado
14	Ácido Nítrico	1	1	1	4	3	3	3	2	1	Riesgo Moderado

15	Cloroformo	1	3	1	4	3	3	3	4	1	Riesgo probablemente elevado
16	Acetileno	2	4	2	2	1	3	2	4	1	Riesgo a priori bajo
17	Di Sodio Hidrogeno Fosfato Dihidrato	1	1	1	1	1	2	3	4	1	Riesgo a priori bajo
18	Sulfato de Potasio	2	1	2	1	1	2	3	3	1	Riesgo a priori bajo
19	Tiosulfato de Sodio	1	1	1	1	1	2	3	4	1	Riesgo a priori bajo
20	Urea	1	4	1	1	1	1	3	4	1	Riesgo a priori bajo
21	L – cisteína	1	4	1	3	2	1	3	4	1	Riesgo a priori bajo
22	Cloruro de Amonio	2	1	2	3	2	2	3	4	1	Riesgo a priori bajo
23	Cloruro de Sodio	1	1	1	2	1	2	3	4	1	Riesgo a priori bajo
24	Ácido Barbitúrico	1	1	1	1	1	3	3	4	1	Riesgo a priori bajo
25	Fosfato de Potasio Dibásico Anhídrido	1	1	1	1	1	2	3	4	1	Riesgo a priori bajo
26	Acetato de Sodio Trihidratado	3	1	3	1	1	2	3	4	1	Riesgo a priori bajo
27	Peróxido de Hidrogeno	1	1	1	1	1	1	3	4	1	Riesgo a priori bajo
28	Borohidruro de Sodio	1	1	1	4	3	1	3	4	1	Riesgo a priori bajo
29	Acetato de Amonio	3	1	3	1	1	2	3	4	1	Riesgo a priori bajo
30	Yoduro de Potasio	1	1	1	4	3	2	3	4	1	Riesgo Moderado
31	Fenoltaleína	1	1	1	5	4	3	3	4	1	Riesgo probablemente elevado

32	Ácido fosfórico	1	1	1	4	3	3	3	4	1	Riesgo probablemente elevado
33	Óxido Nitroso	2	4	2	4	3	3	2	4	1	Riesgo Moderado
34	Carbonato de Calcio	1	1	1	1	1	1	3	4	1	Riesgo a priori bajo
35	Acetato de Zinc	1	1	1	4	3	2	3	4	1	Riesgo Moderado
36	Nitrato de Amonio	1	0	1	2	1	2	3	4	1	Riesgo a priori bajo
37	Cloruro de Cesio	1	4	1	3	2	2	3	4	1	Riesgo a priori bajo
38	Cloruro de Potasio	1	4	1	1	1	2	3	4	1	Riesgo a priori bajo
39	Sulfato de Zinc	1	1	1	4	3	3	3	4	1	Riesgo probablemente elevado
40	Naranja de Metilo	1	4	1	4	3	3	3	4	1	Riesgo probablemente elevado

Fuente: Autores

4.4. Medidas correctivas para la gestión de riesgos por inhalación en un laboratorio químico ambiental de acuerdo con la jerarquía de reducción de riesgos

Para implementar medidas correctivas, en función en lo establecido en la norma ecuatoriana NTE INEN-ISO/IEC 17025, en la cual esta certificado el laboratorio, todos los procedimientos del laboratorio deben estar disponibles para todos los laboratoristas, y especifica aspectos como la imparcialidad, la confidencialidad, la estructura organizativa, los recursos necesarios, y los procesos de ensayo y calibración, en los resultados expuestos se han identificado tres grandes grupos establecidos en la caracterización de riesgo por inhalación (norma NTP 937) de la evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación basado en el INRS. Esta norma clasifica los riesgos en tres categorías: riesgo probablemente elevado, riesgo moderado y riesgo a priori bajo.

4.4.1. Medidas correctivas para el riesgo probablemente elevado

Las sustancias con mayor riesgo “Riesgo Probablemente Elevado” son: Ácido Sulfúrico, Dicromato de Potasio, Ácido Clorhídrico, Hidróxido de Amonio, Cloroformo, Fenolftaleína, Ácido fosfórico, Sulfato de Zinc y Naranja de Metilo, en las que se aplica las medidas correctoras inmediatas.

Con base en Reglamento de Seguridad y Salud en el Trabajo, en el Art.49 de la implementación de las medidas de prevención y protección, lo establecido por la jerarquía de controles de seguridad que es un sistema de gestión de riesgos utilizado para evitar y minimizar accidentes en el lugar de trabajo (Decreto Ejecutivo No. 255, 2024), se propuso lo siguiente:

Eliminación o Sustitución

A continuación, en la tabla 28 se presentan las sustancias químicas con riesgo probablemente elevado:

Tabla 28
Jerarquización de Control de Riesgos – Eliminación o Sustitución

Compuesto químico	Evaluación inicial	Eliminación o Sustitución
Ácido Sulfúrico	Se utiliza para los siguientes ensayos Tensoactivos, Cianuros, DBO, Nitrógeno Kjeldahl, Nitrógeno Amoniacal, TPH, Aceites y Grasas, Infrarrojo, Alcalinidad, Carbono Orgánico Total y Materia Orgánica en Suelos, dentro del laboratorio el cual se llega a trabajar hasta los 385°C lo cual genera vapores, el área de trabajo muchas veces se lo realiza sin campana de extracción	No existe un ácido que pueda cumplir la misma función de forma segura
Dicromato de Potasio	Se en el laboratorio para la ejecución de ensayos de carbono orgánico total y determinación de materia orgánica en suelos. Durante su manipulación, las condiciones de trabajo incluyen una temperatura de 15°C, lo que representa un riesgo significativo por su toxicidad y carcinogenicidad	No existe una metodología económicamente viable y rentable que pueda sustituir el dicromato de potasio. El persulfato de amonio es una alternativa menos

		peligrosa, pero no garantiza la misma eficiencia y sigue presentando riesgos
Ácido Clorhídrico	Se usa en ensayo de Metales, Sulfuro en Suelos a temperaturas de 104°C. Generando vapores irritantes y corrosivos que pueden causar daños en las vías respiratorias si no se manipula con adecuada ventilación	No existe un sustituto que cumpla exactamente la misma función con menor peligrosidad. En algunos casos, se puede usar ácido sulfúrico diluido o ácido fosfórico, aunque ambos presentan riesgos similares
Hidróxido de Amonio	Se utiliza en ensayo de DBO a temperaturas de 15°C. Produciendo vapores altamente irritantes y puede causar quemaduras químicas en la piel y ojos	No existen sustitutos directos con la misma funcionalidad química y menor peligrosidad
Cloroformo	Se utiliza en ensayo de Tensoactivos a temperaturas de 15°C. Es un solvente volátil y tóxico que puede causar efectos adversos en el sistema nervioso central, además de ser un posible carcinógeno	En algunas aplicaciones se puede sustituir por solventes menos tóxicos como acetato de etilo
Fenoltaleína	Se emplea en el ensayo de Alcalinidad a temperaturas de 15°C. Aunque en pequeñas cantidades su toxicidad es baja, es un compuesto potencialmente irritante y su uso prolongado puede tener efectos adversos	Se puede emplear el rojo de metilo
Ácido fosfórico	Se aplica en ensayo de Fenoles a temperaturas de 180°C. Puede generar vapores irritantes y es altamente corrosivo, causando quemaduras graves en la piel y ojos en caso de contacto	No existe una sustancia que pueda cumplir la misma función de forma segura
Sulfato de Zinc	Se usa en ensayo de Sulfuros a temperaturas de 15°C. En condiciones normales, es relativamente estable, pero puede liberar vapores tóxicos	Se pueden emplear otras sales de zinc con menor toxicidad
Naranja de Metilo	Se utiliza en ensayo de Fenoles a temperaturas de 15°C. En condiciones normales, es relativamente estable, pero puede liberar vapores tóxicos cuando se calienta	Existen colorantes alternativos como el Cloruro Férrico que es más seguro

Fuente: Autores

Controles de ingeniería

- Instalación de un sistema de extracción localizada, una campana de extracción de gases con resistencia química sustancias corrosivas e inflamables.
- Utilización de estantería específica para ácidos corrosivos y otros compuestos, con sistema de ventilación integrado.
- Implementación de dispensadores automáticos de líquidos con materiales altamente resistentes y compatibles, para uso diario.
- Implementación de cabinas de seguridad alrededor de las áreas de trabajo con productos químicos para limitar el acceso y contener posibles derrames.
- Instalación de sensores de monitoreo de gases a la altura de respiración y cerca de áreas críticas para el monitoreo de calidad del aire.
- Integrar ventilación mecánica general en el laboratorio para renovar el aire y evitar la acumulación de vapores.
- Instalación de duchas de emergencia y estaciones lavaojos.
- Implementación de infraestructura y espacio adecuado para cada sustancia.

Controles administrativos

- Establecimiento de instrucciones operativas estandarizados para la manipulación, almacenamiento y eliminación segura de las diferentes sustancias químicas.
- Capacitación regularmente al personal en el manejo seguro de sustancias químicas peligrosas, y respuesta ante emergencias y buenas prácticas de laboratorio.
- Implementación de registros de inventario con SDS disponibles y control de uso.
- Realización auditorías y valoraciones periódicas de riesgos, verificando el cumplimiento de los protocolos de seguridad establecidos.
- Implementación de un plan de respuesta ante emergencias, incluyendo procedimientos para el manejo de derrames, exposición accidental y eliminación de residuos.

EPP

A continuación, en la tabla 29 se presentan el control de riesgos mediante EPP.

Tabla 29
Jerarquización de Control de Riesgos – EPP

Compuesto Químico	Guantes	Gafas	Ropa	Respirador	Calzado
Ácido Sulfúrico	Compuesto de nitrilo, resistencia química con	Gafas cerradas, anti-salpicaduras	Traje resistente a ácidos	Con filtro 60926 (P100/Multigases)	Zapatos con resistencia química
Dicromato de Potasio	Compuesto de nitrilo, resistencia química agresivos con a	Con lente sellado con protección antivaho	Barrera contra partículas y salpicaduras	Con filtro 60926 (P100/Metales Pesados)	Zapatos resistencia química y dieléctrica
Ácido Clorhídrico	Compuesto de neopreno, con alta resistencia química	Gafas herméticas antiácidos	Traje de máxima resistencia química	Con filtro 60921 (P100/Vapores Ácidos)	Zapatos resistentes a productos químicos
Hidróxido de Amonio	Compuesto de nitrilo de alta resistencia	Gafas de seguridad con ventilación indirecta	Traje con resistencia moderada a químicos	Con filtro 60923 (P100/Amoníaco y Metilamina)	Calzado de seguridad con resistencia química
Cloroformo	Compuesto de laminado para solventes	Gafas de sellado total	Traje contra solventes y químicos orgánicos	Con filtro 60928 (P100/Vapores Orgánicos y Formaldehído)	Zapatos resistentes a solventes
Fenoltaleína	Compuesto de nitrilo y neopreno	Gafas de seguridad	Bata de laboratorio retardante al fuego	No se requiere en condiciones normales	Zapatos cerrados resistentes a químicos
Ácido Fosfórico	Compuesto de nitrilo, resistencia química	Gafas cerradas antiácidos	Traje de protección química moderada	Con filtro 60926 (P100/Vapores Ácidos y Orgánicos)	Zapatos de seguridad con resistencia a químicos
Sulfato de Zinc	Compuesto de nitrilo con soporte textil	Gafas de seguridad	Bata de laboratorio estándar	No se requiere en condiciones normales	Zapato cerrado con suela antideslizante

		con pantalla lateral			
Naranja de Metilo	Compuesto de nitrilo desechable	Gafas de seguridad livianas	Bata de laboratorio estándar	No se requiere en condiciones normales	Calzado de seguridad estándar

Fuente: Autores

4.1.2 Medidas correctivas para el riesgo moderado

Para las sustancias con “Riesgo Moderado”, como el Hexano, Ácido Acético, Bicarbonato de Sodio, Ácido Nítrico, Yoduro de Potasio, Óxido Nitroso y Acetato de Zinc, este nivel de riesgo se verá disminuido por medio de la adopción de controles de jerarquización de riesgos como la aplicación de controles de ingeniería y administrativos descritos en la que se involucran las clases de procedimiento de uso con 38 sustancias, esta nos especifica que existen conductos abiertos, también el mezclado de reactivos sin la protección adecuada, además se también la clase de protección colectiva con 30 sustancias en las que se presenta la ausencia de ventilación mecánica, para las que se ha expuesto la urgencia de implementar una campana de extracción de gases, mientras que para “Riesgos a Priori Bajo”, no se necesita ningún tipo de medidas correctivas, pero también se verán beneficiados de la jerarquía de controles aplicadas.

4.5. Propuesta para el sistema de vigilancia de seguridad y salud

Introducción

La implementación de un sistema de vigilancia en el laboratorio químico ambiental es fundamental para mitigar los riesgos asociados con la manipulación, transporte y eliminación de sustancias químicas. Estos riesgos son inherentes a los ensayos físico-químicos, que requieren el uso de compuestos peligrosos y representan amenazas significativas para la seguridad y la salud de los trabajadores. A través de este sistema, se busca proteger a los empleados de la exposición a sustancias químicas peligrosas, implementando medidas preventivas, correctivas y de control. Este sistema, además, debe ser un proceso dinámico y flexible, capaz de adaptarse constantemente al entorno laboral. De esta manera, se pueden realizar ajustes inmediatos en las prácticas de trabajo, asegurando que los trabajadores estén siempre protegidos ante posibles riesgos.

Generalidades

Razón social: Laboratorio Químico Ambiental

Actividad económica: Actividades de ensayos y mediciones de indicadores ambientales: contaminación del aire y del agua etcétera.

Número de Trabajadores: 10 Trabajadores

Domicilio: Calle Juan González N35-26 y Juan Pablo Sanz, Edificio Torres Vizcaya

Identificación de Riesgos

A continuación, en la tabla 30 se presentan las sustancias de estudio y el nivel de riesgo:

Tabla 30
Registro de sustancias y evaluación de exposición

Sustancia	Peligro Identificado	Consecuencia Potencial	Nivel de Riesgo por INRS	Medidas de Control Existentes
Ácido Sulfúrico	Corrosivo, tóxico	Quemaduras graves, daño respiratorio	Riesgo probablemente elevado	Uso de guantes, gafas, y uso de Sorbona
Hidróxido de Sodio	Corrosivo	Quemaduras químicas, daño ocular	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes, gafas, lavado inmediato con agua
Sulfato de Sodio	Irritante	Irritación ocular y dérmica	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes y gafas
Cloruro de Calcio	Irritante	Irritación dérmica y ocular	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes y gafas
Dicromato de Potasio	Cancerígeno, tóxico	Afectación respiratoria, daño hepático	Riesgo probablemente elevado	Uso de guantes, gafas, máscara con filtro
Carbonato de Sodio	Irritante	Irritación ocular y respiratoria	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes y gafas
Ácido Clorhídrico	Corrosivo, tóxico	Quemaduras químicas, daño pulmonar	Riesgo probablemente elevado	Uso de guantes, gafas, y uso de Sorbona
Hexano	Inflamable, neurotóxico	Daño al sistema nervioso central	Riesgo Moderado	Uso de guantes, y ventilación por Sorbona
Acetona	Inflamable	Irritación ocular, mareos	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes, y gafas
Hidróxido de Amonio	Corrosivo	Quemaduras químicas, daño ocular	Riesgo probablemente elevado	Uso de guantes y gafas
Ácido Acético	Corrosivo, inflamable	Irritación severa, quemaduras	Riesgo Moderado	Uso de guantes y gafas
Alcohol Isopropílico	Inflamable	Irritación ocular, mareos	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes, ventilación
Bicarbonato de Sodio	Irritante	Irritación ocular y dérmica	Riesgo Moderado	Uso de guantes
Ácido Nítrico	Corrosivo, tóxico	Quemaduras químicas, daño pulmonar	Riesgo Moderado	Uso de guantes y gafas
Cloroformo	Tóxico	Depresión del SNC, daño hepático	Riesgo probablemente elevado	Uso de guantes, gafas, ventilación por Sorbona
Acetileno	Inflamable	Riesgo de explosión	Riesgo a priori bajo	Almacenamiento seguro
Di Sodio Hidrogeno Fosfato Dihidrato	Irritante	Irritación ocular y dérmica	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes

Sulfato de Potasio	Irritante	Irritación ocular y dérmica	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes
Tiosulfato de Sodio	Irritante	Irritación ocular y dérmica	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes
Urea	Irritante	Irritación ocular y dérmica	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes
L – Cisteína	Irritante	Irritación dérmica y ocular	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes
Cloruro de Amonio	Irritante	Irritación respiratoria y ocular	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes, ventilación
Cloruro de Sodio	Irritante	Irritación dérmica y ocular	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes
Ácido Barbitúrico	Tóxico	Depresión del SNC	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes, ventilación
Fosfato de Potasio Dibásico Anhidro	Irritante	Irritación dérmica y ocular	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes
Acetato de Sodio Trihidratado	Irritante	Irritación dérmica y ocular	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes
Peróxido de Hidrógeno	Corrosivo, oxidante	Quemaduras químicas, explosivo	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes, gafas, ventilación
Borohidruro de Sodio	Reactivo, inflamable	Riesgo de incendio y explosión	Riesgo a priori bajo	Almacenamiento seguro, guantes
Acetato de Amonio	Irritante	Irritación dérmica y ocular	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes
Yoduro de Potasio	Irritante	Irritación dérmica y ocular	Riesgo Moderado	Uso de guantes
Fenoltaleína	Tóxico	Posible carcinógeno	Riesgo probablemente elevado	Uso de guantes, ventilación
Ácido Fosfórico	Corrosivo	Quemaduras químicas, daño ocular	Riesgo probablemente elevado	Uso de guantes, gafas
Óxido Nitroso	Asfixiante	Hipoxia, pérdida de conciencia	Riesgo Moderado	Ventilación adecuada
Carbonato de Calcio	Irritante	Irritación ocular y dérmica	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes
Acetato de Zinc	Irritante	Irritación dérmica y ocular	Riesgo Moderado	Uso de guantes
Nitrato de Amonio	Explosivo, oxidante	Riesgo de explosión	Riesgo a priori bajo	Almacenamiento seguro
Cloruro de Cesio	Irritante	Irritación dérmica y ocular	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes
Cloruro de Potasio	Irritante	Irritación dérmica y ocular	Riesgo a priori bajo	Uso de guantes
Sulfato de Zinc	Irritante	Irritación dérmica y ocular	Riesgo probablemente elevado	Uso de guantes

Naranja de Metilo	Tóxico	Posible carcinógeno	Riesgo probablemente elevado	Uso de guantes, ventilación
-------------------	--------	------------------------	------------------------------------	-----------------------------------

Fuente: Autores

Evaluación de Riesgos

A continuación, en la tabla 31 se presentan la evaluación de riesgos según el puesto de trabajo:

Tabla 31
Evaluación de riesgos en puesto de trabajo

Metodología “Material de formación sobre evaluación y gestión de riesgos en el lugar de trabajo para pequeñas y medianas empresas OIT (2013)”							
Puesto de trabajo: Laboratorista Actividades del puesto de trabajo: Preparación y manipulación de reactivos químicos, análisis físico-químico de muestras ambientales, manejo de equipos de laboratorio como espectrofotómetros, balanzas analíticas, campanas de extracción, almacenamiento y disposición de sustancias químicas peligrosas y limpieza y descontaminación de áreas de trabajo y materiales. Número de trabajadores expuestos: 10 Fecha de Evaluación: 10 de abril del 2025							
Paso 1	Paso 2	Paso 3		Paso 4		Paso 5	
Peligros en el puesto de trabajo	¿Quién puede sufrir daños y de qué manera?	¿Qué medidas se han adoptado hasta ahora?	¿Qué medidas sería necesario adoptar?	Responsable de la aplicación de medidas	Fecha prevista de la aplicación de medidas	¿Se efectuó en la fecha prevista?	Resultados, seguimiento y actualización
Inhalación de vapores tóxicos	El personal podría padecer irritación de fosas nasales, irritación pulmonar y quemaduras	Se ha dotado a los trabajadores EPP	Dotación de campanas de extracción de gases y monitoreo de fuentes	Responsable de prevención de riesgos laborales	15 de abril del 2025	En proceso	23 de agosto el 2025
Contacto con sustancias corrosivas	El personal podría sufrir quemaduras en piel y ojos	Se capacita sobre el manejo de sustancias corrosivas	Dotación de EPP y Capacitación sobre el manejo seguro de corrosivos	Responsable de prevención de riesgos laborales	10 de abril del 2025	En proceso	5 de junio el 2025
Manipulación de solventes inflamables	El personal podría padecer intoxicación, riesgo de incendio o explosión	Se ha establecido procedimientos de limpieza y contención de derrames	Capacitación sobre el manejo de inflamables e implementación de detectores	Responsable de prevención de riesgos laborales	9 de septiembre del 2025	En proceso	11 de noviembre el 2025
Derrames y fugas de productos químicos	El personal podría padecer intoxicación, quemaduras	Se ha dotado de EPP (gafas, guantes)	Implementación de dispensadores de líquidos	Responsable de prevención de riesgos laborales	25 de abril del 2025	En proceso	20 de julio el 2025

Exposición a agentes biológicos en muestras ambientales	El personal podría padecer infecciones, alergias respiratorias	Capacitaciones en temas de bioseguridad	Evaluaciones médicas periódicas para de detección infecciones	Responsable de prevención de riesgos laborales	15 de abril del 2025	En proceso	5 de junio el 2025
Sobrecarga laboral	El personal podría padecer estrés, por entregas de resultados	Se capacita al trabajador para la realización de pausas activas de 10 minutos	Planificación de capacitaciones en manejo de conflictos, liderazgo, otros	Responsable de prevención de riesgos laborales	03 de abril del 2025	En proceso	14 de junio el 2025
Movimientos Repetitivos	El personal podría sufrir lesiones musculoesqueléticas, por movimientos repetitivos en puesto de trabajo	Se ha brindado capacitación al trabajador para la realización de pausas activas de 10 minutos	Dotación de dispensadores automáticos de líquidos	Responsable de prevención de riesgos laborales	18 de abril del 2025	En proceso	27 de octubre el 2025

Fuente: Autores

Equipos de protección personal

A continuación, en la tabla 32 se presentan el EPP para cada actividad.

Tabla 32
Equipos de protección personal y ropa de trabajo

Puesto de Trabajo	Actividad	Peligros en el puesto de trabajo	Guantes	Gafas	Ropa	Respirador	Calzado
			Guantes de Nitrilo, neopreno o butilo, norma europea EN 374	Lentes de policarbonato con protección lateral y antiempañante, norma europea EN 166 y ANSI Z87.1 (Protección ocular y facial)	Bata de laboratorio o traje de protección química, norma ISO 16602	Respirador para partículas o vapores químicos, norma europea EN 149	Calzado de seguridad con resistencia química, norma ISO 20345
Laboratorista	Preparación de Muestras	Exposición a sustancias químicas peligrosas (ácidos, bases, solventes),	X	X	X	X	X

		inhalación de vapores tóxicos y riesgo ergonómico por posturas forzadas o movimientos repetitivos					
	Análisis Físico-Químico	Exposición a caída de objetos (frascos, matraces, instrumentos), exposición a material particulado y aerosoles y riesgo a quemaduras térmicas y químicas	X	X	X	X	X
	Manejo de Equipos de Laboratorio	Exposición a radiaciones no ionizantes (UV, láser en espectrofotometría) y riesgo a sobrecarga eléctrica y cortocircuitos	X	X	X		X
	Control de calidad	Exposición a reactivos peligrosos durante pruebas de validación y riesgo de sobrecarga cognitiva por la precisión requerida en los análisis	X	X	X	X	X
	Registro y Análisis de Datos	Fatiga visual por uso prolongado de pantallas y trastornos musculoesqueléticos por posturas prolongadas			X		

Fuente: Autores

Capacitación y Sensibilización

A continuación, en la tabla 33 se presenta la planificación de capacitaciones en prevención de riesgos laborales.

Tabla 33
Planificación de capacitaciones en prevención de riesgos laborales, prevención de amenazas naturales y riesgos antrópicos Abril 2025 – Diciembre 2026

Tema general	Temas Específicos	Planificación anual (meses)												Responsable	Observación
		ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO		
Prevención de Riesgos Laborales	Manejo seguro de sustancias químicas	x				x					x			Responsable de prevención de riesgos	Capacitación obligatoria
	Uso de equipos de protección		x								x			Responsable de prevención de riesgos	Uso de simulaciones prácticas
	Higiene en puestos de trabajo			x										Responsable de prevención de riesgos	Prácticas y evaluación final
Prevención de amenazas naturales y riesgos antrópicos	Plan de emergencia	x												Responsable de prevención de riesgos	Evaluación de conocimientos al final
	Simulacro de incendio					x								Cuerpo de bomberos	Coordinación externa
	Simulacro de evacuación en sismos					x								Cuerpo de bomberos	Práctica de evacuación y uso de zonas seguras
Otras capacitaciones	Manejo de conflictos						x							Psicólogo	Desarrollo de habilidades blandas
	Liderazgo						x							Psicólogo	Desarrollo de habilidades blandas
	Primeros auxilios					x								Responsable de prevención de riesgos	Evaluación de conocimientos al final

Fuente: Autores

Evaluación y Mejora Continua

A continuación, en la tabla 34 se detalla la planificación de capacitaciones dirigidas a la prevención de riesgos laborales en el laboratorio, considerando criterios de evaluación, indicadores de desempeño y acciones de mejora.

Tabla 34
Matriz de Evaluación y Mejora Continua de la Seguridad y Salud en el Laboratorio

Criterio de Evaluación	Indicadores de Desempeño	Frecuencia de Evaluación	Método de Evaluación	Responsable	Acciones de Mejora Propuestas	Fecha de Implementación	Estatus
Cumplimiento de normativa	Porcentaje de cumplimiento con normativas nacionales e internacionales	Anual	Revisión de informes legales y auditorías externas	Seguridad y Salud Ocupacional	Revisión y actualización de normativas internas, mayor supervisión	Diciembre 2025	Pendiente
Efectividad de medidas de control	Número de medidas correctivas aplicadas en los últimos 6 meses	Trimestral	Monitoreo de incidentes reportados y análisis de eficacia	Supervisores de Laboratorio	Optimización de sistemas de ventilación y protocolos de seguridad	Abril 2025	En proceso
Capacitación del personal	Cantidad de trabajadores capacitados vs. total de personal	Semestral	Encuestas de satisfacción y pruebas de conocimiento	Recursos Humanos y Seguridad y Salud	Fortalecer capacitaciones con simulaciones prácticas	Junio 2025	Pendiente
Registro de incidentes y accidentes	Tasa de accidentes e incidentes registrados por trimestre	Mensual	Análisis estadístico de reportes de seguridad	Seguridad y Salud Ocupacional	Implementar medidas preventivas en función del análisis de tendencias	Mensual	Recurrente
Implementación de mejoras	Cantidad de propuestas de mejora implementadas en el año	Anual	Revisión de registros y entrevistas con trabajadores	Gerencia de Operaciones	Desarrollo de nuevos procedimientos y tecnologías de seguridad	Noviembre 202	Pendiente
Cumplimiento de uso de EPP	Nivel de cumplimiento del uso de EPP según auditorías internas	Mensual	Inspecciones visuales y auditorías de seguridad	Supervisores de Seguridad y Salud	Capacitaciones sobre uso adecuado de EPP, sanciones por incumplimiento	Mensual	Recurrente
Evaluación de ergonomía y bienestar laboral	Evaluación del confort térmico, posturas y carga de trabajo	Semestral	Aplicación de encuestas ergonómicas y observación directa	Departamento de Ergonomía y Bienestar Laboral	Adaptación de mobiliario, pausas activas y ajuste de carga laboral	Julio 2025	Pendiente

Fuente: Autores

La implementación del Sistema de Vigilancia de Seguridad y Salud en el Laboratorio Químico Ambiental permite una gestión de riesgos mas eficiente, garantizando condiciones de trabajo más seguras, y el cumplimiento de normativas nacionales e internacionales. Mediante la implementación de controles preventivos, monitoreo y capacitaciones, se espera reducir incidentes y mejorar la seguridad y salud ocupacional.

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En función de la evaluación realizada mediante la metodología propuesta por la INRS, se identificaron un total de 40 productos químicos utilizados en el área ensayos físico-químicos del laboratorio químico ambiental, presentan diferentes niveles de riesgo, donde se obtuvo las categorías según el nivel de riesgo como; probablemente elevado, moderado y a priori bajo. La evaluación reveló que los procedimientos de uso y la deficiente ventilación relacionada a la protección colectiva del área de trabajo son elementos críticos que incrementan la exposición a los trabajadores, finalmente dando como resultado 9 de productos químicos con riesgo probablemente elevado; 7 productos químicos con riesgo moderado y 24 productos químicos con riesgo a priori bajo. Acorde a los resultados obtenidos se propuso condiciones de mejora con base a lo establecido por la jerarquía de controles de riesgos, donde por las condiciones presentadas en el laboratorio se propuso medidas enfocadas en la manipulación de los productos químicos como los dispensadores automáticos con materiales resistentes y cabinas de seguridad en las áreas de trabajo para limitar el acceso de los trabajadores, en relación a la ventilación del área, se propone un sistema de extracción localizada mediante una campana de extracción de gases, para la renovación del aire y evitar la acumulación de vapores, finalmente para complementar las medidas propuestas se establecen controles administrativos que incluyen protocolos estandarizados y capacitaciones periódicas.
- En la presente investigación se identificó que el nivel de riesgo no está relacionada por la cantidad de cada producto químico, debido a que en los ensayos físico-químicos las cantidades utilizadas de productos químicos son mínimas, mientras que en función de sus características físico-químicas y toxicológicas se identificaron indicaciones de peligro para la salud humana con 32 frases H, teniendo como peligro más frecuente lesiones oculares y como más graves, la muerte en caso de ingestión o cáncer.
- Se realizó el levantamiento de información mediante entrevistas, observaciones in situ, listas de chequeo y revisión documental donde se identificó las condiciones del área de ensayos físico-químico y almacenamiento que presentan ventilación mecánica y natural deficiente, espacio limitado, etiquetado de productos químicos inadecuado, almacenamiento incorrecto, y falta de equipos de protección personal acorde al puesto de trabajo.
- Se realizó la cuantificación de los productos químicos en función de los ensayos físico-químicos realizados por parte del laboratorio químico ambiental, donde se identificaron 40 sustancias químicas más utilizadas en función de los parámetros acreditados más demandados como tensoactivos, cianuros, DBO, nitrógeno Kjeldahl, nitrógeno amoniacal, THP, aceites y grasas, alcalinidad, carbono orgánico total, materia orgánica en suelos, metales, sulfuro en suelos y fenoles.
- Se propuso un sistema de vigilancia basado en conocer el área de trabajo, la identificación de riesgos y la evaluación de exposición de riesgos en el puesto de

trabajo, equipos de protección personal, capacitación y sensibilización y la matriz de evaluación y mejora continua.

5.2. Recomendaciones

- Desarrollar un plan de emergencia para laboratorio químico ambiental acorde a los riesgos identificados para la mejora de respuesta ante emergencias, proporcionando protocolos claros y específicos para cada tipo de incidente identificados, logrando así la reducir la probabilidad de accidentes y cumpliendo con la normativa legal establecida.
- Implementar la norma ISO 45001 para la gestión de seguridad y salud en el trabajo para garantizar la seguridad y salud en los trabajadores creando un entorno que minimice los riesgos laborales, mediante la identificación, evaluación y control de riesgos identificados en el laboratorio química ambiental, complementado con auditorías internas, capacitaciones continuas, creando así una cultura de seguridad, donde todos los empleados estén comprometidos por el bienestar y prevención de riesgos laborales, reduciendo costos por posibles accidentes, mejorando la confianza de los trabajadores y mejorando la reputación del laboratorio, fomentando la mejora continua.
- Se recomienda el cambio de infraestructura y rediseño de espacios de trabajo para el laboratorio químico ambiental, creando espacios adecuados para la preparación de muestras, análisis, almacenamiento y gestión de desechos, optimizando el flujo de trabajo, priorizando las condiciones de trabajo como ventilación, manejo de sustancias evitando interferencias y contaminación cruzada, y manejo de residuos, para así controlar la exposición a sustancias químicas peligrosas y minimizar los riesgos laborales.

BIBLIOGRAFÍA

- Beltrán, B. (2022). Manejo seguro de sustancias químicas basados en la resolución 773 de 2021. *Gestión de La Seguridad y La Salud En El Trabajo*, 4(2), 15–17.
- CIQE. (2024). *GUÍA DE RESPUESTA EN CASO DE EMERGENCIA 2024*.
- Decreto Ejecutivo No. 255 (2024).
- Elnagar, E., Düvier, C., Batra, Z., Christoffersen, J., Mandin, C., Schweiker, M., & Wargocki, P. (2024). Creating a comprehensive framework for design, construction and management of healthy buildings. *Energy and Buildings*, 324. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2024.114883>
- Encarnación, M., Rodríguez, S., & Tejedor Traspaderne, J. N. (2012a). *Notas Técnicas de Prevención Chemical agents: a qualitative and simplified assessment of inhalation risk (III). INRS based method Agents chimiques: évaluation qualitative et simplifiée du risque par inhalation (III). Méthode basé dans INRS Redactores*.
- Encarnación, M., Rodríguez, S., & Tejedor Traspaderne, J. N. (2012b). *Notas Técnicas de Prevención Chemical agents: a qualitative and simplified assessment of inhalation risk (III). INRS based method Agents chimiques: évaluation qualitative et simplifiée du risque par inhalation (III). Méthode basé dans INRS Redactores*.
- EU-OSHA. (2018). *Dangerous substances | Safety and health at work EU-OSHA*. <https://osha.europa.eu/en/themes/dangerous-substances>
- IESS. (2018). *Seguro general de riesgos del trabajo boletín estadístico*. www.iesgob.ec.
- INSST. (2008). *Higiene industrial*.
- INSST. (2019). *Riesgos Laborales Químicos*. <https://www.insst.es/materias/riesgos/riesgos-quimicos#paginate-2>
- INSST. (2022). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo*. <https://www.insst.es/catalogo-de-publicaciones>
- INSST. (2024a). *Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. 2024*. <http://cpage.mpr.gob.es>
- INSST. (2024b). *Límites de exposición profesional para agentes químicos en España. 2024*. <http://cpage.mpr.gob.es>
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT). (2017). *NTP-1.080: Agentes químicos: jerarquización de riesgos potenciales (método basado en el INRS)*.

- ISTAS. (2022). *Agentes Químicos peligrosos*. <https://istas.net/istas/riesgo-quimico/agentes-quimicos-peligrosos>
- Naciones Unidas. (2023). *Sistema globalmente armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos*.
- NTE INEN 2266. (2013). *Transporte, etiquetado, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos*.
- NTE INEN-ISO 11014. (2015). *Hoja de datos de seguridad para productos químicos*.
- NTE INEN-ISO 45001. (2018). *Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo*. www.iso.org
- Organización Internacional del trabajo. (2024, January 28). *Seguridad química y medio ambiente*. <https://www.ilo.org/es/temas/seguridad-y-salud-en-el-trabajo/seguridad-quimica-y-medio-ambiente>
- Organización Mundial de la Salud. (2017, November 30). *Protección de la salud de los trabajadores*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/protecting-workers'-health>
- Organización Mundial de la Salud. (2024). *Exposición a productos químicos peligrosos*. <https://www.who.int/es/tools/occupational-hazards-in-health-sector/exposure-to-hazardous-chemicals>
- OSHA. (2022). *Chemical Hazards and Toxic Substances - Overview | Occupational Safety and Health Administration*. <https://www.osha.gov/chemical-hazards>
- Reglamento (CE) 1272/2008 Del Parlamento Europeo y Del Consejo, Pub. L. No. 1272/2008, 1 (2008). <https://eur-lex.europa.eu/>
- Société Générale de Surveillance. (2023, October 6). *Higiene industrial*. <https://www.sgs.com/es-pe/noticias/2023/10/fases-higiene-industrial>
- Villalobos, W., Sibaja, J., Mora, J., & Álvarez, B. (2021). *Evaluación riesgos químicos*. <https://doi.org/https://doi.org/10.18845/tm.v34i2.4977>