



Propuesta de intervención frente al peligro químico en el proceso de producción de
Humisol de la empresa ChemiCrops Ltda.

Dawer Morales ID: 850627 NRC 46-505

Kelly Mercado Vega ID: 849532 NRC 46-505

Luis Felipe Rojas Avila ID: 853336 NRC 46-505

Viviana Sánchez Alfonso ID: 848917 NRC 46-505

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual y a Distancia

Sede / Centro Tutorial Bogotá D.C. - Sede Principal

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

Trabajo

Agosto 27 de 2022

Propuesta de intervención frente al peligro químico en el proceso de producción de
Humisol de la empresa ChemiCrops Ltda.

Dawer Morales ID: 850627 NRC 46-505

Kelly Mercado Vega ID: 849532 NRC 46-505

Luis Felipe Rojas Avila ID: 853336 NRC 46-505

Viviana Sánchez Alfonso ID: 848917 NRC 46-505

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar al título de Especialista en
Gerencia en Riesgos Laborales, Seguridad y Salud en el Trabajo

Asesor(a)

Oscar Darío Salamanca Rodríguez

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Rectoría Virtual y a Distancia

Sede / Centro Tutorial Bogotá D.C. - Sede Principal

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

Agosto 27 de 2022

Dedicatoria

*A nuestras familias por apoyarnos en nuestros estudios de postgrado en
Especial a Dios por permitirnos alcanzar nuestros proyectos y metas, y poder
escalar un peldaño más donde hemos enriquecido nuestro conocimiento para aplicar en
nuestra vida diaria y sobre todo en nuestra vida laboral.
A nuestros padres, madres, hermanos por su apoyo incondicional.*

Agradecimientos

En primera estancia al Ing. Andres Murillo por su colaboración y disposición

Para hacer posible este proyecto

En segunda instancia al Docente Oscar Dario Salamanca Rodriguez por su apoyo incondicional, su consistencia y la formación brindada en la aplicación del proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
Resumen ejecutivo	
Introducción	
1. Problema	13
1.1 Descripción del problema	13
1.2 Pregunta de investigación	15
2. Objetivos	16
2.1 Objetivo general	16
2.2 Objetivos específicos	16
3. Justificación	17
4. Marco de referencia	18
4.1 Marco teórico	21
4.1.1 El riesgo químico internacional	21
4.2 Antecedentes o Estado del arte (marco investigativo)	22
4.2.1. Medidas de control político sobre los países miembros.....	22
4.2.3. Herramientas del diagnóstico al riesgo químico ¿Una medida de prevención para abordar los riesgos químicos?.....	23
4.2.4. Uso del lignito en los procesos de producción de fertilizantes.....	25
4.3 Marco legal	26
5. Metodología	30
5.1 Enfoque y alcance de la investigación.....	30
5.2 Población y muestra	30
5.4. Instrumentos.....	30
5.4.1 Observación del proceso de producción de Humisol y registro en Formato de identificación del proceso	31
5.4.1.1. Descripción del instrumento	31
5.4.1.2 Objetivo del instrumento	31
5.4.1.3 Estructura del instrumento	31
5.4.1.4 Variable o categoría	32
5.4.1.5 Forma de aplicación del instrumento	33

5.4.1.5.	Validación de instrumento	34
5.4.2	Matriz IPVR.....	35
5.4.2.2	Descripción del instrumento	35
5.4.2.3	Objetivo del instrumento	35
5.4.2.4	Estructura del instrumento	35
5.4.2.5	Variable o categoría	36
5.4.2.6	Forma de aplicación de los instrumentos.	40
5.4.3	Matriz Multicriterio de decisiones	41
5.4.3.1	Descripción del instrumento	41
5.4.3.2	Objetivo del instrumento	41
5.4.3.3	Estructura del instrumento	41
5.4.3.4	Variable o categoría	42
5.4.3.5	Forma de aplicación de los instrumentos.	50
5.4.3.5.1.	Diligenciamiento inicial	50
5.4.3.5.2.	Evaluación de factores individuales	50
5.4.3.5.3.	Determinar el nivel de riesgo global químico	51
5.4.3.6.	Validación del instrumento	53
5.4.3.6.1	Procedimientos.	54
5.5	Análisis de información.....	55
5.6	Consideraciones éticas.....	56
6.	Cronograma.....	58
7.	Presupuesto	59
8.	Resultados y discusión	60
8.1.	Diagnóstico inicial del proceso de producción de Humisol, usando una matriz IPVR que permita clasificar los peligros del proceso	60
8.1.1.	Diagnóstico Inicial del proceso.....	60
8.1.2.	Identificación de riesgos usando la IPVR.....	67
8.1.3.	Jerarquización del riesgo químico a partir de la matriz IPVR.....	69
8.2.	Peligros químicos del proceso de producción de Humisol a través de una matriz de Prevención y Verificación de Riesgos (IPVR) ajustada multicriterio del proceso de producción de Humisol. 70	
8.2.1.	Riesgo Químico asociado.....	70

8.2.2.	Riesgo ambiental asociado.....	72
8.2.3.	Riesgos asociados a la salud.....	78
8.2.4.	Riesgo económico inherente.....	81
8.3	Propuesta de intervención para la empresa ChemiCrops de acuerdo con la información obtenida de la evaluación de los peligros químicos del proceso de producción de Humisol.	84
8.3.1.	Título de la propuesta	84
8.3.2.	Objetivo central de la propuesta.....	84
8.3.3.	Alcance de propuesta.....	84
8.3.4.	Desarrollo	84
9.	Conclusiones.....	88
10.	Recomendaciones	90
11.	Referencias bibliográficas	91

Índice de Ilustraciones

	Pag.
Ilustración 1.....	33
Ilustración 2.....	34
Ilustración 3.....	34
Ilustración 4.....	50
Ilustración 5.....	51
Ilustración 6.....	53
Ilustración 7.....	56
Ilustración 8.....	57
Ilustración 9.....	61
Ilustración 10.....	61
Ilustración 11.....	61
Ilustración 12.....	61
Ilustración 13.....	61
Ilustración 14.....	61
Ilustración 15.....	61
Ilustración 16.....	61
Ilustración 17.....	61
Ilustración 18.....	61
Ilustración 19.....	61
Ilustración 20.....	63
Ilustración 21.....	63
Ilustración 22.....	63
Ilustración 23.....	63
Ilustración 24.....	63
Ilustración 25.....	63
Ilustración 26.....	63
Ilustración 27.....	63
Ilustración 28.....	64
Ilustración 29.....	64
Ilustración 30.....	64

Índice de Tablas

	Pag.
Tabla 1	26
Tabla 2	32
Tabla 3	36
Tabla 4	37
Tabla 5	40
Tabla 6	40
Tabla 7	42
Tabla 8	53
Tabla 9	58
Tabla 10	59
Tabla 11	68
Tabla 12	69

Resumen ejecutivo

A nivel mundial hasta el 2014 se estima que circulan y se usan cerca de 25 millones de sustancias químicas con potenciales peligrosas para la humanidad, por lo cual surge la necesidad puntual de controlar los factores del riesgo químico para mitigar sus efectos en la salud de los trabajadores, este proyecto busca diseñar una propuesta de intervención frente al peligro químico del proceso de producción de Humisol en la empresa ChemiCrops Ltda, usando una metodología con enfoque mixto explicativo, para tener una propuesta de intervención para la alta gerencia de la organización. En los resultados se puede observar que el proceso consta de 5 etapas que son el almacenamiento de materias primas, área de transformación de lignito, área de mezcla de primera fase, área de mezcla de segunda fase, área de descargue y área de empaque de producto terminado, en donde se tiene que los factores de riesgo prevalentes fueron Síndrome Respiratorio Agudo (3.20%-3.69%), Quemaduras con producto químico (2.96%-3.94%), Quemaduras de líquido hirviente (3.24%). Para lo cual se tiene que la propuesta de intervención está centrada en la adopción de medidas de control a la maquinaria, Programas de Vigilancia Epidemiológica, Mediciones ambientales/ocupacionales, Controles administrativos en el proceso de producción. En últimas se recomienda para futuros estudios se recomienda implementar los PVE en cuanto a asma ocupacional, realizar mediciones ambientales/higiénicas y realizar estudio de auditoría de costos del SG-SST.

Contador de palabras: 228 palabras.

Introducción

El uso de los productos químicos en los procesos industriales de acuerdo a la OIT (2014) se estima en un flujo anual de 25 millones de sustancias químicas, a la fecha se estima que desde 1980 ha aumentado significativamente los efectos adversos por el uso de agentes con características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables y con potencial patogénico a la salud integral de los trabajadores, ante la constante necesidad de avanzar rápidamente a las necesidades de una sociedades modernas, cada vez se hace más necesario tomar medidas de seguridad industrial e higiénicas para mitigar los riesgos asociados al peligro químico. Teniendo en cuenta que la OIT (2014) desde 1980 estableció como primer escenario la identificación de peligros químicos como una necesidad de las organizaciones, en todos los países miembros se hace cada vez más necesaria la implementación de medidas tendientes a proteger al trabajador en su estado de salud integral.

Por otro lado, la OIT (2014) en convenio con los países miembros establece que es de obligatorio cumplimiento la implementación todos los requisitos aplicables al Sistema Globalmente Armonizado, en donde se maneja de forma armónica todos los conceptos de peligrosidad y condiciones de seguridad a tomar de acuerdo con las características fisicoquímicas y patológicas del agente en cuestión.

En Colombia, los efectos de las sustancias químicas en la salud de los trabajadores se clasifican por los factores de exposición a partir de las tablas de enfermedades laborales expuestas en el Decreto 1477 de 2014, así mismo con las bases jurídicas del código sanitario nacional Ley 9 de 1979, a la fecha el Sistema Globalmente Armonizado es un requisito legal dispuesto por el Ministerio de Trabajo de acuerdo al Decreto 1072 de 2015 (Código Único del Sector Trabajo), en ultimas la resolución 0773 de 2021 establece como medida de vigilancia y control a los sistemas de gestión en seguridad y salud en el trabajo, la implementación obligatoria del Sistema Globalmente

Armonizado desde el etiquetado, identificación, transporte y manejo de las posibles eventos negativos que puedan ser perjudiciales a las condiciones ambientales, de salud y operatividad de las organizaciones.

De acuerdo con Fasecolda (2022) para el departamento de Cundinamarca a fecha de corte de agosto de 2022, se reportaron 3 accidentes de trabajo clasificados como riesgo químico, a partir de estos elementos se hace claro que debe existir una responsabilidad plena de los gerentes para dar cumplimiento a las políticas internas de gestión de la organización en cuestión, además de generar un liderazgo y medidas de acción tendientes a controlar sus aspectos de riesgo, basado en el proceso de identificación de medidas orientadas a mitigar los riesgos operativos, administrativos de las organizaciones.

Por otro lado es claro que desde la creación del Código Sustantivo de Trabajo existe la responsabilidad penal y civil de los empleadores sobre sus contratistas y trabajadores, para garantizar las condiciones mínimas de seguridad industrial y de higiene, toda vez que sea orientada a eliminar al máximo la prevalencia de accidentes de trabajo y enfermedades laborales, por las fuentes de peligro de sus actividades y funciones por las que se contrata al personal, por lo que el no cumplimiento genera procesos administrativos, procesos penales y sancionatorios a las organizaciones desde el Ministerio de Trabajo como ente rector, las ARL como entes de supervisión y control, además de los profesionales del área de SST quienes son los responsables legales de garantizar el cumplimiento interno de dichas políticas.

Este proyecto en ultimas busca elaborar una propuesta de intervención para el proceso de producción de Humisol en la empresa ChemiCrops Ltda hacia la exposición al peligro químico de Humisol, que permitan dar cumplimiento a las políticas nacionales en materia de Salud y Seguridad en el Trabajo, sin dejar de lado las regulaciones nacionales en gestión ambiental, salud laboral y las medidas de gestión del riesgo químico de forma proactiva.

1. Problema

1.1 Descripción del problema

De acuerdo con Calera et al. (2005) en el mundo existen más de 25 millones de sustancias químicas existentes, de las cuales la Unión Europea se comercializan y registran alrededor de 100.195 a nivel global desconociendo sus efectos toxicológicos, ambientales. Siendo los trabajadores de forma permanente los expuestos a mediano y largo plazo, es crítico el escenario pues la OIT reporta que en el mundo anualmente se presentan 440.000 muertes laborales por exposición directa e indirecta de trabajadores a agentes químicos distribuidos, 32.000 muertes por cáncer, 16.000 enfermedades cutáneas, 6.700 enfermedades respiratorias, 500 enfermedades oculares.

Ante este escenario internacional Colombia adoptó el compromiso con la OIT sobre las inspecciones de trabajo de acuerdo a OIT (1947), se adopta bajo la figura del Consejo Colombiano de Seguridad según Gil et al. (2020) la guía nacional para la gestión de riesgo químico en Lugares de trabajo, a razón del incremento del uso de sustancias químicas a 155 millones desde 1800-2020, por lo que se hace necesario promover la implementación de medidas normativas de control y prevención de Accidentes de Trabajo en adelante (AT) y Enfermedades Laborales en adelante (EL), para lo cual desde el Decreto 1072 de 2015 (Presidencia de la república, 2015) establece las definiciones del Sistema Globalmente Armonizado, Etiquetado de productos químicos y la clasificación de peligros químicos desde el Sistema Globalmente Armonizado en adelante (SGA) a partir de las regulaciones dadas por el Decreto 1496 de 2018 como lo afirma Presidencia de la república (2018).

En últimas en Colombia, desde el nivel central las ARL tienen la competencia para realizar la vigilancia delegada desde el Ministerio de Trabajo, para dar cumplimiento al Sistema General de Salud y Seguridad en el Trabajo en adelante (SG-SST) que es de obligatorio cumplimiento a todas

las empresas del país de acuerdo con el Decreto 1072 de 2015 (Presidencia de la República, 2015) y a los estándares que son de obligatorio cumplimiento del Código Único del Sector trabajo de acuerdo con la Resolución 0312 de 2019 (Ministerio de Trabajo, 2019), de acuerdo con Fasecolda (2022) a nivel nacional el sector en general FABRIC. PLAGUICIDAS Y OTROS PRODUCT. QUIMICOS USO AGROPECUARIO – Código 5242101 se puede establecer que para el 2022 se han notificado 3 accidentes de trabajo calificados con riesgo químico ([Ver anexo 1](#), [Anexo 2](#), [Anexo 3](#), [Anexo 4](#)). De acuerdo con el Decreto 1072 de 2015 y Resolución 0312 de 2019, el incumplimiento de las políticas nacionales desde el sector trabajo, trae consigo procesos de reparación de derechos, pago por incapacidades y pensiones vitalicias que influyen de forma negativa a las organizaciones, por tal razón surge la necesidad de cumplir con las políticas nacionales para evitar procesos exógenos que afecten la estabilidad de las empresas.

En este caso particular, la empresa ChemiCrops Ltda. cuenta con 12 años de experiencia en el sector de fabricación de humus líquido (Humisol) con certificación ICA vigente, esta provee diferentes organizaciones alternativas de mejoramiento de suelos afectados por problemas de erosión, contaminación y mejoramiento de propiedades, la empresa de forma particular se centra en un proceso químico de transformación de mineral en estado sólido (Lignito) con aditivos como Ácido Fosfórico (H₃PO₄ 95% pureza) e Hidróxido de Potasio (KOH 90% pureza), en donde los trabajadores a pesar de contar con los elementos de protección personal para evitar accidentes de trabajo y enfermedades laborales no siempre los utilizan o en la mayoría de los casos olvidan el uso correcto de los mismos, por lo cual surge la **necesidad de establecer el diagnóstico de riesgo químico al proceso de producción de Humisol**, el cual tiene potencial de generación de daños en la salud de los trabajadores (*Asma Ocupacional, Quemaduras oculares y dérmicas*), dando medidas de gestión interna para controlar el riesgo asociado a dicho proceso.

1.2 Pregunta de investigación

¿Cuáles pueden ser los efectos en la salud de los trabajadores ante la exposición al peligro químico asociados al proceso de producción de Humisol de la empresa ChemiCrops Ltda.?

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Diseñar propuesta de intervención frente al peligro químico del proceso de producción de Humisol para mitigar el riesgo químico en los trabajadores de la empresa ChemiCrops Ltda., Sibaté (Cundinamarca).

2.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico inicial del proceso de producción de Humisol, usando una matriz IPVR que permita clasificar los peligros del proceso.
- Evaluar los peligros químicos del proceso de producción de Humisol a través de una matriz de Prevención y Verificación de Riesgos (IPVR) ajustada multicriterio del proceso de producción de Humisol.
- Elaborar la propuesta de intervención para la empresa ChemiCrops de acuerdo con la información obtenida de la evaluación de los peligros químicos del proceso de producción de Humisol.

3. Justificación

En Colombia todas las organizaciones deben cumplir con los lineamientos establecidos para la prevención de Accidentes de Trabajo(AT) y Enfermedades Laborales(EL), de acuerdo a los estándares mínimos establecidos de acuerdo a la Resolución 0312 de 2019 y Decreto 1072 de 2015, surge la necesidad de realizar el diagnóstico de riesgo químico para el proceso de producción de Humisol, siendo este un requisito legal y obligación de la organización para establecer su SG-SST en cuestión, este diagnóstico permitirá establecer las medidas de control, prevención y manejo del riesgo químico del proceso de producción de Humisol en la empresa ChemiCrops Ltda., siendo un insumo clave para diseñar el SG-SST a largo plazo, y establecer los controles operativos, administrativos y de ingeniería que hayan a lugar en el proceso a fin. El alcance de este proyecto por ende se limita hacia el diagnóstico del riesgo químico del proceso en sí.

4. Marco de referencia

En el mundo de acuerdo a la OIT (2014) se usan diferentes clases de productos químicos para las actividades de producción de pesticidas, creación de fármacos, atención de enfermedades, investigación industrial, lo que representa más del 30% del sector internacional, lo cual permite mejorar la calidad de vida y gozar de una comodidad moderna ante diferentes necesidades industriales, no obstante su uso en diferentes sectores expone de forma continua a los trabajadores en lo que conocemos como riesgo químico, de acuerdo a OIT (2014) la medida en que se presenta el riesgo químico en un área de trabajo, relacionados de acuerdo a OIT (2014) con eventos potenciales de efectos a la salud, al medio ambiente y a su potencial para materializar en el huésped (trabajador) un cuadro avanzado de cáncer u otras patologías crónicas que pueden afectar de forma directa cualquiera de las esferas de desarrollo, siendo la justificación para establecer controles y regulaciones en el uso de sustancias químicas.

Por lo cual OIT (2014) desde el nivel internacional hace énfasis en que el desarrollo de políticas nacionales, sectoriales y locales ha sido la clave para minimizar los efectos producidos por el uso de sustancias químicas en los campos de salud pública, producción de agroinsumos, producción de reactivos y sustancias necesarias para la vida cotidiana, por lo cual no es un factor negociante eliminar su existencia de nuestros procesos habituales; pero si, manejar de forma prudente su circulación y regulación en todos los países parte, que suscribieron de forma permanente convenios como es el caso del Convenio sobre los productos químicos establecido en el año 1990 por el cual se define la expresión de “utilización de productos químicos en el trabajo para implicar toda actividad laboral que podría exponer a un trabajador a un producto químico”(OIT, 2014 ,p.3).

Partiendo de este precedente el convenio internacional en cuestión que menciona OIT (2014) desde 1990 establece la regulación de actividades asociada a “producción, manipulación de

productos químicos, almacenamiento de productos químicos, transporte de productos químicos, eliminación y tratamiento de los residuos de productos químicos, liberación de productos químicos, mantenimiento – reparación y limpieza de equipos y recipientes utilizados para los productos químicos” (p.3), siendo este el precedente internacional para el establecimiento de medidas no solamente en áreas de SST, también en áreas de control ambiental, control administrativo y vigilancia epidemiológica como medida de prevención para las Enfermedades Laborales (EL) y Accidentes de trabajo (AT) en entornos con exposición a agentes químicos.

En el sector trabajo a nivel internacional, de acuerdo con OIT (2014) los efectos a los trabajadores expuestos tienden a ser de forma acumulativa; es decir, la exposición continua a pequeñas concentraciones (crónica) es un factor detonante para alcanzar la dosis específica que puede causar un efecto indirecto a la salud del trabajador, aunque no es el único aspecto relevante; en otros casos dependiente de la concentración la exposición puede ser aguda en donde un agente dependiendo de su letalidad puede generar envenenamiento o muerte directa del trabajador por exposición al agente químico, siendo así que OIT (2014) establece que a partir del congreso internacional de la OMS para minimizar el impacto del riesgo químico en las actividades industriales en donde la “Conferencia internacional sobre Gestión de Productos químicos, incluyó información que fomenta la investigación adicional sobre los costos sociales y económicos de la gestión inadecuada de los productos químicos”(p.5), mostrando una evidencia tangible de los efectos del consumo de cigarrillo de forma activa y pasiva en los entornos laborales, siendo una cifra preocupante por la que OIT (2014) establece que han muerto cerca de 2 millones de habitantes anualmente por la exposición continua (crónica) a los agentes emisores o fumadores activos, aun siendo más mortal que los eventos de envenenamiento agudo por pesticidas que reportan para el 2004 una cifra estimada de 375.000 muertes anuales.

A razón de estos antecedentes, la OIT (2014) como ente internacional de promoción y ente gubernamental asesor para los estados miembros establece una metodología para la estimación de controles en la exposición de trabajadores a riesgo químico usando los Valores de Limite de Exposición Profesional (LEP) siendo valores criterios para establecer un factor de riesgo determinante en la actividad económica y a fin a las condiciones de peligrosidad características del agente químico que manipula el trabajador. Aunque esta metodología a nivel internacional fue implementada como una herramienta para prever los efectos del riesgo químico, de acuerdo a OIT (2014) “los TLV son niveles recomendados sin ningún requisitos legal”(p. 7), este elemento fue tema de discusión durante más de 20 años hasta que cada país miembro estableció a partir de los TLV internacionales para cada agente químico, sus límites de exposición para el sector específico empezando con el control sobre el benceno (causante de la leucemia), Plomo y Mercurio.

En últimas OIT (2014) en el año 19981 a partir del Convenio internacional sobre seguridad y salud en los trabajadores establece las bases para la conformación de una política internacional socializada en el año 2006 para la promoción de la seguridad industrial en el trabajo sobre la manipulación, transporte y manejo de sustancias químicas en diferentes sectores productivos, siendo este precedente la instauración de la primera guía internacional de la gestión de seguridad y salud en el trabajo (SST) para manejar el riesgo químico de forma armonizada, integrada y con mejora continua de los sistemas de control industriales para el manejo de productos químicos en trabajadores y empleadores, generando una obligación como ente internacional de vigilancia a los países miembros en metas y proyecciones de prevención del riesgo químico a agentes teratogénicos, tóxicos, explosivos, inflamables y corrosivo, se hace la aseveración que en ningún momento la OIT descarto la integración de los factores ambientales y su relación directa con los procesos productivos del sector químico.

Posteriormente, la OIT (2014) como ente regulador internacional establece como requisito a todos los productores la formulación de fichas de seguridad química internacional, que para 1980 según OIT (2014) llegó a ser de 1.700 aproximadamente; por otro lado en 1995 desde el nivel más alto de la OIT (2014) se establecen los comités de altos responsables de inspección de trabajo para determinar el grado de cumplimiento y mejora continua de los sistemas integrados de Gestión armonizados en cuanto a productos químicos, mediado por la interacción internacional e investigación de los efectos a la salud potenciales de las sustancias a los trabajadores y su entorno directo, para lo que la OIT (2014) enfatiza que buscaba como último fin “mantener los beneficios logrados a través de la producción y el uso de productos químicos, minimizar las exposiciones del trabajador y las emisiones al medio ambiente, desarrollar e implementar estrategias y sistemas nacionales de prevención”(p. 23)

4.1 Marco teórico

4.1.1 *El riesgo químico internacional*

De acuerdo con la OIT (2014) “Los productos químicos son esenciales para tener una vida sana y gozar de la comodidad moderna” (p.1) en la actualidad son de consumo común y permiten tener un acceso eficiente a las necesidades de consumo de bienes para la generación de productos en el sector industrial, farmacológico, ambiental, agroecológico y de seguridad. Hasta 1980 la OIT como ente regulador de los países miembros usando el mecanismo de la directriz internacional de control y Gestión integral sobre los sistemas de control químico, no estableció una línea clara entre los aspectos ambientales, químicos y de seguridad industrial en la medida que los países fuesen responsables de fijar metas objetivas en prevención y eliminación de riesgos laborales por exposición a factores químicos, por lo cual nacen de acuerdo a OIT (2014) en su primera versión los límites de exposición (LEP) como valores críticos de concentración a agentes químicos en el sector trabajo, posteriormente en 1981 se establece por primera vez la obligatoriedad bajo el

principio de prevención, protección y mantenimiento eficaz de los programas de vigilancia a riesgo químico el uso obligatorio de los TLV como valores límites de exposición para agentes con capacidades teratogénicas, cancerígenas, mutágenos, ambientales y de afectación directa por sus características a la integralidad de la salud del trabajador.

4.2 Antecedentes o Estado del arte (marco investigativo)

4.2.1. Medidas de control político sobre los países miembros

De acuerdo a OIT(2014) a partir de los precedentes de estudios de exposición aguda y crónica a agentes químicos, establece que existe una relación directa entre el potencial del riesgo químico, con su peligrosidad en una metodología armonizada, a lo que conocemos hoy día como el Sistema Globalmente Armonizado en Clasificación y Etiquetado de Productivos Químicos (SGA), que según OIT (2014) se caracteriza por ser un mecanismo internacional para unificar de forma armónica los requisitos legales para el manejo, disposición y tratamiento de sustancias químicas con agentes potenciales de peligrosidad a la salud humana, más allá de eso según OIT (2014) se busca con en este mecanismo “clasificar los riesgos para la salud, físicos, ambientales, pictogramas armonizados, palabras de aviso (P), declaraciones de riesgo, fichas de seguridad de 16 secciones, actualización y mantenimiento del SGA, responsabilidad de los fabricantes y proveedores para generar y distribuir productos químicos”(p.16), lo que en ultimas obliga a los países miembros a conformar comités especializados para tener un seguimiento continuo a los aspectos relevantes de cumplimiento ante las regulaciones de la OIT, aunque este no ha sido el único actor que dictamina las medidas de control internacional pues de acuerdo a (OIT,2014) en su conmemoración internacional del día mundial de la Seguridad y Salud en el Trabajo se incluye a los colaboradores internacionales del Programa Inter organizaciones para la Gestión Racional de los Productos Químicos (IOMC).

4.2.3. Herramientas del diagnóstico al riesgo químico ¿Una medida de prevención para abordar los riesgos químicos?

De acuerdo con Calera et al (2005) en su estudio "Riesgo químico laboral: elementos para un diagnóstico en España" establece que en la Unión Europea (UE) para el 2005 cerca de 20.000 sustancias químicas no ha sido objeto de estudios toxicológicos para conocer su potencial de riesgo químico, para diferentes organizaciones lo que sitúa a un porcentaje cercano del 19.96% dejando una ventana de apertura para generar un riesgo potencial, aun mas cuando estas sustancias a nivel mundial representan un flujo de producción cercano a 1000 Toneladas por año, sumado a esto solo 350(11.6%) han sido declaradas sustancias químicas potencialmente toxicológicas. Por lo tanto, de acuerdo Calera et al (2005) la prevalencia de muertes por exposición a agentes químicos en el mundo se aproxima a 440.000 muertes distribuidas de forma prevalente en el mundo, para ejemplificar no más en la Unión europea se reportan para el 2005: 32.000 (7.27%) por cáncer, 16.000 (3.64%) por enfermedades cutáneas, 6.700 (1.52%) por enfermedades respiratorias, 500 enfermedades oculares (0.11%). Para el caso presentado por Calera et al. (2005) se levanta una matriz de identificación de peso de productos químicos anuales a partir de datos de aduanas, donde se establece que existe un flujo anual de 9.299.813 miles de Kg por año y un numero de importaciones prevalentes de 524.375 movimientos en el país de España, en donde se genera una matriz de correlación que permite evidenciar según Calera et al. (2005) que el 31% de los trabajadores se encuentra expuesto a vapores químicos, polvos y humos por inhalación, para el 19% el modo de exposición es por manipulación en la industria, y para el sector de manufactura química del 27.8%, el ultimo sector prevalente se encuentra en el sector de construcción con un 50.6%, en lo cual inciden enfermedades de tipo cancerígenas. De acuerdo a Calera et al. (2005) las medidas de Gestión objetivas para mitigar el riesgo químico son: i)la participación en espacios de capacitación sobre riesgo químico obligatoria, ii)realización de evaluaciones de riesgo químico,

iii) estudios sociodemográficos de los trabajadores para conocer sus edades, hábitos, niveles de formación y aspectos epidemiológicos, iv) la actuación proactiva en identificación del riesgo químico en las organizaciones, v) la vigilancia en salud en los trabajadores de forma preventiva en todos los niveles de operación.

De acuerdo con Oropesa (2014) en su estudio "RicoTox: web sobre riesgo químico. Experiencia en la enseñanza universitaria de Toxicología Ambiental y Salud Pública" el enfoque para abordar el riesgo químico desde la información a los colaboradores no puede ser descartado, inclusive afirma que desde el punto de vista de educación para la realización de programas de educación ante el riesgo químico se debe contar con tres características mínimas: "motivación e instrucción metodológica realizadas con el grupo completo, ii) la autorregulación de los estudiantes y el fomento a formarse entorno al análisis integral del riesgo químico, iii) generación de espacios para la creación de una metodología de incursión de estudiantes al análisis integral del riesgo químico" (p.71), entre los resultados más relevantes de esta investigación evidencia que existe una tasa de aceptación y reconocimiento de los riesgos químicos del 59.02% evaluados a partir de la identificación y apropiación objetiva de las acciones tomadas para eliminar y mitigarlo en sus vidas cotidianas, por otro lado el 74% de los sujetos muestreados establece que el ambiente de trabajo en riesgo químico por su especificidad requiere un mayor detalle de abordaje para ser más eficiente y eliminar así la prevalencia del riesgo químico en sus entornos.

De acuerdo con Abella et al. (2017) en su estudio "Evaluación de riesgos químicos en un laboratorio de química analítica por el método cosh essentials" realizado en Cuba, realiza la evaluación del riesgo químico en un laboratorio a partir de la metodología cosh essentials y INRS, realizando la aplicación de la matriz cosh essentials que se enfoca en la evaluación de productos químicos de acuerdo a sus características de peligrosidad "(A – Irritantes para ojos/piel, B – Nocivos, C – Tóxicos, D – Muy tóxicos – Cancerígenos categoría 2, E – Cancerígenos Categoría 1A,

1B mutagénicos)”(Abella et al. 2017, p. 96) , para lo cual a partir de la ponderación de puntajes asignados de acuerdo al nivel de peligrosidad por el punto de ebullición, las condiciones ambientales, las medidas de control de riesgo(factor de reducción), establece que la ponderación global encuadra en el riesgo de peligrosidad 4 asignada por la presencia de sustancias como: Hidróxido de Potasio, Ácidos fuertes que son característicos para la manifestación de síntomas como causantes de quemaduras agravantes en piel, lesiones oculares graves, clasificación toxica en caso de ingestión y altamente volátiles para líquidos y pulverencia de sólidos, en ultimas el autor afirma que en si la presencia de un agente químico con características de alta peligrosidad y concentración, bajo la metodología matricial coshh essentials da como resultado una evaluación de alto riesgo en la categoría E – Cancerígenos Categoría 1A,1B y mutagénicos. Este anterior da un abordaje sobre los métodos de evaluación de riesgo químico en puestos de trabajo.

4.2.4. Uso del lignito en los procesos de producción de fertilizantes

Según Rojas (2008) el lignito o turba se compone por “carbonos de alta humedad y alto contenido de ceniza y material volátil, lo cual hace que posean un bajo poder calorífico. Son usados para calefacción, energía eléctrica y generadores de vapor de agua” (p.246), este mineral tiene como propiedades físicas carbono fijo (25%-35%), material volátil (96%), Poder calorífico (4000 BTU – 7800 BTU), sus principales usos son en el sector de químicos para producción de energía y agroindustriales para la producción de fertilizantes. Por otro lado, las principales fuentes de este carbón mineral se presentan en Sudamérica con predominancia en Ecuador, Colombia y Perú. Gómez et al. (2016) establece que el lignito se puede definir como “un residuo de los procesos de extracción carbonífera se caracteriza por ser normalmente blando y desmenuzable, con un aspecto mate y terroso” (p.74), también apoya la tesis que la transformación de los ácidos húmicos son un potencial para el sector de producción de fertilizantes haciendo énfasis en que “Estudios han demostrado el efecto estimulante del CBR y sus derivados como los ácidos húmicos

(AH)” (Gómez et al., 2016, p.74), generando como lo denomina Gómez et al. (2016) “promover la biodisponibilidad de nutrientes (debido al incremento de la solubilidad), particular en el incremento en la acumulación de biomasa, captación de nutrientes, biosíntesis de metabolitos” (p. 74) lo que demuestra el potencial de producción de bioensayos para la generación de una sustancia con potencial de mejoramiento de suelos y rendimientos en cultivos de forma natural a partir de métodos como la biorremediación. De acuerdo con Rojas (2008) el uso permanente del lignito para la liberación de ácidos húmicos se relaciona a reacciones químicas de oxidación y desplazamiento que dan lugar a la liberación de HS, que en si son factores determinantes para analizar el riesgo químico del proceso y sus oportunidades de mejora en la prevención de accidentes de trabajo.

4.3 Marco legal

Tabla 1
Marco legal

Quien emite la norma	Que reglamenta	Resumen de la norma
Ley 18 de 1976	Reglamenta el ejercicio de la profesión de Ingeniero Químico	De acuerdo con el Congreso de la República (1976), Reglamenta el ejercicio del Ingeniero Químico en el territorio nacional, y los alcances de la profesión.
Ley 9 de 1979	Por la cual se dictan medidas sanitarias y argumenta las bases medidas sanitarias.	De acuerdo con el Congreso de Colombia (1979), de donde se dictan medidas para el uso del agua potable, los residuos y la preservación del recurso hídrico.
Ley 55 de 1993	De acuerdo con Presidencia de la República (1993) Aprobación y adaptación en el sistema nacional colombiano a partir del convenio # 170 de la OIT y la recomendación # 177 sobre la seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo.	De acuerdo con la Presidencia de la República (1993) por el cual se orienta de forma básica la utilización de productos químicos, y la seguridad de los trabajadores a través de medidas de prevención.
Decreto 1973 de 1995	De acuerdo con Presidencia de la República (1995) por medio del cual se promulga el Convenio 170 sobre la	De acuerdo con La Presidencia de la República (1995) decreta frente a la obligación que tienen los empleadores de proporcionar fichas

	Seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo, adoptado por la Conferencia General de la Organización Internacional del Trabajo el 25 de junio de 1990.	de datos de seguridad que contengan información, proveedor, clasificación, peligrosidad, medidas de precaución y los procedimientos de emergencia.
Decreto 1609 de 2002	De acuerdo con Presidencia de la República (2002) se reglamenta el manejo y del transporte automotor de mercancías o sustancias peligrosas	Desde el punto de vista como transporte, la Presidencia de la República (2002) por el cual “tiene por objeto establecer los requisitos técnicos y de seguridad para el manejo y transporte de mercancías peligrosas por carretera en vehículos automotores en todo el territorio nacional, con el fin de minimizar los riesgos, garantizar la seguridad y proteger la vida y el medio ambiente, de acuerdo con las definiciones y clasificaciones establecidas en la Norma Técnica Colombiana NTC 1692” (p.1)
Resolución 0375 de 2004	De acuerdo con Ministerio de Agricultura (2004) se dictan las disposiciones sobre Registro y Control de los Bioinsumos y Extractos Vegetales de uso agrícola en Colombia.	De acuerdo con el Ministerio de Agricultura (2004) se dictan las disposiciones sobre Registro y Control de los Bioinsumos y Extractos Vegetales de uso agrícola en Colombia, que de acuerdo con el Decreto 1840/94, le corresponde al Instituto Colombiano Agropecuario ICA otorgar dicho registro y ejercer el control legal y técnico de los Bioinsumos y Extractos Vegetales de uso agrícola en el país.
Ley 1196 de 2008	De acuerdo con Congreso de La República (2008) es la Ley que aprueba el "Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes"	De acuerdo con el Congreso de la República (2008) se aprueba el "Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes,"(p. 2) hecho en Estocolmo el 22 de mayo de 2001, para proteger la salud humana y el medio ambiente.
Ley 1562 de 2012	Congreso de Colombia (2012) reglamenta la ley por la cual se modifica el sistema de riesgos laborales y se dictan otras disposiciones en materia de salud ocupacional	Según el Congreso de la República de Colombia (2012), decreta la ley por “cual se modifica el Sistema de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia de Salud Ocupacional” (p.1)

Resolución 1223 de 2014	Según Ministerio de Transporte (2014) se dan los requisitos sobre curso obligatorio de capacitación para manejo, almacenamiento y transporte de sustancias químicas peligrosas	De acuerdo con Ministerio de Transporte (2014) reglamenta y busca fortalecer el conocimiento (etiquetas, normatividad, riesgos sobre el manejo de sustancias químicas peligrosas a todos los actores, proveedor transportador y cliente.
Decreto 1477 de 2014	De acuerdo con Presidencia de La República de Colombia (2014) se expide la Tabla de Enfermedades Laborales.	De acuerdo con el Presidencia de la República (2014 se expide la Tabla de Enfermedades Laborales, además Presidencia de la República (2014) se dan a detalle las enfermedades laborales asociando los elementos de causalidad y factores de riesgos.
Decreto 1072 de 2015	Según Ministerio de Trabajo de (2019) se dictamina el Decreto Único reglamentario del sector trabajo	De acuerdo con la presidencia de la República (2015), el Ministerio de trabajo decreta los reglamentos en el sector del trabajo a nivel nacional.
Resolución 2254 de 2017	De acuerdo con Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017) se adopta la norma de calidad de aire a nivel nacional.	De acuerdo con Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017) la norma nacional de calidad de aire establece los valores límites de emisión de fuentes de contaminantes a la atmosfera en el territorio nacional.
Decreto 1496 de 2018	De acuerdo con Presidencia de la Republica de (2018) se adopta el Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos y se dictan otras disposiciones en materia de seguridad química. Ministerio de Trabajo y Protección Social. (2018)	De acuerdo con Presidencia de la República (2018) se Adopta el Sistema Globalmente Armonizado SGA sexta edición del año 2015, en las actividades de extracción, producción, importación, almacenamiento, transporte, distribución, comercialización y los diferentes usos de los productos químicos.
Resolución 0312 de 2019	De acuerdo con Ministerio de Trabajo (2019) Por la cual se definen los estándares mínimos del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.	De acuerdo al Ministerio de Trabajo (2019), en el artículo 33 “Las empresas fabricantes, importadoras, distribuidoras, comercializadoras y usuarios de productos químicos peligrosos, deberán tener un programa de trabajo con actividades, recursos, responsables, metas e indicadores para la prevención de accidentes en industrias mayores, con la

		respectiva clasificación y etiquetado de acuerdo con el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos, observando todas sus obligaciones al respecto y dando cumplimiento a la Ley 320 de 1996, el Decreto 1496 de 2018 y demás normativa vigente sobre la materia.”(Art. 33)
Decreto 1630 de 2021	De acuerdo con Presidencia de la República (2021) se definen las acciones en la gestión integral de las sustancias químicas de uso industrial, incluida la gestión del riesgo y se toman otras determinaciones.	De acuerdo con Presidencia de la República (2021) el ámbito de aplicación de la norma aplica a todo el territorio nacional en la producción, importación, uso y gestión de sustancias químicas en el marco del SGA.
Resolución 0773 de 2021	De acuerdo con Ministerio de Trabajo (2021) se definen las acciones para la aplicación del Sistema Globalmente Armonizado (SGA) de clasificación y etiquetado de productos químicos en lugares de trabajo en materia de seguridad química.	De acuerdo con el Ministerio de trabajo (2021), define las acciones para la aplicación del SGA de clasificación y etiquetado de productos químicos en lugares de trabajo y se dictan otras disposiciones en materia de seguridad química.

Nota: Elaborado por los autores

5. Metodología

5.1 Enfoque y alcance de la investigación

Contrastando con Hernández y Mendoza (2018) el enfoque de la investigación es Mixto, de acuerdo a Hernández y Mendoza (2018) “se utiliza evidencia de datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicos y de otras clases para entender problemas en las ciencias” (p.10); en cuanto al alcance es de tipo explicativo a partir de la identificación de los factores de peligro y las variables en cuanto a las condiciones de salud que se puedan encontrar ante la exposición de dichos factores; brindando alternativas para mitigar los peligros y que estos no se materialicen en accidentes de trabajo (AT) y/o enfermedades laborales (EL) para los trabajadores.

5.2 Población y muestra

Las características de la población intervenida en la investigación son todos los trabajadores vinculados al proceso de producción de Humisol en la empresa ChemiCrops Ltda., en específico para el área de producción, quienes están expuestos de forma directa a los químicos usados para la fabricación del producto final. En este caso el muestreo es de tipo no probabilístico (n=5), con diferentes variables sociodemográficas para tener en cuenta (edad, genero, nivel educativo, estrato socioeconómico, prevalencia de antecedentes de salud, antigüedad).

Por otro lado, los criterios de inclusión en el proyecto serán trabajadores al proceso de producción de Humisol de la empresa ChemiCrops Ltda., con un tiempo de vinculación mayor a un año, asignados al área de operaciones; por otro lado, los criterios de exclusión serán trabajadores con un tiempo de vinculación menor a un año en la organización y que no estén asignados al proceso de producción de Humisol.

5.4. Instrumentos

5.4.1 Observación del proceso de producción de Humisol y registro en Formato de identificación del proceso

5.4.1.1. Descripción del instrumento

El instrumento es no estructurado, este se basa en la observación del investigador con conocimientos previos en procesos o formación afín al área de ingeniería, por ende, el instrumento de registro de información es el formato de identificación. En últimas es un instrumento de registro en el cual se describirá todo el proceso de producción del Humisol, con cada una de sus etapas, desde la identificación y manipulación de las materias primas, pasando por las diferentes etapas como la molienda, mezcla, cocción y reacciones químicas, hasta llegar al producto final de fertilización, Humisol.

5.4.1.2 Objetivo del instrumento

Conocer cada una de las etapas del proceso de producción de Humisol, que ayudara a construir la matriz IPVR para identificar los peligros químicos que pueda generar deterioro de la salud de los trabajadores de la empresa ChemiCrops Ltda.

Conocer cada etapa del proceso de producción de Humisol, para posterior a esto poder realizar la matriz IPVR e identificar los peligros que pueda llevar a deterioro de la salud de los trabajadores de la empresa ChemiCrops Ltda.

5.4.1.3 Estructura del instrumento

La observación es un instrumento cualitativo para la identificación de todo el proceso de producción de Humisol el cual está encaminado en la recolección de datos semiestructurados que se registraran en el formato de identificación del proceso que está compuesto por: Descripción del proceso de producción de Humisol, Diagrama del proceso P&ID, Análisis del proceso que

contiene la descripción de etapas y el análisis del proceso por etapas y finaliza con las observaciones puntuales que se hagan de todo el proceso.

5.4.1.4 Variable o categoría

A continuación, se presenta la lista de variables y categorías del formato de identificación del proceso que se utilizara para registrar los datos obtenidos del instrumento de observación del proceso de Humisol:

Tabla 2

Lista de variables del instrumento

Codificación/Campo	Descripción	Tipo
Identificación del Proceso	En esta variable se describe todo el proceso de producción del Humisol desde las materias primas, pasando por los procesos de molienda, cocción y mezclas de las sustancias químicas hasta el producto final.	Cualitativa Nominal
Diagrama del proceso P&ID	En esta variable se realizan diagramas y esquemas del proceso de producción que permitan identificar cada una de las etapas de forma visual.	Cualitativa Nominal
Análisis del proceso	En esta variable se describen de las etapas del proceso, se colocará los elementos y la cantidad de cada uno al iniciar la etapa, posterior la actividad de la etapa y al terminar la misma se colocará los elementos generados y la cantidad de los mismo. Con eso se identificarán los riesgos y las amenazas de cada etapa del proceso.	Cualitativa Nominal
Análisis del proceso por etapas.	En esta variable se describe cada etapa a partir del ciclo PHVA, que permitirá dar soluciones a los problemas identificados	Cualitativa Nominal
Observaciones	Esta variable describe todas aquellas observaciones que sean importantes para el proceso y no se hayan descrito en las variables anteriores	Cualitativa Nominal

Ilustración 2

Análisis del proceso

3.Análisis de proceso						
3.1.Descripción de etapas						
Etapa	Entrada		Actividad(Transformacion)	Salidas (Producto)		Riesgos/Amenazas
	Cantidad	Elemento		Cantidad	Elemento	
Etapa 1	1	Elemento 1	Actividad(Transformacion)	Salidas		Riesgos/Amenazas
	1	Elemento 2	Actividad(Transformacion)	Salidas		Riesgos/Amenazas
Etapa 2	1	Elemento 3	Actividad(Transformacion)	Salidas		Riesgos/Amenazas
	1	Elemento 4	Actividad(Transformacion)	Salidas		Riesgos/Amenazas
Etapa 3	1	Elemento 5	Actividad(Transformacion)	Salidas		Riesgos/Amenazas
	1	Elemento 6	Actividad(Transformacion)	Salidas		Riesgos/Amenazas
Etapa 7	1	Elemento 7	Actividad(Transformacion)	Salidas		Riesgos/Amenazas

Nota: Analisis de proceso diseñado por los autores

Nota: Elaborado por los autores

Finalmente, en el espacio de observaciones se describirán toda aquella información que se obtuvo y no se detalló en las fases anteriores.

Ilustración 3

Análisis del proceso por etapas

4.Análisis de proceso por etapas				
Etapa	Planear(P)	Hacer (H)	Verificar(V)	Actuar(A)
Etapa 1				
Etapa 2				
Etapa 3				
Etapa 4				

Nota: Analisis de proceso diseñado por los autores

4.1.Observaciones :
Escribir las observaciones puntualmente aca.

Nota: Elaborado por los autores

En estas partes finales del instrumento se registra la información de las observaciones y los elementos del proceso en sí, desde el punto de vista del Planear, Hacer, Verificar y Actuar respectivamente.

5.4.1.5. Validación de instrumento

Véase anexo 10.

5.4.2 Matriz IPVR

5.4.2.2 Descripción del instrumento

Para entender el sistema de recolección de datos encontramos un modelo claro y conciso a partir del ICONTEC (2012) por medio de la guía técnica colombiana GTC 45, la cual proporciona parámetros y directrices de acuerdo con las necesidades de las organizaciones para identificar los peligros junto con la valoración del riesgo respectivamente. Es por esta razón que es necesario retribuir el desarrollo de la Matriz de identificación de peligros y valoración de riesgos al desarrollo de la metodología teniendo en cuenta los aspectos basados en la normatividad vigente para llevar a cabo el seguimiento reseñado para el diseño e implementación de los controles establecidos.

5.4.2.3 Objetivo del instrumento

La meta deseada es la matriz Identificación de peligros y valoración de riesgos como el resultado de la aplicación de la metodología de la guía técnica colombiana GTC 45 a partir de los procesos, tareas y actividades desarrolladas dentro de la organización ya que de esta manera facilitará la clasificación y priorización de acuerdo con los peligros identificados.

5.4.2.4 Estructura del instrumento

El instrumento suministrará datos estructurado organizado de forma sistemática de acuerdo con el ICONTEC (2012) capaz de clasificar los procesos debidamente organizados para desglosar las tareas ejecutadas, una por una, que tenga como objetivo permitir a quien lo requiera, identificar los peligros relacionados, siendo priorizados de acuerdo con su descripción y clasificación al punto de evaluar y valorar los riesgos detectados.

5.4.2.5 Variable o categoría

El miembro de la organización designada se puede apoyar con la tabla anexa del ICONTEC (2012) para poder entender la caracterización de peligros identificados en su organización ya que cualitativamente priorizará directamente los riesgos para ser evaluados de acuerdo con las siguientes variables:

Tabla 3

Lista de variables del instrumento cualitativo

Código	Nombre	Descripción	Tipo
Peligros	Descripción Peligro	En esta parte de la tabla describe cada uno de los peligros encontrados en las diferentes áreas de trabajo de la empresa ChemiCrops Ltda.	Cualitativa Nominal
Peligros	Clasificación de peligros	En esta parte de la tabla IPVR clasifica cada uno de los peligros descritos anteriormente de la empresa en estudio.	Cualitativa Ordinal
Peligros	Efectos posibles	En esta área describe los daños posibles que puede generar el peligro identificado tanto en el trabajador (accidentes de trabajo y/o enfermedades laborales) y en las diferentes áreas de la empresa (daños y/o pérdidas materiales)	Cualitativa Nominal
Controles existentes	Controles Existentes	En esta área de la tabla describe las diferentes acciones que se pueden realizar, a nivel de la fuente, el medio o el trabajador, para controlar los peligros identificados anteriormente y por ende mitigar el riesgo que se pueda generar.	Cualitativa Nominal

Fuente: Elaborado por los autores a partir de ICONTEC (2012)

Por otro lado, las variables cuantitativas de la metodología para la GTC 45 expuestas por ICONTEC (2012) son respectivamente

Tabla 4

Lista de variables del instrumento cuantitativo

Código	Nombre	Descripción	Tipo	Escala
ND	Nivel de Deficiencia	Magnitud de la relación esperable entre el conjunto de peligros detectados y su relación causal directa con posibles incidentes junto con la eficacia de las medidas preventivas existentes en un lugar de trabajo.	Cuantitativa discreta	bajo (0) medio (2) alto (6) muy alto (10)
NE	Nivel de Exposición	Situación de exposición a un peligro que se presenta en un tiempo determinado durante la jornada laboral; Su calificación (de 1 a 4) está determinada por medio de la frecuencia a la cual se encuentra individuo en una jornada laboral.	Cuantitativa discreta	1- un nivel de exposición de esporádico de manera eventual respectivamente. 2- como exposición ocasional como un periodo corto o alguna vez dentro de la jornada laboral. 3- una exposición frecuente representado como varias veces durante la jornada laboral. 4- nivel más alto presentándose como un nivel de exposición sin interrupción o varias veces por tiempo prolongado.
NP	Nivel de probabilidad	Producto del nivel de deficiencia por el nivel de exposición. $NP = ND \times NE$	Cuantitativa discreta	Muy alto (MA) = entre 40 – 24 >> Situación deficiente con exposición continua, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia.

				<p>Alto (A) = entre 20 – 10 >> Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces en la vida laboral.</p> <p>Medio (M) = Entre 8 – 6 >> Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continuada o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez</p> <p>Bajo (B) = Entre 2 – 4 >> Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica, o situación sin anomalía destacable con cualquier nivel de exposición. No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible.</p>
NC	Nivel de consecuencia	Medida de la severidad de las consecuencias	Cuantitativa discreta	<p>Leve (10): consecuencia dada por una lesión o enfermedad sin incapacidad</p> <p>Grave (25): como aquella lesión o enfermedad con algún tipo de incapacidad temporal laboralmente</p>

				<p>Muy grave (60): dada por medio de una situación que genere como consecuencia una lesión o una enfermedad grave e irreparable</p> <p>Mortal o catastrófico (100): como aquella que produce la muerte del trabajador.</p>
NR	Nivel de Riesgo	<p>Magnitud de un riesgo resultante del producto entre el nivel de probabilidad por el nivel de consecuencia.</p> $NR = NP \times NC$	Cuantitativa discreta	<p>Nivel I: entre 600 y 4000 >> Situación crítica. Suspender actividades hasta que el riesgo este bajo control. Intervención urgente</p> <p>Nivel II: entre 150 y 500 > Nivel II: entre 150 y 500 >> Corregir y adoptar medidas de control de inmediato. Sin embargo, suspenda actividades si el nivel de riesgo está por encima o igual a 360</p> <p>Nivel III: entre 40 – 120 >> Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad</p> <p>Nivel IV: hasta 120 >> Mantener las medidas de control existentes, pero se deberían considerar soluciones o mejoras y se deben hacer comprobaciones periódicas para asegurar que el riesgo aun es aceptable.</p>

Fuente: Elaborado por los autores a partir de ICONTEC (2012)

5.4.2.6 Forma de aplicación de los instrumentos.

Posteriormente al tener el instrumento, se de proceder a presentar la aplicación de instrumento de las variables cualitativas y cuantitativas previamente descritas, tomando las siguientes tablas de estimación del nivel de exposición y el nivel de riesgo.

Tabla 5
Determinación del nivel de probabilidad

Niveles de probabilidad		Nivel de exposición (NE)			
		4	3	2	1
Nivel de deficiencia (ND)	10	MA - 40	MA - 30	A - 20	A - 10
	6	MA - 24	A - 18	A - 12	M - 6
	2	M - 8	M - 6	B - 4	B - 2

Nota: tomado de la ICONTEC (2012)

Nivel de riesgo: entendido como el producto entre el nivel de consecuencia y el nivel de probabilidad donde a través de la tabla 6 se dan los rangos de calificación del nivel de riesgo

Tabla 6
Determinación del nivel de probabilidad

Nivel de riesgo y de intervención NR = NP x NC		Nivel de probabilidad (NP)			
		40-24	20-10	8-6	4-2
Nivel de consecuencias (NC)	100	I 4000-2400	I 2000-1000	I 800-600	II 400-200
	60	I 2400-1440	I 1200-600	II 480-360	II 240 III 120
	25	I 1000-600	II 500 - 250	II 200-150	III 100- 50
	10	II 400-240	II 200 III 100	III 80-60	III 40 IV 20

Nota: tomado de ICONTEC (2012)

5.4.3 Matriz Multicriterio de decisiones

5.4.3.1 Descripción del instrumento

De acuerdo con Hann et al. (2013) y Sampieri (2018) el uso de las matrices multicriterio como herramientas de evaluación se asocia a la priorización de elementos unitarios o componentes causales que generan un efecto directo, en este caso a un riesgo en materia de salud y seguridad en el trabajo sobre el trabajador, y sus efectos indirectos en la materialización que repercuten de forma indirecta en la organización desde la relación implícita entre los elementos funcionales ambientales, salud del trabajador, riesgos químicos e impactos administrativos en materia económica; estos últimos a partir de los requisitos legales en materia de SST.

5.4.3.2 Objetivo del instrumento

El objetivo central de la matriz multicriterio es realizar una evaluación integral de los elementos funcionales del riesgo químico en cuestión, para obtener una ponderación del riesgo total a partir de los elementos (*Riesgo químico, Riesgo ambiental indirecto, Riesgo a la salud de los trabajadores, Riesgo económico a la operación de la organización*). Por lo cual es la jerarquización de mayor a menor impacto dando un abordaje sobre las estrategias de intervención.

5.4.3.3 Estructura del instrumento

El instrumento es estructurado cuantitativo y sus variables se componen por elementos matriciales de la siguiente manera: ID (*Código identificador de etapa*), Fuente (*Fuente de peligro asociada*), Riesgo (*Riesgo directo del proceso*), Las características de peligrosidad de cada área se pueden clasificar en cuanto a riesgos ambientales (FA1, FA2, FA3, FA4), Salud (FS1, FS2, FS3, FS4), Químico (FQ1, FQ2, FQ3, FQ4, FQ5, FQ6), Económico (FE1, FE2).

5.4.3.4 Variable o categoría

Antes de describir las variables o categorías se debe tener en cuenta que la naturaleza del instrumento es cuantitativa y busca determinar el nivel de riesgo a partir de una ponderación global que está relacionada a los factores expuestos a continuación, con su respectiva escala de medición de cada variable

Tabla 7

Tabla de variables matriz multicriterio

Código	Nombre	Descripción	Tipo	Escala de Riesgo (0, 1 – Bajo, 2 – Medio, 3 – Alta)
FA1	Potencial de ser un agente contaminante del recurso atmosférico (Aire)	Describe el riesgo de generar un impacto ambiental significativo sobre la calidad del aire y las condiciones de un ambiente seguro (Res. 2254 de 2017)	Cuantitativa Discreta	<p>0 -No existe riesgo.</p> <p>1 - Riesgo de emisión de material particulado PM 2.5, PM10 al aire y desmejora de las condiciones del ambiente laboral</p> <p>2 - Riesgo moderado de contaminación atmosférica por procesos de inversión térmica, concentraciones de PM 2.5 en el punto de trabajo.</p> <p>3 - Contaminación inminente de calidad de aire por antracita (Lignito) PM 2.5, PM 10 en aire</p>
FA2	Potencial de ser un agente contaminante de recurso hídrico.	Hace referencia al riesgo de generar un impacto ambiental significativo sobre la calidad del agua y las condiciones de un ambiente seguro (Res. 2115 de 2007 - Decreto 1072 de 2015)	Cuantitativa Discreta	<p>0 – No existe riesgo</p> <p>1 - Riesgo bajo contaminar cuerpos de agua superficial con cambios bruscos de temperatura, agentes químicos de rápida transformación, eliminación y degradación química.</p> <p>2 – Riesgo moderado contaminar aguas superficiales con altas cargas de DQO, DBO, Jabones, Tensoactivos, Bases químicas, Especies químicas inorgánicas, Orgánicas.</p>

				3 – Riesgo inminente contaminar aguas superficiales y generar eutrofización química, cambios fuertes en condiciones de calidad de pH, acidez, dureza, color, olor y concentración de materia orgánica.
FA3	Potencial de ser un agente contaminante entorno a ecosistemas estratégicos, recursos naturales bióticos y biológicos.	Hace referencia al riesgo de generar un impacto ambiental significativo sobre la calidad ambiental de los recursos biológicos (Fauna - Flora) y ecosistemas estratégicos (Decreto Único Ambiental - Decreto 1072 de 2015)	Cuantitativa Discreta	<p>0 – No existe riesgo</p> <p>1 - Riesgo de producir cambios inferiores a 10% del area útil de los ecosistemas, recursos biológicos (fauna y flora) en áreas protegidas, sin modificar la capacidad de resiliencia del sistema.</p> <p>2 – Riesgo de producir cambios inferiores a 20% del area útil de los ecosistemas, recursos biológicos (fauna y flora) en áreas protegidas. Modificando sustancialmente la resiliencia del sistema biótico y sus condiciones ambientales iniciales.</p> <p>3 – Riesgo de modificación total de los ecosistemas estratégicos donde se descargan o derraman accidentalmente químicos potencialmente peligrosos para el medio ambiente, afectando la capacidad de resiliencia del sistema por encima del 80%; se aclara que el impacto ambiental en este escenario es irreversible y su impacto ambiental es catastrófico.</p>
FA4	Potencial de ser un agente contaminante en los recursos naturales y por su reactividad generar especies químicas con mayor potencial de peligrosidad al	Hace referencia al riesgo de generar un impacto ambiental significativo a partir de la generación de especies químicas secundarias capaces de impactar de forma negativa el medio	Cuantitativa Discreta	<p>0 – No existe riesgo</p> <p>1 - Riesgo potencial de generar especies químicas de impacto nulo o de alta cinética química transformación a especies aprovechables en el medio ambiente.</p> <p>2 – Riesgo potencial de generar especies moderadamente peligrosas para el medio ambiente con características volátiles,</p>

	trabajador o al medio ambiente.	ambiente en su calidad y cantidad (Decreto 1072 de 2015)		<p>toxicas, mutágenos y generan bioacumulación y efectos negativos parcialmente irreversibles.</p> <p>3 – Riesgo inminente de generar especies toxicas, cancerígenas, acumulativas, pesadas, con menor potencial de biotransformación, altamente impactantes al medio ambiente y que generan efectos irreversibles en los recursos naturales del medio.</p>
FS1	Potencial a generar patologías respiratorias	Describe el riesgo de generar síntomas y patologías respiratorias por inhalación, agudas como irritación de nariz y garganta, bronquitis química aguda, edema pulmonar agudo, rinitis crónica, enfermedades pulmonares obstructivas (asma ocupacional, bronquitis crónica). (Decreto 1477 de 2014)	Cuantitativa Discreta	<p>0 – No existe riesgo</p> <p>1 - Riesgo de irritación de nariz y garganta</p> <p>2 – Riesgo de bronquitis química aguda, edema pulmonar agudo y/o rinitis crónica</p> <p>3 – Riesgo de padecer enfermedades pulmonares obstructivas crónicas. Bronquitis química aguda severa, edema pulmonar agudo severo, falla respiratoria y muerte del trabajador.</p>
FS2	Potencial a generar Patologías de piel y mucosas.	Describe el riesgo de generar lesiones en la piel y mucosas (solo ocular, ya que las otras están descritas en los otros sistemas)	Cuantitativa Discreta	<p>0 – No existe riesgo</p> <p>1 - Irritación de la piel y los ojos por contacto directo o por vapores de los químicos de la producción.</p>

		expuestas a los productos químicos. (Decreto 1477 de 2014)		<p>2 – Dermatitis de contacto por agentes químico de la producción. Quemaduras de piel de primer grado y segundo grado superficial. Conjuntivitis alérgica por exposición prolongada a vapores de los químicos de la producción.</p> <p>3 – Quemaduras de segundo grado profundo y tercer grado de la piel, quemaduras oculares y ceguera.</p>
FS3	Potencial para generar lesiones gastrointestinales	Describe el riesgo de generar lesiones en el tracto gastrointestinal por ingerir accidentalmente los químicos de la producción. (Departamento de salud y servicios para personas mayores de New Jersey. 2010 y 2014)	Cuantitativa Discreta	<p>0 – No existe riesgo</p> <p>1 - Vómitos, Quemadura en mucosa oral por ingesta de los químicos de la producción</p> <p>2 – Quemadura de esófago y estomago por ingesta de los químicos de producción.</p> <p>3 – Perforación de mucosa esofágica y/o gástrica. Shock y muerte.</p>
FS4	Potencial de generar desordenes musculoesqueléticos	Describe el riesgo de generar lesiones musculoesqueléticas por riesgo biomecánico en el proceso de almacenamiento y producción. (Ministerio del trabajo. s.f.)	Cuantitativa Discreta	<p>0 – No existe riesgo</p> <p>1 - Lumbalgia leve. Dolor en miembros superiores de rápida evolución a la mejoría por movimientos inadecuados. Atrapamiento de extremidades por caída de material mal apilado.</p> <p>2 - Lumbalgia moderada y severa. Dolor en miembros superiores de manejo prolongado hacia la mejoría, por movimientos inadecuados o repetitivos. Lesión por aplastamiento por atrapamiento de extremidades por caída de material mal apilado.</p>

				3 - Enfermedad discal de origen ocupacional. Síndrome de túnel carpiano de origen ocupacional. Enfermedad de Quervain de origen ocupacional. Epicondilitis de origen ocupacional. Pérdida de extremidades por aplastamiento por atrapamiento de extremidades por caída de material mal apilado.
FQ1	Potencial de ser un agente corrosivo y atente contra la salud del trabajador.	Describe el riesgo de aquellas sustancias con capacidad para destruir desde una superficie o sustancia al entrar en contacto con ella (NTC 4435, NTC 4532)	Cuantitativa Discreta	0 – No existe riesgo 1 - Destrucción visible por acción química en el punto de contacto 2 – Producto químico que causa un daño irreversible en el tejido de la piel humana 3 – tasa de corrosión severa causando quemaduras similares a la piel humana comparativa a un daño causado a temperatura superior a 55°C
FQ2	Potencial de peligrosidad asociada a la reactividad del producto químico.	Describe el riesgo que puede presentar la unión entre dos sustancias químicamente la cual puede generar una liberación de energía generando efectos indeseables. (NTC 4435, NTC 4532)	Cuantitativa Discreta	0 – No existe riesgo 1 - La sustancia presenta ciertas reacciones especiales con sustancias en determinadas condiciones especiales 2 – La sustancia presenta incompatibilidades representativas las cuales reflejan una clasificación especial en su tipo de almacenamiento 3 – La sustancia es variable y necesita condiciones especiales para su estabilidad, por lo tanto, necesita clasificación estricta en su manejo y almacenamiento
FQ3	Potencial de peligro de explosividad y su	Describe el riesgo de acuerdo con un nivel de concentración baja	Cuantitativa Discreta	0 – No existe riesgo

	peligrosidad con el trabajador	de gas o vapor que emite una sustancia on probabilidad de crear una reacción de explosión con la atmosfera en la que se utiliza. (NTC 3966)		<p>1 - Sustancia que maneja un límite inferior de explosividad con un porcentaje de menor concentración inferior al 5% de volumen en la atmosfera</p> <p>2 – Sustancia que maneja un límite medio de explosividad monitoreada en un espacio de volumen al 40% de concentración en la atmosfera</p> <p>3 – Sustancia que clasificada con un límite superior de inflamabilidad de acuerdo con el 100% de la atmosfera en la que está contenida por encima de su grado de inflamabilidad.</p>
FQ4	Potencial de generar efectos asociados a la toxicidad en el trabajador	Describe el riesgo de toxicidad como la capacidad de una sustancia que produce un efecto perjudicial sobre un ser vivo la cual se debe encontrar descrita en las mass sección 11 de toda sustancia química. (NTC 4435)	Cuantitativa Discreta	<p>0 – No existe riesgo</p> <p>1 - La sustancia puede generar efectos por dosis agudas en una exposición mínima</p> <p>2 – La sustancia puede generar efectos subclínicos de acuerdo con el nivel de exposición</p> <p>3 – La sustancia genera efectos crónicos por un alto nivel de exposición</p>
FQ5	Potencial de generar efectos asociados a la inflamabilidad del producto y su peligrosidad con el trabajador	Describe el riesgo de una sustancia que al emitir suficientes vapores puedes generar una mezcla con el aire generando el riesgo de incendio con una fuente de calor (NTC 4435)	Cuantitativa Discreta	<p>0 – No existe riesgo</p> <p>1 - Generando un punto de destello superior a los 65°C</p> <p>2 – generando un punto de destello entre los 40°C y 65°C</p> <p>3 – Generando un punto de destello por debajo de 45 °C</p>

FQ6	Potencial de generar efectos asociados a la patogenia del producto y su peligrosidad con el trabajador	Describe el riesgo de una sustancia que puede producir un daño en el material genético de las células de un ser vivo, descrito en cada ficha técnica en la sección técnica (Notas técnicas de prevención NTP 465 y 269, (centro nacional de condiciones de trabajo, España))	Cuantitativa Discreta	<p>0 – No existe riesgo</p> <p>1 - Baja probabilidad de crear efectos cancerígenos en el ser vivo presentando solo frase R45</p> <p>2 – probabilidad media de crear efectos cancerígenos, mutágenos en el ser vivo presentando R45 y R46</p> <p>3 – alta probabilidad de crear efectos cancerígenos, mutágenos o teratógenos en el ser vivo presentando frases R45, R46 y R47</p>
FE1	Prestaciones económicas: subsidio por incapacidad temporal, indemnización por incapacidad permanente parcial, Pensión de Invalidez, Pensión de sobrevivientes, y Auxilio funerario.	Todo trabajador que sufra un accidente de trabajo o una enfermedad profesional tendrá derecho al reconocimiento y pago de las prestaciones económicas (Decreto ley 1295 de 1994 art. 7)	Cuantitativa Discreta	<p>0 – No existe riesgo</p> <p>1 - Riesgo de subsidio de Incapacidad temporal</p> <p>2 – Riesgo por indemnización por incapacidad permanente parcial</p> <p>3 – Riesgo de Pensión de Invalidez, Pensión de sobrevivientes, y Auxilio funerario.)</p>
FE2	Potencial de generar efectos adversos por riesgo químico que causen el cierre de la organización	Conforme a los artículos 8º y 11 de la Ley 1610 de 2013, se podrá disponer el cierre temporal o definitivo del lugar de trabajo, cuando	Cuantitativa Discreta	<p>0 – No existe riesgo</p> <p>1 - Riesgo de sanción económica.</p> <p>2 – Riesgo de cierre temporal por incumpliendo de los estándares mínimos de seguridad y salud en el trabajo.</p>

		<p>existan condiciones que pongan en peligro la vida, la integridad y la seguridad personal de los trabajadores, así como la paralización o prohibición inmediata de trabajos o tareas por inobservancia de la normativa sobre prevención de riesgos laborales, de concurrir riesgo grave e inminente para la seguridad o salud de los trabajadores. (Resolución 0312 de 2019, artículo 36 párrafo 1)</p>		<p>3 – Riesgo de cierre definitivo a causa de accidente de trabajo y poner en riesgo la vida y la seguridad de sus empleados, daños ambientales y a terceros.</p>
--	--	---	--	---

Nota: Elaborado por los autores

5.4.3.5 Forma de aplicación de los instrumentos.

El instrumento en cuestión se aplica siguiendo el siguiente esquema; para el cual se establece que se sigue el siguiente procedimiento

5.4.3.5.1. Diligenciamiento inicial

Inicialmente se debe diligenciar en la matriz cada una de las etapas que componen el proceso con la codificación (Columna C y D), en cada una de estas etapas se debe diligenciar de forma individual las fuentes de peligro de cada etapa (Columna E), para complementar en últimas el concepto el riesgo asociado (Columna F) de forma directa.

Ilustración 4

Diligenciamiento inicial

ID	Etapa	Fuente de peligro	Riesgo asociado
1.1.	Etapa 1	Fuente de peligro	Riesgo asociado
		Fuente de peligro	Riesgo asociado
1.2.	Etapa 2	Fuente de peligro	Riesgo asociado
		Fuente de peligro	Riesgo asociado
1.3.	Etapa 3	Fuente de peligro	Riesgo asociado
		Fuente de peligro	Riesgo asociado
1.4.	Etapa 4	Fuente de peligro	Riesgo asociado
		Fuente de peligro	Riesgo asociado
1.5.	Etapa 5	Fuente de peligro	Riesgo asociado
		Fuente de peligro	Riesgo asociado
1.6.	Etapa 6	Fuente de peligro	Riesgo asociado
		Fuente de peligro	Riesgo asociado

Nota: Elaborado por el autor

5.4.3.5.2. Evaluación de factores individuales

En este aspecto la evaluación inicial de los factores individuales se debe tener en cuenta en la estimación individual del riesgo a partir de las variables tipificadas y descritas en detalle en la Tabla 7 (Columnas G-L, N-Q, S-V, X-Y) ingresando valores de 0 – Inexistente, 1 – Baja, 2 -Medio y 3 – Alto respectivamente al efecto asociado y descrito en la Tabla 7 para su evaluación.

Ilustración 5

Evaluación de factores individuales

Factor de peso : 45 %						Riesgo F1	Factor de peso : 15 %				Riesgo F2	Factor de peso : 30%				Riesgo F3	Factor de peso : 10 %		Riesgo F4
Químico							Ambiental					Salud					Economico		
FQ1	FQ2	FQ3	FQ4	FQ5	FQ6	FA1	FA2	FA3	FA4	FS1	FS2	FS3	FS4	FE1	FE2				

Nota: Elaborado por el autor

5.4.3.5.3. Determinar el nivel de riesgo global químico

Posteriormente al diligenciamiento de los factores individuales se obtiene el resultado global de la evaluación de riesgo químico a partir de la siguiente ecuación, diseñada por los autores a partir de los postulados para el desarrollo y evaluación de procesos Multicriterios desarrollados por Hann et al. (2013):

Ecuación 1

Nivel De riesgo global químico

$$\begin{aligned}
 \text{Riesgo Total} = & \left(\frac{1}{10} * FQ1 + \frac{5}{100} * FQ2 + \frac{1}{10} * FQ3 + \frac{1}{10} * FQ4 + \frac{5}{100} * FQ5 + \frac{5}{100} * FQ6 \right) \\
 & + \left(\frac{5}{10} * FA1 + \frac{1}{10} * FA2 + \frac{3}{10} * FA3 + \frac{1}{10} * FA4 \right) + 30\% * \left(\frac{FS1 + FS2 + FS3 + FS4}{4} \right) + 20\% \\
 & * \left(\frac{FE1 + FE2}{2} \right)
 \end{aligned}$$

Nota: Ecuación diseñada por los autores

Como se expone previamente el riesgo total químico asociado a los elementos fundamentales para determinar el nivel de riesgo y la estimación de los niveles se determina y jerarquiza de la siguiente manera, de forma tal que se obtiene el nivel de riesgo a partir de la estimación total de los factores de riesgo individual, teniendo en cuenta dos consideraciones la primera en cuestión que: 1) los riesgos químicos se estiman en 6 factores dependiendo de la naturaleza de los agentes químicos manipulados en el proceso y las mezclas generadas en el mismo , dentro de los cuales, con el apoyo de la matriz IPVR, se detectan 3 factores de riesgo determinantes dentro de las acciones realizadas por los trabajadores dentro del proceso de

producción, el FQ1 (factor de corrosividad como un riesgo de aquellas sustancias con potencial para destruir desde una superficie o sustancia al entrar en contacto con ella), FQ2 (la reactividad como un nivel de riesgo que puede presentar la unión entre dos sustancias químicamente con posibilidad de generar una liberación de energía generando efectos indeseables) y FQ4 (Toxicidad como la capacidad de la sustancia para producir un efecto perjudicial sobre los trabajadores) donde estos factores inicialmente mencionados se encuentran clasificados con un porcentaje 10% el cual es mayor a los factores: FQ3 (factor de Explosividad de acuerdo a un nivel de concentración baja de gas o vapor que emite una sustancia con probabilidad de crear una reacción de explosión con la atmosfera), FQ5 (factor de inflamabilidad definido como la capacidad de emitir suficientes vapores con posibilidad de generar una mezcla con el aire generando el riesgo de incendio con una fuente de calor) y FQ6 (Nivel Patógeno como el nivel de riesgo de la sustancia que puede producir un daño en el material genético de las células de un ser vivo) definidos con un porcentaje menor de 5%, esta diferencia de porcentajes se da por la relación directamente proporcional a las características y factores con un potencial de riesgo alto (10%) de los agentes químicos utilizados en el proceso de producción de Humisol (ácido húmico) mientras que los factores indirectos tiene un porcentaje bajo (5%). 2) los riesgos ambientales tiene un porcentaje de peso para FA1(Potencial de ser un agente contaminante del recurso atmosférico) con una ponderación del 50% del puntaje global ambiental, un 10% de peso de la ponderación ambiental global para el factor FA2(Potencial de ser un agente contaminante de recurso hídrico), un 30% de la ponderación ambiental global por el factor FA3(Potencial de ser un agente contaminante entorno a ecosistemas estratégicos, recursos naturales bióticos y biológicos) y en últimas un 10% de peso de ponderación ambiental global para el factor FA4(Potencial de ser un agente contaminante en los recursos naturales y por su reactividad generar especies químicas con mayor potencial de peligrosidad al trabajador o al medio ambiente) de tal manera que los factores FA1 y

FA3 tienen mayor peso por las afectaciones del proceso que se tienen en los efectos indirectos a la calidad del recurso atmosférico (FA1) y Potencial de ser un agente contaminante entorno a ecosistemas estratégicos, recursos naturales bióticos y biológicos (FA3) justificado en que la organización tiene las instalaciones abiertas ≤ 120 metros) area de influencia (distancia ≤ 120 metros).

Ilustración 6
Evaluación de factores individuales

ID	Etapa	Fuente de peligro	Riesgo asociado	Factor de peso : 45 %						Riesgo F1	Factor de peso : 15 %				Riesgo F2	Factor de peso : 30%				Riesgo F3	Factor de peso : 10%		Riesgo F4	Riesgo	Interpretacion
				Quimico							Ambiental					Salud					Economico				
				FO1	FO2	FO3	FO4	FO5	FO6	FA1	FA2	FA3	FA4	FS1	FS2	FS3	FS4	FE1	FE2						
1.1.	Etapa 1	Fuente de peligro	Riesgo asociado	1.0	3.0	3.0	2.0	1.0	3.0	1.0	1.0	2.0	3.0	2.0	0.3	1.0	3.0	2.0	2.0	0.6	2.0	3.0	0.3	2.1	Alto
		Fuente de peligro	Riesgo asociado																						
1.2.	Etapa 2	Fuente de peligro	Riesgo asociado																						
		Fuente de peligro	Riesgo asociado																						
1.3.	Etapa 3	Fuente de peligro	Riesgo asociado																						
		Fuente de peligro	Riesgo asociado																						
1.4.	Etapa 4	Fuente de peligro	Riesgo asociado																						
		Fuente de peligro	Riesgo asociado																						
1.5.	Etapa 5	Fuente de peligro	Riesgo asociado																						
		Fuente de peligro	Riesgo asociado																						
1.6.	Etapa 6	Fuente de peligro	Riesgo asociado																						
		Fuente de peligro	Riesgo asociado																						

Nota: Elaborado por el autor

Posteriormente, se presenta entonces como soporte de este proceso de aplicación la escala de ponderación del riesgo químico diseñada por los autores a partir de la evaluación de la matriz multicriterio.

Tabla 8
Escala del nivel de riesgo químico global

Puntaje obtenido	Nivel de riesgo	Descripción
0-0.01	Inexistente	No existe riesgo químico asociado a esta fuente
0.01-0.9	Bajo	Existe un potencial de riesgo mínimo, pero no es despreciable
0.9 -1.8	Moderado	Existe un potencial de riesgo moderado, tome medidas de eliminación y ingeniería pronto.
1.8 - 2.4	Alto	Alerta, este factor es muy peligroso. Tome todas las medidas necesarias para evitar efectos económicos, legales y ambientales que perjudiquen a la organización.
2.4 - 3.0	Inminente - Crítico	Atención, detenga la operación que esta realizando y elimine los riesgos que estan en el proceso, no son despreciables.

Nota: Tabla de valores elaborada por los autores

Nota: Escala elaborado por los autores

En ultimas la matriz de evaluación del riesgo químico permitirá jerarquizar y establecer por elementos funcionales del riesgo descritos en la Tabla 7 se podrán definir de forma efectiva las medidas de control ante el riesgo químico del proceso en cuestión, lo que permitirá tener en ultimas la lista de estrategias necesarias para implementar en la intervención.

5.4.3.6. Validación del instrumento

Véase anexo 11

5.4.3.6.1 Procedimientos.

Teniendo ya definida la población objeto y los instrumentos a usar, se concluye que las personas que aplicaran los instrumentos realizaran los análisis de los mismo, de los resultados tomaran las conclusiones y a partir de esas conclusiones diseñaran la propuesta de intervención, que es el objetivo final de este proyecto, son los autores de este documento. Y se procederá a aplicarlo así:

5.5.1. Visita a la planta de producción de Humisol de la empresa de ChemiCrops Ltda., al igual que a las oficinas y lugares administrativos de la misma, en donde se expondrá al gerente de la empresa la decisión de la realización de este proyecto y la finalidad de este, al igual que a los trabajadores involucrados en la producción, con el fin de solicitar aprobación de la aplicación de este y la solicitud de las autorizaciones de cada una de las personas que estarán investigadas en este proyecto.

5.5.2. Inspección de la planta de producción de Humisol de la empresa de ChemiCrops Ltda., al igual que a las oficinas y lugares administrativos de la misma en esa etapa se identificará todo el proceso de producción del Humisol y las personas que trabajan en cada área; además se observara, identificara y se clasificara los peligros y se clasificaran los riesgos en cada área de la empresa. Para lo anterior se utilizarán los instrumentos del formato [Anexo 5. Formato de diagnóstico inicial del proceso de producción P&ID](#), el [Anexo 7. Matriz de Identificación de Peligros y Valoración de Riesgos \(IPVR\)](#), y el [Anexo 8. Matriz Multicriterio de Riesgo Químico](#). Con las cuales se obtendrán los datos para realizar la propuesta de intervención frente al peligro químico de la producción de Humisol que es la finalidad de este proyecto.

5.5.3. Ya teniendo los datos de la identificación de los peligros, la valoración de los riesgos y las posibles intervenciones para evitar los mismos, se realiza la propuesta de intervención frente al peligro químico que se presenta en el proceso de producción de Humisol de la empresa

ChemiCrops Ltda., este se dejará junto con la entrega del proyecto completo, además de un documento adicional (con copia que quedará en el trabajo del proyecto) para entregar a la empresa y el gerente con sus administrativos, puedan ejecutar las mejoras para mitigar y/o eliminar los peligros encontrados.

5.5.4. Teniendo ya el documento entregable a la empresa de la propuesta de intervención frente al peligro químico que se presenta en el proceso de producción de Humisol de la empresa ChemiCrops Ltda., se sociabilizará el documento a el gerente y a los trabajadores de la empresa, predominantemente a los que se encuentran en el área de producción, explicando cada parte de la propuesta de intervención para mitigar y/o eliminar los peligros identificados en las áreas de trabajo de producción.

5.5 Análisis de información.

El análisis de la información resultante de la matriz de evaluación de evaluación multicriterio permite tener un abordaje global de los factores que causan los riesgos en la organización, entorno a la exposición del trabajador a los peligros químicos, el análisis de la información por lo tanto se basara en la ponderación global obtenida en el modelo expuesto en el Anexo 8, haciendo claridad que no es un análisis estadístico teniendo en cuenta que la muestra $n < 50$ *observaciones*, y no es posible estimar un sesgo de incertidumbre en el muestreo, haciendo oportuno el análisis de los riesgos individuales por las ponderaciones estimadas en los ítems químico, salud, ambiental y administrativo, por otro lado el análisis se hace en el Anexo 8 diseñado por los autores en el Software Excel. Sin embargo el instrumento 3 si es sometido a una validación usando el método de pruebas de factores unitarios que permitirá definir la validez de sus elementos.

5.6 Consideraciones éticas

En todo el proceso de formulación y ejecución del proyecto se respetan las políticas internas y éticas de proyectos de grado de la Universidad Uniminuto, haciendo gestión oportuna de los permisos en la organización que se beneficiara por el diagnóstico y la presentación de la propuesta de intervención ante los peligros químicos, a continuación, se anexan los soportes de gestión de solicitud de presentación de proyecto y autorización de este, también se deja como soporte las cartas de autorización de tratamiento de datos personales ([Véase anexo 14](#))

Ilustración 7

Carta de autorización en la empresa beneficiaria

Bogotá, D.C. 23 de agosto de 2022

Señores
ANDRES MURILLO
Representante Legal
CHEMICROPS LTDA.
Bogotá

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

Mediante la presente, los estudiantes Dawer Morales con documento de identificación 1.022.361.296 de Bogotá D.C., Kelly Mercado Vega con documento de identificación 53.073.259 de Bogotá D.C., Luis Felipe Rojas Avila con documento de identificación 1.012.417.908 de Bogotá D.C. y Viviana Sanchez Alfonso con documento de identificación 52.495.731 de Bogotá, del programa *Especialización en Gerencia en Riesgos Laborales, Seguridad y Salud en el Trabajo* de la *Corporación Universitaria Minuto de Dios*, se permiten presentar el proyecto titulado: **PROPUESTA DE INTERVENCIÓN FRENTE AL PELIGRO QUÍMICO QUE SE PRESENTA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HUMISOL DE LA EMPRESA CHEMICROPS LTDA.**, solicitando su autorización para desarrollarlo en la organización.

El proyecto estará bajo la orientación metodológica y temática de los docentes del programa y tiene como objetivo **Diseñar propuesta de intervención frente al peligro químico del proceso de producción de Humisol para mitigar el riesgo químico en los trabajadores de la empresa ChemiCrops Ltda, Sibaté (Cundinamarca)**, para lo cual será necesario: **1. Realizar el diagnóstico del proceso químico, Identificar los factores de riesgo y sus impactos en cuanto al factor químico y SST y 2. Los insumos necesarios para iniciar el proceso serán: Documentos de constitución formal de la empresa, documentos del direccionamiento estratégico, documentación relacionada a SST / Ambiental y requisitos legales del proceso, además de documentos asociados a las cuestiones legales/ambientales y de salud y seguridad en el trabajo.**

Al autorizar la participación, la empresa se verá beneficiada de la siguiente manera: **1. Tendrá el diagnóstico integral de la empresa en cuanto a SST / Ambiental y Salud, 2. Un plan de formulación de estrategias de intervención al riesgo químico dando cumplimiento a requisitos legales externos.**

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

Atentamente,

Firma

Dawer Morales
CC: 1 022 361 296 de Bogotá D.C.
ID: 850627

Firma

Kelly Mercado Vega
CC: 53073259 de Bogotá D.C.
ID: 849532

Página 1 de 2

Firma

Luis Felipe Rojas Avila
CC: 1.012.417.908 de Bogotá D.C.
ID: 85333

Firma

Viviana Sánchez Alfonso
CC: 52.495.731 de Bogotá D.C.
ID: 849917

Nota: Carta elaborada por los autores y enviada al Gerente de la empresa beneficiaria.

Ilustración 8

Carta de autorización en la empresa beneficiaria



Sibaté Cundinamarca, 26 de agosto de 2022

Señores:

Corporación Universitaria Minuto de Dios

Como representante legal de la empresa **CHEMICROPS LTDA** por medio de la presente doy autorización para llevar a cabo el proyecto titulado: **PROPUESTA DE INTERVENCIÓN FRENTE AL PELIGRO QUÍMICO QUE SE PRESENTA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE HUMISOL DE LA EMPRESA CHEMICROPS LTDA**. Por parte de los estudiantes Dawer Morales con documento de identificación 1.022.361.296 de Bogotá D.C., Kelly Mercado Vega con documento de identificación 53.073.259 de Bogotá D.C., Luis Felipe Rojas Avila con documento de identificación 1.012.417.908 de Bogotá D.C. y Viviana Sanchez Alfonso con documento de identificación 52.495.731 de Bogotá, del programa Especialización en Gerencia en Riesgos Laborales, Seguridad y Salud en el Trabajo de la Corporación Universitaria Minuto de Dios. Facilitando lo necesario para el desarrollo de dicho proyecto.

Agradezco la atención prestada.

Atentamente,

A rectangular box containing a handwritten signature in black ink that reads 'Andres Murillo' and the identification number '93353793' below it.

ANDRES MURILLO PERDOMO.
GERENTE GENERAL
Carrera 7 # 14-76 Sibaté
Cel.3212011868
E-Mail:chemicropsltda2@yahoo.com

Nota: Carta emitida por la empresa beneficiaria del proyecto.

6. Cronograma

Tabla 9
Cronograma de proyecto

Cronograma

o.	Actividad	Tiempos		Producto
		Desde	Hasta	
1	Realizar un diagnóstico inicial del proceso de producción de Humisol, usando una matriz IPVR que permita clasificar los peligros del proceso.	10/09/2022	16/09/2022	
1.1.	<i>Caracterizar la población total</i>	10/09/2022	11/09/2022	Diagnostico preliminar de proceso
1.2.	<i>Caracterizar el proceso de producción</i>	10/09/2022	11/09/2022	Anexo 5 diligenciado (Diagnostico del proceso P&ID)
1.3.	<i>Identificar los peligros del proceso</i>	10/09/2022	12/09/2022	Anexo 7 diligenciado (Matriz IPVR)
1.4.	<i>Clasificar los peligros del proceso</i>	12/09/2022	15/09/2022	Anexo 7 diligenciado (Matriz IPVR)
1.5.	<i>Consolidar la información del proceso de diagnóstico del proceso de producción</i>	11/09/2022	16/09/2022	Diagnostico preliminar de proceso
2	Evaluar los peligros químicos del proceso de producción de Humisol a través de una matriz de Prevención y Verificación de Riesgos (IPVR) ajustada multicriterio del proceso de producción de Humisol.	16/09/2022	25/09/2022	
2.1.	<i>Evaluación de los riesgos del proceso de producción de Humisol usando la matriz IPVR</i>	16/09/2022	17/09/2022	Matriz IPVR Diligenciada en su totalidad (Anexo 7)
2.2.	<i>Evaluación del riesgo químico usando la matriz multicriterio.</i>	17/09/2022	20/09/2022	Matriz multicriterio de peligros al riesgo químico (Anexo 8)
2.3.	<i>Jerarquizar los peligros por puntaje de riesgo total</i>	21/09/2022	21/09/2022	Matriz multicriterio de peligros al riesgo químico (Anexo 8)
2.4.	<i>Consolidar la información del proceso de evaluación</i>	22/09/2022	25/09/2022	Evaluación de los riesgos químicos.
3	Diseñar las medidas de intervención para los peligros identificados en el proceso de producción de Humisol.	26/09/2022	18/10/2022	
3.1.	<i>Definir las estrategias de intervención</i>	26/09/2022	28/09/2022	Plan de acción de estrategias de intervención.
3.2.	<i>Establecer el ciclo PHVA para las estrategias planteadas.</i>	28/09/2022	3/10/2022	Plan de acción de estrategias de intervención.
3.3.	<i>Elaboración de las estrategias de intervención para los peligros químicos al proceso de producción</i>	4/10/2022	14/10/2022	Planes individuales de intervención
3.4.	<i>Consolidación de las estrategias de intervención al peligro químico. En documentos técnicos individuales.</i>	15/10/2022	18/10/2022	Plan de acción consolidado de las acciones de intervención
4	Elaborar la propuesta de intervención y socializarla a la empresa Chemicrops de acuerdo con la información obtenida de la evaluación de los peligros químicos del proceso de producción de Humisol.	18/10/2022	5/12/2022	
4.1.	<i>Presentación preliminar de las acciones de intervención al asesor</i>	18/10/2022	18/10/2022	Acta de aprobación de resultados.
4.2.	<i>Elaborar la propuesta de intervención final para la empresa Chemicrops Ltda</i>	19/10/2022	24/10/2022	Propuesta final con el anexo del plan de aplicación aprobados.
4.3.	<i>Concertar reunión virtual con el gerente y trabajadores de la empresa beneficiaria</i>	15/10/2022	23/10/2022	Carta de aceptación de reunión.
4.4.	<i>Realizar la socialización del plan de intervención a los peligros químicos.</i>	24/10/2022	2/11/2022	Presentación digital a la empresa, Acta de socialización - Lista de asistencia.
4.5.	<i>Realizar presentación en formato Uniminuto Investigaciones de proyecto terminado.</i>	5/11/2022	5/12/2022	Presentación en formato de Investigaciones Uniminuto
4.6.	<i>Presentación final con jurados de evaluación de tesis de la Uniminuto</i>	5/11/2022	5/12/2022	Acta de cierre de proyecto, Acta de evaluación de proyecto.

Nota: Elaborado por el autor

7. Presupuesto

Tabla 10
Presupuesto del proyecto

RUBROS	Rubros propios	Contrapartida Empresa	TOTAL
	(investigadores)	(Si la empresa asigna presupuesto)	
1. Personal			\$ 30,000,000
1.1. Medico general	\$ 7,500,000		\$ 7,500,000
1.2. Administrador de empresas	\$ 7,500,000		\$ 7,500,000
1.3. Ing. Quimico	\$ 7,500,000		\$ 7,500,000
1.3. Ing. Ambiental	\$ 7,500,000		\$ 7,500,000
2. Equipos	\$ 3,000,000	\$ -	\$ 3,000,000
2.1. Computadores	\$ 3,000,000		\$ 3,000,000
3. Software	\$ -	\$ -	\$ -
3.1. Microsoft Office	\$ -	\$ -	\$ -
4. Materiales e insumos	\$ 100,000	\$ -	\$ 100,000
3.2. Papeleria	\$ 100,000		\$ 100,000
5. Viajes nacionales	\$ -		\$ -
6. Viajes internacionales	\$ -		\$ -
7. Salidas de campo	\$ -		\$ -
7.1. Transporte a la planta de produccion (Bogota - Sibate)	\$ 67,200	\$ -	\$ 67,200
8. Servicios técnicos	\$ -		\$ -
9. Capacitación	\$ -		\$ -
10. Bibliografía: Libros, suscripción a revistas y vinculación a redes de información.	\$ -		\$ -
10.1. Suscripcion a bases de datos de investigacion Uniminito	\$ -	\$ -	\$ -
11. Difusión de resultados: Correspondencia para activación de redes, eventos	\$ -		\$ -
12. Propiedad intelectual y patentes	\$ -		\$ -
13. Otros	\$ -		\$ -

Nota: Elaborado por los autores

8. Resultados y discusión

8.1. Diagnóstico inicial del proceso de producción de Humisol, usando una matriz IPVR que permita clasificar los peligros del proceso

8.1.1. Diagnóstico Inicial del proceso

El proceso de producción de Humisol parte del lignito en su estado sólido en unidades de presentación de 45 Kg, con una composición estimada de materia orgánica superior al 70%, tomando una base de cálculo de forma semanal para 3 producciones se reciben en las instalaciones 125 Kg de lignito los cuales son almacenados y manipulados de forma manual por los operarios de la planta, mientras en paralelo se reciben y almacenan 100 Kg de Hidróxido de Potasio (KOH) y 100 Kg de ácido fosfórico (H_3PO_4) al 95% de concentración comercial, proceso que demanda 6 Horas Hombre Trabajadas en adelante HHT para la producción semanal(Véase [Ilustracion 9](#) e [Ilustracion 10](#)), posteriormente una vez ingresan al área de operaciones en el proceso los 125 Kg de Lignito son transportados al área de procesamiento (véase [ilustración 13](#) e [ilustración 14](#)) y de estos se tiene como producto procesado la cantidad estimada de 62.5 Kg (50%) de la molienda con tamaño superior a los $40 \mu m$, por otro lado, del proceso de molienda se recogen 50 Kg (40%) de lignito con tamaño de partícula entre $40 \mu m$ y $10 \mu m$, por último, de la etapa de transformación se obtienen 12.5 Kg (10%) de lignito con tamaño de partícula inferior a los $10 \mu m$, se hace la aclaración que este insumo procesado se recoge de forma manual del precipitador electrostático y la tolva ([véase ilustración 18](#)), que captura el 95% del material que pasa por la máquina de molienda, también se identifica que en el proceso el personal operativo no tiene elementos de protección personal en adelante (EPP) para realizar su labor.

Ilustración 9
Almacenamiento de lignito



Nota: Fotografía tomada por los autores

Ilustración 12
Inspección de los EPP puestos



Nota: Fotografía tomada por los autores

Ilustración 15
Sellamiento del precipitador



Nota: Fotografía tomada por los autores

Ilustración 18
Recolección del lignito triturado



Nota: Fotografía tomada por los autores

Ilustración 10
Almacenamiento de productos químicos



Nota: Fotografía tomada por los autores

Ilustración 13
Manipulación manual de cargas de lignito



Nota: Fotografía tomada por los autores

Ilustración 16
Manipulación de lignito (cargue)



Nota: Fotografía tomada por los autores

Ilustración 11
Puesta en marcha de los EPP



Nota: Fotografía tomada por los autores

Ilustración 14
Descargue manual de carga de lignito



Nota: Fotografía tomada por los autores

Ilustración 17
Ingreso de lignito a trituradora



Nota: Fotografía tomada por los autores

Ilustración 19
Ingreso de lignito a trituradora



Nota: Fotografía tomada por los autores

Posteriormente al área de procesamiento se llevan 125 Kg del lignito en estado sólido para ser procesados en una mezcla de primera fase donde se lleva de forma manual (al hombro) (Véase [ilustración 20](#)), en un bulto a los tanques de procesamiento realizando la manipulación de una carga de forma dinámica de 30 Kg, de acuerdo con la inspección realizada. Este material fino es posteriormente vertido de forma manual usando una flexo-extensión del brazo y la muñeca con un ángulo superior a los 80° a un tanque de 1000 Litros de capacidad (Véase [ilustración 21](#)), en donde se vierten 30 Kg de KOH de forma manual (Véase [ilustración 22](#)) a expensas de que el trabajador se exponga a los vapores del álcalis que se liberan cuando reacciona con el agua a una temperatura superior de 70°C y agitación mecánica con inyección de aire por bomba externa de 3 Hp de forma continua durante 3 horas por cada tanda de producción, posteriormente en el espesamiento del material a un volumen constante de 1000 Litros de agua (Véase [ilustración 23](#)), se transporta el producto por un sistema hidráulico de válvulas tipo mariposa que se abren a mediana capacidad para distribuir el producto espeso en los tanques de asentamiento, donde se realiza el retiro de la primera fase insoluble, lugar donde se retira el 40% de la mezcla química con apariencia (*oleosa*), y característica insoluble que contiene la mayor parte de los ácidos en disolución, para su posterior mezcla en los tanques, para retirar esta fase insoluble el trabajador debe realizar una inclinación de torso superior a los 80°, fuera de su zona de confort (Véase [ilustración 24](#) e [ilustración 25](#)) y de forma continua en diferentes momentos donde retira a una razón de 10 Litros en un pequeño recipiente sobre el que se almacena de forma temporal hasta ser transportado a los tanques de almacenamiento temporal de 500 Litros de capacidad y se tenga su adecuada disposición con un agente externo (Véase [ilustración 26](#) e [ilustración 27](#)).

Ilustración 20
Transporte al area de procesamiento



Nota: Fotografía tomada por los autores

Ilustración 23
Tanque de mezcla vista superior



Nota: Fotografía tomada por los autores

Ilustración 26
Proceso para retirar fase insoluble vista lateral



Nota: Fotografía tomada por los autores

Ilustración 21
Descarga de lignito a tanque de mezcla



Nota: Fotografía tomada por los autores

Ilustración 24
Descarga de fase insoluble fuera del tanque de mezcla



Nota: Fotografía tomada por los autores

Ilustración 22
Descarga de KOH a tanque de mezcla (95% de concentración)



Nota: Fotografía tomada por los autores

Ilustración 25
Mezcla manual para verificar la textura del producto



Nota: Fotografía tomada por los autores

Ilustración 27
Proceso para retirar fase insoluble angulo derecho



Nota: Fotografía tomada por los autores

Una vez se completa esta etapa se transporta de forma hidráulica por medio de una bomba, la cantidad estimada de 600 Litros de mezcla que entran a un tanque metálico que realiza agitación de la fase soluble a la cual se le agregan 30 L de ácido fosfórico (H_3PO_4) (Véase [ilustración 28](#)) en disolución al 95% hasta conseguir la mezcla completa en un tiempo de 3 horas continuas bajo un agitador mecánico, en esta etapa se garantiza la reacción completa de los ácidos húmicos y la estabilización del pH, hasta conseguir la calidad adecuada de acuerdo a los

parámetros de control; en este proceso el trabajador manipula el ácido fosfórico (H_3PO_4) de forma manual y exponiendo su salud a peligros con sustancias químicas como lo son quemaduras, derrames y tener como resultado una manipulación deficiente de cargas (véase [Ilustración 29](#)). Adicionalmente, en esta etapa el trabajador que realiza la fase de formulación se encuentra expuesto a sufrir quemaduras por el producto oleoso y altamente concentrado (producto de interés), a su vez tampoco se garantizan las medidas mínimas de higiene industrial en cuanto a la protección integral por el peligro químico de la manipulación de los residuos respectivamente.

<p><i>Ilustración 28</i> <i>Mezcla de producto terminado</i></p>  <p>Nota: Fotografía tomada por los autores</p>	<p><i>Ilustración 29</i> <i>Adición de H_3PO_4</i></p>  <p>Nota: Fotografía tomada por los autores</p>	<p><i>Ilustración 30</i> <i>Mezcla de producto terminado y empacado.</i></p>  <p>Nota: Fotografía tomada por los autores</p>
--	---	---

Finalmente, para realizar la actividad de empaque del producto terminado, el trabajador realiza una inclinación de torso y manipulación manual de válvula tipo mariposa, para dejar caer el volumen mínimo de 1 o 2 Litros en los recipientes de presentación del producto, en un minuto se puede establecer que el trabajador realiza de forma manual más de 5 movimientos en menos de un minuto, sin elementos de protección a pesar de que el fluido de salida tiene una temperatura superior a los 40 grados de temperatura (Véase [ilustración 30](#)). En esta etapa no se identifica un nexo causal del riesgo químico en la manipulación pues no tiene contacto con los elementos químicos de mayor concentración y peligrosidad del proceso, sin embargo, tiene una exposición elevada al riesgo biomecánico por las posturas que realiza mientras hace la tarea. En ultimas el resultado de la inspección del proceso usando el formato de identificación nos permite tener como abordaje las siguientes evidencias fotográficas.

De acuerdo con Kurniati et al. (2018) la producción de ácidos húmicos se basa en una reacción del lignito como mineral con un agente que posea una capacidad de reacción ácido-base como son las sales de Sodio, Potasio; si bien es cierto la reacción química es de neutralización del grupo carboxilo de la cadena principal del lignito, a partir de la materia orgánica disponible con el agente receptor de iones de hidrogeno en adelante grupos H^+ , esta reacción libera los ácidos húmicos, siendo este el fundamento teórico sobre el cual el proceso se da mediante agitación y de acuerdo a Martin y Saiz (1997) se da a una temperatura estimada entre 50°C y 70°C, por lo que existe una liberación de energía por la reacción química que favorece el aumento de la temperatura; ahora bien el proceso que ejecuta la empresa ChemiCrops Ltda, sigue los lineamientos de Martin y Saiz (1997) a cabalidad en cuanto al tratamiento del lignito en fase solida desde la fase de almacenamiento, transporte al área de procesamiento y molienda, dando como resultado un producto con tamaño de partícula inferior a los 40 μm , que permite tener en la reacción una reducción significativa del tiempo desde lo propuesto por Martin y Saiz (1997) cuando hace referencia a que la mezcla se realiza durante 12 horas, a pasar a tener un tiempo de mezcla total de 3 horas del lignito con el KOH al 95% de concentración, gracias a esto se da de forma rápida por la agitación mecánica e inyección del O₂ de forma directa en la mezcla a una temperatura constante de 70°C en donde este esquema ha sido validado por Martin y Saiz (1997) en la oxidación de la materia orgánica del lignito, posteriormente a este proceso Martin y Saiz (1997) hace referencia a que se producen 3 especies químicas disueltas en la mezcla en forma de *Ácidos Húmicos, Ácidos Fúlvicos y Huminas*, siendo estas últimas las *Huminas*, de acuerdo a Zambrano (2019) son un agente químico que tiene en alta concentración de y son insolubles en agua, es decir de acuerdo Zambrano (2019) el factor clave del fertilizante para el mejoramiento de suelos es la alta concentración de Huminas y ácidos húmicos que son sustancias que ayudan a mejorar el intercambio catiónico de minerales en el suelo, optimizando su rendimiento,

crecimiento de especies vegetales y la retención de oligominerales que son necesarios para su funcionamiento, confirmando el principio técnico del proceso.

Por otro lado, Martin y Saiz (1997) y Rojas (2008) confirman nuestra teoría en que, dentro de los riesgos implícitos del proceso de mezcla desde el preprocesamiento del mineral, cuando se hace la molienda hasta tener la fase final de menos de $40 \mu m$, existe un riesgo inminente a la salud respiratoria, toda vez que el trabajador se expone de forma crónica con el agente de riesgo (Lignito) y favorece la presentación de enfermedades laborales como el asma ocupacional que se encuentra catalogada de acuerdo a Presidencia de la República (2014) como una enfermedad laboral incapacitante, que repercute sobre el trabajador a razón de la exposición continua a material particulado de bajo tamaño de partícula.

Por otro lado, Martin y Saiz (1997) y ILO (2010) confirman nuestro argumento en cuanto a que la exposición por el Hidróxido de Potasio (KOH) en estado sólido en la manipulación del producto químico, manejo y en la mezcla se tiene un nexo causal con la aparición de quemaduras por el contacto directo con mucosas, inhalación y quemadura en vías respiratorias, con un valor límite de exposición de acuerdo a ILO (2010) de $2 mg/m^3$, siendo este criterio el valor parámetro para tenerse en cuenta en las evaluaciones ambientales que se pueden hacer a futuro como control de ingeniería a fin de garantizar que el trabajador no supere este límite de exposición en la jornada laboral en ningún momento.

Por otro lado en la etapa donde se manipula el ácido fosfórico (H_3PO_4) confrontando la información obtenida durante el proceso de identificación, se puede confirmar que de acuerdo a New Jersey Department and Health Senior Services (2007) la exposición prolongada del trabajador con el ácido fosfórico (H_3PO_4) es constante pues no se usan elementos de protección personal adecuados, y sumado a esto no existen mediciones ambientales que aseguren que el límite de exposición TLV OSHA sea inferior a $1 mg/m^3$ de forma dermal durante un periodo de 8

horas, lo que conlleva a elevar el nivel de riesgo a largo plazo en la presentación de quemaduras en piel, irritación en ojos, nariz, garganta, y el síndrome de dificultad respiratoria aguda; evento que puede llevar a largo plazo a que el trabajador presente la enfermedad laboral del asma ocupacional y tenga graves efectos sobre la estabilidad económica de la empresa, demandas por responsabilidad laboral, administrativa y penal.

8.1.2. Identificación de riesgos usando la IPVR

Por otro lado en cuanto a la identificación de riesgos de la matriz IPVR, para el proceso de producción se identifica que para los 13 riesgos identificados en el proceso de inspección usando la matriz IPVR(Véase tabla anexa) el 15.38% de estos se clasifican como riesgos de nivel I asociados a la manipulación del Hidróxido de Potasio (KOH) que pueden producir: 1) Lesiones oculares y ceguera, 2) Quemaduras de mucosa nasal por vapores de álcalis, 3) insuficiencia respiratoria aguda por inhalación de vapores de álcalis con edema pulmonar y muerte, 4) quemaduras de tracto gastrointestinal con posible estenosis esofágica como complicación, 5) quemaduras en la piel de segundo y tercer grado, por otro lado en cuanto a la manipulación del Ácido Fosfórico (H₃PO₄) se tienen los siguientes efectos: 1) problemas severos por quemadura de nariz – garganta y afecciones severas de pulmones por inhalación de vapores ácidos, 2) quemaduras del tracto gastrointestinal, 3) Colapso, 4) Shock, 5) Muerte, 6) Quemaduras severas en piel y oculares y 7) Daño permanente en ojos con disminución severa de la visión o pérdida de la misma y 8) Dermatitis de contacto.

Por otro lado, en la matriz IPVR para los riesgos de nivel II se puede identificar que son 6 en su totalidad, y representan un porcentaje de peso sobre el riesgo total del área de producción del 30.77% correspondiente a los riesgos a la intoxicación por ingesta y el síndrome crónico respiratorio que puede complicarse hasta convertirse en asma ocupacional.

Para el nivel de riesgo III se tienen 6 escenarios de riesgo, de los 13 en total que representan un porcentaje de peso del 46.15% vinculantes a la enfermedad musculoesquelético, por otro lado se tiene desde el punto de vista físico el riesgo de hipoacusia temporal, hipoacusia neurosensorial; en últimas, en cuanto al punto de vista mecánico se tiene desde la matriz IPVR la inspección del proceso el riesgo por amputación de miembros en la manipulación manual de cargas y manipulación de maquinaria en el proceso.

Por último, desde el nivel IV de riesgo en el proceso de producción representa un peso del 7.69% sobre el riesgo total del proceso, y se encuentra asociado a la intoxicación por ingesta cuando se trata de productos químicos en el caso de ingesta cuando se realiza la manipulación de los productos químicos, por lo que con la finalidad de dar un abordaje de los resultados de la matriz IPVR global se tiene el resumen de los resultados obtenidos en la siguiente tabla

Tabla 11

Tabla resumen de los riesgos identificados por nivel en la empresa ChemiCrops Ltda.

Cuenta de Efectos Area / Riesgo / Peor Consecuencia	Nivel de riesgo (Conteo)				Total general
	I	II	III	IV	
Oficinas administrativas	3	7	1	1	11
Administración de la empresa: Gerencia, Aux. contable	3	7	1		11
Administración	3	7	1		11
BIOLOGICO			1		1
INFECCION COVID 19, Incapacidad temporal del trabajador, incapacidad permanente o muerte			1		1
BIOMECANICOS	1	1			2
Enfermedad laboral musculo-esquelético			1		1
Tendinitis, Síndrome del túnel del carpo - (STC).	1				1
ELECTRICO				1	1
Electrocución, Muerte.				1	1
FISICO	1	1			2
Pérdida de agudeza visual	1				1
Pérdida de agudeza visual, alteraciones en columna			1		1
LOCATIVO	1				1
Lesiones al trabajador como tramas contundentes y/o heridas.	1				1
MECANICO			1		1
cortaduras, Lesiones incapacitantes.			1		1
PSICOSOCIAL			2		2
estrés, Burnout			1		1
estrés, Síndrome de Burnout			1		1
RIESGO PUBLICO			1		1
Golpes, contusiones, Lesiones incapacitantes			1		1
Planta	2	4	6	1	13
Planta: operarios de planta, supervisor de producción, mantenimiento	2	4	6	1	13
Producción	2	4	6	1	13
BIOMECANICOS			3		3
Enfermedad laboral musculo-esquelético			3		3
ELECTRICO		1			1
Pérdida de conciencia		1			1
FISICO			1		1
Hipoacusia temporal, hipoacusia neurosensorial.			1		1
LOCATIVO		1			1
Quemaduras de 2 y 3 grado. Muerte		1			1
MECANICO			2		2
Amputaciones de miembros			2		2
QUIMICO	2	2		1	5
1.Lesiones oculares graves y Ceguera, 2. Quemaduras de mucosa nasal por vapores de alcalis, 3. Insuficiencia respiratoria aguda por inhalacion de vapores de alcalis con edema pulmonar y muerte. 4. Quemaduras de tracto gastrointestinal con posible estenosis esofagica como complicacion, 5. Quemaduras en la piel de segundo y tercer grado.	1				1
1.Problemas severos por quemadura de nariz y garganta y afecciones severas de pulmones por inhalacion de vapores acidos, 2. Quemaduras de tracto gastrointestinal, 3. Colapso, 4. Shock, 5. Muerte, 6.Quemaduras severas en piel y oculares, 7.Daño permanente en ojos con disminucion severa de la vision o perdida de la misma, 8. Dermatitis de contacto.	1				1
Intoxicación por ingesta.		1		1	2
Síndrome crónico respiratorio, asma ocupacional.		1			1
Toda la empresa	1	2	2	1	3
Todas las areas	1	2	2	1	3
Todas las actividades	1	2	2	1	3
BIOLOGICO	1				1
Muerte de trabajador	1				1
RIESGO PUBLICO			2		2
Muerte de trabajador			2		2
Total general	2	8	15	2	27
Total General (Porcentaje de peso)	7.41%	29.63%	55.56%	7.41%	100.00%

Nota: Elaborado por los autores a partir de la matriz IPVR, se puede consultar en mayor detalle la información base de este proceso en el anexo de la matriz IPVR desarrollada en su totalidad.

8.1.3. Jerarquización del riesgo químico a partir de la matriz IPVR

Para hacer un énfasis al riesgo químico identificado en la matriz IPVR, destacaremos las tareas y procedimientos en las cuales se presenta el riesgo químico en la organización y de esta manera reconocer la manipulación de agentes químicos por parte de los trabajadores. Por este motivo para facilitar un paso intermedio entre los factores de riesgo, los factores de evaluación y las respectivas medidas de control e intervención, a través de la siguiente tabla jerarquizamos los tipos de riesgo químico, la cual nos da un panorama necesario solo de la cantidad de peligros químicos con respecto a todos los peligros detectados en la matriz IPVR.

Tabla 12
Jerarquización de peligros según tarea y procedimiento

	Tarea	Área	Agente químico
Fases	Descargue de H ₃ PO ₄ para reacción química con pseudomezcla	Área de mezcla segunda fase	H ₃ PO ₄ , KOH, lignito
	Descargue de KOH para creación de pseudomezcla entre lignito y KOH	Área de mezcla primera fase	KOH, lignito
	Recepción de KOH	Área de recepción de materia prima	KOH
	Recepción de H ₃ PO ₄	Área de recepción de materia prima	H ₃ PO ₄
	Molienda de Lignito	Área de transformación física del lignito	Lignito
Observaciones	Estas tareas pueden ser elaboradas por un mismo operario		

Nota: Elaborado por los autores basado en el instrumento IPVR

La anterior tabla fue Jerarquizada de acuerdo con los siguientes factores: cantidad de agentes químicos utilizados en los procesos, naturaleza de los agentes químicos, la interpretación del nivel de riesgo y exposición del trabajador a los agentes.

8.2. Peligros químicos del proceso de producción de Humisol a través de una matriz de Prevención y Verificación de Riesgos (IPVR) ajustada multicriterio del proceso de producción de Humisol.

8.2.1. Riesgo Químico asociado

Desde el punto de vista del riesgo químico las dos etapas que representan el porcentaje más alto, con respecto al riesgo caracterizado por los factores de los agentes químicos utilizados en los procesos que tienen que ver con su manipulación directa. Estas dos etapas se pueden ver reflejadas en un potencial de peligro, en donde la primera etapa correspondiente a la recepción de materias primas e insumos refleja un 33.5% de peligrosidad con relación a todo el proceso; mientras que en la segunda fase que contempla las áreas de mezcla, en la primera fase de mezcla el KOH representa el 25.37% de peligrosidad de todo el proceso y la segunda fase mezcla está relacionada con el ácido fosfórico (H_3PO_4) con un 31.77% de peligrosidad en toda el proceso. Específicamente, en la etapa de recepción de materia prima e insumos, podemos ver el potencial de peligro químico descrito desde el factor de corrosividad con un equivalente de riesgo, que puede afectar a la salud con un síndrome de dificultad respiratoria aguda entre un 37.5% y 42.9%; de 14.3% a 25% de riesgo químico, dado desde la reactividad de los agentes químicos; y un riesgo de toxicidad dado desde 37,5 a 42,9% igualmente.

Cabe destacar que el factor Y/o característica de mayor riesgo descrito en la matriz multicriterio es la corrosividad de los agentes químicos que se utilizan en el proceso, de acuerdo con las fichas de seguridad (MSDS) dadas por los respectivos fabricantes; estos agentes químicos se destacan por su peligrosidad desde su manipulación.

Posteriormente en la etapa de mezcla del KOH Podemos detallar un potencial de peligro químico dado en un 25.37% más específicamente en el porcentaje de daño o lesión por factor corrosivo por lesión ocular, irritación de mucosa nasal y síndrome de dificultad respiratoria en un

33,3%, Cabe destacar que este porcentaje puede tener una tendencia de aumento fácilmente por la energía liberada, pudiendo dar lugar a proyecciones de líquidos corrosivos de acuerdo con INSST (1989).

Finalmente, en la fase de mezcla, detectamos el nivel de riesgo más alto detallado a partir de la matriz multicriterio especificado en 37,5% a 42,9% de acuerdo al factor de corrosividad de este proceso, como podemos ver en González y Iribarren (2001), confirmamos los daños generados en forma de quemaduras por este tipo de agentes químicos en ojos causando causa desintegración del epitelio conjuntival y de la córnea, opacidad de la córnea, mucosas y en la piel causando múltiples pequeñas quemaduras desde primer grado hasta tercer grado teniendo en cuenta la variable de exposición al agente químico en tiempo y espacio y su concentración adicional que en el caso del cuero cabelludo produce alopecia temporal o definitiva.

Es importante destacar que a diferencia del KOH, el ácido fosfórico está en el momento del proceso más vulnerable ya que es adicionado a la mezcla la cual en su composición contiene KOH considerado como base y por lo tanto como reacción de neutralización generará desprendimiento de calor, el cual requiere un estudio de cinética de la reacción del ácido con la base para evitar una reacción fuera de control como lo refiere INSST (1999). Adicional podemos referirnos a un estudio de acuerdo Barrantes G et al. (2021), el cual recientemente relaciona la determinación de los índices de seguridad los cuales son inherentes al proceso relacionando dentro de la reacción química los factores relacionados tales como índices de calor emitidos en la reacción química, índices de interacción química, índices de inflamabilidad, explosividad, toxicidad y corrosividad. Este índice de seguridad relaciona el artículo que puede verse involucrado en un cálculo con respecto a los índices de seguridad del proceso teniendo en cuenta índices de maquinaria, temperaturas reflejadas en las reacciones involucradas, presión y cantidades relacionadas en los procesos referidos en la matriz multicriterio.

8.2.2. Riesgo ambiental asociado

Ahora bien, en la matriz multicriterio se evidencia que en los riesgos ambientales, se tiene dentro de la etapa de recepción el riesgo total sobre la ponderación tomada corresponde al 20.91%, de donde se tiene que en el proceso de almacenamiento y manipulación de ácido fosfórico tiene los riesgos directos sobre el trabajador/ambiente en cuanto a la presentación de Dermatitis en piel expuesta (0.27%), Derrames de productos químicos (2.95%), muerte de trabajador (1.34%), síndrome de dificultad respiratoria (3.49%). Posteriormente en el proceso de almacenamiento y manipulación de potasa (KOH) se tiene un riesgo prevalente de derrames asociado al 3.75% del riesgo total, del edema pulmonar a un 1.61% sobre el riesgo del área total, la muerte del trabajador por un 1.61% del riesgo total, las quemaduras en piel sobre el trabajador con un porcentaje de riesgo de (0.80%), síndrome de dificultad respiratoria aguda con un 1.07% del riesgo total, en últimas para el proceso de almacenamiento y manipulación del lignito se tiene el riesgo de atrapamiento de extremidades superiores e inferiores 0.8%, por otro lado el síndrome de dificultad respiratoria aguda con un 3.22%. En si toda esta etapa del proceso tiene un peso unitario sobre el peso global del riesgo del 20.91%.

Posteriormente en el área de transformación de lignito, que hace parte de la segunda etapa del proceso completo, tiene en principio por el aporte de la molienda de lignito mayor a 40 micras un aporte global del 11.26%, en donde prevalece en mayor medida el impacto por emisiones atmosféricas fugitivas (4.83%), posteriormente en la etapa de molienda de lignito menor a 40 micras, el impacto ambiental representa un peso unitario de 9.38%, en donde prevalece el riesgo a emisiones atmosféricas fugitivas (2.95%), irritación de vías respiratorias (2.14%) y dermatitis de contacto al lignito(2.14%) y síndrome respiratorio agudo(2.14%), posteriormente en la actividad de molienda del lignito menor a 10 micras se tiene un aporte sobre el riesgo global de 12.87%, en donde se tiene representa en mayor peso los riesgos de dermatitis

de contacto (4.29%), irritación de vías respiratorias (4.29%) y síndrome de dificultad respiratoria (4.29%). En la última fase de esta etapa se tiene el transporte al área de transformación física con un riesgo global de 6.97%, en donde prevalece el mayor riesgo en cuanto al transporte al área de transformación por los derrames de material fino con un aporte del 3.49% y la incidencia de lumbalgias en trabajadores con un 1.34% sobre el riesgo de esta área. En si esta área tiene un aporte global sobre el riesgo de un 55.76% sobre el riesgo total ambiental.

Por otro lado, en la etapa de mezcla de primera fase tiene un riesgo global de un 11.26%, en donde se tiene que la etapa de espesamiento de ácidos húmicos no presenta un riesgo ambiental considerable (0%), por otro lado, en la mezcla del KOH se tiene un aporte global del 10.46%, del cual tiene en mayor medida el impacto ambiental/trabajador el edema pulmonar con un 2.41%, irritación de mucosas nasales por vapores 1.61%, lesiones oculares 1.61%.

Posteriormente en el transporte entre tanques se tiene un riesgo global de esta etapa del 0.8%, que en principio lo aporta el efecto de presentarse derrames en el transporte entre tanques por los sistemas hidráulicos.

La penúltima etapa del proceso, tiene como fin realizar la mezcla de segunda fase que tiene un porcentaje de aporte del riesgo de un 12.06%, en donde tenemos para la subactividad el asentamiento del producto químico terminado con un 0.27% proveniente del riesgo inminente de quemadura por líquido hirviente, posteriormente en la mezcla o reacción química del ácido fosfórico (H_3PO_4) se tiene un riesgo de global de 8.58%, en donde se tiene un riesgo prevalente de síndrome de dificultad respiratoria por inhalación de vapores ácidos con un 2.95%, seguido del evento de colapso y shock con un 2.68%. Posteriormente en el área de transporte de la fase soluble a tanques de mezcla se tiene un riesgo de 3.22%, en donde se tiene un riesgo de quemadura de piel por líquido hirviente que prevalece en esta área.

En últimas, en la etapa de descargue de producto químico se tiene un aporte por el empaque de la solución soluble en envase de 1 L o 2 L, no tiene un riesgo significativo que esté relacionado con el riesgo global.

De acuerdo con Conde et al. (s.f.) en un informe del Instituto Nacional de Higiene y Seguridad de España se confirma la hipótesis de que el riesgo de presentar la dermatitis de contacto con agentes químicos y materiales de bajo tamaño de partícula son los responsables de la generación del evento de salud a la exposición ambiental del trabajador de forma crónica que puede ser precedente para que se dé la dermatitis de contacto con un tiempo mínimo de exposición de 6 meses, tiempo de exposición que ha sido superado por los trabajadores de la empresa ChemiCrops en la manipulación del lignito con piel expuesta y que puede desencadenar a largo plazo eventos como carcinomas de células escamosas o epidermoides desde el enfoque laboral; por otro lado los derrames de productos químicos en la tesis de grado desarrollada por Posada (2010) establecen que la manipulación segura de productos químicos y productos con bajo tamaño de partícula en cuanto al riesgo por derrames son eventos inminentes y deben ser controlados con programas de manejo seguro de productos químicos con la finalidad de que exista un riesgo de contaminación ambiental externo y la generación de productos químicos peligrosos o contaminados que aumenten el riesgo del proceso, en lo que respecta a los riesgos por muerte del trabajador y la prevalencia del síndrome de dificultad respiratoria Murillo (2016) en un estudio exploratorio determinó que el 80% de las patologías que se evidencian en los procesos de manipulación de productos químicos están relacionados con patologías respiratorias y a largo plazo han ocurrido (2) muertes por exposición asociados a EPOC¹ con un costo total de 48.000 USD para la vigencia del año 2013.

¹ Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica

En cuanto a la manipulación y almacenamiento de la Potasa (KOH) existe una prevalencia del riesgo que confirma Murillo (2016) cuando en su estudio afirma que la exposición permanente a los agentes químicos y el material particulado durante un tiempo de 5 a 10 minutos puede desencadenar una enfermedad laboral a largo plazo, sin dejar de lado el riesgo de mortalidad cuando ocurre la exposición crónica; por lo que Posada (2010) y Murillo (2016) convergen sus estudios de identificación del riesgo en que la prevalencia de los efectos que se presentan en la manipulación del (KOH) en estado sólido al 95% de concentración y el ácido fosfórico (H₃PO₄) en un estado sólido al 95% de concentración genera en principio los derrames en superficies, posteriormente la quemadura en manos y piel expuesta, posteriormente la pérdida de sensibilidad del riesgo por la presentación del síndrome respiratorio agudo, que desencadena por la exposición crónica el edema pulmonar y en últimas la muerte del trabajador por superar los TLV al agente químico en cuestión y generando la falla sistémica, tampoco se puede dejar de lado los efectos de exposición de los agentes químicos con la salud cardiovascular en donde Murillo (2016) ha demostrado que la inexistencia de controles administrativos en la manipulación segura de productos químicos puede producir riesgo de atrapamiento de miembros superiores e inferiores a largo plazo.

En el proceso de transformación de lignito, para la primera fase se realiza la molienda como proceso para conseguir un tamaño de partícula inferior a las 40 μm , donde Espinosa y Raucherwer (2004) estudia el proceso siderúrgico dividido en la explotación minera de piedra caliza, mineral de hierro y carbon; en este caso se tienen emisiones atmosféricas fugitivas producto del proceso de trituración que por velocidad y dirección del viento pueden tener un transporte por masas de aire que generen una desmejora en la calidad de aire y en últimas genera contaminación atmosférica que de acuerdo a Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017) se establece que el límite de emisiones a partir del 2018 es respectivamente de $Pm_{10} <$

$75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante un lapso máximo de 24 horas, por otro lado, en el caso de $\text{PM}_{2.5} \leq 37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante un tiempo de exposición de 24 horas, por lo tanto existe un riesgo elevado de exposición a los trabajadores desde el punto de emisión del materia particulado (tolva); sin dejar de lado que la contaminación atmosférica es un factor precedente de la contaminación ambiental a los demás ecosistemas teniendo en cuenta el factor de arrastre que tiene el material particulado por las corrientes de aire como afirma Brasa (2016) cuando hace referencia Brasa (2016) en su *estudio de dispersión de contaminantes atmosféricos de la C.T. Meirana para el diseño de un sistema de reducción catalítica selectiva de NOx y Absorción de SO2 en los niveles de calidad de aire* donde se sustenta que estos compuestos así como el material particulado son agentes de contaminación antropogénica y afectan la salud humana por interactuar directamente con el recurso atmosférico vital para la vida en la biosfera, por otro lado de acuerdo a Murillo (2016) la exposición superior a 5 minutos al material particulado genera a largo plazo irritación de las vías respiratorias y la dermatitis de contacto en el caso actual, donde no se evidencia el uso correcto de los elementos de protección personal, por último en la etapa de transporte del material fino recolectado de la tolva a partir de la observación en contraste con Escudero y Borre (2021) se determinó en un estudio exploratorio con una muestra de 45 trabajadores con una significancia del 95%, el 60% de los evaluados tienen molestias dorsolumbares a raíz de la mala manipulación de cargas, posturas forzadas y estrés laboral; por lo tanto comparando esta fuente con el proceso productivo se puede inferir que existe una relación causal en la manipulación inadecuada de los bultos de lignito de menor tamaño de partícula $< 40 \mu\text{m}$, además de la inexistencia de un programa interno de manejo seguro de cargas que evite el riesgo de derrames y en últimas la manipulación segura de los insumos de molienda y también de los productos químicos.

De acuerdo con Torreño (2014) en el proceso de mezcla existe un riesgo latente que este asociado a la quemadura por líquido hirviendo que debe estar entre 50°C y 70°C a fin de garantizar

la máxima velocidad de reacción química cuando se adiciona el ácido fosfórico, en donde el efecto directo de las quemaduras por productos químicos se deben valorar en un tiempo no mayor a 48-72 horas después del incidente, sumado a que se pueden catalogar como quemaduras de segundo grado en donde prevalecen ampollas intactas con edemas subyacentes, de índole dolorosas que generan una pérdida de sensibilidad general en el area afectada por la exposición a sustancias químicas diluidas; aunque no existe un estudio de cinética química que corrobore la inexistencia de la sustancia pura en el medio de reacción, la concentración del ácido fosfórico con la base KOH produce una reacción de oxidación; es decir, una sal que requiere ser estudiada para eliminar el riesgo químico por la existencia de sustancias químicas diluidas y a altas temperaturas; ahora bien, de acuerdo a MSDS (2000) el producto químico tiene un límite de exposición TWA $1\text{ mg}/\text{m}^3$, y tiene características fuertemente irritantes y corrosivas para generar el evento del síndrome respiratorio por inhalación de vapores ácidos al manipularse y verter a la mezcla, al igual MSDS (2000) también afirma que la ingestión, contacto con piel y ojos pueden llevar a tener un colapso y shock por la manipulación en el proceso generando un accidente de trabajo, ahora bien Torreño (2014) reafirma nuestra hipótesis en cuanto a que los trabajadores no usan los elementos de protección adecuados, se exponen potencialmente a sufrir quemaduras cuando el producto es transportado por el sistema hidráulico entre tanques por una posible contingencia interna; que puede desencadenarse de acuerdo a MSDS (2000) en un derrame y la activación del plan de emergencias interno del proceso.

En ultimas, el empaque del producto en recipientes de 1 L o 2 L de capacidad no representa un riesgo ambiental asociado, teniendo en cuenta que el producto es de características oleosas, color oscuro y se almacena en una area cerrada dentro de las instalaciones de la organización; por lo que no presenta características volátiles, pero si en caso de presentar un

derrame la empresa debe contar con los planes de emergencia y contingencia adecuados a cada etapa del proceso en si reafirmando lo que nos sustenta Posada (2010) en su tesis de pregrado.

8.2.3. Riesgos asociados a la salud

La matriz multicriterio también evidencio múltiples lesiones y patologías a partir de todo el proceso de producción del Humisol, colocando en primer lugar las lesiones en piel y mucosas (oculares), representando el 3.24% del riesgo químico, dado por quemadura con liquido hirviendo (70°C) en el transporte de la fase soluble a tanques de mezcla y el 2.69% de riesgo químico por liquido hirviendo, en el área de mezcla de la segunda fase de producción que es el 25,22% de la producción total. Seguido por la quemadura por hidróxido de potasio (KOH) con un riesgo químico representado por el 2.02% en área de recepción de materia prima, que representa el 27,66% de la producción total, al igual que el ácido fosfórico (H₃PO₄) con un riesgo químico representado del 1.93% por quemadura por acido, en la misma área de recepción de materia prima. Posterior a las lesiones por quemaduras, la matriz multicriterios evidencia las lesiones oculares como segunda patología por un riesgo químico representado por el 2.74% del área de mezcla de primera fase que corresponde al 20,75% de la producción total. Y por último muestra las lesiones de piel dadas por dermatitis de contacto por el riesgo químico, por manipulación del ácido fosfórico, representado por el 2.12% del área de recepción de materia prima, que representa el 27,66% del total de las etapas. El análisis de los resultados en la matriz multicriterio en relación con los efectos de los peligros químicos en la salud de los trabajadores en piel y mucosas, muestran que las quemaduras son una de las patologías más catastróficas por su complejidad y alto costo, así como lo afirma Gaviria Castellanos et al. (2019), por presentar hospitalizaciones prolongadas, incapacidades físicas y funcionales severas e incapacidades laborales prolongadas; en esa publicación de la revista colombiana de cirugía plástica y reconstructiva Balanta et al. (2019) describe que las quemaduras por liquido hirviendo siempre representan el porcentaje más alto de causalidad en esta patología,

así como lo registra la Subred Norte, en el reporte del 2013 al 2018 con 5.439 pacientes hospitalizados por quemaduras donde el 41% (n= 2.249) fueron ocasionados por líquidos hirvientes y con un porcentaje de 4% (n= 218) de quemaduras por sustancias químicas en ese mismo reporte, que no es nada despreciable ya que como las sustancias químicas además pueden llegar a ser corrosiva siendo el daño de la salud del trabajador mucho más catastrófica.

Ahora bien, la matriz multicriterios nos muestra que las lesiones oculares por los químicos también representan un porcentaje elevado, en este estudio, en la primera fase de la mezcla, donde se agrega el hidróxido de potasio (KOH) y así como lo describe Contreras. (2018) las quemaduras por álcalis resultan más dramáticas debido a la alta capacidad de penetración corneal, incluso invocan una reacción uveal y trabecular con varias complicaciones que incluyen el glaucoma secundario, sinequias y leucoma corneal permanente. Por último, la matriz multicriterios en los riesgos a nivel de la piel y mucosas, identifica la dermatitis de contacto en los trabajadores por manipulación de químicos y como demuestra Blasco et al. (2016), en el estudio de 1213 pacientes con pruebas epicutáneas, de los cuales a 123 pacientes se les diagnosticó de dermatitis de contacto profesional, calculando una incidencia media de 10,1%; se observó una tendencia creciente con un aumento a lo largo del periodo de estudio de 6,5% en 2011 a 13,6% en 2015.

En segundo lugar la matriz multicriterios evidencia riesgos químicos en las patologías respiratorias en diferentes niveles de gravedad, siendo la irritación de la mucosa nasal por vapores de los químicos el accidente de trabajo presente en todas las áreas con una representación del 2.71% de riesgo químico de predominio en el área de mezcla de la segunda fase que corresponde al 25.22% del total de las etapas; seguido por el síndrome de dificultad respiratoria agudo, también presente en todas las áreas de producción, con un riesgo químico que representa el 2.64% en el área de mezcla de la segunda fase por la inhalación de vapores ácidos,

correspondiente al 25.22% de todas las etapas. Colocando por último el edema pulmonar con una representación del 2.52% de riesgo químico presente en el área de la mezcla de primera fase que corresponde al 20.75% del total de las etapas, dado por el hidróxido de potasio (KOH), que también está presente en el área de recepción de materia prima, correspondiente al 27,66% del total de las etapas, representado por un 2.22% de riesgo químico que generar edema pulmonar por inhalación de vapores de este álcali. Al analizar los resultados que evidencia la matriz multicriterios con relación a patologías respiratorias al contrastarlos con estudios previos es muy poca la información con la que se puede comparar, sin embargo, como dice Motato. (2020) en su estudio sobre exposición química y efectos de la salud a 64 estilistas de la ciudad de Palmira, Colombia, en el sistema respiratorio la irritación nasal fue el síntoma más descrito por los estilistas evaluados (45,3%) y algunos estilistas que reportaron irritación en la laringe refirieron asociarlo a la respiración del vapor que se produce al aplicar calor en el cabello con productos de alisado; y como es de saberse estos productos de alisado son químicos alcalinos que aunque no tiene la concentración del 95% del Hidróxido de Potasio (KOH) como materia prima del Humisol, si pueden generar daños en la salud del sistema respiratorio de los estilistas analizados por Motato. (2020), con mayor razón, en los trabajadores del Humisol al estar expuestos a los vapores del ácido fosfórico (H₃PO₄) y del hidróxido de potasio (KOH) en sus concentraciones más puras y en las reacciones químicas en las diferentes mezclas de la producción, en donde una de las mismas se genera calor.

La matriz multicriterios también nos evidencia la muerte del trabajador con un riesgo químico representado en el 2.9% en el área de mezcla de primera fase que corresponde al 20.75% del total de las etapas, por la exposición al hidróxido de potasio (KOH), ya sea por vapores o por ingesta accidental; además de evidenciar el shock y colapso en un 2.61% por la exposición al ácido fosfórico (H₃PO₄) en la segunda fase de la mezcla de la producción de Humisol que corresponde al

25.22% del total de las etapas. Analizando esta última parte de los resultados se puede evidenciar que las advertencias en las hojas de seguridad del ácido fosfórico (H₃PO₄) y del hidróxido de potasio (KOH), según la peligrosidad en cuanto a la salud humana, confirman que el colapso, el shock y la muerte de los trabajadores son consecuencias graves y fatales para la salud humana. enfatizan por exposición al ácido fosfórico (H₃PO₄) y al hidróxido de potasio (KOH).

8.2.4. Riesgo económico inherente

En el factor económico en la matriz multicriterio se evidencia que en el área de recepción de materia prima en el almacenamiento y manipulación de Ácido Fosfórico tiene un porcentaje total de 8,14% de riesgo, dentro de los procesos que representan con más riesgo esta Dermatitis en piel expuesta el cual representa un 1,81%, Derrames con un 1,81%, Quemaduras en piel con el 1,81% y Síndrome de dificultad respiratoria aguda con el 1,81%, siendo estos los riesgos más representativos. En cuanto al Almacenamiento y manipulación de la potasa (KOH) tuvo un porcentaje total de 9,50% de riesgo, en los cuales entre los riesgos más altos están, Derrames con un porcentaje de 2.26%, Edema Pulmonar con el 1,81%, muerte de un 1,81%, Quemaduras en piel con un 1,81%, Síndrome de dificultad respiratoria aguda con porcentaje de 1,81%, los que cuentan con más riesgo. Mal Almacenamiento y manipulación de lignito con un porcentaje total de riesgo de 4,52%, teniendo un alto porcentaje en Atrapamiento de extremidades superiores e inferiores con el 2,26% y el Síndrome de dificultad respiratoria aguda con un porcentaje de riesgo de 2,26%. En el Área de transformación física del lignito, el proceso de Molienda del lignito mayor a 40 micras obtuvo un porcentaje total de riesgo de 8,14%, dentro de los riesgos más altos se identifica que la Emisiones atmosféricas fugitivas tienen un porcentaje de 2.26%, Síndrome de dificultad respiratoria agudo con un 2.26% de riesgo. La Molienda del lignito menor a 40 micras con un porcentaje total de 8.14% de riesgo y se identifica que los riesgos más elevados son las Emisiones atmosféricas fugitivas con un porcentaje de 2.26% y del Síndrome de dificultad respiratoria agudo

con el 2.26% de riesgo para este proceso. En el Área de mezcla primera fase, en el proceso de la Mezcla KOH encontramos un porcentaje total de riesgo de 12.67%, encontrando los riesgos más altos como lo son Edema Pulmonar con un porcentaje de 2.26%, la Irritación de mucosa nasal por vapores con el 2.26%, las Lesiones oculares con un 2.26%, y el Síndrome de dificultad respiratoria aguda por vapor de álcalis con el 2.26% de riesgo para esta área. En cuanto el Transporte entre tanques que tiene un porcentaje total de 5,88% de riesgo total tiene como representativo los derrames que equivalen al 2.71 de riesgo más alto. En el Área de mezcla segunda fase en el proceso de Mezcla o reacción química del Ácido Fosfórico (H_3PO_4) tiene un riesgo total del 18.10%, dentro de los riesgos más elevados encontramos Irritación de mucosa nasal y de garganta con un porcentaje de 2.71%, y Síndrome de dificultad respiratoria por inhalación de vapores ácidos con el 2.71% de riesgos representativos. En el proceso de Transporte de la fase soluble a tanques de mezcla el cual representa un porcentaje total de 2.26% de riesgo, donde se identifica que el riesgo más alto corresponde a las Quemadura de piel por liquido hirviendo ($70^{\circ}C$) con un porcentaje de 2.26%.

Como no se tiene escritos de casos específicos por multas, sanciones y cierres de establecimiento donde se vea afectada la parte económica de una empresa para hacer las comparaciones correspondientes tomamos como referencia para tener idea de los ponderados económicos a un estudio realizado por Alvis et al. (2017) establece que los costos económicos de infecciones respiratorias agudas promedian un valor de \$759.437 por 2 días y medio de hospitalización, es decir el costo promedio de un paciente con Infección Respiratoria Aguda en adelante (IRA) hospitalizado por día es de \$305.758 entendiéndose como un procedimiento asumido por la Aseguradora de riesgos laborales de acuerdo a la naturaleza de su origen sujeta con una alta probabilidad de ser corroborada mediante investigación de acuerdo a congreso de Colombia (2012).

De acuerdo con Archila y Benítez (2017) en su tesis de pregrado se logró determinar que Entendiendo de igual manera el alto porcentaje de riesgo por quemadura dentro del proceso de producción de Humisol equivalente al 18,10% para la empresa, más específicamente en el proceso de mezcla de los agentes químicos, es por este motivo que señalamos su relación con los altos costos que representan, entendiéndolo como un riesgo económico para la empresa. De acuerdo a Archila y Benítez (2017) este riesgo en quemaduras de piel analizado en la Universidad de ciencias aplicadas y ambientales, enfocó su estudio en Costos médicos directos del tratamiento de pacientes adultos con quemaduras de segundo y tercer grado en Colombia en el 2017, analizada en la población con pacientes adultos detectándose los siguientes costos: el costo total de la terapia farmacológica a través de AINES con un costo de \$6'079.269,51 y opioides de \$4'787.542,58, medicamentos para hidratación de quemaduras intermedias y profundas entre \$110'342.813,60 y \$104'509.244,04. Los procedimientos para los tratamientos generan un costo de \$5.054.192.947,56. Se calcularon para terapia farmacológica \$34'933.855 y para los procedimientos \$3'270.984,542. Este análisis nos ilustra que independientemente del apoderado, esta es una idea de los posibles costos en lesiones de quemaduras variando de acuerdo con el tipo de lesión y su gravedad.

Tal como lo vemos relacionado en el estudio realizado por Ministerio de Salud (2017) sobre el cáncer lo que relacionamos con el lignito ya que la excesiva exposición al mineral puede ocasionar una posible enfermedad a futuro, Las estimaciones para el año 2.010 evidencio que los costos sociales estuvieron entre 917 y 2.181 millones de euros (m€). De este costo, entre 87% y 92% (795 - 2.011 m€) fue debido al cáncer de pulmón exclusivamente a lo que se asocia a la exposición de sustancias químicas.

Comparando los resultados obtenidos de la matriz multicriterio en términos económicos por estudios realizados por Freijo et al. (2013) se encuentra que la tasa de incidencia de accidentes

laborales y mortales entre los años 2013 y 2017 se encuentran para las actividades económicas afines al sector de minería, transformación de minerales con una tasa de incidencia del 27.3% (2013), 33.1% (2014), 36.6% (2015), 31.1(2016), 32.7% (2017) se observa una tendencia al alza, lo que identifica una correlación entre el riesgo identificado por el proceso en cuanto al síndrome respiratorio agudo e IRAS con un riesgo alto sugiriendo una acción correctiva empresarial necesaria para evitar pérdidas económicas.

8.3 Propuesta de intervención para la empresa ChemiCrops de acuerdo con la información obtenida de la evaluación de los peligros químicos del proceso de producción de Humisol.

8.3.1. Título de la propuesta

Estrategias orientadas a mejorar los actos y condiciones inseguras en el proceso de producción de Humisol para la empresa CHEMICROPS LTDA.

8.3.2. Objetivo central de la propuesta

Promover a través de una serie de medidas correctivas un ambiente laboral seguro generando una cultura de autocuidado y asegurando la correcta higiene industrial.

8.3.3. Alcance de propuesta

El alcance de esta propuesta se enfoca dentro de las actividades de almacenamiento de lignito, ácido fosfórico e Hidróxido de Potasio (KOH), transporte al área de procesamiento, molienda a tamaño de partícula inferior a los 40 μm posteriormente el proceso de formulación y empaque de producto terminado en el proceso productivo.

8.3.4. Desarrollo

En la primera etapa del proceso en cuanto al almacenamiento según lo encontrado en la matriz multicriterios y de acuerdo con Consejo Colombiano de Seguridad (2022) se propone intervenir el proceso realizando los siguientes controles de la fuente (Implementación de un

protocolo de almacenamiento seguro de sustancias químicas como materias primas², Implementar una matriz de compatibilidad, Equipo antiderrames, Kit de primeros auxilios, red de contención de incendios), Medio (instalación de un sistema de medición de condiciones termo higrométricas, extintor, Diagnostico interno del área de almacenamiento, Señalización del área, Lavaojos), Trabajador (Protocolo interno de dotación y vigilancia de EPP, Uso obligatorio de la mascarilla N95 con filtro de vapores y ácidos, Uso obligatorio de guantes de neopreno – nitrilo – látex - polietileno, uso obligatorio de botas de seguridad punta de acero, auto reporté de condiciones de salud previo al inicio de actividades, uso obligatorio de monogafas de seguridad, capacitación en riesgo químico, capacitación en procedimientos internos del SG-SST, Exámenes medico ocupacionales con énfasis osteomuscular y de laboratorio).

En la segunda etapa del proceso en cuanto al transformación del lignito según lo encontrado en la matriz multicriterios y lo que establece Consejo Colombiano de Seguridad (2022) se propone intervenir el proceso realizando los siguientes controles de la fuente (Estudio de PM₁₀ – PM_{2.5} con laboratorio acreditado), Medio (Uso de carretilla para transportar lignito fino, Programa de mantenimiento preventivo a los equipos y calibración, Programa de orden y aseo, Señalización, Extintor Rojo tipo C), Trabajador (Programa de manejo seguro de cargas, Programa de vigilancia epidemiológica osteomuscular, Uso obligatorio de mascarilla con filtro N95, Uso de guantes nitrilo nilón, Uso obligatorio de bota de seguridad punta de acero, Exámenes medico ocupacionales con énfasis osteomuscular y de laboratorio)

En la tercera etapa del proceso en cuanto al área de mezcla primera fase según lo encontrado en la matriz multicriterios y con Consejo Colombiano de Seguridad (2022) se propone intervenir el proceso realizando los siguientes controles de la fuente (Estudio de cinética química

² De acuerdo con Consejo Colombiano de Seguridad (2022) la NFPA 704 establece que en Colombia la implementación del SGA en los procesos de control ante el riesgo químico se debe implementar el sistema de clasificación y evaluación del riesgo en el uso de sustancias químicas desde el etiquetado, identificación y evaluación de los riesgos de uso y manipulación.

del proceso, Kit de derrames), Medio (Uso de carretilla para transportar lignito fino, Programa de mantenimiento preventivo a los equipos y calibración, Programa de orden y aseo, Señalización, Extintor Rojo tipo C), Trabajador (Programa de manejo seguro de cargas, Programa de vigilancia epidemiológica osteomuscular, Uso obligatorio de mascarilla full face, Uso de guantes nitrilo nilón, Uso obligatorio de bota de seguridad punta de acero, Capacitación al trabajador sobre la manipulación adecuada de la mezcla del lignito con la potasa(KOH), Exámenes medico ocupacionales con énfasis osteomuscular y de laboratorio).

En la cuarta etapa del proceso en cuanto al área de área de mezcla segunda fase según lo encontrado en la matriz multicriterios y con Consejo Colombiano de Seguridad (2022) se propone intervenir el proceso realizando los siguientes controles de la fuente (Kit de derrames, estudios ambientales higiénicos), Medio (Instalación de un sistema de inyección de H₃PO₄, Programa de mantenimiento preventivo a los equipos y calibración, Programa de orden y aseo, Señalización, Extintor Rojo tipo C), Trabajador (Programa de manejo seguro de cargas, Programa de vigilancia epidemiológica osteomuscular, Uso obligatorio de mascarilla full face, Uso de guantes nitrilo nilón, Uso obligatorio de bota de seguridad punta de acero, Capacitación al trabajador sobre la manipulación adecuada de líquido hirviente y de los productos químicos disueltos en el producto, Exámenes medico ocupacionales con énfasis osteomuscular y de laboratorio).

En la quinta etapa del proceso en cuanto al área de descargue según lo encontrado en la matriz multicriterios y con Consejo Colombiano de Seguridad (2022) se propone intervenir el proceso realizando los siguientes controles de la fuente (Kit de derrames), Medio (Sistema de envasado de producto, Programa de orden y aseo, Señalización, Extintor Rojo tipo C), Trabajador (Programa de manejo seguro de cargas, Programa de vigilancia epidemiológica osteomuscular, Uso obligatorio de mascarilla con filtro N95, Uso obligatorio de bota de seguridad punta de acero,

Capacitación sobre la manipulación del producto terminado, Exámenes medico ocupacionales con énfasis osteomuscular y de laboratorio).

9. Conclusiones

El proceso de producción de Humisol consta de cinco etapas principales, la primera se centra en el almacenamiento de materias primas donde se tiene como riesgo prevalente el almacenamiento y manipulación del ácido fosfórico H_3PO_4 con un 12.25% y del Hidróxido de potasio de un 12.6% en esta área que comprende el 27.66% del riesgo de todo el proceso, posteriormente en el área de transformación del lignito tenemos como riesgo prevalente por la molienda del lignito de $40 \mu m$ con un 4.96% de riesgo en el esta área que comprende el 26.6% del riesgo total de la producción, posteriormente tenemos en área de mezcla de primera fase se tiene como riesgo mayor la mezcla del Hidróxido de Potasio (KOH) con un 20.7% del riesgo con relación a esta área que comprende el 20.77% del riesgo total del proceso, seguido del área de mezcla de segunda fase donde tenemos como mayor factor de riesgo la mezcla inicial con el ácido fosfórico H_3PO_4 del 19.29% del total de esta área que corresponde al 25.22% del riesgo total de la producción, en ultimas el área de descargue en donde prevalece el riesgo mayor el de tener DME por el empaque del producto terminado con un 2.76% sobre el área que tiene un riesgo global 2.76% del riesgo global.

En el proceso de evaluación de los peligros químicos de producción de Humisol usando la matriz IPVR ajustada multicriterio se pudo detectar que, en el área de riesgo químico, los mayores riesgos fueron de forma puntual fueron identificados en las etapas de mezcla de primera fase y mezcla de segunda fase donde se tiene un aporte del riesgo global entre el Síndrome de Dificultad Respiratoria Aguda (3.20%-3.69%) y las Quemaduras con producto químico con un (2.96% - 3.94%), seguido del área de salud el mayor riesgo se evidencia con las quemaduras por líquidos hirviente ($70^\circ C$), siendo el 3.24% del riesgo químico, del área de mezcla de segunda fase con un 25,22% de la producción total, seguido por la quemadura por hidróxido de potasio (KOH) con un riesgo químico

representado por el 2.02% en área de recepción de materia prima, que representa el 27,66% de la producción total, al igual que el ácido fosfórico (H_3PO_4) con un riesgo químico representado del 1.93% por quemadura por ácido, en la misma área de recepción de materia prima, seguido del riesgo ambiental se tiene el mayor riesgo en el área de transformación de lignito menor a $10\ \mu m$, en donde se tiene que el mayor riesgo se asocia con un porcentaje global del 12.87%, en donde prevale el riesgo por irritación de vías respiratorias (4.29%), el síndrome de dificultad respiratoria (4.29%). En últimas por último podemos detallar y confirmar que, de acuerdo con el análisis realizado en las matrices, podemos detallar como el riesgo económico se ve influenciado en los porcentajes detectados en las dos etapas de mezcla del proceso de producción, los cuales oscilan entre 12,67% y 18,10% lógicamente incididos por las consecuencias y efectos posibles en los trabajadores, infraestructura y gestión administrativa.

La propuesta de intervención para el riesgo químico en el proceso se centra en la adopción de las medidas requeridas para el manejo de productos químicos, maquinaria y elementos de protección personal dentro del proceso de producción, aunque se considera necesario realizar el estudio de la cinética química y las mediciones ambientales ocupacionales que den a lugar para establecer el grado de exposición de los trabajadores a los agentes químicos, de la misma manera que soporte futuros estudios en gestión de la salud y seguridad en el trabajo con el fin de adoptar posibles medidas de control adicionales.

10. Recomendaciones

Vale la pena reconocer que es necesario contemplar en los procesos de higiene industrial tener mediciones de niveles de ruido en operación en las etapas de procesamiento de lignito, también realizar la implementación del Programa de Vigilancia Epidemiológico basado en los Desordenes Musculo Esqueléticos (DME) para futuros estudios de evaluación del riesgo en cuanto a factores físicos y medidas de intervención que son vitales en la implementación de un posible Programa de Vigilancia Epidemiológica a Hipoacusia Neurosensorial.

En el proceso se hace necesario, enfatizar en que se recomienda realizar estudio de costos del impacto que puede tener un accidente de trabajo o siniestro dentro de la organización al SG-SST, desde el enfoque de auditoría de costos y la planeación estratégica en la gestión del cambio de los procesos internos de la organización.

El alcance de este proyecto en concreto define las medidas de intervención, no obstante para futuras investigaciones se recomienda establecer el nivel de riesgo ambiental inherente al proceso que pueda existir por concepto de emisión de material particulado PM10 y PM2.5, como lo estipula Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017) con el límite de emisión a partir del 2018 es respectivamente de $Pm_{10} < 75 \mu g/m^3$ durante un lapso máximo de 24 horas, y en el caso de $PM_{2.5} \leq 37 \mu g/m^3$.

Se recomienda para futuros estudios en la organización proponer el diseño en detalle de los Programas de Vigilancia Epidemiológica para los eventos de salud de Hipoacusia Neurosensorial, Asma Ocupacional y lo DME.

11. Referencias bibliográficas

- Abella, O., Diaz, Y., Sánchez, D. (2017). *Evaluación de riesgos químicos en un laboratorio de química Analítica por el método cossh essentials*. Revista Ciencia en su PC. 3. <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181353026008.pdf>
- Alvis, N., Bernal, C., Carvajal, H. (2017). *Costos económicos de la infección respiratoria aguda en un municipio de Colombia*. Revista Redalyc. 49(3). <https://doi.org/10.18273/revsal.v49n3-2017005>
- Archila, S., Benítez, J. (2017). *Costos médicos directos del tratamiento de pacientes adultos con quemaduras de segundo y tercer grado en Colombia*. [Tesis de pregrado]. Repositorio Universidad UDCA. <https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/652/Costos%20m%C3%A9dicos%20directos%20en%20paciente%20quemado%202017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Balanta, C., Gaviria, J., Quintero, A., Santamaria, N., Velandia, C. (2019). *Georreferenciación de las quemaduras en Bogotá, Colombia*. Revista Colombiana de cirugía plástica y reconstructiva. 25(2). <http://ciplastica.com/ojs/index.php/rccp/article/view/116>
- Blasco, R., Giacaman, M., Ortiz, J., Sierra, I., Subiabre, D., Zaragoza, V. (2016). *Dermatitis de contacto profesional, estudio clínico-epidemiológico entre los años 2011 y 2015*. Revista Medicina y Seguridad del trabajo. 62(245). https://scielo.isciii.es/scielo.php?pid=S0465-546X2016000500004&script=sci_arttext&tlng=pt
- Brasa, E. (2016). Estudio de dispersión de contaminantes atmosféricos de la C.T. Meirama (A. Coruña). Rediseño de la red de vigilancia y evaluación del impacto de la instalación de un sistema de reducción catalítica selectiva de NOx y de un sistema de absorción de SO2 en los niveles de calidad de aire en su entorno. [Tesis de pregrado]. Repositorio Universidad

https://oa.upm.es/43962/1/TFG_EUGENIA_BRASA_PEREZ_COLEMAN.pdf

Calera, A., Casal, A., Cencillo, F., Gadea, R., Roel, J. (2005). *Riesgo químico laboral: Elemento para un diagnóstico en España*. Revista Especialista en Salud Pública. 79.

<https://www.redalyc.org/pdf/170/17079216.pdf>

Cantoni, N. (2009). *Técnicas de muestreo y determinación del tamaño de la muestra en la investigación cualitativa*. Revista Argentina de Humanidades y Ciencias Sociales.

https://www.sai.com.ar/metodologia/rahycs/rahycs_v7_n2_06.htm

Combariza, D., Garrote, C., Malagón, J., Morgan, G., Varona, M. (2014). *Caracterizaciones de las condiciones de salud respiratoria de los trabajadores expuestos a polvo de carbón en minería subterránea en Boyacá, 2013*. Revista de la Universidad Industrial de Santander. 46(3).

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-08072014000300004

Conde, L., Heras, F., Maqueda, J. (s.f.). *Directrices para la decisión clínica en enfermedades profesionales*.

<https://castillayleon.ccoo.es/c946118c72671543977c1463858cd580000001.pdf>

Congreso de Colombia, (1979). Ley 9 de 1979. *Por el cual se dictan Medidas Sanitarias*.

<http://oaica.car.gov.co/biblioteca/nacional/decretos/Ley%209%20de%201979.pdf>

Congreso de Colombia, (2012). *Ley 1562 de 2012. por la cual se modifica el Sistema de Riesgos Laborales y se dictan otras disposiciones en materia de Salud Ocupacional*.

<https://www.suin->

juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/1683411#:~:text=Tiene%20por%20objeto%20mejorar%20las,trabajadores%20en%20todas%20las%20ocupaciones.

Congreso de la República, (1976). Ley 18 de 1976. *Por la cual se reglamenta el ejercicio de la profesión de Ingeniero Químico en el país, reconocida por el Ministerio de Educación Nacional.* https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-105031_archivo_pdf.pdf

Congreso de la República, (2008). *Ley 1196 de 2008, por medio de la cual se aprueba el “Convenio de Estocolmo sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes”.* http://www.ideam.gov.co/documents/51310/526523/Ley_1196_05_06_2008.pdf/2622e4ed-2057-46dc-bd18-f39306a2fc36

Consejo Colombiano de Seguridad, (2022). *Guía para la gestión del riesgo químico en lugares de trabajo. Resumen Ejecutivo.* <https://ccs.org.co/portfolio/guia-para-la-gestion-del-riesgo-quimico-en-lugares-de-trabajo-resumen-ejecutivo/>

Contreras, E., (2018). *Tema propuesto de caso clínico: Quemadura corneal por álcali, miopía y sospecha de glaucoma en paciente de 35 años de edad.* [Tesis de pregrado de optometría]. Repositorio de la Universidad técnica de Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/4866/E-UTB-FCS-OPT-000014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Departamento de salud y servicios para personas mayores de New Jersey. (2014). *Hoja informativa sobre sustancias peligrosas, ácido fosfórico.* Departamento de salud y servicios para personas mayores de New Jersey. <https://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1516sp.pdf>

Departamento de salud y servicios para personas mayores de New Jersey. (2010). *Hoja informativa sobre sustancias peligrosas, Hidróxido de potasio.* Departamento de salud y servicios para personas mayores de New Jersey. <https://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1571sp.pdf>

- Escudero, I., Borre, Y. (2021). Riesgos ergonómicos de carga física y lumbalgia ocupacional en una institución de educación superior en Cartagena – Colombia. *Revista Libre Empresa*. 18(1).
<https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/libreempresa/article/view/8704/7677>
- Espinosa, J., Raucherwer, D. (2004). Diagnostico ambiental y alternativas técnicas y económicas para controlar las emisiones de material particulado en la plata de aceración en acerías paz del río S.A. Belencito (Boyaca). [Tesis de pregrado]. Repositorio Universidad de la Salle.
https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2547&context=ing_ambiental_sanitaria
- Fasecolda, (2022). *Reporte consolidado por compañía 2022 actividad económica 5242101*.
<https://sistemas.fasecolda.com/rldatos/Reportes/xCompania.aspx>
- Flores, P. (2018). *Comparación de la eficacia de las pruebas de hipótesis de hipótesis e intervalos de confianza en el proceso de inferencia. Estudio sobre medias*. *Revista de Ciencias*. 22(2).
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-19352018000200065
- Freijo, M., Montaña, J., Romero, D., Sanmiguel, L. (2013). *Valoración de los accidentes graves y mortales en las minas españolas entre los años 2013 y 2017*. *Revista Ocupacional Risk Prevention*.
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/165457/OPRJJournal%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gil, D., Gonzáles, Y., Niño, Y., & Rentería, H. (2020). *Guía para la gestión del riesgo químico en lugares de trabajo Resumen Ejecutivo*. Consejo Colombiano de Seguridad:
<https://ccs.org.co/portfolio/guia-para-la-gestion-del-riesgo-quimico-en-lugares-de-trabajo-resumen-ejecutivo/>

- Gonzales, M., Gómez, L., Cubillos, J. (2016). *Efecto de carbón tipo lignito sobre el crecimiento y producción de pigmentos de Arthrospira platensis*. Revista Colombiana de Biotecnología. 1. <https://www.redalyc.org/pdf/776/77645907008.pdf>
- Hann, C., Quintero, A., Serrano, A., (2013). *Los métodos y procesos multicriterio para la evaluación*. Revista Luna Azul. 36. <https://www.redalyc.org/pdf/3217/321728584014.pdf>
- Hernández, R., Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill. <http://www.ebooks7-24.com.ezproxy.uniminuto.edu/?il=6443>
- IBM, (2022). *Análisis factorial*. <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/29.0.0?topic=features-factor-analysis>
- ICONTEC, (2012). *Guía técnica colombiana GTC 45. guía para la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos en seguridad y salud ocupacional*. http://132.255.23.82/sipnvo/normatividad/GTC_45_DE_2012.pdf
- Induvasar. (s.f.). *Ficha de seguridad Lignito*. Industrias Vasar S.A.S. https://induvasar.com/wp-content/uploads/2019/05/FS_LIGNITO.pdf
- Ministerio de Agricultura y desarrollo rural, (2004). *Resolución 0375 de 2004, por la cual se dictan las disposiciones sobre Registro y Control de los Bioinsumos y Extractos Vegetales de uso agrícola en Colombia*. <https://www.ica.gov.co/normatividad/normas-ica/resoluciones-oficinas-nacionales/resoluciones-derogadas/resolucion-375-de-2004.aspx>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, (2017). *Resolucion 2254 de 2017. Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones*. <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/2.+Resoluci%C3%B3n+2254+de+2017+-+Niveles+Calidad+del+Aire..pdf/c22a285e-058e-42b6-aa88-2745fafad39f>

<http://www.saludcapital.gov.co/CTDLab/Publicaciones/2015/Resoluci%C3%B3n%201223%20de%202014.pdf>

Motato, (2020). *Exposición química y síntomas relacionados en estilistas del sector informal de palmira valle* 2020.

<https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/21689/Exposici%C3%B3n-Qu%C3%admica-S%C3%adntomas-Motato-Maryury-7681-2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MSDS, (2000). Hoja de seguridad Ácido Fosfórico.

<http://www.regenciaquimica.ucr.ac.cr/sites/default/files/Acido%20fosf%C3%B3rico.pdf>

Murillo, B. (2016). Diseño de un plan de prevención de factores de riesgo químico para los trabajadores expuestos a material particulado en el área de solidos orales de la empresa laboratorio químico farmacéutico ACROMAX S.A. [Tesis de Doctorado]. Repositorio Universidad de Guayaquil.

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/21226/1/TESIS%20Dra%20Belkys%20Murillo%20FINAL%20EMPASTADO.pdf>

OIT, (1947). Convenio No 81. *Convenio sobre la inspección del trabajo.*

https://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_ILO_CODE:C081

OIT, (2013). *La seguridad y la salud en el uso de productos químicos en el trabajo.* ISBN: 978-92-2-228315-6.

https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/safework/documents/publication/wcms_235105.pdf

OIT, (2014). *28 de abril – Día mundial de la Seguridad y Salud en el Trabajo.*

https://www.ilo.org/safework/events/meetings/WCMS_235598/lang--es/index.htm

OIT, (2014). *La seguridad y la salud en el uso de productos químicos en el trabajo (Informe internacional)*. [https://www.suin-](https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1379466)

[juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1379466](https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1379466)

Oropesa, A. (2014). *RicoTox: web sobre riesgo químico. Experiencia en la enseñanza universitaria de Toxicología Ambiental y Salud Pública*. Revista Toxicología. 31.

<https://www.redalyc.org/pdf/919/91932798010.pdf>

Posada, P. (2010). *Diseño y desarrollo de un sistema de gestión de seguridad y salud ocupacional OHAS 18001:2017 para una empresa importadora, distribuidora y comercializadora de productos agroquímicos*. [Tesis de pregrado]. Repositorio Escuela Politécnica del Litoral (ESPOL).

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13591/1/Dise%c3%b1o%20y%20>

[Desarrollo%20de%20un%20sistema%20de%20gestion%20de%20seguridad.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13591/1/Dise%c3%b1o%20y%20Desarrollo%20de%20un%20sistema%20de%20gestion%20de%20seguridad.pdf)

Presidencia de la República, (1993). Ley 55 de 1993. Por medio de la cual se aprueba el "Convenio No. 170 y la Recomendación número 177 sobre la Seguridad en la Utilización de los Productos Químicos en el trabajo", adoptados por la 77a. Reunión de la Conferencia General de la O.I.T., Ginebra, 1990.

[https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=37687#:~:text=AR](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=37687#:~:text=ART%C3%8DCULO%2018.-,1.,sin%20demora%20a%20su%20supervisor.)

[T%C3%8DCULO%2018.-,1.,sin%20demora%20a%20su%20supervisor.](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=37687#:~:text=ART%C3%8DCULO%2018.-,1.,sin%20demora%20a%20su%20supervisor.)

Presidencia de la República, (1995) Decreto 1973 de 1995. *Por medio del cual se promulga el Convenio 170 sobre la Seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo, adoptado por la Conferencia General de la Organización Internacional del Trabajo el 25 de junio de 1990.*

[https://www.suin-](https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1379466)

[juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1379466](https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Decretos/1379466)

Presidencia de la República, (2002). Decreto 1609 de 2002. *Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=6101#:~:text=El%20presente%20decreto%20tiene%20por,y%20el%20medio%20ambiente%2C%20de>

Presidencia de la República, (2014). Decreto 1477 de 2014. *Por el cual se expide la tabla de enfermedades laborales.*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=58849#:~:text=El%20presente%20decreto%20tiene%20por,m%C3%A9dico%20en%20los%20trabajadores%20afectados.>

Presidencia de la República, (2015). Decreto 1072 de 2015. *Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del sector trabajo.*

<https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/0/DUR+Sector+Trabajo+Actualizado+a+15+de+abril++de+2016.pdf/a32b1dcf-7a4e-8a37-ac16-c121928719c8>

Presidencia de la República, (2018). Decreto 1496 de 2018. *Por el cual se adopta el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos y se Dictaminan otras disposiciones en materia de seguridad química.*

<http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201496%20DEL%2006%20DE%20AGOSTO%20DE%202018.pdf>

Presidencia de la República, (2021). Decreto 1630 de 2021. *Por el cual se adiciona el Decreto 1076 de 2015 Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible.*

<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=173879>

Real, Statistics, (2022). *Principal Component Analysis.* <http://www.real-statistics.com/multivariate-statistics/factor-analysis/principal-component-analysis/>

Rojas, (2008). *Perspectivas de procesamiento y uso del carbón mineral peruano*. Revista ingeniería

Industrial. 26. <https://www.redalyc.org/pdf/3374/337428492012.pdf>

Soriano, A. (2014). *Diseño y validación de instrumentos de medición*. Revista Editorial Don Bosco.

8(13).

[http://redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/2105/1/2%20diseño%20y%20validación%20dialogos14.](http://redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/2105/1/2%20diseño%20y%20validación%20dialogos14.pdf)

[pdf](http://redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/2105/1/2%20diseño%20y%20validación%20dialogos14.pdf)

Torreño, M. (2014). *Guía de actuación para enfermería en pacientes con quemaduras por accidente*

laboral. [Tesis de pregrado]. Repositorio Universidad de Zaragoza.

<https://zaguan.unizar.es/record/30848/files/TAZ-TFG-2014-444.pdf>