

**Guía para la Evaluación de la Exposición Ocupacional a Sustancias Químicas en
Procesos de Estimulación de Pozos Petroleros en Colombia.**

AUTORES

JOHN EDINSON CALDERÓN SÁNCHEZ

JORGE LUIS ESCUDERO PÉREZ

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

FACULTAD DE MEDICINA

ESPECIALIZACIÓN EN HIGIENE INDUSTRIAL

BOGOTÁ D.C.

2024

**Guía para la Evaluación de la Exposición Ocupacional a Sustancias Químicas en
Procesos de Estimulación de Pozos Petroleros en Colombia.**

AUTORES

JOHN EDINSON CALDERÓN SÁNCHEZ

JORGE LUIS ESCUDERO PÉREZ

Asesor Temático:

Ing. Hernán Antonio Valderrama Sánchez

Asesora Metodológica

Dra. Clara Margarita Giraldo Luna

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

FACULTAD DE MEDICINA

ESPECIALIZACIÓN EN HIGIENE INDUSTRIAL

BOGOTÁ D.C.

2024

Nota de Aprobación

Director de Investigaciones

Ing. Hernán Antonio Valderrama Sánchez

Dra. Clara Margarita Giraldo Luna

Directora División de Posgrados

Director de Programa

Lidy Yadira Cetina Castillo

Jurado

Nota de salvedad de responsabilidad institucional

La Universidad El Bosque no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético de este, en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

Agradecimientos

Con gran emoción y satisfacción hemos escalado un nuevo peldaño profesional, sin embargo, este logro no hubiese sido posible sin el apoyo de nuestras familias; quienes sienten la misma alegría que nosotros. De tal manera que, a cada uno de ellos, agradecemos el acompañamiento, la confianza y la paciencia con la que nos animaron a continuar y nos motivaron a seguir adelante.

De igual manera, agradecemos nuestros tutores y docentes, que con pasión y respeto han compartido su conocimiento con nosotros. Ellos han sido, también, parte fundamental durante este proceso; pues las dudas y los interrogantes no se hubieran resuelto sin su enseñanza. Prometemos que las palabras sabias, las recomendaciones y los consejos serán plasmados en la ejecución de nuestras actividades laborales o personales.

Indudablemente, estudiar en la Universidad El Bosque ha sido una gran experiencia. Cada momento, cada espacio, cada risa o cada anécdota quedarán en nuestra mente para agregarlas al libro de la vida.

De hecho, pertenecer a esta institución no hubiese sido posible sin el apoyo de las compañías a las que prestamos nuestros servicios profesionales, brindarnos el espacio para adelantar la especialización nos hace privilegiados, así que nuestro agradecimiento por pertenecer a ellas.

Infinita gratitud por siempre.

Dedicatoria.

¡Dios hace todo posible!

Dios nos colocó en este lugar, en este momento y él hizo posible que hoy estemos ad- portas de graduarnos como Especialistas en Higiene Industrial. En nuestro proyecto, Dios tuvo el timón, él nos dirigió, nos envió ideas y nos iluminó para culminarlo con éxito. Así que nuestra dedicatoria es primeramente a Dios, a nuestras familias y nuestros profesores por su gran dedicación y esfuerzo por hacernos cada día mejores profesionales.

Guía de Contenido

Agradecimientos	5
Dedicatoria	6
Guía de Contenido	7
Introducción.	12
1. Marco Referencial.	14
1.1. Estimulación de pozos petroleros.	14
1.2 Sustancias químicas presentes en las operaciones de estimulación.....	17
1.2.1. ACPM (Aceite combustible para motores, Diesel Fuel Oil; Fuel Oil N.º 2).....	17
1.2.2. Xileno y sus sinónimos: Metil tolueno, Xileno, Xilol, Xileno Mezcla.....	18
1.2.3. Ácido Acético	19
1.2.4. Otras sustancias químicas utilizadas en estimulación de pozos.....	20
2. Aspecto normativo en Colombia para la gestión de riesgos químicos.	21
3. Estado del arte.	27
4. Problema.	31
5. Justificación.	33
6. Objetivos.	37
6.1. Objetivo General.	37
6.2 Objetivos Específicos.....	37
7. Aspectos Metodológicos.	38
7.1. Tipo de estudio.....	38

7.2	<i>Unidad de análisis.</i>	38
7.3	Técnicas de recolección de la información.	38
8	Materiales y métodos.	39
9	Consideraciones éticas.	40
10	Resultados.	41
10.1	Aspectos generales de seguridad en la operación de estimulación.	42
10.2	<i>Caracterización de proceso de estimulación de pozos petroleros.</i>	44
10.3	<i>Sustancias químicas en el proceso de estimulación.</i>	44
10.4	<i>Guía para la evaluación de la exposición ocupacional a sustancias químicas en los procesos de estimulación de pozos petroleros en Colombia</i>	46
11	<i>Discusión.</i>	48
12	<i>Conclusiones.</i>	50
13	<i>Recomendaciones.</i>	52
14	<i>Anexos.</i>	55
15	<i>Referencias.</i>	56
	Ilustración 1 Flujograma de Guía de actuación.	46

Basados en la preocupación por los peligros y riesgos a los que se exponen las diferentes personas que laboran en la explotación, perforación y estimulación de pozos petroleros en Colombia, nació la investigación para mitigar los daños y enfermedades que pueden causar en el ser humano las sustancias químicas utilizadas en los procesos.

El objetivo de este estudio está relacionado con la creación de una guía que propenda a la evaluación de la exposición ocupacional de los compuestos que puedan estar presentes durante la estimulación en los pozos de producción de petróleo, cuando han disminuido su capacidad natural de expulsión de petróleo y se busca extraer al máximo dicho material.

Con base en ello, y teniendo en cuenta las normas, leyes, decretos y resoluciones que ha implementado tanto el Ministerio de Salud como el Ministerio de Trabajo, se establecen algunos requisitos en una guía para tener en cuenta durante la práctica de los métodos o procesos de estimulación. De igual manera, es importante añadir que las actividades de campo para conocer la realidad de la situación fueron realizadas en un pozo ubicado en el municipio de Yaguará, ubicado a aproximadamente a una hora de distancia de Neiva, capital del departamento del Huila.

Palabras claves: Estimulación de pozos, exposición ocupacional, sustancias químicas

Key words: Well stimulation, occupational exposure, chemicals.

Resumen.

la estimulación de pozos de petróleo convencionales es un conjunto de técnicas empleadas para mejorar la productividad en situaciones de declive en la producción natural. Se enfatiza la importancia de la recuperación secundaria de hidrocarburos mediante la inyección de sustancias químicas a altas presiones, también conocida como estimulación, la cual involucra el uso de diversos productos químicos. La variabilidad en cantidad, concentración y combinaciones de estos productos químicos plantea riesgos para la salud y seguridad de los trabajadores de la industria petrolera.

Dada la potencial exposición de los trabajadores a sustancias químicas, se propone una guía práctica para la gestión integral de los riesgos higiénicos ocupacionales derivados de estas exposiciones. Esta propuesta incluye la caracterización de los procesos operacionales y la creación de un inventario para identificar las sustancias utilizadas. La estrategia para cuantificar la exposición de los trabajadores propone la conformación de grupos de exposición similar y selección del tamaño de la muestra, selección de métodos de muestreo de alto reconocimiento a nivel mundial como (NIOSH, OSHA, EPA), entre otros.

El objetivo principal es prevenir posibles efectos adversos para la salud de los trabajadores en el mediano y largo plazo, proporcionando herramientas para la identificación y mitigación de riesgos en el entorno laboral.

La guía, propone comprender la operación y la forma en que podría presentarse la exposición ocupacional a las sustancias utilizadas. Apuntando a proporcionar una visión detallada y práctica para mejorar la seguridad y salud de los trabajadores en la industria.

Abstract.

Conventional oil well stimulation is a set of techniques used to improve productivity in situations of decline in natural production. The importance of secondary recovery of hydrocarbons through the injection of chemicals at high pressures, also known as stimulation, which involves the use of various chemicals, is emphasized. The variability in quantity, concentration, and combinations of these chemicals poses health and safety risks to workers in the oil industry.

Given the potential exposure of workers to chemical substances, a practical guide is proposed for the comprehensive management of occupational hygiene risks arising from these exposures. This proposal includes the characterization of operational processes and the creation of an inventory to identify the substances used. The strategy to quantify the exposure of workers proposes the formation of groups of similar exposure and selection of the sample size, selection of sampling methods of high recognition worldwide such as (NIOSH, OSHA, EPA), among others.

The main objective is to prevent possible adverse effects on workers' health in the medium and long term, providing tools for the identification and mitigation of risks in the work environment.

The guide proposes to understand the operation and the way in which occupational exposure to the substances used could occur. Aiming to provide a detailed and practical vision to improve the safety and health of workers in the industry.

Introducción.

La estimulación de pozos de petróleo convencionales es un conjunto de técnicas que se utilizan para mejorar su productividad, sin embargo, se realiza cuando la producción natural comienza a declinar.

Es importante resaltar que para mantener la presión el pozo, una de las actividades que se realiza es la recuperación secundaria de hidrocarburos en el proceso de inyección, también llamada estimulación.

Dicha operación se puede ejecutar a través de dos técnicas; la ácida y la orgánica, procesos que requieren del uso de diversos productos químicos, tales como: **Varsol, Diesel, Bicarbonato de Sodio, Etanol, Soda Cáustica, Xileno, Ácido Acético y Ácido Fórmico.**

La cantidad de productos químicos, la concentración de las sustancias y las mezclas pueden variar en tiempo, modo y lugar. Precisamente es ahí donde se considera la existencia de riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores de la industria.

Los riesgos para la salud que se derivan del trabajo con productos químicos son, sin duda, de los más complejos de analizar dada la variedad de efectos nocivos que ejerce sobre el organismo humano; los efectos de las sustancias tóxicas pueden ser de carácter agudo o crónico. Por consiguiente, el objetivo principal de la presente investigación es aportar a las organizaciones dedicadas a la estimulación de pozos petroleros en Colombia una guía práctica para la gestión integral de los riesgos higiénicos ocupacionales que se pueden derivar de las posibles exposiciones en los trabajadores del sector.

Con el propósito de que haya buenas técnicas y prácticas de la higiene industrial, desde la identificación, inventario y caracterización de las sustancias químicas que pueden ser utilizadas durante el proceso de estimulación de pozos petroleros, se propone como recurso inicial una guía de inventario para el registro e identificación de cada una de las sustancias que estarán en uso. Se recomienda una estrategia para la toma de decisiones en cuanto a la evaluación de la exposición de los trabajadores ocupacionalmente expuestos, sobre todo en aquellas compañías donde la nómina de trabajadores es amplia y los recursos disponibles para la prevención son limitados.

Una vez realizado el inventario de las sustancias químicas, la guía orienta a los administradores del Sistema de Gestión de Salud y Seguridad en el Trabajo (SG-SST) hacia los métodos utilizados (NIOSH, OSHA, EPA, Etc.) para la cuantificación de la exposición.

La importancia de tener clara la presencia y concentración de contaminantes en el ambiente de trabajo está relacionada con prevenir los posibles efectos para la salud que se pueden generar por la exposición a las sustancias químicas durante el proceso de estimulación de hidrocarburos para mitigar el impacto que pueda ocasionar en los seres humanos.

Se recomienda utilizar como estrategia de evaluación la conformación de grupos de exposición similar, recomendada en las guías de atención integral basadas en la evidencia, y que son adoptadas por la Resolución 2488 de 2007, expedida por el Ministerio de la Protección Social, como estrategia para la vigilancia y cuidado de la salud de los trabajadores dedicados a las tareas operativas en la estimulación de pozos petroleros.

1. Marco Referencial.

1.1. Estimulación de pozos petroleros.

La estimulación de pozos petroleros es un conjunto de técnicas y prácticas utilizadas en la industria del petróleo con el objetivo de mejorar la productividad y la recuperación de hidrocarburos de un pozo. Se lleva a cabo cuando la producción natural del pozo es insuficiente debido a diversas razones, como la baja permeabilidad de la formación rocosa, la presencia de sedimentos o la obstrucción de los canales de flujo. Algunas de las técnicas de estimulación de pozos más comunes incluyen la facturación hidráulica, conocida como Fracking, que consiste en inyectar fluidos a alta presión en la formación rocosa para romper y mejorar la permeabilidad, permitiendo que el petróleo y el gas fluyan fácilmente en la extracción.

El Campo Yaguará surgió de la identificación de daño de formación en los pozos Z y C en 2013-2017, que se tradujo en una disminución significativa de los canales de flujo, lo que a su vez impactó negativamente en la producción de petróleo. Para abordar esta problemática, se consideró esencial aplicar técnicas de estimulación con el objetivo de restaurar y mejorar la permeabilidad de la formación, permitiendo así una recuperación más eficiente de los hidrocarburos presentes en el subsuelo (1).

En el 2003 se consolidó la reestructuración del sector hidrocarburífero colombiano con la creación de la Agencia Nacional de Hidrocarburos como respuesta a la situación crítica que atravesaba Colombia debido a la disminución de las reservas petroleras que, eventualmente, llevaría al país a convertirse en importador de crudo.

De esta forma, la Agencia Nacional de Hidrocarburos adquirió de Ecopetrol su labor de administrador y regulador del recurso hidrocarburífero de la nación, y comenzó la transformación de Colombia en un país nuevamente prospectivo y atractivo para los inversionistas nacionales y extranjeros. Sin embargo, Ecopetrol mantiene todas las áreas que tenía bajo operación directa y los contratos de Asociación firmados hasta 31 de diciembre de 2003 (2).

Según el informe de gestión emitido por la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH), en Colombia las estadísticas muestran que la explotación va en aumento de acuerdo con los reportes de producción fiscalizada de petróleo. El rendimiento en la producción impacta en horas de trabajo, mano de obra, recursos y por supuesto, mayor uso de sustancias químicas en las operaciones de estimulación (3).

Dada la necesidad de mantener y mejorar la producción de hidrocarburos en Colombia como estrategia de garantía de la seguridad energética del país, la explotación de hidrocarburos inicialmente tiene un mecanismo de producción primaria durante el cual el crudo, el gas y el agua, fluyen gracias a la energía del yacimiento que se va reflejando debido a la presión.

Una vez esta energía no es suficiente para aportar el caudal deseado de hidrocarburos, se procede a implementar un proceso secundario llamado estimulación que, en la mayoría de los casos, se hace con inyección de agua. Este proceso se implementa anticipadamente debido a la baja presión que presente el yacimiento durante el proyecto.

Problemas como el taponamiento, la corrosión y la formación de escamas están directamente relacionados con el fluido que se inyecta y las características geológicas del yacimiento, pues estos

provocan la disminución de la permeabilidad, la restricción en el flujo a través de tuberías, el daño en las facilidades de superficie, entre otras, la cual lleva, además, a una disminución en la producción.

En resumen, estos problemas son resultado de la relación natural entre el agua que se inyecta, los fluidos que se originan, las características fisiológicas de la formación y el estado mecánico de cada uno de los pozos.

Una vez se ha detectado la presencia de problemas en los pozos inyectoros, se procede a evaluar las causas con el fin de determinar el tipo de tratamiento o estimulación que podría combatir la complicación. Los tratamientos pueden ser preventivos o correctivos y estos deben ser aplicados directamente en el fondo del pozo buscando mejorar la calidad de agua de inyección, promoviendo la optimización del proceso de inyección.

Posteriormente, el líder del proyecto define las sustancias químicas a utilizar y sus cantidades; en esta decisión se pueden tomar dos vías: la estimulación ácida, que implica la aplicación controlada de ácidos, (ácido acético y ácido fórmico), o la estimulación orgánica que consiste en inyectar al pozo sustancias como Varsol, Diesel (ACPM), Bicarbonato de Sodio, Etanol, Soda Cáustica y Xileno.

1.2 Sustancias químicas presentes en las operaciones de estimulación.

1.2.1. ACPM (Aceite combustible para motores, Diesel Fuel Oil; Fuel Oil N.º 2)

El (ACPM) presenta actualmente frases de riesgo para la salud las cuales se recopilan a continuación.

- H226 significa que la sustancia es considerada como líquido y vapor inflamable.
- H304 puede ser mortal en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
- H332 es nocivo en caso de inhalación.
- H315 puede provocar irritación cutánea.
- H350 podría desencadenar en un cáncer.
- H401 es considerado tóxico para los organismos acuáticos con efectos nocivos duraderos.

Los efectos en ojos por contacto con ACPM, la exposición a sus vapores, humos o nieblas puede causar irritación en los ojos.

Si el contacto del ACPM es con la piel, de manera repetida y por tiempo prolongado, puede resultar en pérdida de las grasas naturales, enrojecimiento, inflamación, comezón, agrietamiento y posible infección secundaria.

De igual manera, la inhalación de vapores orgánicos del ACPM puede ser nocivo y causar náuseas, dolor de cabeza, mareo e inconsciencia; además, causar irritación del aparato respiratorio.

El principal efecto agudo a altas concentraciones por vías respiratorias es la depresión del sistema nervioso central. Los efectos incluyen euforia, excitación, dolor de cabeza, desvanecimiento,

somnolencia, visión borrosa, fatiga, temblores, convulsiones, pérdida de conciencia, coma, interrupción de la respiración y muerte.

1.2.2. Xileno y sus sinónimos: Metil tolueno, Xileno, Xilol, Xileno Mezcla

El Xileno presenta actualmente frases de riesgo para la salud las cuales se recopilan a continuación.

- H226 significa que la sustancia es considerada como líquido y vapor inflamable.
- H304 los vapores pueden ser mortales en caso de ingestión y penetración en las vías respiratorias.
- H315 El contacto con la sustancia puede provocar irritación cutánea.
- H319 puede causar irritación ocular grave.
- H335 puede irritar las vías respiratorias.
- H371 afectará diferentes órganos.

Es importante tener en cuenta que en caso de que el Xileno tenga contacto con la piel, el trabajador debe lavarse, inmediatamente, con abundante agua, durante al menos 20 minutos, quitarse la ropa contaminada y lavarla muy bien antes de volverla a usar.

Si el Xileno es inhalado, el trabajador debe ser trasladado a un lugar con aire limpio, y en lo posible, se recomienda suministrarle respiración artificial. Si presenta dificultad respiratoria, suminístrele oxígeno. Se debe evitar la exposición al producto tomando las medidas de protección adecuadas.

1.2.3. Ácido Acético

El Ácido Acético presenta actualmente frases de riesgo para la salud las cuales se recopilan a continuación.

- H226 Líquido y vapor inflamables - Advertencia Líquidos inflamables.
- H314 Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares - Peligro Corrosión o irritación cutánea. H318 Provoca lesiones oculares graves - Peligro Lesiones oculares graves/irritación ocular.

El ácido acético es monocarboxílico simple que contiene dos carbonos, cumple la función como disolvente prático, inflamable por encima de 39°C, y al poder formarse mezclas explosivas de vapor/aire existe riesgo de incendio y explosión en contacto con oxidantes fuertes.

Si el ácido acético es inhalado, produce dolor de garganta, tos con sensación de quemazón, dolor de cabeza, vértigo, jadeo y dificultad respiratoria.

Los posibles efectos por el contacto del ácido acético con la piel están relacionados con dolor, enrojecimiento, quemaduras cutáneas y ampollas.

Si el contacto del ácido acético es con los ojos, el trabajador tendrá enrojecimiento, dolor, quemaduras graves y/o pérdida de visión (4).

En consideración de los posibles efectos para la salud de las sustancias químicas referenciadas anteriormente, es importante considerar la naturaleza fisicoquímica de estas como la reactividad, la hidrosolubilidad, la liposolubilidad y la acidez; estas características determinarán el tipo de efecto.

1.2.4. Otras sustancias químicas utilizadas en estimulación de pozos.

Sustancias como el formaldehído y algunos alcoholes tienen gran hidrosolubilidad, su acción se produce a nivel de vías aéreas superiores dañando el epitelio bronquial. Si la intensidad de la exposición es suficiente, podría iniciar el mecanismo que desencadena un síndrome de disfunción reactiva de las vías aéreas (5).

2. Aspecto normativo en Colombia para la gestión de riesgos químicos.

El aspecto normativo sobre riesgo químico en el sector petrolero de Colombia se encuentra establecido en varias leyes y regulaciones que establecen los requisitos y responsabilidades para las empresas petroleras y los trabajadores en la gestión de riesgos químicos. A continuación, se presentan algunas de las normas más importantes:

Ley 9 de 1979: cita las medidas sanitarias, estableciendo las obligaciones de las empresas en la prevención de riesgos laborales, incluyendo los riesgos químicos. Asimismo, establece las sanciones en caso de incumplimiento.

Resolución 2400 de 1979: establece las normas de seguridad e higiene industrial. Esta resolución establece los requisitos para la prevención de riesgos químicos en el sitio de trabajo, incluyendo la identificación y control de sustancias peligrosas.

Decreto 1609 de 2002: reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.

Resolución 909 de 2008: establece las normas y estándares para la gestión del riesgo químico. Allí reposan los procedimientos y requisitos para la identificación, evaluación y control de los riesgos químicos, así como las obligaciones de los empleadores y trabajadores en su gestión.

Decreto 1073 26 de mayo de 2015: expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía".

Resolución 1956 de 2017: establece el reglamento técnico para el transporte terrestre de mercancías peligrosas. Enumera los requisitos para los envases, el etiquetado y el transporte de sustancias peligrosas.

Resolución 8321 de 2018: dicta los requisitos para la gestión integral de residuos peligrosos generados en establecimientos que produzcan, transformen, utilicen o comercialicen sustancias químicas. Además, establece los requisitos para la gestión de residuos químicos generados en el sector petrolero.

Decreto 1496 De 2018: Por el cual se adopta el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos y se dictan otras disposiciones en materia de seguridad química.

Resolución 773 de 2021: El Ministerio del Trabajo y el Ministerio de Salud y Protección Social expidieron esta resolución para definir las acciones que deben desarrollar los empleadores para la aplicación del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos en los sitios de trabajo.

La Circular del 28 de abril de 2023 habla del sistema de gestión de operación en pozos – implementación fase 2.

Ley 9 de 1979: TÍTULO III, Salud Ocupacional. ARTICULO 80. Para preservar, conservar y mejorar la salud de los individuos en sus ocupaciones, la presente Ley establece normas tendientes a:

Prevenir todo daño para la salud de las personas, derivado de las condiciones de trabajo.

Proteger a la persona contra los riesgos relacionados con agentes físicos, químicos, biológicos, orgánicos, mecánicos y otros que pueden afectar la salud individual o colectiva en los lugares de trabajo.

Eliminar o controlar los agentes nocivos para la salud en los lugares de trabajo.

Proteger la salud de los trabajadores y de la población contra los riesgos causados por las radiaciones.

Proteger a los trabajadores y a la población contra los riesgos para la salud provenientes de la producción, almacenamiento, transporte, expendio, uso o disposición de sustancias peligrosas para la salud pública.

ARTICULO 81. La salud de los trabajadores es una condición indispensable para el desarrollo socioeconómico del país; su preservación y conservación son actividades de interés social y sanitario en las que participan el Gobierno y los particulares.

ARTICULO 82. Las disposiciones del presente título son aplicables en todo lugar de trabajo y a toda clase de trabajo, cualquiera que sea la forma jurídica de su organización o prestación, regulan las acciones destinadas a promover y proteger la salud de las personas.

Todos los empleadores, contratistas y trabajadores quedarán sujetos a las disposiciones del presente título y sus reglamentaciones.

PARAGRAFO. Los contratistas que empleen trabajadores por este solo hecho, adquieren el carácter de empleadores para los efectos de este título y sus reglamentaciones.

ARTICULO 98. En todo lugar de trabajo en que se empleen procedimientos, equipos, máquinas, materiales o sustancias que den origen a condiciones ambientales que puedan afectar la salud y seguridad de los trabajadores o su capacidad normal de trabajo, deberán adoptarse medidas de higiene y seguridad necesarias para controlar en forma efectiva los agentes nocivos, y aplicarse los procedimientos de prevención y control correspondientes.

ARTICULO 99. En los lugares de trabajo donde no es posible mantener los agentes nocivos dentro de los valores límites a que hace referencia el artículo 110, una vez aplicadas las medidas apropiadas de medicina, higiene y seguridad, se deberán adoptar métodos complementarios de protección personal, limitación de trabajo humano y los demás requerimientos que determine el Ministerio de Salud.

ARTICULO 100. El Ministerio de Salud establecerá métodos de muestreo, medición, análisis e interpretación para evaluar las condiciones ambientales en los lugares de trabajo, en concordancia con los artículos 101, 102, 103 y 104 de la presente norma.

Resolución 0312 de 2019: Bajo la cual se establecen los estándares mínimos del SG-SST. “Los presentes Estándares Mínimos corresponden al conjunto de normas, requisitos y procedimientos de obligatorio cumplimiento de los empleadores y contratantes, mediante los cuales se establecen, verifican y controlan las condiciones básicas de capacidad técnico-administrativa y de suficiencia patrimonial y financiera indispensables para el funcionamiento, ejercicio y desarrollo de actividades en el Sistema de Gestión de SST”.

Resolución 0312 del 2019: CAPÍTULO III, Estándares mínimos para empresas de más de cincuenta (50) trabajadores clasificados con riesgo I, II, III, IV o V y de cincuenta (50) o menos trabajadores con riesgo IV o V.

Asignación de una persona que diseñe e implemente el Sistema de Gestión de SST.

Asignar una persona que cumpla con el siguiente perfil: el diseño e implementación del Sistema de Gestión de SST podrá ser realizado por profesionales en SST, profesionales con posgrado en SST, que

cuenten con licencia en Seguridad y Salud en el Trabajo vigente y el curso de capacitación virtual de cincuenta (50) horas.

Además de las regulaciones mencionadas anteriormente, es importante destacar que en Colombia existen organismos encargados de supervisar y hacer cumplir estas normas en el sector petrolero. Es el caso de la Agencia Nacional de Hidrocarburos –ANH- que tiene como objetivo supervisar y regular la exploración, producción y transporte del petróleo y sus derivados, en el país.

La ANH cuenta con un programa de gestión que incluye la identificación, evaluación y control de los riesgos asociados a la exploración y producción de hidrocarburos, incluyendo los riesgos químicos. Este programa establece requisitos específicos para la gestión de riesgos en todas las fases de la actividad petrolera, desde la exploración hasta el transporte y almacenamiento de los productos.

Otro organismo encargado de la supervisión y cumplimiento de las normas en el sector petrolero es el Ministerio de Minas y Energía, a través de su Dirección de Hidrocarburos que es la responsable de establecer y hacer cumplir las políticas y regulaciones en el sector petrolero, incluyendo las normas sobre riesgo químico.

La gestión del riesgo químico en el sector petrolero no solo se limita a cumplir con las normas y regulaciones, sino que también implica promover una cultura de seguridad entre los trabajadores y fomentar la participación de ellos en la identificación y control de los riesgos. Para lograr esto, las empresas petroleras en Colombia suelen implementar programas de capacitación y entrenamiento en seguridad y salud ocupacional para sus empleados, incluyendo formación en manejo de sustancias químicas y procedimientos de emergencia en caso de incidentes. Es común que las empresas petroleras

realicen evaluaciones periódicas de los riesgos químicos en sus instalaciones y operaciones para identificar posibles mejoras en sus procedimientos y controles de seguridad.

La gestión del riesgo químico en Colombia es un tema de gran importancia dado el alto potencial de daño que pueden generar las sustancias químicas utilizadas en la exploración, producción y transporte de hidrocarburos.

El marco normativo y los organismos reguladores establecen los requisitos mínimos para la gestión de estos riesgos, pero también es importante que las empresas petroleras promuevan una cultura de seguridad y efectúen evaluaciones periódicas para identificar posibles mejoras en sus procedimientos y controles de seguridad.

3. Estado del arte.

La industria petrolera en Colombia ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas, siendo la estimulación de pozos una práctica clave para mejorar la producción y la recuperación de hidrocarburos.

Características Geológicas y Petroleras

Se destaca la diversidad geológica de las cuencas colombianas, desde los yacimientos convencionales en la Cuenca de los Llanos hasta los desafíos específicos de la estimulación en formaciones no convencionales. Se revisan estudios que exploran las características petrofísicas y geoquímicas de los pozos colombianos sujetos a estimulación.

La gestión de riesgos químicos en la estimulación de pozos de petróleo se ha convertido en un tema de gran importancia debido a los posibles efectos negativos en la salud humana y el medio ambiente. La implementación de medidas adecuadas de prevención y control de riesgos es esencial para minimizar los riesgos logrando garantizar la seguridad y la salud de los trabajadores y las comunidades cercanas.

De acuerdo con los informes de la Agencia Nacional de Hidrocarburos, (ANH). Colombia cuentan con un interesante potencial para desarrollar en el mediano plazo, con gas metano en vetas de carbón (gas y líquidos) y en el largo plazo, con arenas bituminosas. Para lograr esto, el país debe enfrentar limitaciones en la disponibilidad de información geológica, hidrogeológica, sísmica, baja oferta de personal especializado, problemas de seguridad, incentivos económicos y regulación técnica y socio ambiental (6).

Esta última es de gran importancia dado que el alcance del marco normativo y regulatorio actual está diseñado para el desarrollo de yacimientos convencionales, lo cual es un punto de partida. Sin embargo, la escala en las actividades de producción, los volúmenes de agua residual, aguas de producción y fluido de retorno, los requerimientos para su recuperación y permisos socio ambientales son mayores, por lo cual es recomendable que se manejen por separado. Por tal razón, es indispensable que la nueva regulación identifique y evalúe previamente los impactos ambientales, sociales y económicos para que a través de herramientas normativas las compañías operadoras garanticen la protección de la salud humana y del medio ambiente en sus actividades de exploración y producción de yacimientos no convencionales.

El Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, en apoyo con la organización de las Naciones Unidas para el desarrollo industrial (ONUDI), creó el perfil nacional de sustancias químicas en Colombia. El propósito inicial de un perfil nacional sobre sustancias químicas es proveer un documento que se convierta en un instrumento de gestión para el país; por ello, es importante que cubra todas las etapas del ciclo de vida de las sustancias químicas, que vincule estas etapas con los compartimentos ambientales y que, además, relacione estos elementos con la salud humana; en otras palabras debe ser un instrumento de gestión del enfoque estratégico para la gestión de sustancias químicas que integre principalmente tres aspectos: sustancias químicas – medio ambiente y salud humana, esto sin dejar de lado otros aspectos conexos como los jurídicos, económicos, financieros, regulatorios, de capacitación, de investigación y aun políticos (7).

Estudio dinámico sistémico de los efectos Ambientales del fracking en Colombia

El fracking es un método de extracción de gas y petróleo que consiste en someter a una fuerte tensión el subsuelo de zonas en las que no hay yacimientos para fracturar las rocas y obtener el combustible. Pero

las consecuencias que tiene para el medio ambiente han catalogado esta técnica como peligrosa. Uno de los países que produce más petróleo en el mundo es Estados Unidos con 13 millones de barriles al día, disminuyendo así el precio de este. Básicamente están comprando menos para así producir más, gracias al fracking. Por parte de Colombia, el panorama cambia ya que la geología es diferente, mientras que las reservas de aguas estadounidenses no pasan los 400 metros de profundidad, en Colombia ya extraemos agua potable a 1.500 metros de profundidad, en resumen, tenemos pozos subterráneos mucho más profundos, por lo tanto, la posibilidad de un mal consumo de agua no reutilizable es visto como problema mayor junto con la baja comprensión de este tema en Colombia (8).

La técnica de extracción de hidrocarburos conocida como fracking ha sido cuestión de debate en el país y en el mundo. La práctica representa un riesgo enorme por los daños irreversibles que podría causar al medioambiente y a la salud pública. Hasta el momento, no hay certeza científica de que los impactos de dicha práctica son evitables o mitigables, por ello, se debe recurrir al principio de precaución y no adelantar proyectos de este tipo

Más allá de estos riesgos, diversos estudios advierten que el fracking podría causar fugas de metano, un gas de efecto invernadero y mayor actividad sísmica en las zonas de extracción. Asimismo, afectaría los bosques a gran escala, debido a la cantidad de área que debe ser despejada para su implementación. Esto tendría consecuencias directas sobre los ecosistemas, causando fragmentación de hábitat y erosión del suelo.

Colombia no cuenta con estudios sólidos sobre los riesgos ambientales de esta práctica y aún se desconoce el estado de las aguas subterráneas que podrían resultar afectadas y no cuenta con un marco normativo para gestionar los pasivos ambientales que puedan generarse (9).

Las diversas investigaciones relacionadas abordan el tema de la estimulación de pozos petroleros desde lo social, cultural, económico y operacional. Sin embargo, no se encuentran investigaciones dedicadas a la exposición ocupacional con un enfoque directo hacia la higiene industrial y las etapas que se deben abordar para garantizar ambientes de trabajo en condiciones adecuadas en términos de la protección de la salud de los trabajadores en el mediano y largo plazo.

4. Problema.

La importancia de abordar los peligros químicos en la estimulación de pozos de petróleo se fundamenta en el control del riesgo que puede provocar la exposición ocupacional a los diferentes compuestos.

Dentro de la investigación e información suministrada por el personal involucrado en las labores de estimulación de pozos petroleros, se determinó que los métodos de prevención están enfocados en el control inmediato, es decir, en la seguridad industrial y su estándar principal de implementación del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) en cumplimiento de la Resolución 773 de 2021.

Otro aspecto encontrado es la vigilancia de los ambientes de trabajo relacionados con niveles de explosividad y cuantificación de las posibles fugas de H₂S al ambiente como prácticas de trabajo seguro, es claro que este seguimiento es fundamental y clave de éxito en las operaciones, pero, se deja de lado otros factores trascendentales como el monitoreo de la exposición ocupacional a otras sustancias químicas que pueden estar presentes y generar enfermedades laborales a mediano y largo plazo.

En Colombia, la vigilancia de la salud por exposición a sustancias químicas derivadas de los hidrocarburos se orienta desde la Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional, basada en la evidencia para trabajadores expuestos al benceno y sus derivados (GATISO-BTX-EB) tal como lo indica la Resolución 2488 del 2007. Sin embargo, dentro de la amplia revisión literaria realizada se encontraron líneas de investigación, estudios de estructura metodológica de la gestión de los peligros químicos para todos los sectores, la información disponible en su gran mayoría se orienta hacia la producción, el impacto ambiental, los eventos por derrames, el impacto en las comunidades y las dinámicas económicas de la industria del petróleo.

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, sobre lo recomendado en las guías de atención integral basadas en la evidencia se plantea lo siguiente: **¿Qué elementos se deben considerar para establecer una guía para la evaluación de la exposición ocupacional a sustancias químicas que pueden estar presentes en la estimulación de pozos petroleros?**

5. Justificación.

Los proyectos de estimulación de pozos petroleros en Colombia generalmente están ubicados en campamentos geográficamente distantes, ocasionalmente con acceso limitado por las condiciones climáticas, el mal estado de las vías o por problemas de orden público. Uno de los departamentos con mayor cantidad de pozos es Casanare que cuenta con el 37% de los pozos explorados (10).

Los departamentos de Antioquia, Putumayo, Córdoba, Casanare y Meta históricamente han tenido problemas en sus zonas rurales tales como: desplazamiento forzado, minería ilegal, presencia de grupos al margen de la ley y falta de oportunidades académicas para sus habitantes que ha desencadenado que haya la falta de profesionales especializados en el área de higiene industrial en dichas regiones (11).

Todos estos aspectos o problemáticas que han sufrido a lo largo de la historia del país diferentes comunidades en la geografía nacional son factores determinantes que condicionan la efectividad en la prestación de servicios en higiene industrial desde otras regiones.

Los problemas sociales, demográficos y territoriales en algunos departamentos en los cuales se desarrollan operaciones de estimulación de pozos petroleros, pueden suponer dificultades en la disponibilidad de profesionales, recursos tecnológicos, procesos de apoyo, asesoría y consultoría; sin embargo, la normatividad vigente mediante la Resolución 2400 de 1979 en el Título III establece las normas generales sobre riesgos físicos, químicos y biológicos en los establecimientos de trabajo.

Los límites de exposición ocupacional adoptados para Colombia, se establecen en el artículo 154 de la Resolución 2400 de 1979: “En todos los establecimientos de trabajo en donde se lleven a cabo operaciones y procesos con sustancias nocivas o peligrosas que desprendan gases, humos, neblinas, polvos, etc. y vapores fácilmente inflamables, con riesgo para la salud de los trabajadores, se fijarán los niveles máximos permisibles de exposición a sustancias tóxicas, inflamables o contaminantes atmosféricos industriales, en volumen en partes de la sustancia por millón de partes de aire (ppm) en peso en miligramos de la sustancia por metro cúbico de aire (mg/m^3) o en millones de partículas por pie cúbico de aire (mpp^3) de acuerdo con la tabla establecida por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales, o con los valores límites permisibles fijados por el Ministerio de Salud”.

La Resolución 0312 del 2019, asigna el perfil para el responsable del SG-SST, así, como también establece dentro de los estándares mínimos realizar mediciones ambientales de los riesgos prioritarios provenientes de peligros químicos, físicos y/o biológicos.

En consideración de los requisitos normativos y del perfil básico del responsable del Sistema de Gestión en Salud y Seguridad de las organizaciones, los requisitos que no obligan a que el profesional cuente con formación y experiencia en temas directamente relacionados con el diseño e implementación de programas para la identificación, caracterización, diagnóstico e implementación de estrategias en higiene industrial. Por consiguiente, la presente investigación pretende aportar al profesional SST del sector de interés, una guía enfocada en la identificación, caracterización y direccionamiento hacia los métodos de cuantificación de la exposición a sustancias químicas. El aporte pretende cerrar algunas brechas que se describen a continuación.

La investigación sobre el diseño de una guía para la gestión de los peligros químicos en la estimulación de pozos de petróleo en Colombia, desde la Higiene Industrial, es conveniente debido a su pertinencia en la mitigación de los riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores involucrados en la operación.

Si bien, existen diversas herramientas para la identificación y caracterización de las sustancias químicas que pueden estar presentes en los lugares de trabajo, la necesidad de crear una guía basada en las estrategias específicas en higiene industrial, busca fortalecer los métodos preventivos para cuidar la salud de los trabajadores, principalmente desde el punto de vista preventivo, logrando un control sobre la posible incidencia y prevalencia de los efectos que se puedan asociar con la exposición a sustancias químicas utilizadas en los procesos de estimulación.

La forma cómo la guía busca realizar prevención sobre la exposición de los trabajadores a las sustancias químicas utilizadas en los procesos de estimulación de pozos se basa en el inventario de sustancias presentes en las operaciones y la definición de estrategias para la evaluación ocupacional de cada agente químico involucrado.

De esta manera, la guía permite identificar, caracterizar y monitorear la exposición ocupacional de los trabajadores, aportando información de alta relevancia hacia las áreas de control de riesgos químicos y medicina del trabajo.

En cuanto al valor teórico, este estudio ayuda a llenar un vacío en el conocimiento existente sobre la gestión de riesgos químicos en la estimulación de pozos de petróleo en Colombia. La guía para

la gestión preventiva puede generalizarse para mejorar la comprensión de las mejores prácticas en la gestión de riesgos químicos en toda la industria del petróleo y gas.

En términos de utilidad metodológica, el estudio permite la creación de un instrumento para recolectar y analizar datos sobre la gestión de riesgos químicos en la estimulación de pozos de petróleo. Asimismo, el estudio ayudará a definir con mayor precisión los conceptos, variables y relaciones entre ellas que son relevantes en este campo, los hallazgos de la investigación también pueden sugerir maneras más efectivas de estudiar la población de trabajadores en la industria del petróleo y gas en Colombia y otros contextos similares.

6. Objetivos.

6.1. Objetivo General.

Diseñar una guía para la evaluación de la exposición ocupacional a sustancias químicas en los procesos de estimulación de pozos petroleros en Colombia.

6.2 Objetivos Específicos.

- Caracterizar los procesos de estimulación de pozos como forma de entender la operación y la forma en la cual se puede presentar una exposición ocupacional a las sustancias utilizadas en el proceso.
- Identificar las sustancias químicas utilizadas en los procesos de estimulación de pozos petroleros.
- Proponer una guía para evaluación de la exposición ocupacional a sustancias químicas que pueden estar presente en los procesos de estimulación de pozos petroleros en Colombia.

7. Aspectos Metodológicos.

7.1. Tipo de estudio.

Se realizó una investigación con un diseño exploratorio para proponer una guía para la evaluación de la exposición a sustancias químicas que pueden estar presentes en los procesos de estimulación de pozos de petróleo en Colombia.

7.2 Unidad de análisis.

La unidad de análisis correspondió a la información de los procesos que se obtuvo de la empresa del sector de hidrocarburos, dedicada a la prestación de servicios de mantenimiento y reacondicionamiento de pozos de petróleo, gas y agua, creada desde el 3 de marzo de 1986.

7.3 Técnicas de recolección de la información.

Se recolectó información en campo sobre aspectos generales y de seguridad de los procesos, información que la organización comparte al momento de realizar la inducción de seguridad para ingreso a las instalaciones, trabajadores en turno a cargo de la operación y búsqueda de información científica en bases de datos tales como: GESTIS Substance Database, Pubchem, NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards, OHS Organizations Around the World y normativa colombiana vigente, hojas de seguridad de la sustancias químicas utilizadas en el proceso de estimulación.

8 Materiales y métodos.

Se realizó una revisión de la literatura y documentos técnicos relacionados con esta técnica de extracción de hidrocarburos.

Se consultó a expertos y trabajadores en la industria del petróleo y gas en campo (Yaguará, Huila, pozo Mango 35), sobre el proceso de estimulación que permitió obtener una descripción detallada y precisa del proceso.

Se llevó a cabo una revisión de documentos como la “Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Trabajadores Expuestos a benceno y sus derivados (GATISO-BTX-EB)”, Resolución 2400 de 1979, ley 009 de 1979, Instructivo de bombeo de fluido al pozo, bases de datos científicas sobre sustancias químicas.

Adicionalmente, se consultó información en diferentes entidades de alto prestigio científico a nivel internacional tales como la Sociedad Belga de Higiene Ocupacional es la asociación científica de Bélgica para la higiene ocupacional que cuenta con un programa de protección global de la salud de los trabajadores de la (ACGIH), Grupos de riesgo y evaluación de riesgos (Government of Canada).

9 Consideraciones éticas.

En todo el proceso de investigación fueron considerados criterios éticos respecto al manejo de las fuentes documentales respetando siempre los derechos del autor, de igual manera, se tuvo como pilar fundamental de la investigación el respeto, la justicia, la responsabilidad, la honestidad y la libertad.

Esta investigación tiene claro el respeto a la dignidad de la persona, así que lo que se formule en la guía metodológica, será pensando en proteger la integridad física de los seres vivos que se beneficien de este.

El estudio tendrá la autonomía de los 2 investigadores, quienes no tienen intereses personales o propios sobre el beneficio de alguien en particular, por otro lado, la beneficencia se ve reflejada con el fin de la guía de promover el bienestar de los trabajadores en las empresas que la utilicen.

Aquí no se constituye un riesgo conforme a lo estipulado en el artículo 11 de la Resolución 8490 de 1993 de Ministerio de Salud, ya que es un estudio que emplea técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y no realiza ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos (12).

10 Resultados.

El enfoque de la guía se fundamenta en las buenas prácticas de higiene industrial, por consiguiente, se fundamenta en tres pilares determinantes.

1. Caracterización operacional del proceso de estimulación de un pozo petrolero.
2. Inventario y caracterización de las sustancias químicas que pueden estar presentes en los procesos de estimulación.
3. Guía para la evaluación de la exposición ocupacional a sustancias químicas en los procesos de estimulación de pozos petroleros en Colombia.

Anexo 3. Guía para la gestión Higiene Ocupacional” lleva a la ejecución de acciones que le permiten al profesional en campo entender y comprender de una manera sencilla y fácil la forma en la cual puede desarrollar una vigilancia de la exposición ocupacional a sustancias químicas desde las buenas prácticas en higiene industrial.

10.1 Aspectos generales de seguridad en la operación de estimulación.

Para más información acerca del proceso de estimulación acida u orgánica, ver Anexo 1. caracterización de un proceso de Estimulación.

Tabla N° 1. Seguridad en operación de estimulación.

1	La operación de estimulación requiere autorización del líder Company Man y es responsabilidad directa del encuellador ejecutar la acción que debe ser supervisada de manera permanente por el profesional de Seguridad y Salud en el trabajo (HSE) o el Supervisor de operaciones.
2	Previo al bombeo, se debe asegurar que los accesorios a conectar en el equipo de circulación sean compatibles, en cuanto al tipo de conexión, capacidad y presión de trabajo, para garantizar la hermeticidad e integridad del sistema.
3	Armado del equipo de circulación, atendiendo las recomendaciones establecidas en el procedimiento para el arme y desarme de equipos de “Workover”.
4	Se debe contar con las hojas de seguridad de los fluidos a bombear y los aditivos químicos adicionados a los mismos. Para manipularlos de manera segura, se deben tomar las medidas de seguridad en caso de una emergencia.
5	Se debe verificar que las condiciones atmosféricas sean las ideales para realizar la operación.
6	Prácticas previas al bombeo
7	Antes del bombeo, el jefe de equipo, profesional de Seguridad y Salud en el trabajo (HSE) y miembros de la cuadrilla deberán tener claro los criterios de operación.
8	Cantidad y tipo de fluido a bombear y riesgos asociados a la operación.
9	Identificar claramente el tipo de fluido almacenado en cada uno de los tanques.
10	De ser necesario, realizar el análisis de riesgo correspondiente (ATS). La elaboración de este ATS será obligatoria cuando la naturaleza del fluido a bombear genere riesgo para el personal o el medio ambiente.
11	Los tanques deben estar debidamente aforados y el encuellador debe contar con un mecanismo de medida.
12	Las líneas de circulación y válvulas a manipular deben estar alineadas al pozo, por tubing o anular, debidamente aseguradas con sistemas de seguridad.
13	Realizar el recorrido de bombeo para identificar claramente la alineación de las válvulas y desplazamiento del fluido.

14	Verificar y calibrar la válvula de seguridad de la bomba a la máxima presión de trabajo esperada. Tener en cuenta que cada válvula permite la instalación de dos pines y su rango de operación.
15	Tener en cuenta que entre mayor sea el diámetro de camisa, menor será la presión de trabajo.
16	Utilizar mangueras metálicas para manejar presiones. Las mangueras encauchadas únicamente deben ser utilizadas para transferencia de fluidos.
17	En caso de requerir el bombeo de fluidos ácidos, se debe consultar con el departamento de operaciones y mantenimiento para revisar la condición. Tener en cuenta que este tipo de fluidos requieren empaquetaduras especiales para garantizar la manipulación segura del fluido.
18	Verificar la tasa de bombeo a utilizar de acuerdo con el programa del pozo u orden emitida por escrito por parte del representante del cliente.
19	Verificar la línea de descarga de la bomba con cadena o anclaje atornillado, no usar manilas para asegurar esta línea de descarga.
20	Una vez realizada la reunión, el jefe de equipo debe revisar minuciosamente el sistema de bombeo para garantizar el estricto cumplimiento de las anteriores recomendaciones.
21	Garantizar que el personal ajeno a la operación no se encuentre sobre las líneas de bombeo. Definir y señalar el área de circulación.
20	Finalizado el bombeo, drenar el sistema y verificar la no existencia de presiones entrampadas que puedan generar lesiones a las personas, daños a los activos o contaminaciones.

Una vez iniciada la investigación, se observaron diferentes aspectos relevantes que sirvieron como fundamentos para el cumplimiento de los objetivos planteados.

10.2 Caracterización de proceso de estimulación de pozos petroleros.

Mediante recolección y documentación de información en campo se logró describir y caracterizar los procesos de estimulación tanto ácida como orgánica. Cuyo contenido se encuentra descrito en el Anexo 1 Caracterización de un proceso de Estimulación.

La estimulación orgánica, consiste en inyectar al pozo sustancias químicas tales como: Diesel, Varsol (solvente de Stodarrrd), Etanol, Soda Caustica, Xileno.

La estimulación ácida, ocurre cuando por motivos operacionales se requiere de la inyección de las siguientes sustancias. Ácido Acético, Ácido Fórmico.

10.3 Sustancias químicas en el proceso de estimulación.

Como resultado de la descripción y caracterización de los procesos de estimulación se generó la matriz de sustancias químicas que pueden estar presentes dentro del proceso de estimulación de pozos petroleros bien sea acida u orgánica. Para conocer su contenido diríjase al Anexo 2. Matriz Higiene Ocupacional.

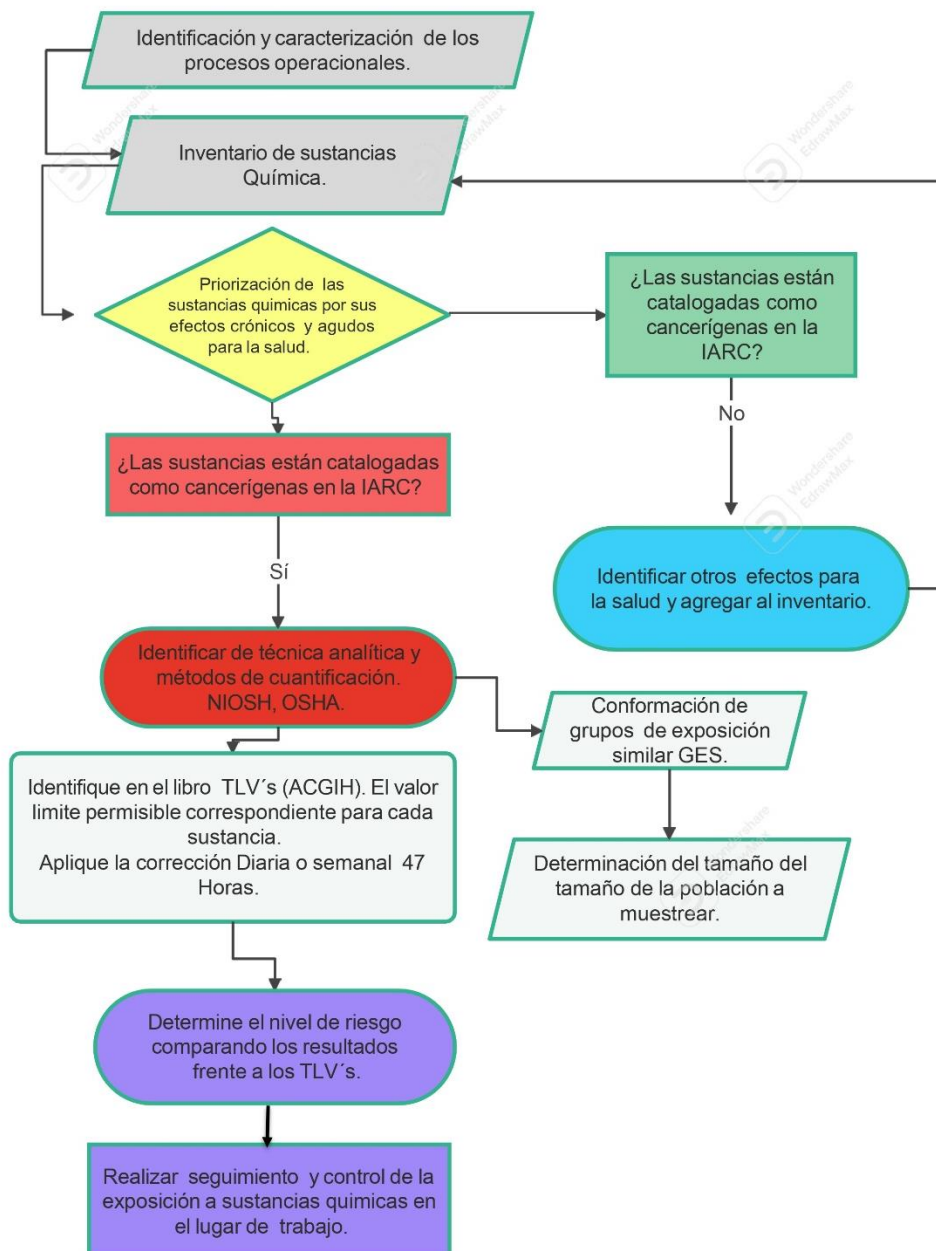
En la búsqueda de información de diferentes fuentes se logró establecer que en Colombia no existe normatividad o estándares directamente relacionadas con la exposición ocupacional a sustancias químicas en los procesos de estimulación de pozos petroleros con abordaje integral desde la higiene industrial; por lo que se evidenció que dichas operaciones no cuentan con estándares o procedimientos específicos que tenga como finalidad la caracterización de las operaciones, la identificación, clasificación

y caracterización de las sustancias químicas con un enfoque de higiene industrial, como tampoco se observó que existan guías destinadas a la cuantificación de la exposición ocupacional para dicho sector productivo.

La identificación, caracterización y determinación de la exposición a sustancias químicas en la estimulación en pozos petroleros, contempla los aspectos en forma conjunta (sustancias químicas, ambiente de trabajo y fuerza laboral) lo que lleva a una mayor comprensión, seguimiento y control de la exposición a las diversas sustancias químicas que pueden utilizarse en un proceso de estimulación ácida u orgánica.

10.4 Guía para la evaluación de la exposición ocupacional a sustancias químicas en los procesos de estimulación de pozos petroleros en Colombia

Ilustración 1 Flujograma de Guía de actuación.



Un tercer elemento generado es la guía para la evaluación de la exposición ocupacional a sustancias químicas en los procesos de estimulación de pozos petroleros en Colombia, la cual ha sido diseñada de forma práctica y fácil de aplicar en campo; los resultados que deriven de la aplicación de esta, permiten la construcción de planes de acción, planes de intervención, capacitación del personal, mejora en los proceso de adquisición y compra de elementos de protección personal, mejora en la adquisición de sustancias químicas que lleven a mejores resultados con menor capacidad afectaciones para salud de los trabajadores y al medio ambiente en consideración de la Resolución 0312 del 2019, estándares mínimos SST, entre otras acciones que promuevan a la mejora de los procesos. Ver anexo 3.

11 Discusión.

La guía para la gestión integral de los riesgos químicos en la estimulación de pozos de petróleo se centra en la reducción de la exposición potencial y los posibles impactos en la salud humana y el medio ambiente.

Primero, se destaca la importancia de la implementación de medidas de prevención y control de riesgos para garantizar la seguridad y salud de los trabajadores, la identificación y evaluación de riesgos asociados a través de estudios específicos tales como la cuantificación de la exposición a sustancias químicas en el lugar de trabajo son fundamentales para diseñar medidas adecuadas.

La adaptación del marco normativo actual para abordar las particularidades de los yacimientos no convencionales se considera esencial. Se destaca la necesidad de una regulación que identifique las necesidades en material de higiene industrial, enfocadas como herramientas normativas para garantizar la protección de la salud de los trabajadores desde etapas tempranas como el inicio de la vida laboral.

La creación de perfiles nacionales de sustancias químicas, como la iniciativa del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible en colaboración con la (ONUDI), se presenta como una herramienta estratégica. Estos perfiles no solo deben abordar aspectos ambientales y de salud humana, sino también considerar elementos de higiene industrial, jurídicos, económicos, financieros, regulatorios, de capacitación, de investigación en sectores específico por su alto potencial de afectaciones para la salud y el medio ambiente.

El debate sobre el fracking en Colombia añade otra capa a la discusión técnica, destacando las diferencias geológicas y las posibles consecuencias medioambientales. La falta de certeza científica sobre los impactos evitables o mitigables del fracking y la necesidad de aplicar el principio de precaución se resaltan como aspectos críticos, sin ampliar información acerca de los posibles efectos sobre la salud de los trabajadores que pueden estar potencialmente expuestos a sustancias químicas utilizadas como aquellas que pueden derivar del proceso de extracción del hidrocarburo.

Si bien, diversos estudios abordan la gestión de riesgos químicos en la estimulación de pozos petroleros desde diversas perspectivas técnicas, destacando la necesidad de medidas preventivas, adaptación normativa, evaluación de impactos y consideración de aspectos multidisciplinarios para garantizar la seguridad y la protección de la salud de los trabajadores en el largo plazo; en Colombia la gestión de la exposición a sustancias químicas que puedan estar presentes en los lugares de trabajo, se aplica desde las buenas prácticas de seguridad que respecta la Resolución 773 de 2021, por la cual se definen las acciones que deben desarrollar los empleadores para la aplicación del Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) en los lugares de trabajo y se dictan otras disposiciones en materia de seguridad química.

No obstante, todo lo que comprende al SGA, se enfoca en la seguridad. Lo que se plantea en la guía para la evaluación de la exposición ocupacional a sustancias químicas en los procesos de estimulación de pozos petroleros en Colombia, es servir de complemento abordando los riesgos que pueden suscitar las sustancias químicas desde la higiene industrial para la vigilancia y control de la exposición en el lugar de trabajo en el largo plazo.

12 Conclusiones.

La caracterización detallada de los procesos de estimulación de pozos ha demostrado ser esencial para comprender tanto la operación general como los riesgos asociados a la exposición ocupacional a las sustancias utilizadas en este proceso. A través de un análisis exhaustivo, se ha logrado identificar y evaluar las diversas etapas de la estimulación de pozos, desde la selección de fluidos hasta la ejecución en el sitio. Siendo la selección y preparación de las sustancias químicas en el tanque de agitación en donde se puede presentar una potencial exposición para la salud de los trabajadores; otro aspecto considerado crítico es la conexión y desconexión de los sistemas de trasiego de sustancia químicas desde los camiones cisterna hacia los tanques de agitación.

En la estimulación ácida se identifica que los trabajadores se pueden estar expuesto en términos de conexión y la desconexión del sistema de líneas unos 20 minutos o lo que tarde el acoplo y desacople de líneas de trasiego. Una vez el trabajador instala el sistema todo ocurre por líneas.

En la estimulación orgánica se identifica que los trabajadores se pueden exponer el 50% de un turno de trabajo de 12 horas, toda vez que el proceso de preparación de sustancias (Varsol (solvente de Stodardd), etanol, soda caústica, Xileno, Ácido Acético, Ácido Fórmico), en el tanque de agitación al ser manual el proceso es más lento por lo que supone una exposición potencial mayor en tiempo frente a la preparación del proceso para la estimulación ácida.

Este análisis detallado ha permitido el diseño de una matriz de higiene ocupacional con el propósito de mitigar los riesgos asociados a la exposición ocupacional. Además, la identificación de las sustancias químicas utilizadas en el proceso ha brindado la oportunidad de evaluar su impacto potencial en la salud humana y el medio ambiente, facilitando la toma de decisiones informadas y la adopción de prácticas más sostenibles.

La investigación ha destacado la importancia de la formación y concientización del personal involucrado en la estimulación de pozos, enfatizando las prácticas seguras y promoviendo un ambiente de trabajo saludable. Además, la caracterización detallada ha abierto la puerta a posibles innovaciones y mejoras en los métodos de estimulación, buscando continuamente reducir los riesgos para la salud y minimizar el impacto ambiental.

La identificación de las sustancias químicas utilizadas en los procesos de estimulación de pozos petroleros no solo cumple con el objetivo propuesto, sino que también proporciona una base esencial para la gestión eficiente, segura y sostenible de esta actividad clave en la industria energética.

Se logra diseñar una guía donde se muestran los procesos de estimulación de pozos, se identifican tareas, sustancias químicas utilizadas y forma de exposición de los trabajadores a dichas sustancias.

13 Recomendaciones.

La falta de una guía práctica y detallada para la gestión integral de los riesgos higiénicos ocupacionales en la estimulación de pozos petroleros en Colombia crea un escenario donde las empresas tienden a enfocarse en medidas de seguridad inmediatas, descuidando la protección a largo plazo de la salud de los trabajadores. La variabilidad en la cantidad, concentración y mezclas de productos químicos utilizados durante la estimulación exige un enfoque más específico.

Se ha identificado una brecha significativa en la identificación, evaluación y control de la exposición ocupacional a sustancias químicas que podrían afectar la salud de los trabajadores involucrados en la estimulación de pozos petroleros. En este proceso, se emplean diversas sustancias químicas como (ACPM, Xileno, Ácido Acético), entre otras, que presentan riesgos tanto a corto como a largo plazo para la salud de los trabajadores.

El propósito fundamental de esta investigación es proporcionar a las organizaciones dedicadas a la estimulación de pozos petroleros en Colombia una guía práctica para la gestión integral de los riesgos higiénicos ocupacionales derivados de la exposición a sustancias químicas. La guía propuesta abarca la caracterización de procesos, estrategias para la identificación y cuantificación de sustancias químicas, evaluación de la exposición, y recomendaciones para implementar medidas preventivas y de control que vayan más allá de la seguridad inmediata, garantizando la protección a largo plazo de la salud de los trabajadores.

Rol de la Academia.

La academia desempeña un papel fundamental en la creación, generación y difusión de nuevos conocimientos. Por lo que se recomienda:

Fomentar la investigación académica para desarrollar métodos innovadores en la evaluación de exposición ocupacional en procesos de estimulación de pozos petroleros.

Apoyar investigaciones que adapten las metodologías de evaluación a las condiciones específicas en materia de higiene industrial en el contexto nacional.

Colaboración Interdisciplinaria, Enfoque Multidisciplinario. Fomentar la colaboración entre expertos en Higiene Industrial, química, ingeniería y otras disciplinas relevantes para abordar de manera integral la evaluación de exposición en la estimulación de pozos.

Programas de Investigación Conjunta. Incentivar la formación de programas de investigación conjunta entre instituciones académicas y la industria petrolera para abordar desafíos en materia de higiene industrial en pro de la protección de la salud y seguridad de los trabajadores.

Formación Especializada. Desarrollar programas de formación especializada en evaluación de riesgos químicos en la industria petrolera, incorporando avances tecnológicos y normativas actuales.

Organiza cursos y seminarios que aborden específicamente la evaluación de exposición ocupacional en los procesos de estimulación de pozos, brindando a estudiantes y profesionales las habilidades necesarias para el abordaje del tema en particular dada su alta importancia.

Incentivar la contribución de la academia en la revisión y mejora continua de normativas y estándares relacionados con la evaluación de exposición ocupacional a sustancias químicas en los procesos de estimulación de pozos petroleros en Colombia.

Realizar investigaciones y publicaciones que promuevan la adopción de buenas prácticas en la evaluación de exposición ocupacional, basadas en la realidad colombiana.

Establecer programas de monitoreo para evaluar y adaptar metodologías de evaluación ante los avances tecnológicos y cambios en la industria petrolera.

Facilitar la retroalimentación constante entre la academia y profesionales en la industria para mejorar la relevancia y aplicabilidad de las investigaciones académicas.

Las recomendaciones buscan fortalecer la contribución de la academia en la evaluación de exposición ocupacional a sustancias químicas en los procesos de estimulación de pozos petroleros en Colombia, promoviendo la innovación, la colaboración interdisciplinaria y la formación especializada.

14 Anexos.

- *Anexo N° 1 Caracterización de un proceso de Estimulación.*
- *Anexo N° 2 Matriz Higiene Ocupacional.*
- *Anexo N° 3 Guía para la gestión Higiene Ocupacional*
- *Anexo N° 4 Infografía de Guía Higiene Ocupacional*

15 Referencias.

1. William Alejandro Moreno Agudelo Lmpa. Análisis De Trabajos Críticos De Estimulación. [Online].; 2019 [Cited 2023 10 11. Available From:.
2. ANH. Agencia Nacional De Hidrocarburos. [Online].; 2022 [Cited 2023 09 12. Available From:.
3. ANH. Agencia Nacional De Hidrocarburos. [Online].; 2022 [Cited 2023 09 19. Available From:.
4. OMS Oyl. Con Laasistencia Financiera De La Comisión Europea. (Mayo 2010). ICSC 0363 - Ácido Acetico.
5. Trabajo Md. Guia De Atención Integral Basado En La Evidencia. Guia En Prevención Enfermedades Laborales. Bogotá., Riesgos Laborales ; 2006. Report No.: 4.
6. Santana MAS. [Proyecto De Grado:].; 2013 [Cited 2023 10 12.
7. Santana MAS. Proyecto De Grado: El Fracturamiento Hidráulico Y Sus Implicaciones Normativas Y Regulatorias Para El Desarrollo De Yacimientos No Convencionales En Colombia.. [Online].; 2013 [Cited 2023 09 11.
8. Higuera GV. [Estudio Dinámico Sistémico De Los Efectos Ambientales Del Fracking En Colombia].; 2020..
9. WWF Efperesdappye©LB. WWF. [Online].; 2022 [Cited 2023 11 10.
10. Republica Dl. La Republica. [Online].; 2017 [Cited 2023 09 11. Available From:
11. Republica Dl. La República. [Online].; 2021 [Cited 2023 09 11. Available From:.
12. Social Mdsydp. Minsalud. [Online].; 2022 [Cited 2023 09 11.
13. S.A.S V. Procedimiento De Estimulación [Procedimiento De Estimulación].; 2018 [Cited 2023 10 11. Available From: Documento En Fisico De La Organización.
14. (2009) Se. [Online].
15. (2011) Tdni3. [Online].
16. <https://istas.net/istas/riesgo-quimico/alternativas/metodos-de-evaluacion-de-alternativas/coshh-essentials>. Instituto Sindical De Trabajo, Ambiente Y Salud. [Online]. [Cited 2023. Junio.

17. Europea. E(Csisdlc..
18. Humanos Mdlisldrepls. <https://Monographs.Iarc.Who.Int/Agents-Classified-By-The-Iarc/>. [Online].
19. Health Dysio&E. <https://Www.Acgi.org/Growing-For-You/>. [Online].
20. Isaacs Ere1j. Historia Del Petróleo En Colombia. [Online].; 2001 [Cited 2023 10 10. Available From:
21. Evidencia Tmgdaibel. Min Trabajo. [Online].; 2006 [Cited 2023 08 12. Available From: Guía En Prevención Enfermedades Laborales. Bogotá, Riesgos Laborales ; 2006. Report No.: 4.
22. Petroleo Odmtdfledpd. Manejo Total De Fluidos En La Estimulación De Pozos De Petroleo. [Online].; 2001 [Cited 2023 09 12.
23. CDC Cpede. Instituto Nacional Para La Seguridad Y Salud Ocupacional (NIOSH). [Online].; 2017 [Cited 2023 10 10. Available From: <https://Www.Cdc.Gov/Spanish/Niosh/Npg-Sp/Npg-Sp.Html>.
24. Osha N. Cdc, Osha. [Online].; 2006 [Cited 2023 10 10. Available From:
25. Trabajo Md. Guía De Atención Integral De Salud Ocupacional Basada En La Evidencia Para Asma Ocupacional. 2006. Guia Para La Gestión Integral Del Riesgo OSHA Y NIOSH.
26. Niosh. Occupational Exposure Samplig Strategy Manuaal. 1st Ed. Occupational Nif, Editor. Washington D. C.: Center For Diseases Control; 1977.
27. Colombia Mdtysse. Guía De Atención Integral De Salud Ocupacional Basada En La Evidencia Para Asma Ocupacional. 2006. Guia Integral De Gestión Del Riesgo En Salud Y Segurdiad.
28. Preventiva Ecm. Valores Límite Permisibles De Los Agentes Asmogénicos. [Online].; 2006 [Cited 2023 10 10..
29. Trabajo Md. (GATISO-ASMA) Relacionado Con Factores De Riesgo En El Trabajo. GTISO. Bogotá: Ente Gubernamental Colombiano , Cudinamarca; 2006. Report No.: 4.
30. Social Mdtys. Guía De Atención Integral De Salud Ocupacional Basada En La Evidencia Para Trabajadores Expuestos A Benceno Y Sus Derivados (GATISO-BTX-EB). GUIA. Bogotá : Universiad Javeriana , Cudinamarca; 2007. Report No.: 2.







Anexo N° 1 Caracterización de un proceso de Estimulación Acida.

RECURSO HUMANO			ESTIMULACIÓN ACIDA	RECURSOS TÉCNICOS				
Personal involucrado en la labor de Estimulación	N° De trabajadores	Tiempo estimado Norma del proceso de Estimulación		Bomba manual de vacío	Tanque agitador	Unidad de Bombeo	Es un equipo de workover	
Un (1) supervisor de operaciones Un (1) supervisor HSE Cinco (5) Auxiliares técnicos	Cinco (5) Trabajadores involucrados directamente en la operación	El tiempo máximo de una estimulación es 12 horas, luego entran técnicos de laboratorio a tomar muestras para validar el efecto de la estimulación luego de lo resultados se toman decisiones con respecto a si se continua o no.	Estimulación Acida / Solo en la conexión de Camión sistema y sistema de líneas de Transporte directo. Acido Acético, Acido fórmico. : se bombean 300 Barriles de sustancia acida , se toma un tiempo de 60 minutos (5 barriles por Minutos)	Trasvasado manual desde los tambores hacia el tanque de agitación	Cargue de sustancias orgánico o acidas para mezclar y luego inyectar, previo al tanque agitador pueden ocurrir conexión directa al Carro tanque o cargue Manual con bomba de Vacío desde los tambores.	Es una unidad de bombeo, bombeo mecánico. se acopla al camión Cisterna para el paso de las sustancia ácidas, (ácido fórmico o ácido acético), pasa a la unidad de bombeo mecánico y de esa bomba salen lineaos o mangueras directas al pozo, enviando cinco barriles por minuto al pozo. desde la cabina el operador puede aumentar o disminuir la capacidad y la velocidad de barriles por minuto, observando que no hayan fugas en las mangueras que puedan colocar en riesgo la seguridad de los auxiliares en campo como tampoco la operación; verificando el nivel de fluido que hay en el camión cisterna, manejan presiones y controlan la operación.	Equipo con funciones para el mantenimiento y sellado del pozo , previene erupciones espontáneas no controladas	
			1.1) Traslado y parqueo del camión cisterna al lado del tanque de agitación para la conexión de las líneas de trasvasado / Cisterna a Tanque agitador.	 				
			Conexión de manguera de camión sistema y línea directa tanque agitador, tarea de corta duración, sin embargo, se considera altamente crítica al tratarse de sustancias acidas con alto poder de corrosión lo que puede causar quemaduras en la piel del auxiliar de operación en caso de una mala conexión.	2) Inspección, revisión, preparación de los equipos de apoyo trasvasado y tanque agitador.			3) Unidad de bombeo, luego de tener los sistemas conectados y cargados , se coloca en operación, la actividad es por sistema cerrado de inyección de las sustancias químicas desde el tanque agitador.	4) Conexión con unidad de bombeo y el equipo workover para la inyección controlada de las sustancias preparadas para la estimulación acida u Orgánica.
			Derrames , salpicaduras, fuga de vapores por limpieza inadecuada, material residual contenido en las mangueras.	Desprendimiento de válvulas , rupturas de mangueras por desgaste, fugas o fisuras de las líneas por altas presiones que maneja el sistema de bombeo.			Desprendimiento de válvulas , rupturas de mangueras por desgaste, fugas o fisuras de las líneas por altas presiones que maneja el sistema de bombeo.	

Anexo N° 1 Caracterización de un proceso de Estimulación Ácida.

ARMADO DE SISTEMAS DE INYECCIÓN Y CIRCULACIÓN	
<p>1) ARME EQUIPO DE CIRCULACIÓN. SISTEMA DE CIRCULACIÓN CONVENCIONAL EN POZO Ubique los tanques y las bombas de acuerdo con la distribución establecida en el (Lay Out) e instale geomembranas con sus respectivos diques en el área ocupada por estos equipos.</p>	
	
<p>Independiente del trabajo a realizar, conecte la bomba centrífuga al tanque de mezcla.</p>	
<p>2) VERIFIQUE QUE DESDE LA BOMBA DE LODOS SE TENGA ACCESO A LA SUCCIÓN DE TODOS LOS TANQUES DEL RIG</p>	
 <p>Succión bomba de lodos</p>	 <p>Succión tanque</p>
<p>3) CONECTE LA LÍNEA DE STAND PIPE DEL TANQUE AL POZO DEPENDIENDO DE LA NECESIDAD OPERACIONAL, TUBING (DIRECTA) O ANULAR (REVERSA).</p>	
 <p>Conexión Stand pipe tanque lodos</p>	 <p>Tubing Anular</p>
<p>4) CONECTE LA LÍNEA DE RETORNO AL MANIFOLD DEL POOR BOY.</p>	
 <p>Conexión manifold Poor boy</p>	<p>Verifique la instalación de los anietes de tubería de la BOP de acuerdo con el diámetro de la tubería en el pozo y su cierre correcto Conecte la línea de descarga desde el Poor Boy hasta el tanque No. 1 dejándola asegurada con su respectiva grapa</p> <p>En caso de necesitar bombear fluidos a la estación, conectar la línea de descarga de la bomba a la tubería o al anular dependiendo de la necesidad operacional (inversa o directa). Adicionalmente, la línea de retorno del pozo (por la tubería en inversa y por el anular en directa) se conecta a la bajante por medio de un flanche con conexión 1502</p> <p>Previo a lo anterior, el (COMPANY MAN) debe gestionar la debida autorización para el bombeo de fluido. Además, el recorridor encargado del área debe manipular la válvula de corte para abrirla cuando inicie el bombeo y cerrarla cuando este finalice. Asegurarse que el Company Man haya informado para que las líneas se encuentren abiertas para el bombeo</p>
<p>Garantice que los vehículos de transporte pesado tengan libre acceso al área de los tanques, especialmente al tanque de mezcla. Siempre que un vehículo vaya a ingresar al área designe un miembro de la cuadrilla para que guíe al conductor y evite incidentes</p>	
<p>Asegure mediante cables en acero las líneas alta presión e identifique estas zonas con cintas de seguridad.</p>	
<p>Asegúrese de dar el ajuste adecuado a conexiones y uniones de golpe.</p>	
<p>Realice prueba hidrostática al sistema antes de comenzar el trabajo, de tal forma que garantice hermeticidad del sistema de circulación.</p>	
<p>Evite que la línea de escape de emergencia del encuellador pase por encima de los tanques de almacenamiento. Así mismo los tanques deben localizarse en el lado opuesto a los exostos del motor de la unidad básica y/o de cualquier otro motor</p>	
<p>5) SISTEMA DE CIRCULACIÓN CON SUMINISTRO DIRECTO DE CISTERNAS Ubique las cisternas alineadas a la succión de la bomba de tal forma que no sea sino manipular las válvulas para la transferencia o suministro del fluido, instale recipientes debajo de las válvulas de la cisterna para prevenir derrame de fluidos o contaminaciones.</p>	
<p>Conecte la línea de succión a la cisterna, estas deben ser roscadas o dotadas con conexiones rápidas</p>	
<p>Verifique no haya presencia de fugas</p>	
<p>Alinear el sistema de suministro del fluido a bombear a la succión de la bomba.</p>	
<p>Dejando así el sistema listo para el bombeo de los fluidos al pozo.</p>	
<p>6) BOMBEO DE FLUIDOS AL POZO Y CIRCULACIÓN</p>	
<p>Verifique que las condiciones de seguridad mencionadas anteriormente estén acorde a las necesidades de la operación a iniciar.</p>	
<p>Encienda la bomba de lodos dejando en mínima al momento de encenderla y la centrífuga la cual ayuda a alimentar la bomba en la succión</p>	
<p>Verifique funcionamiento del Cuenta Stokes, manómetros, válvula de descarga cerrada y válvulas de refrigeración para los pistones</p>	
<p>7) ANTES DE INICIAR EL BOMBEO ENCIENDA LA TEA Y ALINEE LAS VÁLVULAS DEL CHOKE MANIFOLD</p>	
 <p>Manómetro</p>	 <p>Cuenta Stokes</p>
<p>Comience el bombeo de fluidos a baja rata y cerciórese que no haya fugas, así mismo incremente la rata de bombeo a la establecida en el programa y tenga en cuenta la máxima presión de bombeo para prevenir perjuicios al personal, a los equipos y/o al mismo pozo (fracturas de la formación).</p>	
<p>Controle la presión y caudal de retorno a través del Choke ajustable.</p>	
<p>Estabilizadas las condiciones normales de bombeo incremente la rata hasta el valor previamente acordado en el programa de trabajo o por el representante del cliente.</p>	
<p>Con la ayuda de un cuñero verifique el desplazamiento del fluido de forma manual, midiendo el nivel del tanque con la regla de aforo</p>	
<p>Al llegar a observar un incremento de las presiones por fuera de lo establecido en el programa de trabajo comunique inmediatamente al representante del Cliente y disminuya la velocidad de bombeo.</p>	
<p>Chequee que el nivel del fluido en el(los) tanque(s) baje al mínimo, esto genera que al sistema ingrese aire y genere golpeteo en la línea.</p>	
<p>Designe una persona vigilante del retorno de la línea de descarga que viene del separador de gas, para evitar reboses en los tanques, contaminación de fluidos almacenados en otros tanques.</p>	
<p>Una vez terminado el bombeo del fluido verifique la presión del sistema en general, comuníquelo al Cliente o su representante. Para aliviar presiones, abra la válvula de descarga lentamente llevando el registró de presión a cero.</p>	
<p>Verificada la presión del sistema en cero apague la tea.</p>	
<p>Apague la bomba de lodos de forma segura, nunca apague la bomba del apagado de emergencia, solo use este en caso de ser necesario</p>	
<p>8) DESARME EQUIPO DE CIRCULACIÓN SISTEMA CONVENCIONAL EN POZO.</p>	
<p>Verifique que la presión en el manómetro del sistema sea cero.</p>	
<p>Abra la válvula de descarga lentamente para relajar las potenciales presiones entrampadas.</p>	
<p>Realice flushing de las líneas y el sistema de circulación con agua limpia para prevenir derrame de fluidos peligrosos a la superficie o que generen contaminaciones en el área de trabajo</p>	
<p>Apague la bomba de lodos, e Inicie a desconectar las líneas de succión de la bomba, mangueras, instalando recipiente para prevenir que el fluido se derrame sobre la superficie y genere contaminaciones. Si se ha realizado bombeo de agua caliente tome las medidas necesarias para manipular los componentes del sistema y evitar quemaduras a los miembros de la cuadrilla.</p>	
<p>Recoja las mangueras, líneas y ubíquelas en el sitio asignado para su almacenamiento y asegúrelas para la próxima movilización o servicio.</p>	
<p>9) SISTEMA DE CIRCULACIÓN CON SUMINISTRO DIRECTO DE CISTERNAS</p>	
<p>Verifique que las cisternas que estén totalmente vacías.</p>	
<p>Verifique que la presión en la bomba de lodos sea igual a cero.</p>	
<p>Descargue presión de ser necesario por la válvula de descarga.</p>	
<p>Desconecte la cisterna con cuidado porque normalmente queda remanentes de fluidos, lo cual pueden generar lesiones a las personas, derrame de fluidos, contaminaciones. Realice esta actividad con un mínimo de dos personas y ubique recipientes para recolectar los fluidos sobrantes en las líneas</p>	
<p>Recoja las línea y manguera utilizadas en el bombeo, déjelas drenadas correctamente en pro de no generar derrames y goteos durante el transporte y almacenamiento.</p>	

Anexo N° 1 Caracterización de un proceso de Estimulación orgánica.

ETAPAS DE UN PROCESO DE ESTIMULACIÓN							
RECURSO HUMANO			ESTIMULACIÓN ORGÁNICA	RECURSOS TÉCNICOS			
Personal involucrado en la labor de Estimulación	N° De trabajadores	Tiempo estimado Norma del proceso de Estimulación		Bomba manual de vacío	Tanque agitador	Unidad de Bombeo	Es un equipo de workover
Un (1) Supervisor de operaciones Un (1) Supervisor HSE Cinco (5) Auxiliares técnicos	Cinco (5) Trabajadores involucrados directamente en la operación	El tiempo máximo de una estimulación es 12 horas, luego entran técnicos de laboratorio a tomar muestras para validar el efecto de la estimulación luego de lo resultados se toman decisiones con respecto a si se continua o no.	En la estimulación orgánica Auxiliares técnicos, cargue de sustancias de los tambores hacia el tanque agitador. Varsol, Diesel (ACMP), Bicarbonato de Sodio, Etanol, Soda Caustica, Xileno., entre otras.	Trasvasado manual desde los tambores hacia el tanque de agitación	Cargue de sustancias orgánico o acidas para mezclar y luego inyectar, previo al tanque agitador pueden ocurrir conexión directa al Carro tanque o cargue Manual con bomba de Vacío desde los tambores.	Es una unidad de bombeo, bombeo mecánico. se acopla al camión Cisterna para el paso de las sustancia ácidas, (ácido fórmico o ácido acético), pasa a la unidad de bombeo mecánico y de esa bomba salen lineas o mangueras directas al pozo, enviando cinco barriles por minuto al pozo. desde la cabina el operador puede aumentar o disminuir la capacidad y la velocidad de barriles por minuto, observando que no hayan fugas en las mangueras que puedan colocar en riesgo la seguridad de los auxiliares en campo como tampoco la operación; verificando el nivel de fluido que hay en el camión cisterna, manejan presiones y controlan la operación.	Equipo con funciones para el mantenimiento y sellado del pozo, previene erupciones espontaneas no controladas
							
Elementos de protección personal: •Casco •Overol antifluído •Caretas full face (Filtros para vapores Acidos y Organucos) •Botas pvc •Guante Nitrilo		Etapas para la estimulación	1) Agrupar los tambores de las sustancias (Varsol, Diesel, Bicarbonato de sodio, Etanol, Soda Caustica, Xileno.) cerca al tanque agitador para ser cargados por conexión manual, trasvasado con bomba manual de vacío. 2) Inspección, revisión, preparación de los equipos de apoyo trasvasado y tanque agitador.		3) Unidad de bombeo, luego de tener los sistemas conectados y cargados, se coloca en operación, la actividad es por sistema cerrado de inyección de las sustancias químicas desde el tanque agitador.	4) Conexión con unidad de bombeo y el equipo workover para la inyección controlada de las sustancias preparadas para la estimulación acida u Orgánica.	
Riesgos asociados en cada etapa			Tarea considerada crítica con exposición prolongada durante el trasvasado a no existir una sellado hermético entre la boca del tambor y la lanza de la bomba de succión.	Derrames, salpicaduras, fuga de vapores por limpieza inadecuada, material residual contenido en las mangueras.	Desprendimiento de válvulas, rupturas de mangueras por desgaste, fugas o fisuras de las líneas por altas presiones que maneja el sistema de bombeo.	Desprendimiento de válvulas, rupturas de mangueras por desgaste, fugas o fisuras de las líneas por altas presiones que maneja el sistema de bombeo.	

**Guide for the Evaluation of Occupational Exposure to Chemical Substances in Oil
Well Stimulation Processes in Colombia.**

AUTORES

JOHN EDINSON CALDERÓN SÁNCHEZ

JORGE LUIS ESCUDERO PÉREZ

UNIVERSIDAD EL BOSQUE

FACULTAD DE MEDICINA

ESPECIALIZACIÓN EN HIGIENE INDUSTRIAL

BOGOTÁ D.C.

2024

Guía de Contenido

Guía de Contenido	2
1. Alcance.....	5
2. Población usuaria	5
3. Glosario.....	5
4. Obligación de los empleadores frente a la gestión de los peligros en el lugar de trabajo.....	11
5. Obligaciones generales de los trabajadores frente al cuidado y protección de su salud.	12
6. Clasificación de las Sustancias Químicas.	13
6.1 Inventario de las sustancias químicas utilizadas en el proceso de estimulación de pozos.....	13
6.2 Priorización de las sustancias por sus efectos agudos o crónicos.	15
7. Selección de los métodos de cuantificación y técnicas analíticas.....	18
7.1 Muestreos y métodos analíticos.	19
7.1.1 Equipos de lectura directa.	19
7.1.2 Métodos de muestreo pasivos.	19
8. Instrumentos básicos para el monitoreo de sustancias químicas en aire.....	23
8.1 Instalación del instrumento de muestreo.....	25
Una vez el profesional en salud y seguridad en campo, haya aplicado los pasos relacionados en la tabla anterior. Debe tener en cuenta las Sigüientes recomendaciones.....	25
10. Corrección del valor límite permisible o TLV.....	27
10.1 Comparación de los resultados frente al valor TLV como indicador de riesgo.....	28
11. Conformación de grupos de exposición Similar (GES).....	31
12. Seguimiento y control de la exposición a sustancias químicas en el lugar de trabajo.	32
13. Bibliografía.	33

Lista de tablas

Tabla 1. Métodos analíticos NIOSH, OSHA.	21
Tabla 2 Selección y tamaño de la muestra.	26
Tabla 3 Clasificación del Nivel de Riesgo.	29

Lista de figuras y/o Ilustración

Ilustración 1 Diagrama de flujo actuación para la toma de decisión, identificación y caracterización. .	17
Ilustración 2 . Diagrama de flujo sobre la aplicación de la muestra en campo.....	22

1. Alcance

Los pilares, procesos y demás temas abordados en la guía aplican a nivel nacional en Colombia para todos los procesos de estimulación de pozos petroleros donde exista una exposición ocupacional a sustancias químicas por parte de los trabajadores de manera directa e indirecta.

2. Población usuaria

La guía está dirigida a líderes SST y a la alta Gerencia, así como a Higienistas Industriales.

3. Glosario.

Estimulación de pozos petroleros: La estimulación de pozos petroleros es un conjunto de técnicas aplicadas para mejorar la productividad de un pozo de petróleo. Se lleva a cabo mediante la manipulación e inyección de sustancias químicas, con el objetivo de incrementar el flujo de hidrocarburos hacia la superficie (1).

Guía: Serie de pasos o ejecución de actividades de forma lógica que llevan a la consecución de un objetivo, para efectos del presente estudio, se expresa como guía, “Guía para la evaluación de la exposición ocupacional a sustancias químicas en los procesos de estimulación de pozos petroleros en Colombia (2).

ACGIH: Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales. Es una organización científica benéfica que promueve la salud ocupacional y ambiental. Incluye ediciones anuales del libro TLV y BEI y guías de prácticas laborales en las publicaciones exclusivas de ACGIH (3).

TLV's: TLV significa "Threshold Limit Value" en inglés, y en español se traduce como "Valor Límite Umbral" o simplemente "TLV". Los TLV son límites establecidos para la exposición laboral a sustancias químicas o agentes físicos que podrían representar un riesgo para la salud de los trabajadores. Estos valores son emitidos la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) (4).

SGA: Sistema globalmente armonizado, El Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos” (SGA) es el resultado de más de una década de trabajo. En su elaboración participaron expertos de distintos países, organizaciones internacionales y otras entidades interesadas, con experiencia en diferentes áreas desde la toxicología hasta la lucha contra incendios, que haciendo prueba de buena voluntad y afán de compromiso consiguieron elaborar este sistema (5).

NIOSH: Instituto nacional para la seguridad y salud ocupacional. El instituto nacional para la salud y seguridad ocupacional (NIOSH) es la agencia federal encargada de hacer investigaciones y recomendaciones para la prevención de enfermedades y lesiones relacionadas con el trabajo (6).

OSHA: Administración de seguridad y salud ocupacional, departamento del trabajo de los estados unidos. (7).

3. Resumen.

Las recomendaciones basadas en la clasificación de sustancias químicas, la identificación y registro de las utilizadas en la estimulación de pozos petroleros, su priorización por efectos agudos o crónicos, la selección de métodos de cuantificación y técnicas analíticas, y la determinación del tamaño de la muestra son algunos de los aspectos más relevantes que se encontrarán en la guía.

Identificación y caracterización de los procesos y los riesgos químicos

El paso inicial consiste en la identificación de los procesos operacionales, lo cual se refiere al método sistemático de reconocer, analizar y documentar las diversas actividades y operaciones que constituyen las fases de estimulación. Este procedimiento demanda una comprensión minuciosa de la ejecución de funciones esenciales, desde la asignación de recursos hasta la extracción de crudo o gas.

Clasificación de Sustancias Químicas

- El profesional en Salud y Seguridad debe asegurar el cumplimiento de las disposiciones de la Resolución 773 del 2021 en Colombia sobre el Sistema Globalmente Armonizado (SGA) de clasificación y etiquetado de productos químicos en lugares de trabajo.
- Implementar un sistema de clasificación de peligros físicos para la salud y para el medio ambiente según las propiedades intrínsecas de las sustancias o mezclas.

Identificación y registro de sustancias en estimulación de pozos:

- Utilizar la matriz llamada ‘Higiene Ocupacional’ para llevar a cabo la identificación y registro de las sustancias químicas.
- Incluir información valiosa en el inventario como denominación, estado, naturaleza, toxicidad, y peligros para la salud y el medio ambiente.
- Realizar un análisis detallado de los procesos y etapas para identificar momentos críticos de exposición ocupacional.

Priorización de sustancias por efectos agudos o crónicos

- Consultar fuentes confiables como IARC, ACGIH, NIOSH, CDC y PubChem para obtener información adicional sobre la toxicidad de las sustancias.
- Identificar y registrar la vía de ingreso al cuerpo de las sustancias evaluando la probabilidad de exposición según las circunstancias de trabajo.

Selección de métodos de cuantificación y técnicas analíticas:

- Utilizar métodos de muestreo personal activos con bombas de diafragma y medios de recolección de muestras.
- Consultar las guías de (NIOSH) sobre riesgos químicos para obtener información detallada sobre los métodos analíticos.

Conformación de Grupos de Exposición Similar (GES)

En concordancia con lo dispuesto en la Resolución 2488 del 2007, por la cual se adoptan las Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional basadas en la normatividad en Colombia y se definen las directrices en materia de conformación de GES.

Determinación del tamaño de la muestra:

- Utilizar la metodología propuesta por el Manual de Estrategia de Muestreo de Exposición Ocupacional para decidir el número de muestras.
- Asegurarse de tomar un número suficiente de muestras para reducir la incertidumbre sobre el perfil de exposición.

Seguimiento y control de la exposición:

- Diseña e implementa programas de vigilancia epidemiológica para monitorear la salud de los trabajadores.
- Establece programas de higiene industrial para el seguimiento y control de los ambientes de trabajo.
- Proporcionar formación y capacitación continua a los trabajadores sobre seguridad química y buenas prácticas de trabajo.

¿Qué es y para qué sirve la guía?

La presente guía es una iniciativa que nace de la necesidad de fortalecer la estrategia y herramientas en higiene industrial para el sector de hidrocarburos.

Está focalizada en un proceso operacional específico tal, como lo es la estimulación de pozos petroleros, dada la cantidad de sustancias químicas que se pueden agregar al proceso para mejorar la producción del pozo y la interacción que pueden tener los trabajadores con dichas sustancias.

El objetivo principal de la guía es colocar a disposición del profesional en Salud y Seguridad en el trabajo, un conjunto, estructurado de recomendaciones, procedimientos y mejores prácticas diseñadas para identificar, evaluar y mitigar posibles riesgos derivados de la exposición ocupacional a sustancias químicas en los procesos de estimulación. Su implementación se fundamenta en la premisa de anticiparse a las amenazas potenciales para la salud que pueden significar el contacto con ellas.

Protección integral: Una guía para el control de la exposición a sustancias químicas en el lugar de trabajo garantiza que se adopten medidas proactivas para proteger tanto a los trabajadores como al medio ambiente y a las demás partes interesadas, como visitantes y contratistas.

Reducción de costos: La prevención siempre resulta más económica que la corrección. Implementarla para la evaluación de la exposición ocupacional a sustancias químicas en los procesos de estimulación de pozos puede evitar pérdidas económicas significativas asociadas con enfermedades laborales, accidentes, interrupciones de operaciones y litigios.

Fomento de la cultura de seguridad: Al promover y priorizar la cuantificación de la exposición ocupacional, se crea una cultura organizacional que valora la seguridad, la responsabilidad y el bienestar de todos los involucrados.

Cumplimiento normativo: la normatividad en riesgos laborales aplica para todas las organizaciones tanto públicas como privadas, existen regulaciones específicas relacionadas con la higiene industrial y la gestión en prevención del riesgo. La guía contribuye a que se cumplan con tres criterios normativos fundamentales: evaluación de los ambientes de trabajo, identificación y control; protección a la salud y seguridad de los trabajadores.

Mejora continua: La guía estructurada para la identificación y priorización de la cuantificación de exposición ocupacional a sustancias químicas en el lugar de trabajo, no solo establece procedimientos iniciales, sino que también fomenta la revisión y adaptación periódica en función del control prioritario de los riesgos de forma proactiva, minimizando las potenciales pérdidas en términos de salud y seguridad en el trabajo.

Confianza y credibilidad: Para trabajadores, clientes y la comunidad en general la implementación de la guía demuestra un compromiso serio con la salud y la seguridad de los trabajadores. Le apunta a la excelencia operativa, fortaleciendo la confianza y la credibilidad de la organización.

En resumen, la guía no es simplemente un documento; es un enfoque estratégico y sistemático que reconoce la naturaleza dinámica de los riesgos que suscita la exposición a sustancias químicas en los procesos de estimulación y busca garantizar que se tomen las medidas adecuadas para prevenir, mitigar y responder eficazmente a la protección y cuidado de la salud de los trabajadores.

Los beneficios de la implementación la Guía para la ‘Evaluación de la Exposición Ocupacional a Sustancias Químicas en los Procesos de Estimulación de Pozos de Petróleo’ son diversos; pues mejora la protección de la salud de los trabajadores, así como el medio ambiente en el cual se desarrollan las operaciones, brindando así un marco de referencia en prevención para la industria dedicada a las operaciones que carecen de estrategias unificadas sobre la gestión de los peligros químicos desde la higiene industrial.

- Facilita y mejora la evaluación de los ambientes de trabajo.
- Permite a los profesionales en SST de las empresas tener un mayor conocimiento y control sobre la exposición ocupacional a sustancias químicas y los peligros asociados.
- Suministra información mejorada y consistente sobre los peligros que puede representar la exposición a sustancias químicas en las tareas operacionales.
- Contribuye a una mejor gestión de los peligros y riesgos químicos por exposición directa e indirecta.
- Mejora la seguridad de los trabajadores con respecto a la manipulación y exposición a sustancias químicas, suministrando información y recomendaciones para su manejo seguro y la actuación preventiva.
- Facilita el aprendizaje en higiene industrial en lo que refiera a identificación, cuantificación y control de la exposición.

4. Obligación de los empleadores frente a la gestión de los peligros en el lugar de trabajo.

Existen diversas responsabilidades y obligaciones de los empleadores con respecto al cuidado y protección de la salud de los trabajadores, de acuerdo con lo previsto en el Decreto 1072 del 2015 del Ministerio de Trabajo.

El capítulo 6 abarca todas las directrices de obligatorio cumplimiento para implementar el SGSST. Estas deben ser aplicadas por todos los empleadores públicos y privados, los contratantes de personal bajo modalidad de contrato civil, comercial o administrativo, las organizaciones de economía solidaria y del sector cooperativo y las empresas de servicios temporales; estas deben cubrir a todos los empleados dependientes, contratistas, trabajadores cooperados y los trabajadores en misión.

Asignar y comunicar responsabilidades específicas en SGSST a todos los niveles de la organización, incluida la dirección o la gerencia general asegura que todos los integrantes de la organización estén al tanto de sus responsabilidades, pero también de sus derechos frente al SG-SST.

También conlleva a definir y asignar el personal, los recursos financieros y técnicos para el diseño, implementación, revisión, evaluación y mejora de las medidas de prevención y control para la gestión eficaz de los peligros y riesgos en el lugar de trabajo.

De igual manera a adoptar medidas efectivas para identificar peligros, evaluar y valorar riesgos y establecer controles que prevengan daños en la salud de los trabajadores y/o contratistas, en los equipos e instalaciones.

Así como a desarrollar actividades de prevención de accidentes de trabajo y enfermedades laborales, hacer jornadas de promoción de la salud que capaciten a los trabajadores de acuerdo con las características de la empresa con el objetivo de que los empleados sean capaces de identificar peligros, evaluar y valorar riesgos relacionados con su trabajo o situaciones de emergencia.

Finalmente, el Decreto promueve a garantizar que el personal responsable de la seguridad y la salud en el trabajo esté disponible todo el tiempo de la jornada laboral para planear, organizar, dirigir, desarrollar y aplicar el SGSST.

5. Obligaciones generales de los trabajadores frente al cuidado y protección de su salud.

Decreto 1072 del 2015

- Conocer, entender y aplicar la política de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Conocer los riesgos de Seguridad y Salud en el Trabajo de sus actividades y aplicar las medidas de control.
- Procurar el cuidado integral de su salud.
- Suministrar información clara, completa y veraz sobre su estado de salud.
- Cumplir las normas de Seguridad y Salud en el Trabajo y reglamentos propios de la empresa.
- Participar en la prevención de riesgos en atención a los procedimientos de trabajo seguro.
- Informar las condiciones de riesgo detectadas al jefe inmediato o al responsable de Seguridad y Salud en el Trabajo.
- Reportar inmediatamente todo accidente de trabajo o incidente.
- Asistir y participar activamente en el programa de inducción y reinducción.
- Cumplir con la programación de los exámenes médicos.
- Aplicar las indicaciones de las hojas de seguridad de las sustancias químicas.
- Conocer y utilizar adecuadamente los procedimientos para las tareas asignadas.
- Participar en las actividades de capacitación en Seguridad y Salud en el Trabajo definidas en el plan de capacitación.
- Participar y contribuir al cumplimiento de los objetivos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.

6. Clasificación de las Sustancias Químicas.

En Colombia, en materia de seguridad para el tratamiento y manipulación de sustancias químicas se enmarcan de acuerdo con lo dispuesto en la Resolución 773 del 2021, por la cual se definen las acciones que deben desarrollar los empleadores para la aplicación del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos en los lugares de trabajo y se dictan otras disposiciones en materia de seguridad química.

La clasificación de los peligros se basa en las propiedades intrínsecas de las sustancias o mezclas. De manera general, el SGA clasifica los productos químicos en tres tipos de peligro: físicos, para la salud y para el medio ambiente.

- Los peligros físicos se refieren a los que pueden provocar explosiones, incendios y corrosión de metales.
- Los peligros para la salud se refieren a los que pueden provocar efectos agudos y/o crónicos sobre la salud de las personas.
- Los peligros para el ambiente están relacionados con los daños que pueden provocar efectos a corto y/o a largo plazo sobre el medio ambiente acuático y a la capa de ozono.

6.1 Inventario de las sustancias químicas utilizadas en el proceso de estimulación de pozos.

El primer paso es la identificación de los procesos operacionales, se refiere al proceso sistemático de reconocer, analizar y documentar las diversas actividades y operaciones que forman parte de las operaciones de estimulación, Este proceso implica una comprensión detallada de cómo se llevan a cabo las funciones esenciales, desde la entrada de recursos hasta la extracción del crudo o gas.

Se debe observar detalladamente el mapa de procesos visualizando gráficamente las etapas y actividades involucradas en la realización de una tarea o la estimulación del pozo.

Identificar los roles y responsabilidades de los trabajadores en cada etapa del proceso, asegurando una clara comprensión de quién es responsable cada una de las tareas que se establecen.

Evaluar la secuencia de pasos en cada proceso identificando posibles circunstancias que se puedan considerar adversas para la salud de los trabajadores, y los puntos críticos por manipulación de sustancias de forma manual.

El levantamiento de un inventario de sustancias químicas es caracterizado por aspectos claves de su peligrosidad para la salud y la seguridad de los trabajadores.

Por consiguiente, se relacionan las principales sustancias utilizadas en los procesos de estimulación en el Anexo 2. Matriz Higiene Ocupacional, bajo el cual se plantea que el profesional en salud y seguridad en campo realice la identificación y registro de las sustancias químicas disponibles en sitio utilizadas para la estimulación. La clasificación de las sustancias y su peligrosidad incluye tres pasos:

- Identificación de datos relevantes sobre los peligros de una sustancia o mezcla, por ello toda sustancia química desde el mismo proceso de compras debe estar acompañada de una hoja de seguridad y sin ficha técnica.
- Una vez llegue la sustancia química al acopio del pozo, verifique los datos de la hoja de seguridad y su ficha técnica para evaluar su confiabilidad en términos de peligro para la salud y el medio ambiente.
- Determine de manera muy sencilla si la sustancia se clasificará como peligrosa y determine su grado de peligrosidad comparando la información de la hoja de seguridad frente a los criterios de peligro en el SGA.

La clase de peligro describe la naturaleza del peligro físico, para la salud o para el medio ambiente. Por ejemplo: líquido inflamable, cancerígeno y/o peligroso a corto plazo para el medio ambiente.

La primera etapa del proceso consiste en la identificación y caracterización de las sustancias químicas que puedan estar presentes en las tareas de estimulación de pozos petroleros y aquellas que se puedan generar, bien sea por mezclas o por vapores orgánicos propios del proceso, residuos o impurezas. Por consiguiente, se plantea seguir los siguientes pasos que lleven a establecer una línea base de seguimiento y control de la exposición a sustancias químicas en el lugar de trabajo.

Identifique y registre las sustancias químicas utilizadas en el proceso de estimulación, así como también caracterice aquellos compuestos que se puedan generar en las mezclas.

Es necesario realizar un inventario relacionado con el tipo de sustancia, la cantidad, la ubicación y el estado. Para ello, se dispone de un formato en Excel, Anexo 2, hoja 3 Matriz “Higiene Ocupacional”, Inventario Sustancias Químicas. en la cual se agrega información valiosa sobre denominación, estado, naturaleza, toxicológica, peligros para la salud y para el medio ambiente; considerando que un proceso de estimulación requiere de importantes cantidades tanto en tambores como en camiones cisterna.

Realice un inventario de los procesos y sus etapas para identificar y caracterizar los momentos considerados críticos en términos de exposición ocupacional por manipulación y/o posibles fugas del proceso; analice la forma de la cual se realiza la estimulación, disposición, aplicación de las sustancias en cada etapa, procesos intermedios, entre otros.

Identifique la forma en la cual se presentan las exposiciones e identifique el momento considerado más crítico en tiempo, modo y lugar, y establezca la forma o circunstancias de trabajo y riesgo.

Identifique y caracterice los métodos de control, si existen, con el propósito de validar si son suficientes; cuestione su efectividad, identifique posibles vulnerabilidades, disponga de un listado de los controles técnicos de ingeniería que tienen por objeto mitigar el impacto de las sustancias químicas en los trabajadores, así como los controles de tipo administrativo implementados o establecidos por la empresa.

6.2 Priorización de las sustancias por sus efectos agudos o crónicos.

Luego de identificar y caracterizar las sustancias químicas propias del proceso de estimulación, se deberán evaluar los riesgos en aquellas sustancias que su exposición no sea posible evitar, determinando la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de los trabajadores mayormente afectados.

Esta evaluación deberá incluir también los posibles riesgos de exposiciones no deseadas o consideradas peligrosas en cuanto al tipo de agente, cantidad y modo en el cual se presenta la exposición. Los resultados podrían estar causados por vapores, humos, neblinas, gotas, fugas con alta presión, etc. La valoración subjetiva se constituye como un proceso de categorización preliminar del riesgo químico, basado en tres elementos claves.

1. Identifique y establezca un juicio sobre la peligrosidad intrínseca de la sustancia, con base en la información de la toxicidad establecida en la hoja de seguridad, documente más información sobre la sustancia en la página web de la IARC. ACGIH, NIOSH, CDC y PUBCHEM: identifique factores de riesgos adicionales en las fuentes referenciadas.
2. Identifique y registre la vía de mayor potencial de ingreso al cuerpo de las sustancias ya sea dérmica, inhalatoria, parenteral o digestiva; genere un juicio de la probabilidad de ingreso de la sustancia de interés con relación a las circunstancias de exposición y posibles vías de ingreso de acuerdo con las posibles circunstancias de volatilidad de los líquidos y la presión de vapor de la sustancia.
3. Identifique, registre y caracterice las cantidades de sustancias químicas utilizadas en el proceso de estimulación, valide con operaciones los procedimientos para establecer desde el cálculo la cantidad

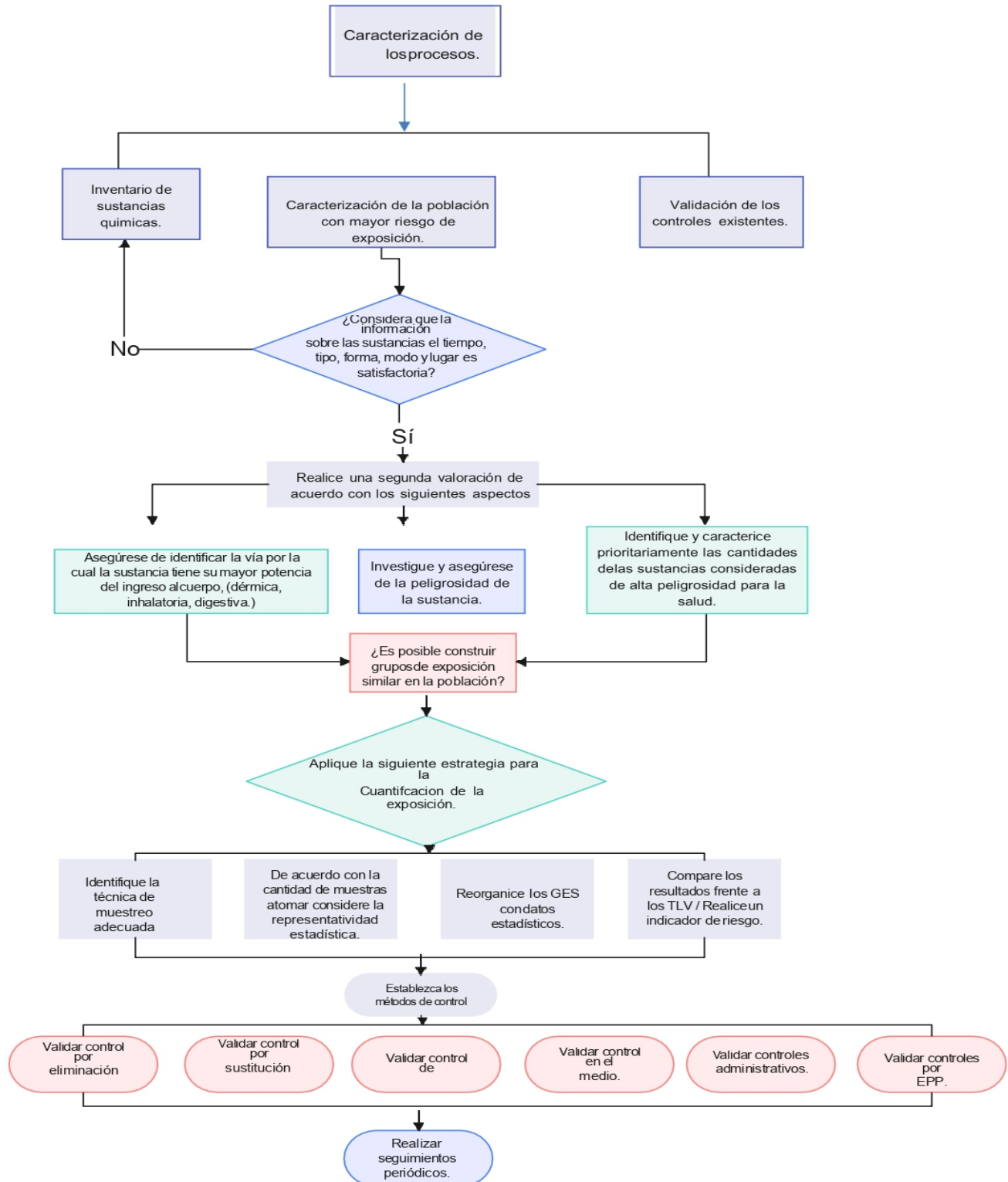
mínima, media y máxima a utilizar que le permita prever los riesgos a partir de la cantidad a manipular.

La identificación, caracterización y determinación de la exposición a sustancias químicas en la estimulación en pozos petroleros contempla los riesgos en forma conjunta para una mayor comprensión, seguimiento y control de la exposición a los agentes químicos en el lugar de trabajo.

La caracterización inicial deberá extenderse a cada uno de los puestos de trabajo de mayor exposición ocupacional, el profesional (HSE), encargado de aplicar la guía, deberá priorizar el proceso de cuantificación de la exposición en aquellas sustancias del grupo 1 de la IARC, en caso de entrar, para luego con los resultados y las condiciones de trabajo informar a la alta dirección y los líderes del proceso las medidas de control necesarias para mitigar el impacto que pueden suponer las sustancias en los trabajadores ocupacionalmente expuestos.

Ilustración N° 1. Diagrama de flujo, actuación para la toma de decisión, identificación, caracterización y cuantificación de la exposición a sustancias químicas en el proceso de estimulación de pozos petroleros en Colombia.

Ilustración 1 Diagrama de flujo actuación para la toma de decisión, identificación, caracterización.



Guía para la evaluación de la exposición ocupacional a sustancias químicas en los procesos de estimulación de pozos petroleros en Colombia.

Los pasos que van en la dirección correcta de la caracterización, evaluación y cuantificación de la exposición a sustancias químicas en los procesos de estimulación de pozos petroleros en Colombia deben contribuir al reconocimiento de las metodologías de evaluación y técnicas analíticas para lo cual se propone partir de una línea base de actuación considerando las siguientes estrategias para la gestión integral de los peligros químicos que pueden estar presentes en el proceso de estimulación.

7. Selección de los métodos de cuantificación y técnicas analíticas.

Métodos de cuantificación y técnicas analíticas: Identifique de manera exacta a través del N° CAS el tipo de sustancia o en su defecto por su nombre técnico o sinónimo. Luego de tener la sustancia plenamente identificada, diríjase al libro de métodos analíticos y elija la técnica analítica destinada para conocer las contracciones que pueden coexistir en el ambiente de trabajo.

El profesional a cargo del área de Salud y Seguridad en el Trabajo de la organización está en la libertad de consultar el método de cuantificación descargando la siguiente (APP) en su celular o consultando directamente en la página web <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/npg-sp/npg-sp.html>.

Una vez allí, va a encontrar información dentro de una guía de bolsillo de (NIOSH) sobre riesgos químicos (en inglés) que está diseñada como una fuente de información general sobre higiene industrial para trabajadores, empleadores y profesionales en Salud Ocupacional. El documento presenta información y datos clave abreviados en tablas sobre 677 sustancias químicas o grupos de sustancias que pueden estar presentes en los entornos laborales.

Las sustancias químicas y de otra naturaleza que se presentan en esta revisión comprenden todas las sustancias para las cuales el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) mantiene límites de exposición recomendada (REL, en inglés) y límites de exposición permisible (PEL, en inglés) bajo las normas sobre contaminantes del aire para la industria general de la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA) (29 CFR 1910.1000). (8).

7.1 Muestreos y métodos analíticos.

La presente propuesta de gestión de la exposición ocupacional a sustancias químicas que pueden estar presentes en los procesos de estimulación de pozos petroleros, recomienda utilizar los métodos de muestreo personal activos que utilicen aparatos portátiles como bombas de diafragma, medios de recolección y las técnicas de análisis instrumental que ofrezcan los mayores niveles de precisión y exactitud, así como los que mejor respondan al control de las interferencias de otras sustancias químicas.

Muestreo Gravimétrico: Consiste en recoger partículas en filtros de membrana células previamente repesados y luego pesarlos para determinar la concentración de contaminantes sólidos suspendidos en el aire.

Muestreo Volumétrico: Utiliza bombas para aspirar una cantidad conocida de aire a través de un dispositivo de muestreo. Luego, se analiza la muestra en el laboratorio para determinar la concentración de gases o partículas.

Cromatografía de Gases: Separación de diferentes componentes gaseosos para su análisis. Es especialmente útil para compuestos orgánicos volátiles.

Espectrofotometría UV-Visible: Se basa en la absorción de luz por ciertos contaminantes. La cantidad de luz absorbida se utiliza para calcular la concentración.

7.1.1 Equipos de lectura directa.

Sensores en Tiempo Real: Dispositivos que cuantifican la concentración de contaminantes de forma continua y en tiempo real, proporcionando datos instantáneos. Son efectivos para monitorear generalmente confinados por su efectividad para arrojar datos de forma inmediata garantizando la seguridad en trabajos con atmósferas peligrosas.

7.1.2 Métodos de muestreo pasivos.

Los métodos de muestreo pasivo son técnicas que no requieren un flujo constante de aire forzado para recolectar muestras. En lugar de eso, se basan en la difusión natural de los contaminantes hacia un medio absorbente.

Tubos de Difusión: Contienen un adsorbente o reactivo químico que atrapa los contaminantes por difusión. Después de un período determinado, se analiza el medio absorbente para determinar la concentración.

Badges o Insignias de Monitoreo: Dispositivos que contienen materiales absorbentes o reactivos químicos. Se llevan colocados en la ropa o en un lugar específico durante un período de exposición y luego se analizan para cuantificar la concentración de contaminantes.

Pasivos de Absorción Líquida: Utilizan líquidos absorbentes para atrapar los contaminantes presentes en el aire. Luego, el líquido se analiza para determinar la concentración.

Muestreo con Materiales Porosos: Utiliza materiales porosos como filtros que absorben contaminantes por difusión. Después de un tiempo de exposición, se analizan para cuantificar la concentración.

Sensores de Gas Pasivos: Dispositivos que contienen materiales reactivos que cambian de color o propiedades químicas en presencia de ciertos gases. La intensidad del cambio se relaciona con la concentración.

Los métodos de muestreo pasivo son adecuados en situaciones donde el monitoreo continuo no es práctico o costoso. Sin embargo, pueden tener limitaciones en términos de precisión y sensibilidad en comparación con los métodos activos que utilizan bombeo de aire.

NIOSH y OSHA tienen publicaciones de manuales que contienen la metodología de muestreo y análisis acordes con estos requerimientos, los detalles de los procedimientos, instrumental necesario y formas de cálculo de la concentración. Todos estos aspectos se encuentran ampliamente especificados en los manuales correspondientes los cuales pueden ser consultados a través de internet. (9).

Para la evaluación de la exposición a agentes contaminantes del aire existen diferentes metodologías y criterios normalizados por autoridades internacionales del campo de la higiene ocupacional, especializados en la vigilancia y el control de los riesgos de enfermedades profesionales. Entre las publicaciones más prestigiosas, están el Manual de Métodos de Análisis de NIOSH 1994, los Métodos de Análisis de la OSHA y la Serie de Guías Analíticas de la AIHA. Los métodos utilizados en España, Alemania y Francia son similares a los referidos por la NIOSH y se pueden consultar a través de la base de datos GESTIS 2007.

NIOSH y la OSHA son líderes en la publicación de métodos de muestreo y análisis de contaminantes del aire. Estos métodos han sido sometidos a rigurosos ensayos de calidad y son los que ofrecen la mejor respuesta a exigencias de especificidad, precisión y exactitud, en consecuencia, se trata de métodos validados y confiables.

Existen dos tipos de métodos para la evaluación de contaminantes químicos: los métodos de lectura directa en donde el resultado de la concentración en el aire puede ser conocido de manera inmediata y lo que pretende es validar si las condiciones en el ambiente de trabajo son seguras en términos de explosividad y concentración de oxígeno. Una lectura instantánea define las condiciones de seguridad y los métodos de control inmediatos a implementar como la ventilación y extracción, lavado, entre otros controles.

Los métodos de lectura activa colectan muestras en aire para su posterior análisis en laboratorio; y se efectúan para cuantificar la exposición ocupacional en el lugar de trabajo con el propósito de proteger la salud de los trabajadores en el largo plazo. (10).

¹ 7.2 Selección de Métodos analíticos para la cuantificación de la exposición ocupacional.

Tabla 1. Métodos analíticos NIOSH, OSHA.

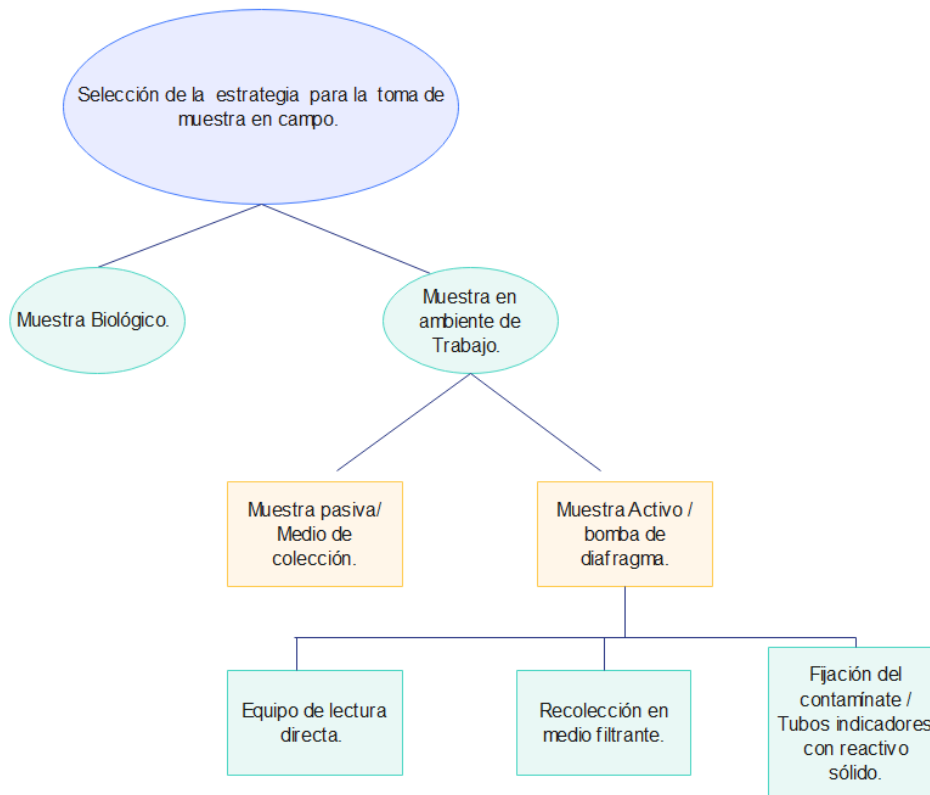
Métodos analíticos utilizados para la cuantificación de la exposición a sustancias químicas en el lugar de trabajo		
Sustancia Química	NIOSH	OSHA
Ácido Acético	1603	ID 186SG
Benceno	1501	12,1005
Etanol	1400	100

La toma de la muestra para la cuantificación de la exposición a sustancias químicas en el proceso de estimulación de pozos petroleros en Colombia debe considerar un complemento de la estratégica analítica, la cual se logra a partir de la interpretación del método que nos guía hacia la elección de la técnica de muestreo acorde a la sustancia química y su vía de mayor potencial riesgo.

¹ Fuente: Manuales de muestreo y análisis OSHA y NIOSH.

Ilustración N° 2. Diagrama de flujo sobre la aplicación de la muestra en campo en concordancia con el método de colección y método analítico seleccionado.

Ilustración 2 . Diagrama de flujo sobre la aplicación de la muestra en campo



Fuente: Higiene Industrial Universidad del Bosque.

Una vez seleccionado el método analítico (NIOSH, OSHA o EPA) correspondiente a las sustancias químicas de la cual se sospecha su presencia en el ambiente de los colaboradores que realizan las tareas relacionadas con la estimulación de pozos petroleros en Colombia. El profesional en Salud y Seguridad de la organización deberá recolectar la muestra en campo utilizando la metodología apropiada. Cada colección tiene su estrategia de captación y su medio filtrante el cual es indicado en la metodología (NIOSH, OSHA o EPA) que aplique.

8. Instrumentos básicos para el monitoreo de sustancias químicas en aire.

Si bien existen una gran variedad de métodos de muestreo (Activos, pasivos, y de lectura directa), descritos en el numeral 12, del presente documento, se recomienda al profesional en Salud y Seguridad en campo elegir el que mejor se ajuste a las circunstancias particulares de tecnología, accesibilidad, presupuesto y objetivos planeados desde el programa de higiene industrial en cada proyecto. No obstante, se hace referencia a uno de los métodos más utilizados para la vigilancia de los ambientes de trabajo en el ámbito ocupacional.

Los instrumentos básicos de muestreo en higiene industrial se refieren a las herramientas y dispositivos utilizados para recolectar y analizar muestras de contaminantes físicos, químicos y biológicos presentes en el ambiente de trabajo. Estos instrumentos son esenciales para evaluar y determinar los niveles de exposición de los trabajadores a diversos agentes nocivos lo que permite vigilar y controlar los ambientes de trabajo.

Los instrumentos de muestreo en higiene industrial son fundamentales para identificar, cuantificar y evaluar los riesgos ocupacionales asociados con la exposición a agentes contaminantes. Al proporcionar datos precisos y confiables, estos instrumentos permiten implementar medidas preventivas adecuadas, monitorear el cumplimiento de los límites de exposición y garantizar un ambiente de trabajo seguro y saludable para todos los trabajadores y demás partes interesadas.

Tabla 2 Instrumentos de monitoreo.

Instrumento	Descripción general
	<p>Bombas de Muestreo: Dispositivos portátiles que aspiran el aire ambiente a través de filtros o tubos absorbentes para recolectar partículas, gases o vapores presentes en el ambiente de trabajo.</p>
	<p>Calibrador o regulador de flujo: Equipo necesario para garantizar el ajuste adecuado de la bomba de aspiración, verifique el manual de métodos y ajuste de acuerdo con el flujo que desea preajustar en consideración del tiempo de monitoreo y la cantidad mínima o máxima de L/min que se deba coleccionar.</p> <p>En el método de muestreo va a encontrar la información necesaria para la toma de decisiones en cuanto al ajuste del caudal de la bomba de monitoreo.</p>
	<p>Una vez ajustado el caudal de la bomba de muestreo, armen el tren de muestreo, conectando la manguera de captación e instale el medio filtrante en el sentido que le indica la señal impresa en este. Luego, instale en el trabajador el sistema de monitoreo de la forma más cómoda y segura posible. Brinde soporte al trabajador, acompañelo siempre por si requiere ayuda, observe y documente el contexto de trabajo y la interacción del trabajador con respecto a las sustancias químicas. Tome nota del tipo de EPP, proceso, tarea, fuentes, tiempo de exposición.</p>

Fuente: Modulo de Higiene industrial, sustancias Químicas Un bosque 2023

8.1 Instalación del instrumento de muestreo.

Una vez el profesional en salud y seguridad en campo, haya aplicado los pasos relacionados en la tabla anterior. Debe tener en cuenta las Sigüientes recomendaciones.



- 1) Informe al colaborador acerca de la relevancia de su participación en el proceso de toma de muestras, resaltando la importancia de su involucramiento, documente el consentimiento informado por parte del trabajador.
- 2) Acompañe al trabajador a la zona designada para llevar a cabo la tarea, observe y documente cada paso del proceso en la ejecución de esta.
- 3) Verifique la indumentaria necesaria para el trabajador y asegúrese de que se coloque todos sus Equipos de Protección Personal (EPP). A continuación, instale en el trabajador el equipo de monitoreo, siguiendo las indicaciones visuales proporcionadas en la imagen modelo. Asegúrese de ubicar el equipo en la posición correcta, de manera cómoda y segura. En todo momento, garantice que el tubo de muestreo se encuentre en la zona de respiración del trabajador.
- 4) Realice observaciones detalladas y registre los momentos críticos relacionados con la exposición, prestando especial atención a posibles contactos con la piel y a la posibilidad de inhalación espontánea por desajustes del EPP.
- 5) **R**evise, registre y describa detalladamente los elementos de protección personal respiratoria, incluyendo la marca, modelo y tipo de cartucho filtrante.
- 6) Al concluir el monitoreo, retire el sistema del trabajador, asegure la muestra y registre el número de serie que deberá estar relacionado en la cadena de custodia para facilitar su envío correspondiente al laboratorio.
- 7) Al recibir los resultados, lleve a cabo un análisis detallado, realizando ajustes o correcciones según las horas de trabajo diario o semanal. Compare el Valor Límite Umbral (TLV) corregido frente al resultado obtenido en cada muestra, lo que permitirá la interpretación y generación del indicador de riesgo

9. Determinación del tamaño de la muestra.

Identificado el método analítico, es importante tomar una decisión en cuanto a la cantidad de muestras a tomar en campo. Por ello, se proporciona la metodología propuesta por el Manual de Estrategia de Muestreo de Exposición Ocupacional para una adecuada toma de decisiones en cuanto al número de muestras a tomar.

¡Importante! Solo aplica para metodologías de evaluación que implica la toma de muestras para el posterior análisis en laboratorio. No aplica para metodologías de lectura directa.

Tabla3 Selección y tamaño de la muestra.

² Tamaño de la Muestra Parcial para el 10% superior y confianza 0,90	
Tamaño del grupo N	Número requiere muestras
8	7
9	8
10	9
11-12	10
13-14	11
15-17	12
18-20	13
21-24	14
25-29	15
30-37	16
38-49	17
50	18
<ul style="list-style-type: none">• N= Tamaño original del grupo de igual riesgo• n= Tamaño de muestra o tamaño de subgrupo• N= N if < 7	

Fuente: NIOSH, “Occupational Exposure Sampling Estrategy Manual”.

Proporcione el tamaño de muestra N, requerido de una muestra aleatoria extraída de un grupo de tamaño N (N= 1 a 50. (11).

² NIOSH, “Occupational Exposure Sampling Estrategy Manual”.

El número de muestras le permite al Higienista realizar análisis estadísticos a partir del resultado de los datos y del comportamiento de las concentraciones de los contaminantes en proceso de estimulación.

10. Corrección del valor límite permisible o TLV.

Para efectos del uso adecuado de la estrategia para la gestión integral de los peligros químicos que pueden estar presentes en el proceso de estimulación, los profesionales a cargo de la gestión en Salud y Seguridad en la organización, en cumplimiento de lo dispuestos en la Ley 2101 de 2021, se deben ajustar a los valores límites permisibles a la regulación colombiana, ya que la jornada laboral semanal es superior a 40 horas/semana, para lo cual se utiliza el modelo matemático (Brief - Scala.)

El modelo de (Brief & Scala) es el más simple de los modelos, ya que compensa el tiempo adicional de exposición reduciendo los niveles límites permisibles. De igual manera, proporciona los niveles más bajos del TLV corregido en comparación con los modelos de OSHA y no requiere de información sobre propiedades químicas de las sustancias (12).

<p>Factor de corrección, ajuste diario (FCAD):</p> $FCAD = (8/h \times (24 - h)/16)$ <p>donde h = Horas trabajadas por día</p> <p>Factor de corrección, ajuste semanal (FCAS)</p> $FCAS = (40/h \times (168 - h)/128)$ <p>Donde: h = horas trabajadas por semana</p> <p>El factor resultante para cada caso se multiplica por el valor VLP ponderado (VLP – TWA) de 8 horas para obtener el valor corregido.</p> <p>De tal forma que el TLV-TWA corregido es igual a:</p> $TLV-TWA \text{ corregido} = (TLV-TWA \text{ 40 horas semanales}) \times (FCAS)$
--

Fuente: Resolución 2844 del 2007 / GATISO.

Grado de Riesgo: Corresponde a un indicador de la exposición ocupacional a la sustancia contaminante, de acuerdo con la cantidad hallada en el ambiente de trabajo, dividido entre el límite de exposición corregido, como se muestra a continuación:

40 ppm / 11,2 ppm = 3,57: El valor límite permisible corregido ha sido superado 3,57 veces. Lo que indica una sobreexposición.

Si el resultado obtenido es mayor que la unidad, ha de entenderse que se ha superado en ese número de veces el TLV.

10.1 Comparación de los resultados frente al valor TLV como indicador de riesgo.

Una vez el profesional en Salud y Seguridad de la organización obtenga los resultados de las cuantificaciones de las sustancias químicas en el ambiente de trabajo, es necesario validar en el libro de la (ACGIH), los límites de exposición permisibles definidos para el año en curso. El (TLV), permite considerar otro criterio de priorización para la toma de decisiones en materia de actuación temprana, a menor valor o límite permisible, mayor atención se deberá prestar a la exposición de los trabajadores a dichas sustancias.

Existe la probabilidad de no encontrar una sustancia con su nombre natural, por lo que se recomienda realizar una búsqueda de su sinónimo en la base de datos (PUBCHEM), TLV 'S, con el número (CAS), allí se describe la sustancia y sus nombres genéricos o sinónimos al igual que otra información de gran interés.

El usuario de la guía deberá consultar el libro de los límites permisibles de forma digital o impresión, sin embargo, siempre la consulta debe corresponder a la versión vigente, toda vez que cada año se ofrece una actualización en la cual se manifiestan o expresan cambios en los valores límites permisibles.

Puede comprar y descargar el libro de los TLV en la versión del año en curso en la siguiente dirección electrónica. <https://www.acgih.org/publications/introducing-digital-library/>.

La aplicación de criterios de valoración higiénica (VLP) para los contaminantes del aire tiene como La valoración de las concentraciones de contaminantes en aire se dan para dos cosas determinar la exposición de los trabajadores al contaminante y plantear controles para disminuir dicha contaminación en el ambiente de trabajo.

se debe limitar cualquier forma de contaminación que pueda afectar a los trabajadores con un amplio margen de seguridad que garantice la ausencia de enfermedades laborales, o síntomas preclínicos atribuibles a los agentes de riesgo en el trabajo (13).

La valoración de la exposición del riesgo químico de forma objetiva permitirá establecer jerarquías de intervención o plantear necesidades de gestión del riesgo a la luz y de la administración integral de las exposiciones ocupacionales a sustancias químicas en entornos de estimulación de pozos petroleros.

Escalas para la estimación del riesgo (ver tabla 3) de acuerdo con los resultados cuantificados frente a los valores límites permisibles.

Tabla 4. Clasificación del Nivel de Riesgo.

Escalas	Clasificación categoría del riesgo
4: Exposición muy alta	> Límite de exposición ocupacional
3: Exposición moderada o alta	50%-100% del límite de exposición ocupacional
2: Exposición baja	10%-50% del límite de exposición ocupacional
1: No exposición	< 10% del límite de exposición ocupacional

Fuente: (ACGIH).

Tabla 4 Clasificación IARC sobre sustancias cancerígenas.

Cuando en las notaciones en el libro de los TLV's, identifique la sigla (BEI), indica que dicha sustancia cuenta con un indicador biológico, por lo que se recomienda dirigirse al acápite del libro "Índice Biológico de Exposición", allí encontrará una explicación clara y detallada de lo que debe realizar si decide profundizar en la evaluación del riesgo desde la exposición biológica.

Debido a la tendencia de sospecha de sustancias cancerígenas en humanos se presenta la clasificación de sustancias cancerígenas utilizada en Colombia:

Tabla 4. Clasificación IARC sobre sustancias cancerígenas

Clasificación IARC para sustancias cancerígenas	
Grupo 1	El agente es cancerígeno en humanos
Grupo 2A	El agente es probablemente cancerígeno en humanos
Grupo 2B	El agente es posiblemente cancerígeno en humanos
Grupo 3	El agente no tiene clasificación de carcinogenicidad en humanos

11. Conformación de grupos de exposición Similar (GES).

En concordancia con lo dispuesto en la Resolución 2488 del 2007, por la cual se adoptan las Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional basadas en la evidencia en Colombia y se definen las directrices en materia de conformación de grupos de exposición similar, se recomienda adoptar la siguiente estrategia:

“Conformar grupos que tengan similar exposición (GES) o que desarrollen actividades laborales similares, por ejemplo: operarios de minerías, mecánicos, operarios de construcción y/o soldadores”.

Para los trabajadores del sector de hidrocarburos se deben considerar, entre otros, los procesos de: perforación, extracción, transporte del petróleo crudo, refinación y distribución de sus derivados; las operaciones de destilación (al vacío y a presión atmosférica), polimerización, desintegración (cracking), isomerización, coquización y laboratorio de control de calidad; las tareas asociadas con los procedimientos y procesos antes mencionados como: monitoreo, mantenimiento, muestreo, descoquización y operaciones de control de calidad.” (14).

- Clasificar estos grupos en categorías cualitativas de riesgo de exposición (crítico, alto, moderado, bajo), basados en simples observaciones, circunstancias de exposición, panorama general de los factores de riesgo, etc. Se puede utilizar la GTC 45 del Icontec o Toolkit sugerido en la recomendación 7.1.2 GATISO.
- Conformar grupos que tengan similar exposición (GES) o que desarrollen actividades laborales similares.
- Clasificar estos grupos en categorías cualitativas de riesgo de exposición (crítico, alto, moderado, bajo), basados en simples observaciones y circunstancias de exposición.
- Confirmar con los resultados de las cuantificaciones ambientales las categorías de exposición cualitativas anteriormente establecidas (línea base). Para cada (GES), tomar entre 6 a 10 muestras aleatorias, incluyendo muestras blanco para control de calidad. Para GES mayores de 50 individuos, calcular el número de muestras tomando la raíz cuadrada del número de individuos en él. Debe tenerse en cuenta que la toma de menos de 6 muestras genera una alta incertidumbre sobre el perfil de la exposición. Preferir las evaluaciones personales.

La tendencia actual de gestión del riesgo profesional es mantener controladas las exposiciones ocupacionales a que son sometidos los trabajadores. La valoración ambiental y médica realizada en forma simultánea permite tomar decisiones para la prevención de las patologías asociadas. El apoyo de la estadística para el procesamiento y análisis de datos con altos niveles de confianza contribuye fuertemente en este propósito.

12. Seguimiento y control de la exposición a sustancias químicas en el lugar de trabajo.

A partir de identificación y caracterización de las sustancias químicas en lugar de trabajo de la conformación y gestión de los grupos de exposición similar y los resultados por cuantificación.

Las siguientes etapas están asociadas al diseño e implementación de los programas de vigilancia epidemiológica, a la implementación de un programa de higiene industrial para el seguimiento y control de los ambientes de trabajo, programas de formación, capacitación y entrenamiento, gestión adecuada de los elementos de protección personal, control de ingeniería y automatización en cuanto se presten las posibilidades, gestión de compra de sustancias químicas con un menor grado de peligrosidad para la salud y seguridad de los trabajadores, así como, también amigables con el medio ambiente (15).

13. Bibliografía.

1. Varisur S.A.S. Operaciones de estimulación de pozos. 2019 [cited 2023. 10. 12.
2. . Guía Para La Evaluación De La Exposición Ocupacional A Sustancias Químicas En Los Procesos De Estimulación De Pozos Petroleros En Colombia. Investigación Universitaria. Neiva : Universiad Del Bosque., Huila; 2023. Jhon Edison Calderon Jorge Escudero.
3. ACGIH. Globally Protectibg. [Online].; 1939 [Cited 2024 01 26. Available From: <https://www.acgih.org/about/>.
4. (ACGIH) Libro de Valores limites permisibles. TLV'S. 2024th Ed. (ACGIH) Acogih, Editor. New York: ACGIH; 2024.
5. Sistema Globalmente Armonizado De Clasificación Y Etiquetado De Productos Químicos (SGA). In Unidas N. Sexta Edición SGA. Ginebra: 6; 2015. P. 561.
6. (NIOSH) Centro Para El Control Y La Prevención De Enfermendades. [Online].; 1970 [Cited 2024 01 23. Available From: <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/ab-sp.html>.
7. OSHA. Guia De Protección. Massachusetts Ee.Uu: Administración De Seguridad Y Salud Ocupacional; 2023.
8. CDC. Instituto Nacional Para La Seguridad Y Salud Ocupacional (NIOSH). [Online].; 2017 [Cited 2023 10 10. Available From: <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/npg-sp/npg-sp.html>.
9. OSHA Reglas que describen los métodos que deben utilizar los patronos para proteger la salud de los trabajadores contra peligros Osha: <http://www.osha.gov/dts/sltc/methods/index.html>, Niosh: <http://www.cdc.gov/niosh/nmam>.
10. Ministrior del Traabajo. Guía De Atención Integral De Salud Ocupacional Basada En La Evidencia Para Asma Ocupacional. 2006. Guia Para La Gestión Integral Del Riesgo OSHA Y NIOSH.
11. NIOSH. Occupational Exposure Samplig Strategy Manuaal. 1st Ed. Occupational Nif, Editor. Washington D. C.: Center For Diseases Control; 1977.
12. Valores Límite Permisibles De Los Agentes Asmogénicos. [Online].; 2006 [Cited 2023 10 10. Available From: <https://encolombia.com/medicina/guiasmed/asma/limite-valores/>.
13. Mnisterior del Trabajo y Seugridad Social. Guía De Atención Integral De Salud Ocupacional Basada En La Evidencia Para Asma Ocupacional. 2006. Guia Integral De Gestión Del Riesgo En Salud Y Segurdiad.

14. Ministerio del Trabajo y Seguridad Social. Guía De Atención Integral De Salud Ocupacional Basada En La Evidencia Para Trabajadores Expuestos A Benceno Y Sus Derivados (GATISO-BTX-EB). GUIA. Bogotá : Universidad Javeriana , Cundinamarca; 2007. Report No.: 2.
15. Guia Integral Basadas En La Evidencia.. Guia. Bogotá: Universidad Javeriana, Cundinamarca ; 2007.
16. (2009) Se. [Online].
17. (2011) Tdni3. [Online].
18. Riesgo Químico Alternativas y Métodos de Evaluación-/Coshh-Essentials. Instituto Sindical De Trabajo, Ambiente Y Salud. [Online]. [Cited 2023. Junio].
19. Europea. E(Csisdlc. [Online].
20. Monographs.IARC.Who.Int/Agents-Classified-By-The-Iarc/. [Online].
21. Health D. <https://www.acgih.org/growing-for-you/>. [Online].
22. Historia Del Petróleo En Colombia. [Online].; 2001 [Cited 2023 10 10. Available From: https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_Del_Petr%C3%B3leo_En_Colombia.
23. William Alejandro Moreno Agudelo Lmpa. Análisis De Trabajos Críticos De Estimulación. [Online].; 2019 [Cited 2023 10 11. Available From: [Efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repository.uamerica.edu](https://repository.uamerica.edu).
24. ANH. Agencia Nacional De Hidrocarburos. [Online].; 2022 [Cited 2023 09 19. Available From: <https://www.anh.gov.co/es/operaciones-y-regal%C3%ADas/sistemas-integrados-operaciones/estad%C3%ADsticas-de-producci%C3%B3n/>.
25. OMS. Con La asistencia Financiera de La Comisión Europea. (Mayo 2010). ICSC 0363 - Ácido acético.
26. Ministerio del Trabajo. Guia De Atención Integral Basado En La Evidencia. Guia En Prevención Enfermedades Laborales. Bogotá:, Riesgos Laborales ; 2006. Report No.: 4.
27. Min Trabajo. [Online].; 2006 [Cited 2023 08 12. Available From: [Guia En Prevención Enfermedades Laborales. Bogotá:, Riesgos Laborales ; 2006. Report No.: 4.](#)
28. Manejo Total de Fluidos en la estimulación de Pozos de Petróleo. [Online].; 2001 [Cited 2023 09 12. Available From: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria.

29. Diario la Republica. [Online].; 2017 [Cited 2023 09 11. Available From: <https://Www.Larepublica.Co/Economia/En-Casanare-Estan-37-De-Los-Pozos-Explorados-En-Lo-Corrido-Del-Ano-2563826>.
30. Diario La República. [Online].; 2021 [Cited 2023 09 11. Available From: <https://Www.Larepublica.Co/Economia/Conozca-Que-Es-Lo-Que-Pierde-Colombia-Si-Se-Llega-A-Frenar-La-Exploracion-Petrolera-3265564>.
31. Proyecto De Grado. El Fracturamiento Hidráulico y sus Implicaciones normativas y Regulatorias Para El Desarrollo De Yacimientos No Convencionales En Colombia.. [Online].; 2013 [Cited 2023 09 11. Available.
32. Ministerior del Trabajo (GATISO-ASMA) Relacionado Con Factores De Riesgo En El Trabajo. GTISO. Bogotá: Ente Gubernamental Colombiano , Cundinamarca; 2006. Report No.: 4.
33. ANH. Agencia Nacional De Hidrocarburos. [Online].; 2022 [Cited 2023 09 12. Available From: <https://Www.Anh.Gov.Co/Es/>.
34. Politecnico Colombiano. [Online].; 2021 [Cited 2023 10 18. Available From: <https://Www.Redalyc.Org/Journal/6078/607869210005/Html/>.
35. Ministerio del Trabajo Minsalud. [Online].; 2022 [Cited 2023 09 11. Available From: <https://Www.Minsalud.Gov.Co/Portada2021/Index.Html>.
36. Santana. [Proyecto De Grado:].Repositorio Universidad de los Andes; 2013 [Cited 2023 10 12. Chrome-Extension://Efaidnbmnnrepositorio.Uniandes.Edu.Co/Server/Api/Core/Bitstreams/7921745b-0161-4778-84b8-F981a01e7a35/Content.

Resumen.!

Guía para la evaluación de la exposición ocupacional a sustancias químicas en los procesos de estimulación de pozos petroleros en Colombia.

1

IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS OPERACIONALES.

El primer paso es la identificación de los procesos operacionales. Se refiere al proceso sistemático de reconocer, analizar y documentar las diversas actividades y operaciones que forman parte las operaciones de estimulación. Este proceso implica una comprensión detallada de cómo se llevan a cabo las funciones esenciales, desde la entrada de recursos hasta la extracción del crudo o gas.

2

SUSTANCIAS QUÍMICAS.

- Identificación de datos relevantes sobre los peligros de una sustancia o mezcla, por ello toda sustancia química desde el mismo proceso de compras debe estar acompañada de una hoja de seguridad y sin ficha técnica.
- Una vez llegue la sustancia química al acopio del pozo, verifique los datos de la hoja de seguridad y su ficha técnica para evaluar su confiabilidad en términos de peligro para la salud y el medio ambiente.
- Determine de manera muy sencilla si la sustancia se clasificará como peligrosa y determine su grado de peligrosidad comparando la información de la hoja de seguridad frente a los criterios de peligro en el (SGA).

3

Inventario de sustancias Q.

Es necesario realizar un inventario relacionando con el tipo de sustancia, la cantidad, la ubicación y el estado. Para ello, se dispone de un formato en Excel, Anexo N° 2, Matriz "Higiene Ocupacional", Inventario Sustancias Químicas.

4

Priorización de las sustancias por sus efectos agudos o crónicos para la salud.

Luego de identificar y caracterizar las sustancias químicas propias del proceso de estimulación, se deberán evaluar los riesgos en aquellas sustancias que su exposición no sea posible evitar, determinando la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de los trabajadores mayormente afectados.

5

SELECCIÓN DE LOS MÉTODOS DE CUANTIFICACIÓN Y TÉCNICAS ANALÍTICAS.

El profesional a cargo del área de salud y seguridad en el trabajo de la organización está en la libertad de consultar el método de cuantificación descargando la siguiente (APP) en su celular o consultando directamente en la página web <https://www.cdc.gov/spanish/niosh/npg-sp/npg-sp.html>.

6

Grupos de Exposición Similar (GES).

"Conformar grupos que tengan similar exposición (GES) o que desarrollen actividades laborales similares, por ejemplo: operarios de minerías, mecánicos, operarios de construcción y/o soldadores".

7

SELECCIÓN DE MÉTODOS ANALÍTICOS PARA LA CUANTIFICACIÓN DE LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL.

Agente Q.	Metodo NIOSH	Metodo OSHA
Ácido Acético	1603	ID 186SG

8

DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA.

Identificado el método analítico, es importante tomar una decisión en cuanto a la cantidad de muestras a tomar en campo. Por ello, se proporciona la metodología propuesta por el Manual de Estrategia de Muestreo de Exposición Ocupacional para una adecuada toma de decisiones en cuanto al número de muestras a tomar.

¡Importante!!! Solo aplica para metodologías de evaluación que implica la toma de muestras para el posterior análisis en laboratorio. No aplica para metodologías de lectura directa.

Guía para la evaluación de la exposición ocupacional a sustancias químicas en los procesos de estimulación de pozos petroleros en Colombia.

9

Corrección del valor límite permisible o TLV.

El modelo de (Brief & Scala) es el más simple de los modelos, ya que compensa el tiempo adicional de exposición reduciendo los niveles límites permisibles. De igual manera, proporciona los niveles más bajos del TLV corregido en comparación con los modelos de OSHA y no requiere de información sobre propiedades químicas de las sustancias.

10

COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS FRENTE AL VALOR TLV COMO INDICADOR DE RIESGO.

Una vez el profesional en Salud y Seguridad de la organización obtenga los resultados de las cuantificaciones de las sustancias químicas en el ambiente de trabajo, es necesario validar en el libro de la (ACGIH), los límites de exposición permisibles definidos para el año en curso. El (TLV), permite considerar otro criterio de priorización para la toma de decisiones en materia de actuación temprana, a menor valor o límite permisible, mayor atención se deberá prestar a la exposición de los trabajadores a dichas sustancias.

11

Seguimiento y control de la exposición a sustancias químicas en el lugar de trabajo.

A partir de identificación y caracterización de las sustancias químicas en lugar de trabajo de la conformación y gestión de los grupos de exposición similar y los resultados por cuantificación. Las siguientes etapas están asociadas al diseño e implementación de los programas de vigilancia epidemiológica, a la implementación de un programa de higiene industrial para el seguimiento y control de los ambientes de trabajo, programas de formación, capacitación y entrenamiento, gestión adecuada de los elementos de protección personal, control de ingeniería y automatización en cuanto se presten las posibilidades, gestión de compra de sustancias químicas con un menor grado de peligrosidad para la salud y seguridad de los trabajadores, así como, también amigables con el medio ambiente.