

**DISEÑO DE UNA APLICACIÓN PARA LA SELECCIÓN DE ROPA Y
GUANTES DE PROTECCIÓN QUÍMICA**

Ing. Cesar Yesid Cañón Gómez

Ing. Giselle Rueda Di Bello

Universidad el Bosque

Facultad de Medicina

Especialización en Higiene Industrial

Bogotá D.C., Colombia

Noviembre 2019

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE MEDICINA

DISEÑO DE UNA APLICACIÓN PARA LA SELECCIÓN DE ROPA Y GUANTES DE
PROTECCIÓN QUÍMICA

Línea de investigación:

Exposición ocupacional y efectos en salud

Trabajo de grado como requisito para Optar al Título de:
Especialista en Higiene Industrial

Ing. Cesar Yesid Cañón Gómez

Ing. Giselle Rueda Di Bello

Asesor:

Ing. Lidy Yadira Cetina Castillo

Especialización en Higiene Industrial

Bogotá D.C., Colombia

2019

Categoría de Aprobación: _____

Director de Investigaciones

Director de la División de Postgrados

Director del Programa

Jurado

Bogotá D.C., Diciembre de 2.019

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

*Dedicamos este trabajo a nuestras familias, ellos han sido nuestra motivación y respaldo
en esta etapa tan importante para nosotros.*

Gracias.

Agradecimientos

En primer lugar es nuestro deseo expresar un gran agradecimiento a la directora de este trabajo de grado, Ing. Lidy Yadira Cetina Castillo, por la dedicación y apoyo que nos ha brindado a este trabajo, por el respeto a nuestras sugerencias e ideas y por la dirección y el rigor con el que nos ha orientado.

A la Universidad el Bosque, por brindarnos las herramientas técnicas necesarias en nuestro proceso de formación como especialistas en Higiene Industrial.

A la planta docente de la especialización en Higiene Industrial por el continuo aporte de sus conocimientos y experiencia para enriquecer nuestro proceso de formación.

Tabla de Contenido

1.	<i>Presentación del Problema</i>	<i>16</i>
2.	<i>Justificación y Pregunta de Investigación</i>	<i>22</i>
3.	<i>Estado del arte</i>	<i>29</i>
4.	<i>Marco teórico.....</i>	<i>51</i>
4.1	<i>Historia</i>	<i>51</i>
4.2	<i>Clasificación de los productos químicos.....</i>	<i>54</i>
4.3	<i>Efectos en la salud por exposición a sustancias químicas.....</i>	<i>61</i>
4.4	<i>Jerarquía de controles</i>	<i>67</i>
4.5	<i>Herramientas informáticas</i>	<i>71</i>
5.	<i>Objetivos</i>	<i>74</i>
5.1	<i>Objetivo general.....</i>	<i>74</i>
5.2	<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>74</i>
6.	<i>Metodología</i>	<i>75</i>
7.	<i>Consideraciones Éticas para el Desarrollo del Trabajo</i>	<i>78</i>
8.	<i>Cronograma de Actividades.....</i>	<i>80</i>
9.	<i>Resultados</i>	<i>83</i>
9.1	<i>Caracterización de la exposición a sustancias químicas por vía dérmica</i>	<i>83</i>
9.1.1	<i>Etapas 1 - Identificación de Peligros / Reconocimiento de los Agentes</i>	

Químicos:	101
9.1.1.1 Inventario de procesos con exposición a sustancias químicas:	102
9.1.1.2 Identificación de las características de exposición de la fuerza laboral ..	103
9.1.1.3 Elaborar inventario de sustancias químicas:	105
9.1.2 Etapa 2 – Evaluación del riesgo con el método seleccionado / uso de la metodología seleccionada:	108
9.1.3 Etapa 3 – Determinación de controles	121
9.2 <i>Ropa y guantes de protección para la exposición por la vía dérmica a sustancias químicas</i>	124
9.2.1 Criterios para la selección de la ropa de protección química.....	125
9.2.2 Criterios para la selección de guantes de protección contra productos químicos 132	
9.3 <i>Estructura de la aplicación para la selección de ropa y guantes de protección química</i>	149
9.3.1 Interfaz	150
9.3.1.1 Wireframe informativo.....	151
9.3.1.2 Wireframe de ingreso	152
9.3.1.3 Wireframe de contenido.....	153
9.3.1.4 Wireframe de resultado	155
9.3.2 Perfiles de usuarios	155
9.3.3 Simulación de la aplicación	158
10. <i>Discusión</i>	161
11. <i>Conclusiones</i>	166

12.	<i>Recomendaciones.....</i>	<i>172</i>
13.	<i>Futuras Preguntas de Investigación</i>	<i>175</i>
14.	<i>Referencias.....</i>	<i>176</i>
15.	<i>Anexos</i>	<i>182</i>

Lista de tablas

Tabla 1. Artículos en revistas indexadas (Science Direct - Web Of Science)	31
Tabla 2. Trabajos de grado - Tesis	33
Tabla 3. Entidades oficiales / Nacionales.....	36
Tabla 4. AIHA (American Industrial Hygiene Association).....	39
Tabla 5. OIT (Organización Internacional del Trabajo)	39
Tabla 6. NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)	40
Tabla 7. INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo)	42
Tabla 8. BSI (British Standard Institution).....	44
Tabla 9. OSHA (Occupational Safety and Health Administration).....	44
Tabla 10. Publicaciones internet	45
Tabla 11. Comerciales - Software existentes en el mercado para la gestión SST.....	47
Tabla 12. Libros.....	48
Tabla 13. ICONTEC (Instituto Nacional de Normalización Técnica y Certificación).....	50
Tabla 14. Clasificación de elementos de protección personal usados en la manipulación de productos químicos	70
Tabla 15. Metodología aplicada para el desarrollo del trabajo de grado.....	75
Tabla 16. Cronograma de actividades.....	80
Tabla 17. Caracterización del estudio “Dermal Exposure: How to Get Information”	84
Tabla 18. Características del estudio “Survey Assessment of Worker Dermal Exposure and Underlying Behavioral Determinants”	85
Tabla 19. Características de la metodología “Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Dermatitis de Contacto Ocupacional”	87

Tabla 20. Características de la metodología “Exposure Assessment Tools by Routes - Dermal”	89
Tabla 21. Características de la metodología “Exposición dérmica a sustancias químicas: evaluación y gestión del riesgo”	90
Tabla 22. Características del estudio “Comparison of Fluorescence and Rinsing Methods for Assessing Dermal Exposure”	92
Tabla 23. Características del estudio “Effectiveness of Personal Protective Equipment: Relevance of Dermal and Inhalation Exposure to Chlorpyrifos Among Pest Control Operators”	93
Tabla 24. Características del estudio – Métodos para la Evaluación de la Exposición por Vía Dérmica propuestos por la Organización Mundial de la Salud	94
Tabla 25. Comparación de estudios asociados a metodologías de evaluación a la exposición dérmica.....	96
Tabla 26. Aspectos generales de las sustancias químicas para el inventario	106
Tabla 27. Procedimiento para la aplicación del Toolkit Risk of Derm.....	110
Tabla 28. Características generales de los trajes y prendas de protección química	127
Tabla 29. Clasificación de guantes.....	134
Tabla 30. Características generales de los guantes de protección química	136
Tabla 31. Perfiles de usuarios y permisos para el acceso a la aplicación.....	156
Tabla 32. Elementos y criterios de decisión para el diseño de una aplicación para la selección de ropa y guantes de protección química.....	159

Lista de figuras

Figura 1. Vías de ingreso de los contaminantes químicos al organismo	53
Figura 2. Clasificación de los productos químicos	54
Figura 3. Clasificación de la reacción generada por sustancias irritantes.....	57
Figura 4. Clasificación de los efectos producidos por las sustancias asfixiantes	57
Figura 5. Sustancias anestésicas y narcóticas	58
Figura 6. Clasificación de efectos generados por tóxicos sistémicos	59
Figura 7. Sustancias sensibilizantes.....	60
Figura 8. Clasificación de las sustancias cancerígenas	61
Figura 9. Esquema de priorización de intervención de controles.....	67
Figura 10. Etapas de la evaluación de la exposición ocupacional a sustancias químicas por la vía dérmica	100
Figura 11. Evaluación de la exposición ocupacional a sustancias químicas por la vía dérmica: Identificación y reconocimiento de agentes químicos en el trabajo.....	102
Figura 12. Evaluación del riesgo con el método seleccionado.....	109
Figura 13. Definición de controles asociados a la exposición por la vía dérmica.....	121
Figura 14. Pictograma de protección química	129
Figura 15. Proceso para la selección de ropa de protección química	131
Figura 16. Proceso para la selección de guantes de protección contra productos químicos	133
Figura 17. Componentes del wireframe	151
Figura 18. Modelo wireframe informativo.....	151
Figura 19. Modelo wireframe de ingreso.....	152

Figura 20. Modelo wireframe de contenido	154
Figura 21. Modelo wireframe de resultado.....	155

La necesidad de desarrollar una aplicación para la selección de ropa y guantes de protección química como objetivo de este trabajo de grado surgió a partir de la necesidad de establecer controles apropiados para evitar el contacto de los agentes químicos con la vía dérmica de quienes los manipulan. Esta investigación se fundamentó en una exhaustiva revisión bibliográfica en fuentes nacionales, internacionales, públicas, privadas y de carácter científico afines a la exposición por la vía dérmica.

Se definió el proceso para la selección de ropa y guantes de protección química por medio de etapas sistemáticas que parten de la necesidad de conocer los agentes químicos y sus peligros, en donde se desarrollaron herramientas que permiten describir las condiciones del trabajo, fuerza laboral y características de las sustancias químicas; continuando con la evaluación del riesgo al contacto con sustancias químicas por la vía dérmica mediante la aplicación de una metodología de evaluación semi-cuantitativa de la exposición; y establecer así la necesidad del uso de elementos de protección personal para la piel.

Posterior al desarrollo de estas etapas se consolidó un conjunto de matrices y diagramas de flujo que en conjunto permiten dar respuesta a la necesidad de protección a la vía dérmica, y se convierten en la fuente de entrada para el desarrollo de una aplicación que permita hacer la selección correcta de ropa y guantes de protección química.

Palabras clave: Vía Dérmica, Ropa de Protección Química, Guantes de Protección Química, Exposición Dérmica, Protección para la Piel.

The need to develop an application for the selection of chemical protective clothing and gloves as the objective of this dissertation thesis arose from the need to establish appropriate controls to avoid the contact of chemical agents with the dermal surface of those who handle them.

This research was based on an exhaustive bibliographic review of national, international, public, private, and scientific sources related to dermal exposure.

The process for the selection of chemical protective clothing and gloves was defined through systematic stages based on the need to know chemical agents and their dangers, where tools that allow describing the conditions of work, workforce and characteristics of chemical substances were developed. Then, an evaluation of the risk upon dermal contact with chemical substances was carried out through the application of a semi-quantitative exposure assessment methodology which, in turn, helped establish the need for the use of personal protective elements for the skin.

After the development of these stages, a set of matrices and flow diagrams were consolidated, which jointly allow us to provide an answer to the need for dermal protection, and become the source of input for the development of an application that allows the proper choosing of chemical protective clothing and gloves.

Keywords: Dermal Route, Chemical Protective Clothing, Chemical Protective Gloves, Dermal Exposure, Skin Protection.

1. Presentación del Problema

Para Colombia, en el año 2012 se consumieron 752,2 millones Tm de sustancias químicas, de las cuales el 47,05% fueron SNNP (Sustancias Naturales No Peligrosas), el 24,27% SQI (Sustancias Químicas de Uso Industrial), el 17,33% COM (Combustibles) y el 11,34% restante se distribuyó entre usos alimenticios, cosméticos, fertilizantes, medicamentos, productos artificiales no peligrosos y minerales en bruto (1). Es evidente que el uso de sustancias químicas no es una práctica limitada a los grandes sectores industriales, desde los productos utilizados en los hogares para la limpieza hasta los insumos para procesos industriales, pasando entre otras actividades por aquellas que requieren de agroquímicos; ha representado por años un peligro para la salud de quienes las manipulan, traducidos estos peligros, en efectos de las sustancias químicas sobre el organismo clasificándose en efectos a corto plazo (agudos) y a largo plazo (crónicos) (2).

Los efectos agudos son los que se producen tras una exposición limitada y poco tiempo después de ésta (horas, días) y pueden ser reversibles o irreversibles. Los efectos crónicos se producen tras una exposición prolongada (meses, años, decenios) y/o persisten después de que haya cesado la exposición (3).

Es importante aclarar que la aparición de estos efectos no solo depende de las características de la exposición en materia de tiempo, además es necesario que exista la relación dosis-efecto, se sobrepase el umbral de dosis, las concentraciones de la dosis letal y la dosis efectiva, entre otros. Entonces, los efectos en la salud de los trabajadores derivados de la exposición a sustancias químicas, de acuerdo con lo establecido en la

publicación “Efecto de las sustancias químicas al contacto con la piel: guía de salud ocupacional para profesionales de la salud y empleadores” del NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health), indican que pueden ir desde una pequeña reacción alérgica bien sea respiratoria o dérmica hasta la muerte (4).

Uno de los mecanismos de absorción de las sustancias químicas al organismo es la absorción percutánea, si bien la piel es una barrera muy eficiente, aparte de su función termorreguladora, protege al organismo de los microorganismos, la radiación ultravioleta y otros agentes nocivos, y también de la pérdida de agua excesiva. No obstante, en el caso de algunas sustancias suele producirse una absorción dérmica significativa con resultado de toxicidad (5).

Ahora, las exposiciones químicas en la piel pueden ocasionar daños en la salud, temporales o permanentes. Estos efectos en la salud pueden ocurrir en el punto de contacto con la sustancia química, o dicha sustancia puede ingresar al cuerpo a través de la piel abierta (como por una herida) o traspasándola. Luego la sustancia química puede viajar por el torrente sanguíneo y causar o contribuir a un problema de salud en alguna otra parte del cuerpo, por ejemplo es de esperar una piel reseca, enrojecida o agrietada por contacto con el agua, el jabón, la gasolina y ciertos tipos de solventes. Estos efectos adversos temporales por lo general desaparecen rápidamente cuando la piel ya no está en contacto con la sustancia química, pero pueden aumentar la probabilidad de una infección en una piel abierta. Por otro lado, los efectos adversos permanentes en la salud pueden ser resultado de exposiciones de la piel a sustancias químicas capaces de causar daños graves. Una quemadura química puede dejar una cicatriz permanente. La exposición de la piel a ciertas sustancias químicas puede llevar a una decoloración permanente de la piel, así como

también puede producir un daño permanente en órganos o sistemas del cuerpo (4).

De acuerdo con INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo), en la publicación “Exposición Dérmica Laboral” (6) los efectos adversos producto del contacto de sustancias químicas con la piel también se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Corrosivo: Efecto de destrucción de los tejidos sobre los que se produce el contacto del agente químico.
- Irritativo: Efecto de irritación de la piel o las mucosas en los puntos en los que se produce el contacto con el tóxico.
- Sensibilizante: Efecto debido a una reacción de tipo alérgico del organismo ante la presencia del agente químico, que puede manifestarse de múltiples formas.
- Cancerígeno, mutágeno y teratógeno: Efecto de producción de cáncer, modificaciones hereditarias y malformaciones en la descendencia, respectivamente, debidas básicamente a la inducción de cambios en los cromosomas de las células.
- Sistémico: Alteraciones en órganos y sistemas específicos debidas a la acción sobre los mismos del agente químico, una vez absorbido y distribuido por el cuerpo; incluye, por tanto, los efectos sobre el sistema nervioso, sistema hematopoyético, hígado, riñones, etc.

En el año 2014 la OIT (Organización Mundial del Trabajo) presentó un informe que examina la situación actual del uso de productos químicos. En ese informe indica que el número de muertes a nivel mundial atribuidas a la exposición al medio ambiente y a la manipulación de un número determinado de químicos fue de 4,9 millones de personas

equivalente al 8,3% del total de muertes a nivel mundial, 86 millones de años de vida ajustados por discapacidad (DALY) (7).

Por otra parte, la exposición a sustancias químicas, aunque no sea su causa exclusiva está directamente relacionada con la aparición de enfermedades laborales. La OIT estima que de los 2,34 millones de muertes por causa de accidentes y enfermedades, casi 2,02 corresponden a enfermedades laborales y relacionadas con el trabajo y que la cifra anual de enfermedades relacionadas con el trabajo no mortales es de 160 millones. Estas cifras se traducen en cuantiosas pérdidas económicas en costos directos e indirectos e incalculables pérdidas humanas en términos de salud y sufrimiento para los afectados y sus familias, así como la merma de las capacidades para trabajar y vivir de una forma plena (7).

Para el año 2018 el Fondo de Riesgos Laborales de la República de Colombia, a través de las fuentes de información suministradas por las Administradoras de Riesgos Laborales, la Cámara Técnica de Riesgos Laborales y FASECOLDA (8), estableció que el total de trabajadores dependientes e independientes afiliados al Sistema General de Riesgos Laborales fue de 10,4 millones y que para el mismo periodo se registraron 645.135 Accidentes de Trabajo, es decir que se presentó un Accidente de Trabajo por cada 16 trabajadores afiliados al Sistema General de Riesgos Laborales.

Igualmente, para el año 2018 se presentaron 10.437 Enfermedades Laborales, es decir que se reportó una Enfermedad Laboral por cada 1.004 trabajadores afiliados al Sistema General de Riesgos Laborales.

En el 2018 de los 10,4 millones Accidentes de Trabajo reportados 563 fueron mortales, es decir el 0.005% de los Accidentes de Trabajo reportados en ese periodo fueron fatales.

Por otro lado 419 trabajadores víctimas de Accidente de Trabajo en Colombia para el año 2018 tuvieron una Pérdida de Capacidad Laboral superior o igual al 50% lo que quiere decir que el 0.004% de los trabajadores víctimas de un Accidente de Trabajo recibieron calificación de invalidez.

Par el caso de la Incapacidad Permanente Parcial, 10.291 trabajadores accidentados en Colombia para el 2018 recibieron una calificación de Pérdida de Capacidad Laboral superior al 5% e inferior al 50% lo que dio lugar a recibir indemnizaciones.

Entre los trabajadores que fallecieron por Accidente de Trabajo, los que fueron pensionados por Invalidez y los que recibieron indemnización por Incapacidad Permanente Parcial ocupan el 0.109% del total de trabajadores que tuvieron un Accidente de Trabajo en el 2018, el 99.891% restante fueron accidentes que no generaron pérdidas de capacidad laboral por encima del 5%.

Uno de los grandes vacíos que existe en los sistemas de información en Colombia está asociado con las cifras que permitan establecer la incidencia y prevalencia de patologías asociadas con la exposición ocupacional a sustancias químicas, así como las cifras de accidentalidad relacionadas con el mismo factor de riesgo. Entendiendo esta información como un insumo esencial para la toma de decisiones en materia de promoción y prevención. Ante los riesgos derivados de la exposición a sustancias químicas es posible identificar una cadena de errores comunes a la hora de la elección y adquisición de los elementos de protección personal.

Ya identificada la deficiencia en la información sobre las estadísticas de accidentalidad y enfermedad de origen laboral por exposición a sustancias químicas, es pertinente establecer

que otro de los factores que no permite una correcta selección de elementos de protección personal es el desconocimiento de las sustancias que se fabrican, manipulan, almacenan, transportan y/o se disponen en los lugares de trabajo, además del desconocimiento de los valores límites permisibles establecidos para dichas sustancias y sus efectos en la salud.

Es una práctica frecuente y característica de las empresas más pequeñas y menos formalizadas que en su proceso productivo fabrican, manipulan, almacenan, transportan y/o disponen sustancias químicas realizar la adquisición de elementos de protección personal basándose en el menor costo.

La ausencia de elementos de protección personal durante la ejecución de actividades que impliquen el uso de sustancias químicas trae como consecuencia la desprotección de los trabajadores ante entornos que no garantizan la conservación de su salud y su seguridad. Igualmente sucede en el caso que se adquieran elementos de protección personal que no son adecuados para la sustancia química a la que el trabajador está en contacto, exponiéndolo al ingreso de sustancias químicas bien sea por vía respiratoria, percutánea, digestiva, parenteral.

2. Justificación y Pregunta de Investigación

El INSST establece a través de los métodos de evaluación cualitativa y modelos de estimación de la exposición un conjunto de controles de la exposición para la gestión del riesgo jerarquizados en cuatro niveles: eliminación de los peligros, control de ingeniería, control administrativo y equipos de protección individual (9).

El British Standard Institution (BSI), mediante la OHSAS 18002 jerarquizó los controles a la exposición en: eliminación, sustitución, controles de ingeniería, señalización, advertencias, y/o controles administrativos y equipos de protección individual (10).

Al establecer una relación jerárquica de estos controles, se entiende que en primera instancia se intervendrá la fuente con controles de eliminación y sustitución, según las características del peligro, los equipos, máquinas y herramientas que intervienen, condiciones de los lugares de trabajo y demás características particulares. Una vez aplicados estos controles si no se logra una reducción significativa del grado de peligrosidad o riesgo, será necesario pensar en los controles que se aplican en el medio. Aquí también se pueden implementar controles de ingeniería y controles administrativos; disminución del tiempo de exposición, rotación, sistemas de seguridad. Si aplicados controles en la fuente y en el medio no se logra la reducción esperada en el grado de peligrosidad o riesgo se hace necesario intervenir directamente al trabajador con el uso de elementos de protección personal adecuados a la tarea, condiciones del lugar de trabajo y otros peligros propios del cargo o del lugar en el que el trabajador lo desarrolla, es decir, que el uso de los elementos de protección personal no se convierta en un nuevo peligro.

Ahora, es indispensable que al existir la necesidad de entregar al trabajador elementos de protección personal se realice un ejercicio muy completo que permita hacer una correcta selección y adquisición de estos.

Para empezar, es importante hacer una correcta **identificación de peligros**, con el objetivo de definir la presencia de todos aquellos que tienen el potencial de causar efectos adversos en la salud de los trabajadores a través de la exposición.

Una vez identificados los peligros se debe continuar con la **valoración del riesgo**, es decir, con la aplicación de un mecanismo bien sea cualitativo o cuantitativo que permita definir la magnitud del efecto adverso que ese peligro tiene de cara al trabajador.

A partir del resultado de esa valoración se empieza la fase de **determinación de controles y toma de decisiones**, es ahí donde entra en juego la jerarquización de los mismos y si después de implementados en la fuente y en el medio no se logra eliminar, minimizar o controlar el peligro en la forma esperada, será necesario acudir a los elementos de protección personal, bajo los criterios de tiempo de exposición, vías de entrada, características del lugar de trabajo, características anatómicas y fisiológicas y estado de salud (11).

Después de haber identificado la necesidad de hacer uso de elementos de protección personal, El NIOSH propone un procedimiento para la correcta selección de elementos de protección personal (11), definido a través de una serie de pasos ordenados y lógicos y se inicia con la necesidad de definir todos los requisitos técnicos que debe cumplir el elemento de protección personal y evaluar los factores de riesgo que el uso de éste represente; de igual forma, se debe elaborar una lista que contenga las especificaciones que debe cumplir el elemento de protección personal con base en los riesgos propios del trabajo (12) y los que

pueda representar el uso del mismo.

Con las especificaciones de los elementos de protección definidas, es necesario contactar a los posibles proveedores de los mismos, garantizando siempre el suministro de elementos que cuenten con certificaciones que garanticen su integridad. A partir de ahí, es necesario hacer una preselección de los elementos de protección personal teniendo en cuenta que cumplen con las exigencias en materia de legislación, que sean adecuados al nivel de riesgo a proteger, que se puedan adaptar e integrar en el medio de trabajo fácilmente, que se puedan adaptar fácilmente a los trabajadores que van a hacer uso de éste, una vez realizados los ajustes necesarios, y que sean elementos compatibles con otros en caso de requerir su uso para la presencia de otros riesgos.

Cuando se hayan preseleccionado los elementos de protección personal y de ser posible, se deberán realizar pruebas prácticas en el lugar de trabajo con el objetivo de verificar que los rendimientos técnicos correspondan a los ofrecidos y que la adaptabilidad es la adecuada.

Posteriormente, se debe formar a los trabajadores acerca del uso de los elementos de protección personal (13) teniendo en cuenta: el acompañamiento del fabricante y/o distribuidor del elemento en caso de existir algún grado de complejidad en su uso, almacenamiento, o criterios de cambio; además, justificar el uso del elemento de protección personal de cara a la protección y no al simple hecho de la obligatoriedad que exige el empleador, establecer los riesgos a los que están protegidos con el uso del mismo, el uso correcto que garantice la protección, los criterios para desecharlo y de ser necesario el mantenimiento que se debe hacer al equipo.

Cuando la población trabajadora conoce a fondo las características: técnicas, de uso,

almacenamiento y reposición del elemento de protección personal, se procederá a tomar la decisión de selección final, para lo cual se debe tener en cuenta a los trabajadores y representantes del Comité Paritario de Seguridad y Salud en el Trabajo.

Y para finalizar, es necesario hacer un juicioso ejercicio de verificación del rendimiento de los elementos de protección personal una vez estén totalmente introducidos en el ciclo productivo.

La correcta selección, adquisición, entrega, capacitación y cambio de elementos de protección personal se convierte en una obligación del empleador, como lo establece la Ley 9a de 1979 en el artículo 122 “Todos los empleadores están obligados a proporcionar a cada trabajador, sin costo para éste, elementos de protección personal en cantidad y calidad acordes con los riesgos reales o potenciales existentes en los lugares de trabajo” y en el artículo 123 “Los equipos de protección personal se deberán ajustar a las normas oficiales y demás regulaciones técnicas y de seguridad aprobadas por el Gobierno” (14).

De igual manera, la Resolución 2400 de 1979 en sus artículo 170 al 201, hace referencia al suministro a los trabajadores de ropa de trabajo y elementos de protección requeridos según los riesgos a los que estén expuestos (15).

La Circular Unificada de la Dirección General de Riesgos Profesionales del Ministerio del Trabajo de 2004, de forma general define medidas de seguridad personal y específicamente en el numeral 6 establece: “Los empleadores están obligados a suministrar a sus trabajadores elementos de protección personal, cuya fabricación, resistencia, y duración estén sujetos a normas de calidad para garantizar la seguridad personal de los trabajadores en los puestos o dentro del trabajo que lo requieran”. (16)

Así como el gobierno ha hecho un esfuerzo por establecer políticas y directrices que definan normas en materia de seguridad y salud en el trabajo y elementos de protección personal, también está encaminando grandes esfuerzos a “construir un estado digital en el que las nuevas tecnologías y comunicación sean el motor de la transformación del país, con el objetivo de que los datos estén disponibles y puedan ser utilizados por todos los colombianos para la toma de decisiones” (17). Conforme a lo establecido en PND (Plan Nacional de Desarrollo) 2018-2022, que en el Pacto por la transformación digital de Colombia: Gobierno, empresas y hogares conectados con la era del conocimiento, encamina sus esfuerzos hacia una sociedad digital e industria 4.0, por una relación más eficiente, efectiva y transparente entre mercados, ciudadanos y Estado: La transformación digital de la sociedad es el mecanismo fundamental para implementar modelos de desarrollo económico en el marco de la Cuarta Revolución Industrial, aumentar la productividad, pública y privada, mejorar la competitividad y cerrar las brechas sociales en la población (18).

Las ***tecnologías de la información y comunicación*** han abierto un amplio panorama para la humanidad desde la dimensión en la que se quiera ver, ha hecho que las fronteras geográficas desaparezcan acercando a las personas a través de plataformas de comunicación. Para el ámbito laboral también ha sido un proceso evolutivo provechoso, las tecnologías de la información y comunicación facilitan el acceso a todo tipo de información principalmente a través de la Internet, sin embargo, este es un recurso que mal administrado no garantiza calidad y veracidad en la información. Por lo anteriormente expuesto, la información se convierte en el insumo que se necesita para dar solución a los problemas cotidianos y tomar decisiones basadas en la evidencia y el conocimiento. Cuando se habla de la facilidad en el acceso a la información, también es pertinente hablar de la amplia variedad de dispositivos

desde los cuales se puede acceder; por ejemplo, estar en un proyecto a 1800 Km de la sede principal de una empresa y necesitar información almacenada en un ordenador, ya no es un problema, porque desde un dispositivo móvil se puede acceder a esa información.

Adicionalmente poder diseñar y poner en marcha plataformas que permitan el acceso a información específica para a partir de un algoritmo, entendido como el conjunto ordenado y lógico de pasos para solucionar un problema o establecer la respuesta a una pregunta, (19) lograr simplificar una consulta a responder un cuestionario sencillo, práctico y amable que facilite la toma de decisiones.

Plataformas con estas características como HazMatch®, una herramienta de selección de ropa protectora para riesgo químico en línea, fácil de usar, que proporciona los datos para ayudar en la toma de decisiones informadas sobre la indumentaria de protección, desarrollada por KAPPLER®, una empresa de Guntersville, Alabama dedicada a la fabricación indumentaria de protección de sustancias químicas (20).

3M (Minnesota Mining and Manufacturing Company), es una empresa multinacional de Minnesota, con una línea de negocio especializada en Seguridad que incluye Elementos de Protección Personal, desarrolló un software para la selección y cálculo de tiempo de servicio de respiradores. Este programa utiliza la lógica de selección de respiradores de los estándares de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) de los Estados Unidos, regulaciones locales y recomendaciones de 3M (21). Este software se llama ESLI y es de acceso libre a través de la página de 3M.

Sin embargo, cabe resaltar, que el desarrollo de estos software ha sido una iniciativa de las empresas que fabrican y comercializan Elementos de Protección Personal, como una

herramienta para incentivar el consumo de productos de su propia marca y no como una herramienta que permita la gestión de los peligros en los entornos laborales expuestos a sustancias químicas.

Revisados varios de los aspectos necesarios para una correcta selección de elementos de protección personal, teniendo en cuenta identificación de los peligros y su valoración, aspectos técnicos, requisitos legales y otros factores con el potencial de afectarla, surge la necesidad de cuestionarse acerca de: ***¿Qué elementos y criterios de decisión se deben tener en cuenta para el diseño de una aplicación para la selección de ropa y guantes de protección química?***

3. Estado del arte

El descubrimiento, desarrollo y aplicación de nuevos productos químicos, ha permitido mejorar las condiciones de vida de la población, pero al mismo tiempo, ha ocasionado efectos desfavorables para la salud humana. El conocimiento de estos efectos es esencial, para prevenir y controlar los riesgos de los productos químicos. Actualmente, se contabilizan más de 100.000 sustancias químicas, y la mayoría de ellas no han sido controladas desde el punto de vista de evaluación del riesgo (22).

En este documento se tratan los temas relacionados con la exposición vía dérmica a agentes químicos y los elementos de protección personal (ropa y guantes) que se deben usar para una correcta protección. Con esta idea en mente, se quiere investigar ***¿qué elementos y criterios de decisión se deben tener en cuenta para el diseño de una aplicación para la selección de ropa y guantes de protección química?***, es decir, se quiere lograr el diseño de una aplicación para la selección de ropa y guantes de protección química, para poder alcanzar este objetivo se plantearon una serie de aspectos que son conductores y orientan las actividades al resultado esperado.

Se establecieron los criterios de búsqueda con base en un conjunto de palabras clave y operadores booleanos (AND – OR – NOT).

Palabras Clave: Peligro Químico, Exposición Percutánea, Vía Dérmica, Ropa de Protección Química, Guantes de Protección Química, Exposición Dérmica, Dermal Exposure, Protección para la Piel, Skin Protection, Elementos de Protección Personal, Personal Protective Equipment, Occupational Health.

Para articular la búsqueda en estas bases de datos se realizó una combinación de las palabras clave con los operadores booleanos y se tuvieron en cuenta artículos de revisión y artículos de investigación, cuyos títulos de publicación estuvieran relacionados con “Ciencias de la Seguridad”.

Durante el proceso de búsqueda e investigación se consultaron dos bases de datos especializadas: Science Direct y Web Of Science en donde los resultados de las búsquedas arrojaban aproximadamente 75 artículos relacionados con las palabras clave, sin embargo al realizar la lectura previa y la depuración de estos en función del objeto de investigación solo seis artículos relacionados se utilizaron como aporte para la misma, los criterios de inclusión tenidos en cuenta están relacionados con el aporte que el contenido de estos artículos puedan dar a la construcción del documento y que sirvan como guía para el desarrollo de la metodología que permita llegar a la respuesta planteada inicialmente.

Otra fuente y la más relevante para la construcción de este documento, resultó de la consulta a documentos legales y normas de referencia emitidas por organizaciones gubernamentales como OIT, NIOSH, OSHA, BSI, INSST y ACGIH principalmente. Los documentos encontrados en estas fuentes están relacionados con los aspectos generales de la exposición a sustancias químicas, la toxicología, sistemas de control, elementos de protección personal y las características de la ropa y guantes de protección química.

Los artículos obtenidos de las bases de datos (Science Direct y Web Of Science) esencialmente se caracterizan por ser artículos científicos con casos de estudio específico y factores determinantes de exposición y riesgo de los agentes químicos.

Tabla 1. Artículos en revistas indexadas (Science Direct - Web Of Science)

TITULO	Estimation of dermal absorption parameters of cleaning chemical ingredients (23).
AUTOR (ES)	Ghosh, Nishith y compañía.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	Revista de Salud y Seguridad Química.
RESUMEN	Los trabajadores de limpieza experimentan riesgos laborales, como enfermedades de la piel y enfermedades respiratorias, debido a su exposición a los ingredientes de los productos químicos de limpieza. Para controlar la exposición química a través de la ruta de inhalación, la concentración en el aire de los productos químicos se mantiene dentro de sus límites de exposición ocupacional (OEL). Sin embargo, faltan OEL universalmente aceptados para la exposición dérmica. La falta de disponibilidad de valores determinados experimentalmente de los parámetros de absorción dérmica es una de las razones detrás de esto. Aquí, estimamos la dérmica.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2019

TITULO	La vigilancia de la salud en usuarios de guantes de protección individual (24).
AUTOR (ES)	Pareja y Huerta.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	Centro Nacional de Medios de Protección.
RESUMEN	En numerosos puestos de trabajo existe la constatación de un riesgo para la salud específico sobre la piel de las manos, al estar éstas en contacto con sustancias dañinas o agentes abrasivos, en cuyo caso el uso de guantes especiales se hace imprescindible.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2003

TITULO	Warning variables affecting personal protective equipment use (25).
AUTOR (ES)	Thomas A. Dingus, Steven S. Wreggit and Jill A. Hathaway.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	Safety Science.
RESUMEN	Este documento describe dos estudios realizados para probar las variables de advertencia seleccionadas por su influencia en el uso de equipos de protección personal. Ambos estudios fueron demostraciones de campo; uno realizado en un entorno recreativo y el otro como parte de un escenario de productos de consumo. Cada uno de los estudios involucró manipulaciones que podrían implementarse

	en la práctica en muchas situaciones de advertencia. Ambos estudios mostraron que el costo influyó fuertemente en el uso del equipo de protección personal. Se demostró que el “costo” incluye parámetros de tiempo y dificultad para obtener el equipo. Los resultados indican que un pequeño aumento en el costo puede devastar las tasas de uso del equipo. Los factores adicionales que se demostró que influyen positivamente en el uso del equipo en al menos algunas circunstancias incluyen: [1] la adición de información de "consecuencias específicas", incluyendo datos de frecuencia y gravedad de accidentes, a señales / etiquetas de advertencia estándar; y [2] etiquetas de productos que requieren la manipulación física por parte del consumidor para el uso del producto.
AÑO DE PUBLICACIÓN	1993

TITULO	Asthma – Symptoms and Causes (26).
AUTOR (ES)	Personal de MayoClinic
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	Mayo Clinic - https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/asthma/symptoms-causes/syc-20369653
RESUMEN	El artículo establece generalidades del asma, asociación a exposición laboral, síntomas, causa y posibles formas de ser tratada.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2018

TITULO	Enfermedades Respiratorias Ocupacionales (27).
AUTOR (ES)	Mauricio SF, José ADS.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	Revista Médica Clínica Las Condes.
RESUMEN	Los autores establecen la relación de causalidad entre la exposición a factores higiénicos y la aparición de enfermedades respiratorias.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2015

TITULO	Coal Workers Pneumoconiosis (28).
AUTOR (ES)	Lara A.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	MSD MANUAL Professional Version.
RESUMEN	La neumoconiosis de los trabajadores del carbón (CWP) es causada por la inhalación de polvo de carbón. La deposición de polvo produce macrófagos cargados de polvo alrededor de los bronquiolos (máculas de carbón), causando ocasionalmente enfisema bronquiolar focal. El CWP generalmente no causa síntomas, pero puede progresar a fibrosis masiva progresiva (PMF) con función pulmonar alterada. El

	diagnóstico se basa en la historia y en los hallazgos de las radiografías de tórax. El tratamiento es generalmente de apoyo.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2017

Fuente: Elaboración propia.

Los artículos incluidos como texto de referencia para este trabajo de grado tienen en común temas relacionados con la exposición a agentes químicos perjudiciales para la salud y sus efectos al contacto con la piel.

También se consultaron el repositorio de la Universidad del Rosario en búsqueda de trabajos de grado que estuvieran relacionados con el objetivo de esta investigación. La búsqueda en este repositorio no arrojó resultados que aportaran a la respuesta de la pregunta de investigación: ¿qué elementos y criterios de decisión se deben tener en cuenta para el diseño de una aplicación para la selección de ropa y guantes de protección química? Para los repositorios de la Universidad Nacional de, Universidad de la Salle y la Universidad Pontificia Javeriana se encontraron tres trabajos de grado.

Tabla 2. *Trabajos de grado - Tesis*

TITULO	Diseño de sistema de tallaje de guantes de protección basado en la antropometría de la población colombiana (29).
AUTOR (ES)	Rincón Becerra, Ovidio.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	Repositorio Universidad Nacional de Colombia.
RESUMEN	La eficiencia del trabajo manual al emplear guantes como elemento de protección personal, está fuertemente relacionada con su correspondencia hacia la antropometría de la mano, lo que es determinado por el número de tallas y los intervalos entre ellas. El objetivo de esta investigación es desarrollar un sistema de tallaje de guantes de protección en cuero (carnaza), basado en datos antropométricos colombianos, para mejorar las condiciones de ajuste a la mano y de esta forma, el desempeño y seguridad del trabajador.

	Inicialmente se realizó una descripción de las manos en dos sentidos: a través de la revisión de 110 dimensiones antropométricas estructurales y funcionales reportadas en la literatura, y por medio del análisis de la función de agarre, la ejecución de fuerza y la sensibilidad táctil. A partir de esta información, se establecieron 96 requerimientos de diseño asociados al desempeño de la mano, que son la base para seleccionar 75 dimensiones antropométricas aplicables para el diseño del guante. Como los estudios antropométricos desarrollados en Colombia no disponen de la mayoría de estas dimensiones, las más relevantes fueron estimadas con el método de las relaciones de escala y transferidas a los componentes de tres tipos de guantes de protección en cuero (denominados pulgar en ala, pulgar recto y pulgar incrustado). Esta transferencia se realizó por medio de un modelo geométrico de la mano construido con software de diseño asistido por computador (CAD). El sistema de tallaje propuesto, se organiza en seis tallas con intervalos regulares, que cubren la totalidad de la población femenina y al 97,5% de la población masculina. Hacia el proceso productivo, el principal aporte de este trabajo es comprender al guante como un conjunto de partes que cubren zonas específicas de la mano y relacionar directamente las dimensiones antropométricas con cada componente, lo que facilitará la transferencia de datos en los procesos de diseño, prototipado y fabricación de los guantes industrialmente.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2014

TITULO	Descripción de la jerarquía de controles frente al peligro químico por exposición a compuestos orgánicos volátiles generados por procesos de pintura en el sector industrial (30).
AUTOR (ES)	Ortiz Vásquez AM, Rincón Cuervo CG.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	Repositorio Universidad Pontificia Javeriana.
RESUMEN	La homologación de los elementos de protección personal para manipular sustancias químicas dependerá del tipo de contaminante utilizado, de factores particulares del trabajo, de condiciones propias del trabajador y de la tarea. En el caso particular de la exposición a COV (compuestos orgánicos volátiles) debe basarse principalmente en una adecuada protección respiratoria y dérmica. No obstante, es indispensable el entrenamiento previo sobre el uso y mantenimiento de dichos elementos.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2014

TITULO	Diseño del programa de elementos de protección personal incluido dentro del programa de seguridad y salud en el trabajo (PSST) en el Grupo Éxito S.A (31).
---------------	---

AUTOR (ES)	Marulanda, Andrés Felipe.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	Repositorio Corporación Universitaria Lasallista.
RESUMEN	El presente trabajo tiene como propósito llevar a cabo el diseño del programa de elementos de protección personal en el Grupo Éxito S.A. para dar cumplimiento a este objetivo se tuvo en cuenta la forma en la que estaba estructurado todo el proceso y la documentación dentro de la compañía, para llevar a cabo dicha tarea analizamos el inventario de elementos de protección personal para TAR en cada centro de trabajo el cual nos va a permitir identificar necesidades y falencias en cuanto a la compra, uso y reposición de estos elementos, Basados en el manual de contratistas que hace parte del programa de EPP, el cual permite asignar las responsabilidades y protocolos para el desarrollo de TAR amparado en todas las leyes y normatividad vigente que aplica para este tipo de tareas, En este análisis se ve la necesidad de generar los formatos que permitirán evidencia objetiva con registros trazables para soporte legal tanto interno como externo; siendo de manera prioritaria la documentación e implementación del programa de EPP, reflejado a su vez en el ausentismo por inadecuado uso o ausencia de EPP en TAR., la importancia de la implementación de los formatos nuevos y los existentes corregidos es fundamental para la organización ya que va a permitir tener un sustento ante cualquier ente y/o autoridad competente al momento de demostrar diligencia.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2014

Fuente: Elaboración propia.

Los trabajos de grado encontrados y seleccionados como fuente bibliográfica para este trabajo de grado están relacionados con el desarrollo, criterios de selección de elementos de protección personal como controles propuestos para el Riesgo Químico.

Vale la pena aclarar que dentro de la búsqueda y recuperación de información no se encontraron documentos, artículos y/o trabajos de grado basados en el diseño de una aplicación para la selección de ropa y guantes de protección química.

Tabla 3. Entidades oficiales / Nacionales

TÍTULO	GATISO-ASMA (32).
AUTOR (ES)	Ministerio de Protección Social.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/gatiso-asma.pdf
RESUMEN	Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Asma ocupacional
AÑO DE PUBLICACIÓN	2008

TÍTULO	GATISO-NEUMO (33).
AUTOR (ES)	Ministerio de Protección Social.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	https://www.libertycolombia.com.co/Empresas/ProdyServ/Bibliotecade-Documentos/ARP/Biblioteca%20T%C3%A9cnica/GAIB%20en%20la%20Evidencia%20para%20Neumoconiosis.pdf
RESUMEN	Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Neumoconiosis (Silicosis, Neumoconiosis del minero de carbón y Asbestosis)
AÑO DE PUBLICACIÓN	2006

TÍTULO	GATISO-BTX-EB (34).
AUTOR (ES)	Ministerio de Protección Social.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	https://www.epssura.com/guias/guia_gatiso_exposicion_benceno.pdf
RESUMEN	Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia; para Trabajadores Expuestos a Benceno y sus derivados
AÑO DE PUBLICACIÓN	2006

TÍTULO	GATISO-DERMA (35).
AUTOR (ES)	Ministerio de Protección Social.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/gatiso-dermatitis.pdf
RESUMEN	Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Dermatitis de Contacto Ocupacional
AÑO DE PUBLICACIÓN	2006

TÍTULO	Perfil Nacional de Sustancias Químicas en Colombia. Vol II. (1).
AUTOR (ES)	Ministerio de Ambiente.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	http://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/sustancias_qu%C3%ADmicas_y_residuos_peligrosos/Perfil_Nacional_de_Sustancias_Quimicas_en_Colombia_Vol_I_I_-2017.pdf
RESUMEN	Este documento contiene la actualización del capítulo 2 “Producción, importación, exportación y uso de sustancias químicas” y del capítulo 3 “Preocupaciones prioritarias relacionadas con la producción, importación, exportación y uso de sustancias químicas” del Perfil nacional de sustancias químicas en Colombia, como una de las herramientas de gestión establecida bajo el enfoque estratégico para la gestión internacional de sustancias químicas (SAICM, por sus siglas en inglés). El estudio se enfoca en establecer los inventarios y la priorización de sustancias químicas de uso industrial en cuatro etapas del ciclo de vida de las sustancias: producción, importación, exportación y consumo, para los últimos 10 años de registros validados.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2017

TÍTULO	Estadísticas 2018 (8).
AUTOR (ES)	Fondo de Riesgos Laborales.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	http://www.fondoriesgoslaborales.gov.co/info_estadistica/estadisticas-2018/
RESUMEN	El informe contiene cifras relacionadas con: • Consolidado estadísticas accidentes y enfermedades laborales – 2018. • Sectores con mayor accidentalidad a nivel nacional – 2018. • Afiliados y Eventos ATEL por Departamento y Sector Económico – 2018. • Reporte Afiliados y Eventos ATEL – (2011 a 2018).
AÑO DE PUBLICACIÓN	2019

TÍTULO	Ley 9 de 1979 (14).
AUTOR (ES)	Congreso de la República de Colombia.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	http://copaso.upbbqa.edu.co/legislacion/ley_9_1979.Codigo%20Sanitario%20Nacional.pdf
RESUMEN	Por medio de esta Ley se dictan medidas sanitarias.
AÑO DE PUBLICACIÓN	1979

TITULO	Resolución 2400 de 1979 (15).
AUTOR (ES)	Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	http://copaso.upbbga.edu.co/legislacion/Res.2400-1979.pdf
RESUMEN	Por medio de esta Resolución se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo.
AÑO DE PUBLICACIÓN	1979

TITULO	Bases del Plan Nacional de Desarrollo – Gobierno de Colombia – 2018 2022 (18).
AUTOR (ES)	Departamento Nacional de Planeación
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	https://www.dnp.gov.co/Plan-Nacional-de-Desarrollo/Paginas/Bases-del-Plan-Nacional-de-Desarrollo-2018-2022.aspx
RESUMEN	Es el documento que sirve de base y provee los lineamientos estratégicos de las políticas públicas formuladas por el Presidente de la República a través de su equipo de Gobierno. Su elaboración, socialización, evaluación y seguimiento es responsabilidad directa del DNP. El PND es el instrumento formal y legal por medio del cual se trazan los objetivos del Gobierno permitiendo la subsecuente evaluación de su gestión. De acuerdo con la Constitución política de Colombia de 1991 en su artículo 339 del Título XII: "Del Régimen Económico y de la Hacienda Pública", Capítulo II: "De los planes de desarrollo", el PND se compone por una parte general y un plan de inversiones de las entidades públicas del orden nacional. En la parte general se señalan los propósitos y objetivos nacionales de largo plazo, las metas y prioridades de la acción estatal en el mediano plazo y las estrategias y orientaciones generales de la política económica, social y ambiental que serán adoptadas por el gobierno. Por otro lado, el plan de inversiones públicas contiene los presupuestos plurianuales de los principales programas y proyectos de inversión pública nacional y la especificación de los recursos financieros requeridos para su ejecución y, sus fuentes de financiación El marco legal que rige el PND está consignado dentro de la Ley 152 de 1994, por la cual se estableció la Ley Orgánica del Plan de Desarrollo. Ésta incluye, entre otros, los principios generales de planeación, la definición de las autoridades e instancias nacionales de planeación y el procedimiento para la elaboración, aprobación, ejecución y evaluación del Plan Nacional de Desarrollo.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2019

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. AIHA (American Industrial Hygiene Association)

TÍTULO	La Estrategia para la Evaluación de la Exposición Ocupacional (2).
AUTOR (ES)	American Industrial Hygiene Association.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	<i>AIHA. La Estrategia para la Evaluación de la Exposición Ocupacional.</i>
RESUMEN	La Higiene Industrial se define como la ciencia y el arte de anticipar, reconocer y controlar los riesgos de la salud en el lugar del trabajo. La identificación, caracterización y evaluación de la exposición está claramente descrita en esta definición tradicional, así que ¿por qué escribir un libro acerca de lo que los Higienistas Industriales han hecho por años? La respuesta se encuentra en la existencia y la percepción real de un número creciente de riesgos y requerimientos en los cambios sociales.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2015

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. OIT (Organización Internacional del Trabajo)

TÍTULO	Enciclopedia de la OIT – Tomo I – Capítulo 33 – Toxicología (3).
AUTOR (ES)	Organización Internacional del Trabajo.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	http://www.insht.es/portal/site/Insht/menuitem.1f1a3bc79ab34c578c2e8884060961ca/?vqnextoid=a981ceffc39a5110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD&vqnextchannel=9f164a7f8a651110VgnVCM100000dc0ca8c0RCRD
RESUMEN	En «El cuerpo humano» y «Asistencia sanitaria» se adopta un enfoque descriptivo y médico, y se facilita información sobre las enfermedades, su detección y prevención, los servicios de medicina el trabajo y las actividades de promoción de la salud. En «Gestión y política» se abordan los aspectos jurídicos, éticos y sociales, así como los recursos educativos, informativos e institucionales. En «Herramientas y enfoques» se describen las disciplinas relacionadas con el estudio y la aplicación de la salud y la seguridad en el trabajo: ergonomía, epidemiología y estadística, higiene y seguridad industrial, así como el control de riesgos, en general. Dedicar un apartado a toxicología general y aplicada a la prevención.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2001

TÍTULO	La Seguridad y la Salud en el Uso de Productos Químicos en el Trabajo (7).
AUTOR (ES)	Organización Internacional del Trabajo.

JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	https://www.ilo.org/safework/events/meetings/WCMS_235598/lang-es/index.htm
RESUMEN	“La seguridad y la salud en el uso de productos químicos en el trabajo” es el tema de la edición 2014 del Día Mundial de la Seguridad y Salud en el Trabajo. Un informe de la OIT muestra que si bien los productos químicos pueden ser útiles, es necesario adoptar medidas para prevenir y mantener bajo control los potenciales riesgos para los trabajadores, los lugares de trabajo y el medio ambiente.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2014

TITULO	Factores Ambientales en el Lugar de Trabajo (13).
AUTOR (ES)	Organización Internacional del Trabajo.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/normativeinstrument/wcms_112584.pdf
RESUMEN	Este documento proporciona orientaciones acerca de la función y obligaciones de las autoridades competentes, y las responsabilidades, derechos y deberes de los empleadores, trabajadores y todas las otras partes involucradas, en relación con factores ambientales peligrosos, en particular respecto de: • El establecimiento de un marco jurídico, administrativo y operativo para la prevención y reducción de las situaciones de peligro y de los riesgos; • Los objetivos y mecanismos para eliminar, reducir al mínimo y controlar las situaciones de peligro; • La evaluación del riesgo y de las medidas que haya que tomar; • La vigilancia del medio ambiente de trabajo; • El suministro de información y de capacitación a los trabajadores.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2001

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health)

TITULO	Efectos de las sustancias químicas al contacto con la piel: Guía de salud ocupacional para profesionales de la salud y empleadores (4).
AUTOR (ES)	National Institute for Occupational Safety and Health.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2011-200_sp/default.html

RESUMEN	Las exposiciones químicas en el lugar de trabajo son un problema grave en los Estados Unidos. Más de 13 millones de trabajadores en el país enfrentan una posible exposición a sustancias químicas a través de la piel. Los trastornos de la piel figuran entre las afecciones ocupacionales más frecuentemente reportadas, representando un costo anual de más de \$1.000 millones de dólares en los Estados Unidos. Mientras se observa una disminución en las cifras de la mayoría de las enfermedades ocupacionales, los índices de afecciones de la piel están aumentando. Los esfuerzos para reducir o prevenir los problemas de la piel en muchos entornos laborales parecen ser insuficiente, ya que es muy frecuente que trabajadores, empleadores e incluso profesionales en salud ocupacional acepten estos problemas como parte del trabajo. Se debe reducir la tolerancia a los problemas ocupacionales de la piel y mejorar los métodos para evaluar y reducir las exposiciones a sustancias químicas. Como profesionales en salud ocupacional o empleadores, es importante saber identificar y manejar los riesgos de exposición a sustancias químicas en la piel y prevenir lesiones y afecciones asociadas estos riesgos de exposición cutánea. Este folleto ofrece a profesionales en salud ocupacional y empleadores: • Información sobre los efectos más adversos para la salud como consecuencia de la exposición de la piel a sustancias químicas; • Información sobre cómo reconocer los peligros químicos; • Información sobre estrategias de intervención o prevención y fuentes de información relacionadas con los trastornos de la piel y su prevención.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2015

TÍTULO	Equipo de Protección Individual (11).
AUTOR (ES)	National Institute for Occupational Safety and Health.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2004-101_sp/checklists/proteccion.html
RESUMEN	Esta lista de verificación cubre el uso de equipo de protección individual y abarca, entre otros, gafas de seguridad, gafas de protección o goggles, cascos, guantes, zapatos de seguridad y vestimenta resistente al calor o a la electricidad. Los equipos de protección para la electricidad, protección respiratoria, protección auditiva, EPI para rayos láser de las obras de construcción y equipos como los cinturones de seguridad, cuerdas salvavidas, cuerdas de amarre y redes de seguridad, se tratan en otras listas de verificación diferentes. • Es importante señalar que los controles de ingeniería deben ser el método principal para crear un lugar de trabajo seguro. Los

	equipos de protección individual solo deben ser utilizados cuando los controles de ingeniería no son factibles.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2015

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7. INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo)

TITULO	Exposición Dérmica y Riesgos para la Salud (5).
AUTOR (ES)	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FICHAS%20DE%20PUBLICACIONES/EN%20CATALOGO/Aip%20en%20catalogo/AIP%20203%20RISKOFDERM/informacion%20importante.pdf
RESUMEN	Este documento contiene información relacionada con: • Características de la piel. • Penetración dérmica. • Efectos de la exposición dérmica. • Lesiones de la piel y reacciones alérgicas. • Medidas de prevención y protección.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2011

TITULO	Exposición Dérmica Laboral – Absorción Percutánea: Agentes Químicos con Notación Vía Dérmica. Exposición (6).
AUTOR (ES)	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FICHAS%20DE%20PUBLICACIONES/DOCUMENTOS%20DIVULGATIVOS/DocDivulgativos/Fichero%20pdf/exposicion_dermica_laboral.pdf
RESUMEN	Cada vez son más las sustancias del medio laboral de las que se conoce su capacidad de penetración a través de la piel por la evidencia, por este motivo se intenta desarrollar modelos y parámetros para identificar, cuantificar y valorar la exposición dérmica. En este sentido, desde el punto de vista de la evaluación de los riesgos por exposición a los agentes químicos, utilizando como criterio de valoración los Límites de Exposición Profesional para Agentes Químicos en España (LEP's), es de utilidad la notación "vía dérmica", asignada a ciertos agentes químicos, advirtiendo de la capacidad de ese agente para poder ser absorbido a través de la piel y su consideración como tal en la evaluación del riesgo.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2011

TÍTULO	Herramientas para la Gestión del Riesgo Químico (9).
AUTOR (ES)	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	https://www.insst.es/documents/94886/96076/Herramientas+para+la+gestion+del+riesgo+quimico.pdf/ca44ff68-bde2-4b96-af67-1477f9f0bf76
RESUMEN	Este documento describe, de manera general, algunos de los métodos más frecuentes o comunes que se encuentran en la literatura, los modelos que han evolucionado con el Reglamento REACH, variables consideradas en cada uno, aplicabilidad, mecanismo básico de funcionamiento, ventajas y limitaciones y otras consideraciones a tener en cuenta cuando se plantee el uso de estas estrategias. El objetivo del mismo consiste en facilitar la selección, uso y combinación de estas herramientas aportando información para mejorar, así, la gestión de los riesgos relacionados con la presencia y uso de agentes químicos en los centros de trabajo. El propósito único de todas estas herramientas reside en proteger la salud de los trabajadores.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2017

TÍTULO	NTP 459: Peligrosidad de Productos Químicos: Etiquetado y Fichas de Datos de Seguridad (37).
AUTOR (ES)	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_459.pdf/d308a072-28df-440f-a1c2-7744713afa34?version=1.0
RESUMEN	La Ley de Prevención de Riesgos Laborales en su Artículo 18 obliga al empresario a adoptar las medidas adecuadas para que los trabajadores reciban toda la información necesaria sobre los riesgos para la seguridad y salud que su actividad implica. Además en el Artículo 41 del Capítulo 6 se indica la obligatoriedad que tienen los fabricantes, importadores y suministradores de envasar y etiquetar adecuadamente los productos utilizados en el trabajo. En lo que se refiere al riesgo derivado de la utilización de productos químicos, esta información está recogida en su etiqueta y se amplía mediante la ficha de datos de seguridad (FDS). Su contenido está regulado por la legislación sobre comercialización de productos químicos peligrosos en los RR.DD. 363/1995 y 1078/1993 que obligan a que todo producto químico esté debidamente etiquetado tanto si va destinado al público en general o al usuario profesional, en cuyo caso deberá también disponer de la FDS. La necesidad de tener información sobre el riesgo químico no es exclusivo de los productos comercializados sino que incluye cualquier producto presente en el lugar de trabajo, no siendo aceptable la presencia de productos sin etiquetar. Por su parte, disponer de la FDS de los productos utilizados, permite al empresario

	establecer procedimientos de trabajo seguros y tomar medidas para el control y reducción del riesgo, así como facilitar a los trabajadores información y datos complementarios a los contenidos en la etiqueta. En este documento se describen aquellos aspectos relativos a la información y caracterización del riesgo químico contenidos en esta legislación.
AÑO DE PUBLICACIÓN	1999

TÍTULO	NTP 929: Ropa de Protección contra Productos Químicos (38).
AUTOR (ES)	Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	https://www.insst.es/documents/94886/326879/929w.pdf/80eb6c7f-33cf-4591-b70e-b034350bede1
RESUMEN	En esta Nota Técnica se muestra y describe la clasificación de la ropa de trabajo de protección frente a productos químicos en base a las correspondientes normas técnicas europeas armonizadas, excluyendo los requisitos generales aplicables a toda la ropa de protección, que ya está descrita en la NTP-769.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2012

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. BSI (*British Standard Institution*)

TÍTULO	OHSAS 18002:2008. Professional Safety 2008 (10).
AUTOR (ES)	British Standard Institution.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	https://www.facet.unt.edu.ar/syso/wp-content/uploads/sites/36/2016/03/NormaOHSAS18002-2008-1.pdf
RESUMEN	SG-SST – Directrices para la implementación de OHSAS 18001:2007
AÑO DE PUBLICACIÓN	2008

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*)

TÍTULO	Normas de Seguridad y Salud en el Trabajo (12).
AUTOR (ES)	Occupational Safety and Health Administration.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.132
RESUMEN	El equipo de protección, incluido el equipo de protección personal para los ojos, la cara, la cabeza y las extremidades, la ropa de protección, los dispositivos respiratorios y los protectores y barreras

	de protección, deberá proporcionarse, utilizarse y mantenerse en condiciones higiénicas y confiables donde sea necesario por razones riesgos de procesos o medio ambiente, riesgos químicos, riesgos radiológicos o irritantes mecánicos encontrados de manera que puedan causar lesiones o alteraciones en la función de cualquier parte del cuerpo por absorción, inhalación o contacto físico.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2006

Fuente: Elaboración propia.

La recopilación de documentos consultados en fuentes oficiales (Ministerio de Minas y Energía, Ministerio de Salud y Protección Social, Fondo Nacional de Riesgos Laborales, la AIHA, el NIOSH, el INSHT, BSI, OSHA), recopilan amplia información acerca de la jerarquía de los controles a los riesgos laborales, herramientas para la gestión del riesgo químico, ropa y guantes de protección química, etiquetado y MSDS de sustancias químicas, convirtiéndose estas fuentes en el principal insumos para la construcción de este documento.

Tabla 10. Publicaciones internet

TITULO	“Nuestra apuesta es lograr un Estado digital que sea motor de la transformación del país” (17).
AUTOR (ES)	Sylvia Constaín, Ministra de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	Gobierno Digital - http://estrategia.gobiernoenlinea.gov.co/623/w3-article-80156.html
RESUMEN	En el marco del foro ‘Gobernar en la era de los datos’, la Ministra TIC, Sylvia Constaín, señaló que la política sectorial ‘El Futuro Digital es de Todos’ tiene un pilar que busca la transformación digital de los sectores y los territorios, en el que los datos abiertos son fundamentales.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2019

TITULO	Contaminantes Químicos (39).
AUTOR (ES)	Universitat de les Illes Balears

JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	Prevención de Riesgos Laborales - https://www.uib.cat/depart/dqu/dquo/dquo2/MasterSL/ASIG/PDF.oid/222CON~2.PDF
RESUMEN	Este documento es de uso académico y permite al lector adquirir unos conocimientos de los contaminantes químicos para evitar, reducir y/o minimizar la posibilidad de las enfermedades profesionales por tales contaminantes
AÑO DE PUBLICACIÓN	2003

TITULO	Taller de exposición a contaminantes químicos (40).
AUTOR (ES)	Asociación Chilena de Seguridad
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	Control de Comportamientos Críticos - https://www.achs.cl/portal/trabajadores/Capacitacion/CentrodeFichas/Documents/taller-de-exposicion-a-contaminantes-quimicos.pdf
RESUMEN	Con este documento específicamente se pretende que los trabajadores puedan: • Reconocer que los contaminantes químicos pueden producir efectos adversos al contactar y/o ingresar al organismo. • Reconocer los tipos de efectos tóxicos de los contaminantes químicos y la forma como el organismo los procesa. • Clasificar los contaminantes químicos. • Identificar las vías de ingreso de contaminantes y el proceso involucrado en ello. • Aplicar el concepto de límites permisibles y reconocer los factores que influyen en la exposición a contaminantes químicos. • Reconocer los métodos generales de control de contaminantes químicos. • Usar correctamente los equipos de protección personal necesarios para impedir el contacto y/o el ingreso de contaminantes químicos.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2012

TITULO	Programa de Elementos de Protección Personal – Uso y Mantenimiento (41).
AUTOR (ES)	Ministerio de Salud
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	https://www.minsalud.gov.co/Ministerio/Institucional/Procesos%20y%20procedimientos/GTHS02.pdf
RESUMEN	Los Elementos de Protección Personal (EPP), están definidos “todo equipo, aparato o dispositivo especialmente proyectado y fabricado para preservar el cuerpo humano, en todo o en parte, de riesgos específicos de accidentes del trabajo o enfermedades profesionales”. El equipo de protección personal está formado por implementos de protección para ser utilizados por los trabajadores en forma individual, por lo tanto el equipo está diseñado para las diferentes

	partes del cuerpo y pueden ser ampliamente clasificados, de acuerdo a esto se hace necesario establecer un programa donde se establezcan el uso, manejo y mantenimiento de los mismos.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2017

Fuente: Elaboración propia.

Este grupo de documentos se han citado en la construcción de este documento como fuentes complementarias para contextualizar la descripción del problema y su posterior justificación.

Tabla 11. Comerciales - Software existentes en el mercado para la gestión SST

SOFTWARE O APLICACIÓN	Chemical Protective Apparel Selection Guide.
DESARROLLADOR	HazMatch®Kappler.
WEB SITE	https://www.kappler.com/hazmatch
RESUMEN	Esta compañía presenta un software que permite la selección de equipos de protección personal para el manejo de sustancias químicas.

SOFTWARE O APLICACIÓN	3M Select and Service Life Software.
DESARROLLADOR	3M
WEB SITE	http://extra8.3m.com/SLSWeb/home.html?region=AMERICA&reglId=31&langCode=ES&esliInd=1&countryCode=219&countryName=Colombia%20-%20Espa%C3%B1ol
RESUMEN	En esta página 3M, empresa americana ofrece una opción para la correcta selección de protección respiratoria para el trabajo con sustancias químicas.

SOFTWARE O APLICACIÓN	SSTfácil
DESARROLLADOR	Isolución Sistemas Integrados de Gestión
WEB SITE	http://sstfacil.co/
RESUMEN	SSTfácil es un producto de Isolución Sistemas Integrados de Gestión S.A., una compañía 100% colombiana especializada en el desarrollo, comercialización y soporte de soluciones software para la gestión empresarial y el cumplimiento normativo como los Sistemas de Gestión de Calidad bajo la norma ISO 9001:2015, Sistemas de Gestión Ambiental ISO 14001, Sistemas SG-SST (OHSAS 18001), Seguridad de la Información bajo ISO/IEC 27000, MECI-NTCGP 100, Control, de Riesgos, Planeación Estratégica.

SOFTWARE O APLICACIÓN	NOVASOFT
DESARROLLADOR	Novasoft Información Efectiva
WEB SITE	https://www.novasoft.com.co/software-sg-sst/
RESUMEN	Este software gestiona, controla y da cumplimiento a los requerimientos del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) de acuerdo con lo establecido en el Decreto 1072 de 2015.

SOFTWARE O APLICACIÓN	ISO Tools
DESARROLLADOR	ISO Tools
WEB SITE	https://www.isotools.com.co/soluciones/software-sg-sst
RESUMEN	Este software optimiza los sistemas de gestión de las empresas y ofrece el plus de evitar los incumplimientos legales y elimina el riesgo de sanciones.

Fuente: Elaboración propia.

En materia de software y aplicaciones desarrolladas para Seguridad y Salud en el Trabajo, el mercado ofrece opciones que se ajustan a las necesidades y características de la industria y el comercio. La mayoría de estas aplicaciones o software están diseñados para la administración documental del SG-SST (Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo), dentro de estas herramientas se pueden encontrar módulos para la realización de inspecciones, auditorías, elementos de protección personal, seguimiento a hallazgos y divulgación de documentos. También se encuentran en menor cantidad aplicaciones o software diseñados para actividades más específicas como la selección de elementos de protección personal respiratoria de acuerdo con el agente químico, estado, presentación, concentración y demás variables que sean consideradas determinantes para la selección.

Tabla 12. Libros

TITULO	Importancia del Fuego en la Evolución Humana: Descubrimiento y Consecuencias (42).
AUTOR (ES)	Ruth Lelyen

JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/4482/importancia-del-fuego-en-la-evolucion-humana-descubrimiento-y-consecuencias-i
RESUMEN	El texto describe las etapas de la humanidad y como el descubrimiento y uso del fuego aportaron a la evolución de la raza.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2014

TITULO	Breve Historia de la Química (43).
AUTOR (ES)	Asimov, Isaac
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	New York: Doubleday & Co.
RESUMEN	El autor describe de manera sencilla y práctica para el lector las bases y los principios de la química, sus usos y peligros.
AÑO DE PUBLICACIÓN	1965

TITULO	Riesgos Químicos (44).
AUTOR (ES)	Henao Robledo F.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	EcoEdiciones.
RESUMEN	El autor expresa la relación del uso de las sustancias químicas en los entornos laborales y los peligros que están representan para la salud y la seguridad de los trabajadores.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2015

TITULO	Seguridad e Higiene en el Trabajo: Un enfoque integral (45).
AUTOR (ES)	Creus, Antonio y Mangosio, Jorge
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	AlfaOmega Grupo editor Argentino.
RESUMEN	Los autores hacen una breve reseña acerca de los riesgos presentes en los entornos laborales, incluidos los peligros químicos por contacto, ingestión, inhalación de estas sustancias.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2011

TITULO	Protección Personal (46).
AUTOR (ES)	Herrick RF
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	Herramientas y Enfoques.

RESUMEN	El texto establece los sistemas de protección personal relacionados con los peligros existentes, la forma en la que se encuentran en el ambiente, afectaciones a la salud y características técnicas.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2012

TÍTULO	Ingeniería de Software (47).
AUTOR (ES)	Cabot Sagrera J.
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	Editorial OUC
RESUMEN	Texto para el desarrollo de software a partir de datos específicos.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2013

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. *ICONTEC (Instituto Nacional de Normalización Técnica y Certificación)*

TÍTULO	Norma Técnica NTC 2190 – Guantes de Protección: Requisitos Generales y Métodos de Ensayo (48).
AUTOR (ES)	ICONTEC
JOURNAL / FUENTE DE CONSULTA	http://www.teycorp.com.co/wp-content/uploads/2015/09/NTC2190.pdf
RESUMEN	Establece los requisitos generales y los procedimientos de ensayo adecuados para la construcción y diseño del guante, resistencia de los materiales del guante a la penetración del agua, inocuidad, comodidad y eficacia.
AÑO DE PUBLICACIÓN	2008

Fuente: Elaboración propia.

4. Marco teórico

4.1 Historia

A lo largo de la historia las sustancias químicas han protagonizado un rol de primer nivel para la humanidad, desde la invención misma del fuego por parte del Homo Erectus hace aproximadamente 800 mil años, el hombre se ha visto beneficiado de los fenómenos químicos que a partir del fuego se han propiciado, desde ser un medio de defensa por medio de la construcción de herramientas de trabajo, a ser un mecanismo para combatir el frío o de generar luz (42). El fuego al ser una fuente emisora de calor permitió la cocción de alimentos, el barro podía cocinarse dándole distintas formas (recipientes, ladrillos, etc.).

El paso de los años dio origen al descubrimiento de los metales cuyas propiedades con respecto a la piedra le permitió al hombre mejorar sus herramientas de trabajo, los metales son maleables y pueden adoptar distintas formas sin que se rompieran, cosa que no ocurría con la piedra y la madera, ya que al golpearlas en el caso de la piedra se pulverizaba y la madera se astillaba y se partía (43). Oro, cobre, hierro al igual que los procesos de fundición fueron apareciendo, y por ende descubriendo propiedades y usos distintos en cada uno de ellos.

Esta tendencia a seguido avanzando y el hombre sigue incurriendo en el descubrimiento de metales, el científico musulmán Jabir Ibn Hayyan indica que "los metales se forman a partir de dos elementos: el azufre, (la piedra que arde), que caracteriza el principio de la combustibilidad, y el mercurio, que contiene el principio ideal de las propiedades metálicas. Poco después, este se convirtió en el concepto árabe de los tres principios: el azufre dando la inflamabilidad o combustión, el mercurio dando la volatilidad y la estabilidad, la sal y dar

solidez" (49), dando así origen a la identificación de las propiedades de los productos químicos.

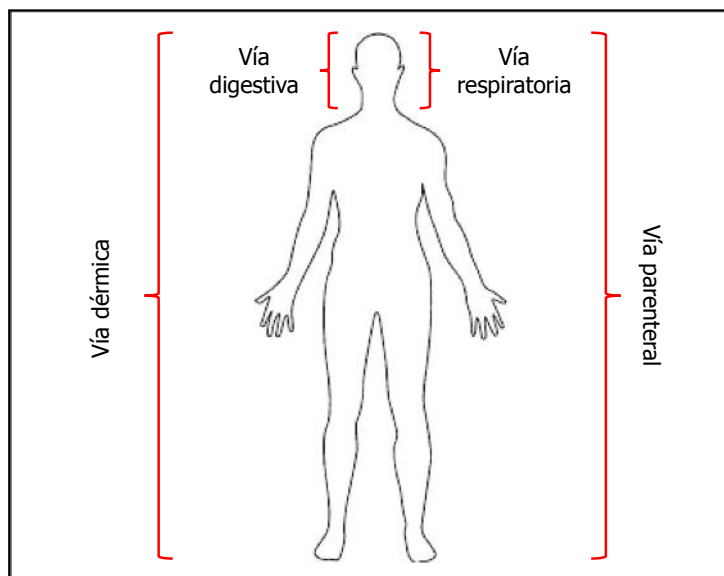
En adelante entenderemos por productos químicos los elementos y compuestos químicos, y sus mezclas, ya sean naturales o sintéticos (7).

Estos hechos conllevaron a identificar que la población empezó a mostrar deterioro en su estado de salud en diferentes escalas de acuerdo con las sustancias a las que se encontraban expuestos, este hecho lo afirma la OIT en la publicación La seguridad y la salud en el uso de los productos químicos en el lugar de trabajo, el cual establece que "los productos químicos pueden causar efectos en todos los sistemas del cuerpo humano. Si un producto químico se encuentra en una forma física que le permite ingresar al cuerpo fácilmente, y está presente en cantidades suficientes para alcanzar una dosis o cantidad de exposición determinada, dicha exposición puede tener muchas repercusiones." (7).

Con la aparición constante de otros elementos químicos se han venido estudiando, conociendo y clasificando los factores ambientales asociados las sustancias, lo cual ha permitido que el hombre pueda diferenciar las características particulares, propiedades físico-químicas, de cada una de ellas y así manipularla mitigando la probabilidad de alteración a su estado de salud.

Para que los contaminantes químicos ejerzan su efecto nocivo, en algún momento deben ponerse en contacto con el organismo mediante una de las vías de ingreso, entre ellas se tienen el contacto con la piel (vía dérmica), la ingestión por vía digestiva, la inhalación por vías respiratorias y la absorción por vía parenteral.

Figura 1. Vías de ingreso de los contaminantes químicos al organismo



Fuente: Elaboración propia.

El contacto de la sustancia con la piel es uno de los factores más recurrentes al manipular químicos, por ende uno de los que genera mayor cantidad de accidentes de trabajo. Al entrar una sustancia química en contacto con la piel tiene el potencial de producir un efecto local a nivel cutáneo o por absorción, puede ingresar al organismo y llegar a múltiples órganos a nivel interno generando el efecto incluso en estos (6).

Los contaminantes químicos también pueden ingresar al organismo por vía digestiva a través de la boca, esófago, estómago e intestinos; así mismo se contempla también el ingreso que pueda generarse de contaminantes que puedan digerirse disueltos en las mucosidades del sistema respiratorio. Esta vía de ingreso de los contaminantes químicos al organismo no es considerada de alta significación a menos que se trate de agentes extremadamente tóxicos (44).

La vía respiratoria es la que representa mayor importancia para los contaminantes

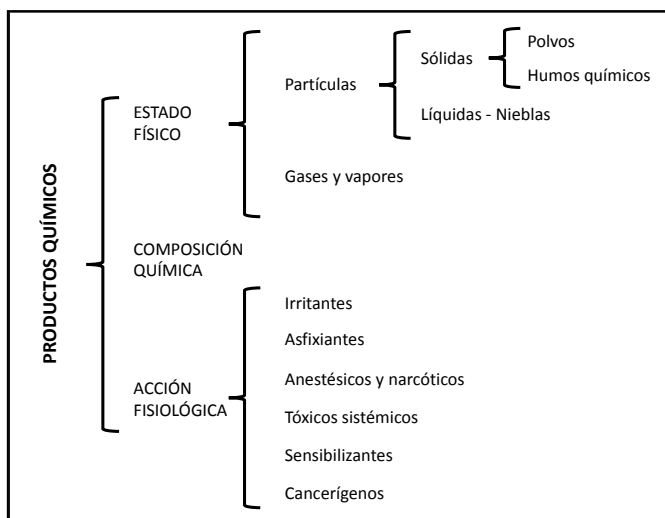
químicos, sus compuestos por su estado en forma de gases, líquido, nieblas, polvo humos y vapores pueden generar problemas por inhalación. "Para comprender los procesos de absorción por el aparato respiratorio es necesario conocer los mecanismos de la respiración y circulación y su papel en el ingreso y eliminación de los agentes contaminantes. Deben estudiarse las características físicas y químicas de estos agentes, su acción específica sobre el organismo y los diferentes tipos y grados de la respuesta biológica" (45).

La restante vía de ingreso de los contaminantes químicos corresponde a la parenteral, la cual supone la penetración directa de éstos al organismo a través de heridas abiertas, inyecciones o punciones.

4.2 Clasificación de los productos químicos

De acuerdo con el estado físico, composición química y acción fisiológica de los productos químicos, estos se clasifican de acuerdo con el siguiente diagrama:

Figura 2. *Clasificación de los productos químicos*



Fuente: Elaboración propia. Adaptado de: Creus, Antonio y Mangosio, Jorge. Seguridad e

Higiene en el trabajo: un enfoque integral. Buenos Aires: Alfaomega Grupo Editor
Argentino; 2011.

- ***Estado físico***

De acuerdo con lo establecido por Fernando Henao en su libro Riesgos Químicos, el estado sólido es el de mayor importancia práctica, condiciona el comportamiento en el aire y su modalidad de acción en el aparato respiratorio (44). Dentro de este estado tenemos las siguientes presentaciones:

- Partículas
 - Sólidas

En el que se encuentran clasificados los Polvos los cuales corresponden a partículas sólidas de tamaño pequeño (39), se producen en procesos de impacto, manipulación, trituración o detonación de materiales inorgánicos como minerales, rocas, carbón, metales, maderas, entre otros. Su sedimentación se genera a través de la gravedad.

También se encuentran los humos químicos, entendidos como "partículas aerodispersadas generadas por condensación a partir del estado gaseoso, generalmente después de la volatilización de metales fundidos. Su tamaño es menor que el de los polvos no sobrepasando el 1/2 a 3/4 de micrón" (44).

- Líquidas - nieblas

Corresponden a partículas líquidas producto de la condensación de vapores o dispersión mecánica de líquidos durante operaciones que generan salpicaduras, espumas o atomizaciones.

- Gases y vapores

Los gases se atribuyen a fluidos que se encuentran normalmente en estado gaseoso ocupando el espacio del recipiente que los contienen, no teniendo forma alguna, tienen la propiedad que se pueden convertir a las fases líquidas o sólidas mediante el efecto combinado de presión y descensos en la temperatura.

Los vapores son líquidos que se comportan idénticamente como gases (40), es decir que son la forma gaseosa de sustancias que normalmente tienen una presentación líquida o sólida.

- ***Composición química***

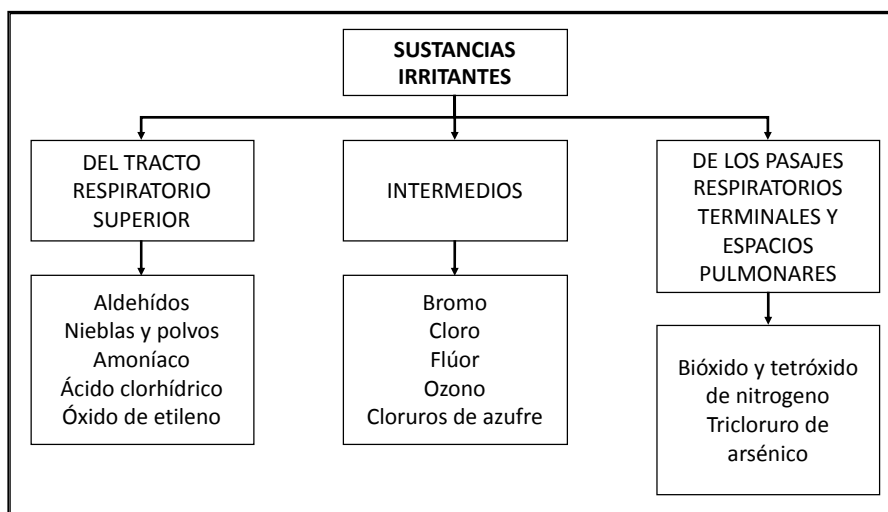
Un factor que caracteriza la clasificación por composición química es que en ésta no es posible establecer una correlación entre la estructura química y los efectos biológicos de los contaminantes, aunque en algunos casos pueden identificarse algunas tendencias a leyes cuya extrapolación a nuevas sustancias debe hacerse con cautela y sujeta la posterior confirmación experimental (45).

- ***Acción fisiológica***

- Irritantes

Corresponden a las sustancias y preparados no corrosivos que en contacto breve, prolongado o repetido con la piel o las mucosas puedan provocar una reacción inflamatoria (37).

Figura 3. Clasificación de la reacción generada por sustancias irritantes

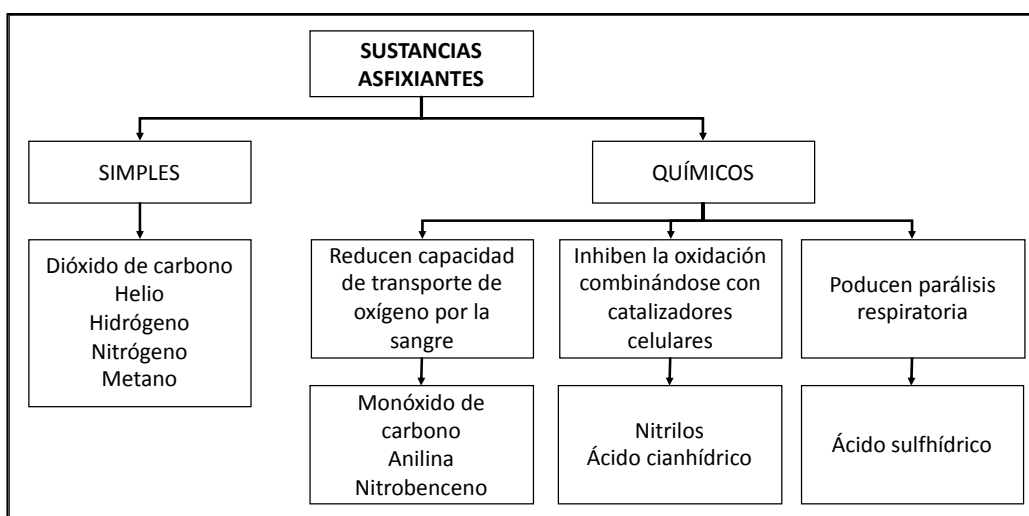


Fuente: Elaboración propia. Adaptado de: Henao Robledo F. Riesgos Químicos. BOGOTÁ: ECO EDICIONES; 2015.

○ Asfixiantes

Realizan desplazamiento del oxígeno del aire, su efecto interfiriendo con la oxidación de los tejidos (39).

Figura 4. Clasificación de los efectos producidos por las sustancias asfixiantes

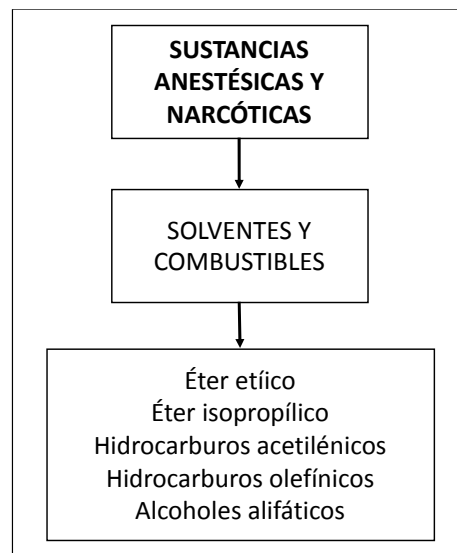


Fuente: Elaboración propia. Adaptado de: Creus, Antonio y Mangosio, Jorge. Seguridad e Higiene en el trabajo: un enfoque integral. Buenos Aires: Alfaomega Grupo Editor Argentino; 2011.

- Anestésicos y narcóticos

Conformados por las sustancias que provocan anestesia sin efectos sistémicos serios, determinada por su presión parcial en la sangre que afluye al cerebro (44).

Figura 5. *Sustancias anestésicas y narcóticas*

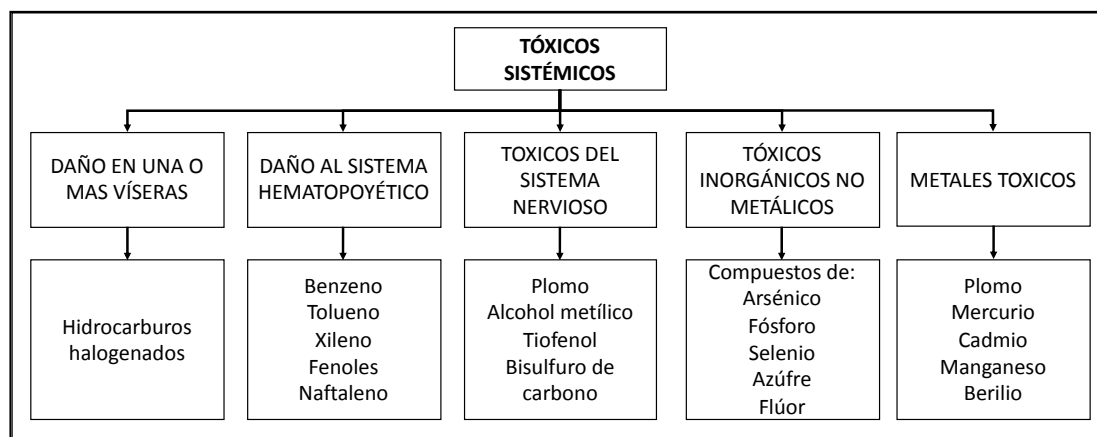


Fuente: Elaboración propia. Adaptado de: Henao Robledo F. Diagnóstico integral de las condiciones de trabajo y salud (2a. ed.). Bogotá: Ecoe Ediciones; 2012.

- Tóxicos sistémicos

Corresponden a las sustancias que se distribuyen por todo el organismo, actuando o afectando un órgano o sistema.

Figura 6. Clasificación de efectos generados por tóxicos sistémicos

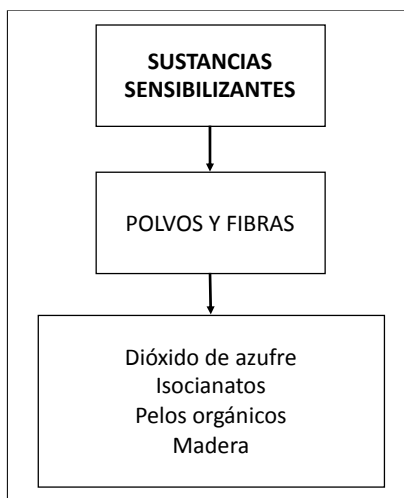


Fuente: Elaboración propia. Adaptado de: Henao Robledo F. Riesgos Químicos. BOGOTÁ: ECO EDICIONES; 2015.

○ Sensibilizantes

Las sustancias sensibilizantes son aquellas que generan reacciones alérgicas (45). Presentan un efecto alérgico ante la presencia del tóxico aunque sea en pequeñas cantidades. Su condición es muy variada, el efecto patológico está en función de la predisposición del expuesto principalmente, y en menor medida por las características físicas y químicas de la sustancia.

Figura 7. *Sustancias sensibilizantes*



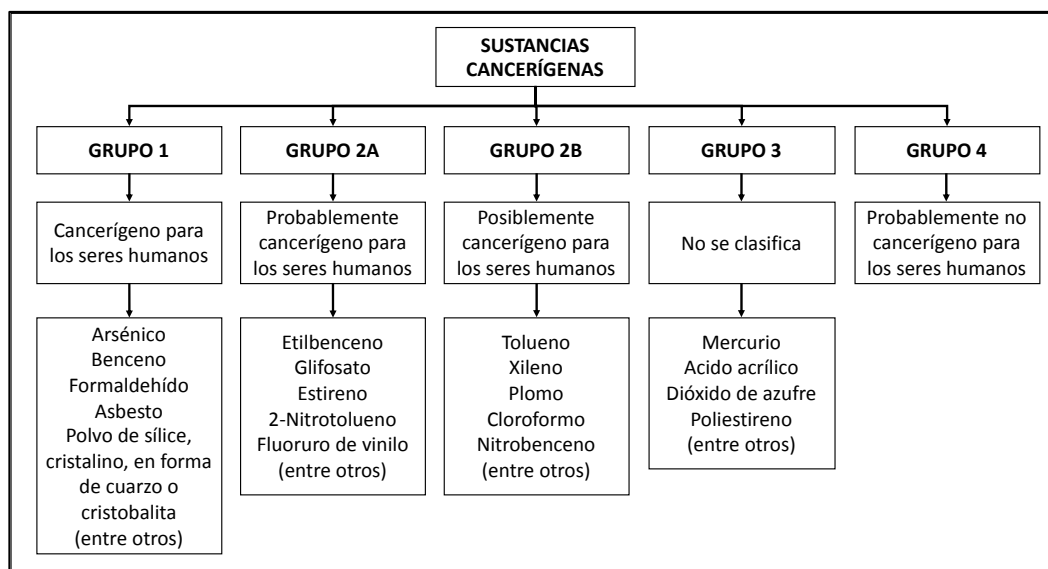
Fuente: Elaboración propia. Adaptado de: Creus, Antonio y Mangosio, Jorge. Seguridad e Higiene en el trabajo: un enfoque integral. Buenos Aires: Alfaomega Grupo Editor Argentino; 2011.

- Cancerígenos

Sustancias que producen tumores, cáncer (39). Organismos internacionales como la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), se dedica a elaborar listas de sustancias cancerígenas; por cada agente estudiado, un grupo de trabajo de especialistas de la IARC establece una opinión, por consenso, sobre si las pruebas científicas, de alguna manera son fuertes, suficientes o limitadas. Asimismo, definen si la evidencia es suficiente para llegar a una conclusión.

La IARC no define el riesgo o probabilidad de daño a los seres humanos, sólo considera la fuerza de la evidencia científica para establecer una posible o probable asociación con el cáncer; utiliza cinco clasificaciones para evaluar la solidez de la evidencia científica, y definir una posible asociación con el cáncer en los seres humanos (50).

Figura 8. Clasificación de las sustancias cancerígenas



Fuente: Elaboración propia. Adaptado de: Agents Classified by the IARC Monographs, Volumes 1–123 – IARC.

4.3 Efectos en la salud por exposición a sustancias químicas

La exposición a sustancias químicas constituye uno de los peligros que más frecuentemente se subestima, usualmente por no ser considerado prioritario en las labores, procesos y operaciones; adicionalmente al tener un uso frecuente en las tareas cotidianas, los trabajadores se familiarizan con el peligro y subestiman el riesgo.

Dentro de las características propias de las sustancias químicas se contempla su toxicidad, que es aquella capacidad para producir efectos adversos sobre un órgano blanco; el órgano blanco es el órgano principal o más sensible afectado tras la exposición a las sustancias químicas.

Los efectos en el organismo por la exposición a sustancias químicas se pueden clasificar en:

- Efectos sistémicos: son efectos tóxicos que se producen en tejidos alejados de la ruta de

absorción del agente químico.

- Efectos agudos: son los que se producen tras una exposición limitada y poco tiempo después de ésta (horas, días), y pueden ser reversibles o irreversibles; es una exposición de corta duración.
- Efectos crónicos: se producen tras una exposición prolongada (meses, años, decenios) y/o persisten después de que haya cesado la exposición; la exposición crónica es una exposición de larga duración (a veces toda la vida).

Una vez se genera la exposición a una sustancia química proveniente de materias primas, productos y subproductos, procesos, métodos de trabajo, procedimientos, características de las instalaciones, maquinarias, equipos, herramientas, puestos de trabajo, características ambientales entre otros, se va a producir un efecto tóxico dentro del organismo puede dividirse en tres fases (3):

1. *La fase de exposición*, que comprende todos los procesos que se producen entre diversas sustancias químicas y/o la influencia que tienen sobre ellas los factores ambientales (luz, temperatura, humedad, etc.). Las sustancias químicas pueden sufrir transformaciones químicas, degradación, biodegradación (por microorganismos) y desintegración.
2. *La fase toxicocinética*, que comprende la absorción de sustancias químicas en el organismo y todos los procesos subsiguientes: transporte por los fluidos corporales, distribución y acumulación en tejidos y órganos, biotransformación en metabolitos y eliminación del organismo (excreción) y/o metabolitos.
3. *La fase toxicodinámica*, que se refiere a la interacción de las sustancias químicas (moléculas, iones, coloides) con lugares de acción específicos en las células o dentro de

ellas -receptores-, con el resultado último de un efecto tóxico.

De acuerdo con las diferentes vías de entrada en el organismo de los contaminantes químicos, expuesto previamente, los principales efectos a nivel de la salud son:

- Vía respiratoria: Las sustancias químicas inhaladas pueden ocasionar reacciones alérgicas y/o enfermedades crónicas en el sistema respiratorio tales como:
 - Asma ocupacional: Enfermedad caracterizada por limitación variable del flujo aéreo y/o hiperreactividad bronquial inespecífica y/o inflamación de la vía aérea debida a causas y condiciones atribuibles a un ambiente de trabajo en particular y no a estímulos encontrados fuera del lugar de trabajo (32).
 - Síndrome de disfunción reactiva de las vías aéreas (RADS): Cuadro de asma inducida por irritantes, gases, humos o sustancias químicas, causada por exposiciones de corta duración pero de alta intensidad (32).
 - Silicosis: es una enfermedad pulmonar profesional atribuible a la inhalación de dióxido de silicio, comúnmente denominado sílice, en formas cristalinas, generalmente como cuarzo, pero también en otras formas cristalinas importantes de sílice, como la cristobalita y la tridimita. Estas formas también reciben el nombre de “sílice libre” para diferenciarlas de los silicatos (33).
 - Asbestosis: El asbesto puede ser aspirado, deglutido o tomar contacto con la piel, siendo la principal vía la inhalación de éste. Las fibras de amianto o asbesto inhaladas se depositan en los alvéolos de los pulmones, generando una respuesta inflamatoria, destrucción pulmonar y cicatrización con fibrosis. El asbesto se asocia a diversas enfermedades y patrones de alteración pulmonar, las que

clásicamente se dividen en enfermedades benignas (placas pleurales, derrame pleural benigno, fibrosis pleural difusa, atelectasia redonda, enf. pulmonar obstructiva crónica entre otras) y malignas (mesotelioma, cáncer de pulmón, cáncer de laringe) (27).

- **Neumoconiosis:** es la acumulación de polvo en los pulmones y las reacciones tisulares provocadas por su presencia. A los fines de esta definición, ‘polvo’ es un aerosol compuesto por partículas inanimadas sólidas. Así que se considera como una condición en la cual se produce una alteración en la estructura pulmonar tras la inhalación y permanencia de polvos inorgánicos en el tejido pulmonar. Usualmente se asocia con períodos de latencia prolongados que pueden ir de meses hasta décadas. Se excluyen por convención de esta definición, entidades tales como cáncer, asma, bronquitis o enfisema (33).
- **Neumoconiosis del Minero de Carbón:** La neumoconiosis de los mineros del carbón (NMC) es la enfermedad más frecuentemente asociada con la minería del carbón. No es una enfermedad de desarrollo rápido, y suele tardar al menos diez años en manifestarse, a menudo mucho más cuando las exposiciones son bajas. En sus fases iniciales, es un indicador de una excesiva retención pulmonar de polvo, y puede asociarse a escasos síntomas y signos propios. Sin embargo, a medida que avanza, sitúa al minero en un riesgo cada vez mayor de desarrollar fibrosis masiva progresiva (FMP), un proceso mucho más grave (33).
- **Alteración del sistema nervioso por efectos de los disolventes orgánicos (benceno, tolueno, etilbenceno y xileno "BTX-EB")** La gran mayoría de los disolventes orgánicos tienen la característica de causar trastornos no específicos

del sistema nervioso (SN); en cuanto a los efectos agudos son generalmente grandes irritantes y anestésicos, pero la sustitución del benceno por tolueno, y xileno hacen esos efectos más ligeros, encontrando dentro de los más frecuentes euforia, mareo, vértigo, cefalea, somnolencia, debilidad, temblor, incoordinación, delirio, pérdida de la conciencia. Si la cantidad absorbida ha sido elevada, en un ambiente demasiado saturado se puede presentar confusión mental, alteración psicomotora, coma, edema pulmonar, paro respiratorio o muerte (34).

- Vía dérmica: Las propiedades químicas del contaminante (solubilidad en agua o en grasas) y el estado de la piel son los factores que más influyen en el grado de penetración de un agente químico en la sangre a través de la piel. La exposición a sustancias químicas en la piel puede ocasionar daños en la salud temporales o permanentes:

- Temporales

- Piel reseca, enrojecida o agrietada por contacto con el agua, el jabón, la gasolina y ciertos tipos de solventes. Estos trastornos por lo general desaparecen rápidamente cuando la piel ya no está en contacto con la sustancia química, pero pueden aumentar la probabilidad de una infección en una piel abierta.

- Permanentes

Pueden ser el resultado de exposiciones de la piel a sustancias químicas capaces de causar daños graves, por ejemplo, una quemadura química puede dejar una cicatriz permanente. La exposición a ciertas sustancias químicas puede llevar a una decoloración permanente de la piel. También puede producirse un daño

permanente en órganos o sistemas del cuerpo como resultado de la exposición a una sustancia química en la piel (4).

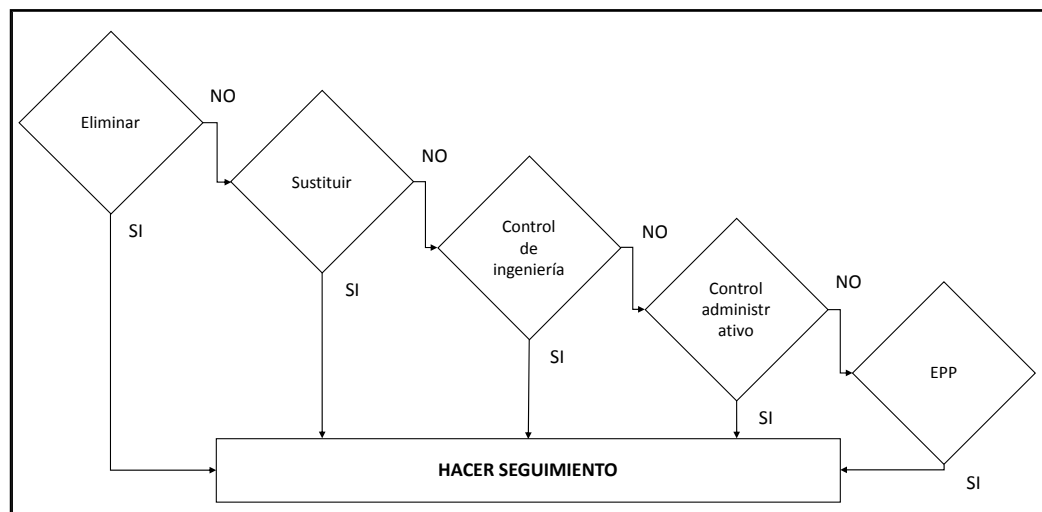
Las principales enfermedades ocasionadas por exposición de sustancias químicas vía dermatológica son:

- **Dermatitis de contacto alérgica:** Grupo de procesos inflamatorios cutáneos, agudos o crónicos, de causas exógenas, como las sustancias capaces de producir sensibilización cutánea mediante procesos de hipersensibilidad celular cuando entran en contacto con la piel. Es el prototipo cutáneo de reacción de hipersensibilidad retardada mediada por células específicas para el antígeno [tipo IV] (35).
- **Dermatitis de contacto irritativa:** Se define como un grupo de procesos inflamatorios cutáneos no inmunespecíficos, agudos o crónicos, de causa exógena, desencadenados por la exposición única o repetida de la piel a un irritante físico o químico tóxico para los queratinocitos (35).
- **Vía digestiva:** Generalmente se considera de poca importancia, salvo en casos de intoxicación accidental, o cuando se tienen malos hábitos higiénicos (falta de aseo, comer, fumar o beber en el puesto de trabajo). Las enfermedades generadas por exposición a sustancias químicas vía digestiva dependerán del químico ingerido.
- **Vía Parenteral:** Es la penetración directa del tóxico en la sangre, por ejemplo, a través de una herida; las enfermedades generadas por exposición a sustancias químicas vía parenteral dependerán del químico al que se exponga.

4.4 Jerarquía de controles

Todo peligro, de acuerdo con los lineamientos de los Sistemas de Gestión de la Salud en el Trabajo SG-SST, debe ser identificado, evaluado y controlado, esto incluye a peligros psicosociales, biomecánicos, biológicos, seguridad, físicos y químicos. Este proceso es complementado cuando a los controles se les establece una jerarquía o priorización de intervención en donde se propenda por garantizar, por parte del empleador, la seguridad y salud de cada uno de los trabajadores expuestos, para ello la OIT determina que “las medidas de prevención y protección deberían a) eliminar el peligro/riesgo; b) controlar el peligro/riesgo de raíz a través de medidas apropiadas; c) reducir al mínimo el peligro/riesgo mediante el diseño de unos sistemas de trabajo seguros, y d) en caso de no poder controlarse los peligros/riesgos residuales a través de medidas colectivas, el empleador debería proporcionar equipo de protección personal apropiado” (4). Este modelo propuesto por la OIT se homologa en Colombia mediante el Decreto 1072 de 2015 mediante su artículo 2.2.4.6.24 el cual define el siguiente esquema de jerarquización:

Figura 9. Esquema de priorización de intervención de controles



Fuente: Elaboración propia. Adaptado de: Decreto 1072 de 2015

Como lo indica este diagrama, el o los controles a los factores de riesgo deben iniciar con la primera categoría correspondiente a la eliminación, si no se puede eliminar se debe hacer sustitución, en caso de no poder hacer sustitución se debe recurrir al desarrollo de controles de ingeniería y así hasta agotar todas las instancias, siendo la última categoría la de dotar de elementos de protección personal a los trabajadores.

De acuerdo con lo anterior, cuando una o más personas se encuentran expuestas a sustancias químicas, según la AIHA en su libro *La estrategia para la evaluación de la exposición ocupacional*, se debe considerar la aplicación de la jerarquía para poner en práctica estrategias de control permanentes asociado con exposiciones inaceptables (2):

- *Eliminación*

Eliminar el proceso, equipo o materiales que originan la exposición. Es el primer principio bajo el cual opera la jerarquización de controles y consiste en eliminar la causa raíz del peligro, no usar la sustancia química puede ser la medida más eficaz aunque depende de múltiples factores para que se dé cumplimiento a esta categoría.

- *Sustitución*

Usar una sustancia química por una menos peligrosa o realizar cambios en los procesos que mantengan la calidad de los productos procesados en la empresa y también que propendan por mejorar la seguridad de los trabajadores y así no afectar su salud, son algunos de los escenarios que pueden ser aplicados en esta categoría.

- *Control de ingeniería*

Consiste en el desarrollo del conjunto de medidas de origen técnico que tienden a mejorar la operación de los equipos y/o exposición para que las emisiones de los agentes ambientales se mantengan o reduzcan a niveles aceptables. Un claro ejemplo de las medidas de intervención en esta categoría corresponde a los sistemas de ventilación, extracción, aislamiento, etc.

- *Control administrativo*

El control administrativo corresponde al conjunto de medidas tendientes a la disminución de la exposición y dilatación de los tiempos individuales y colectivos de la población en ausencia del peligro y así disminuir los efectos potenciales sobre la salud. En esta categoría, entre otras, se podrían desarrollar las siguientes acciones:

- Definición de políticas internas
- Rotación de personal
- Reducción de horas extras
- Aumento del número de trabajadores
- Servicios de higiene personal
- Procesos de educación y capacitación
- Restricción de acceso a áreas de riesgo

- *Elementos De Protección Personal (EPP)*

Corresponde a “cualquier equipo o dispositivo destinado para ser utilizado o sujetado por el trabajador, para protegerlo de uno o varios riesgos y aumentar su seguridad y salud en el trabajo” (41).

La OIT indica que uno de los principios de la protección personal es que debe utilizarse como último recurso de reducción de peligro en el lugar de trabajo, sin embargo hay casos en que es necesaria en el corto o largo plazo, para reducir el riesgo de enfermedad y lesión laboral (46).

Para cumplir con su objetivo, los elementos de protección personal frente a los agentes químicos se pueden clasificar de acuerdo con la parte del cuerpo a proteger de acuerdo con la siguiente información:

Tabla 14. *Clasificación de elementos de protección personal usados en la manipulación de productos químicos*

PARTE DEL CUERPO	EPP	IMAGEN DE REFERENCIA
Ojos y cara	Gafas con o sin protectores laterales	
Pies y piernas	Botas de protección química	
Anterior y posterior del cuerpo	Ropa de protección	

PARTE DEL CUERPO	EPP	IMAGEN DE REFERENCIA
Vías respiratorias	Respiradores	
Manos	Guantes	

Fuente: Elaboración propia

La selección de los elementos protección personal, entendida como la acción de elegir uno o más elementos, separándolos y prefiriéndolos sobre los demás (51), es una de las actividades con mayor criticidad dentro de la estrategia de control a la exposición por parte de los trabajadores. Para ello se aplican múltiples criterios que conllevan a una correcta selección de los EPP dentro de los cuales se contemplan los siguientes:

- Reconocimiento de la actividad
- Peligros presentes en la actividad
- Adaptabilidad del EPP al peligro
- Adaptabilidad del EPP a la persona

4.5 Herramientas informáticas

Las herramientas informáticas han permitido facilitar la forma de transmitir el conocimiento a las personas, por eso en múltiples sectores de la economía se ha visto como

la tecnología avanza a gran velocidad, facilitando y optimizando la toma de decisiones en las organizaciones.

Dentro de las principales herramientas informáticas que se tienen hoy en día se encuentran las instrucciones, software y aplicaciones, entendida esta última como "un programa diseñado para ser utilizado en un dispositivo móvil que ofrece una solución a un problema o necesidad" (52).

El desarrollo de una aplicación conlleva el desarrollo de metodologías articuladas mediante la Ingeniería de Software, por lo que el diseño, proceso o labor a, proyectar, coordinar, seleccionar y organizar un conjunto de elementos para producir y crear objetos visuales destinados a comunicar mensajes específicos a grupos determinados (53), conlleva la aplicación de las siguientes fases (47):

- *Fase inicial* (delimita el ámbito del proyecto): se identifican las entidades externas que interactúan y, cuál será la interacción de cada una de ellas con el software. Al final de esta fase se debe tener una visión general de los requisitos del software que deben desarrollarse.
- *Fase de elaboración* (se perfeccionan más los requisitos): se define la arquitectura de software y se establecen algunos modelos de la interfaz así como los perfiles de usuario que puedan interactuar con la aplicación, de forma que también sirva como “prototipo” para ver cuáles son los riesgos del proyecto y si las decisiones tomadas hasta aquel momento son correctas.
- *Fase de construcción*: se prueba todo el sistema a fondo. En esta fase se implementarían el resto de los wireframe que darán estructura no desarrollados en la etapa anterior.

- *Fase de transición:* Eso incluye pruebas de versiones beta del software por parte de un subconjunto de usuarios, ejecución del sistema para detectar errores, formación a los usuarios, etc.

De esta manera, el desarrollo de estas fases asociadas con el riesgo que genera para el trabajador que se encuentra expuesto al contacto vía dérmica con sustancias químicas, permite que se genere una solución a la necesidad de empleadores y trabajadores mismos, por medio de una aplicación que le permita seleccionar correctamente guantes [equipo de protección individual que protege la mano o parte de la mano contra riesgos. Adicionalmente puede cubrir parte del antebrazo y brazo (48)] y ropa de protección química, entendida como la " forma de controlar un riesgo de exposición, cuando éste no ha podido eliminarse o reducirse hasta los niveles deseados por otros medios. La función de la ropa de protección contra productos químicos es evitar que éstos entren en contacto directo con la piel" (38), de acuerdo con la sustancia química a manipular, minimizando las consecuencias de los efectos nocivos que tienen las sustancias químicas sobre la salud.

5. Objetivos

5.1 Objetivo general

Diseñar una aplicación para la selección de ropa y guantes de protección química.

5.2 Objetivos específicos

1. Identificar los criterios técnicos y estudios necesarios para la correcta selección de elementos de protección personal requeridos como control al contacto dérmico con sustancias químicas.
2. Caracterizar los requerimientos de la ropa y guantes de protección química frente al tipo y forma de la sustancia utilizada y la intensidad de la exposición.
3. Establecer un algoritmo que permita dar respuesta a la necesidad de seleccionar de manera adecuada guantes y ropa de protección como control en la persona a la exposición a sustancias químicas por contacto con la vía dérmica.
4. Establecer los wireframes de la interfaz y los perfiles de usuario con los que los usuarios puedan navegar dentro de la aplicación.

6. Metodología

La metodología para el desarrollo de este trabajo de grado está estructurada a partir del planteamiento de los objetivos específicos del mismo, para después transformar esos objetivos en actividades puntuales que puedan ser verificadas y evaluadas a través de un conjunto de entregables que darán estructura y forma al producto final: El diseño de una aplicación que facilita la correcta selección de guantes y ropa de trabajo de protección dérmica para la exposición a sustancias químicas.

Tabla 15. Metodología aplicada para el desarrollo del trabajo de grado

Objetivo Específico	Actividades para lograr el objetivo	Entregables de cada actividad	Entregables del objetivo	Recursos
Identificar los criterios técnicos y estudios necesarios para la correcta selección de elementos de protección personal requeridos como control al contacto dérmico con	Búsqueda bibliográfica, orientada a la forma y características de la exposición en términos de dosis, tiempo de exposición y estado del agente	Resumen y análisis bibliográfico de fuentes consultadas.	Metodología para la evaluación del riesgo.	TECNOLOGICOS Equipo de cómputo. Acceso a internet, bases de datos académicas y documentos técnicos. HUMANOS Equipo de trabajo conformado para el desarrollo del trabajo de grado.
	Descripción de las etapas de: Identificación de Peligros / Reconocimiento de los Agentes Químicos. Análisis y Evaluación del Riesgo. Determinación de Controles	Formato para el inventario de procesos. Formato para la recolección de datos de trabajadores		

Objetivo Especifico	Actividades para lograr el objetivo	Entregables de cada actividad	Entregables del objetivo	Recursos
sustancias químicas.		expuestos a sustancias químicas. Formato para el inventario de sustancias químicas. Tablas de la metodología de evaluación seleccionada.		
Caracterizar los requerimientos de la ropa y guantes de protección química frente al tipo y forma de la sustancia utilizada y la intensidad de la exposición.	Diseño de una serie de diagramas de flujo que permitan aplicar los criterios de utilización de ropa y guantes de protección química.	Diagrama de flujo: Proceso para la selección de ropa de protección química. Diagrama de flujo: Proceso para la selección de guantes de protección contra productos químicos.		TECNOLOGICOS Equipo de cómputo. Acceso a internet, bases de datos académicas y documentos técnicos.
	Identificación de los elementos de protección personal (ropa y guantes de protección química) de acuerdo con el tipo sustancia y características de la exposición.	Matriz: Características generales de los trajes y prendas de protección química. Matriz: Características generales de los guantes de protección química.		HUMANOS Equipo de trabajo conformado para el desarrollo del trabajo de grado.
Establecer un algoritmo que permita dar respuesta a la necesidad de seleccionar de	Consolidar la información de las etapas de desarrollo de los procesos de búsqueda, análisis y construcción de la información.	Diagrama de flujo general (desde la identificación, evaluación, determinación de controles hasta selección de guantes y ropa)		TECNOLOGICOS Equipo de cómputo. Acceso a internet, bases de datos académicas y documentos técnicos. HUMANOS

Objetivo Específico	Actividades para lograr el objetivo	Entregables de cada actividad	Entregables del objetivo	Recursos
manera adecuada guantes y ropa de protección como control en la persona a la exposición a sustancias químicas por contacto con la vía dérmica.				Equipo de trabajo conformado para el desarrollo del trabajo de grado.
Establecer los wireframes de la interfaz y los perfiles de usuario con los que los usuarios puedan navegar dentro de la aplicación.	Identificar, perfiles de usuario y wireframes de la interfaz, así como sus relaciones dentro del uso de la aplicación Diseño de un prototipo para dirigir la interacción del usuario con la aplicación y así orientar la selección de ropa y guantes de protección química	Matriz de relaciones de usuario	Propuesta del modelo de la interfaz de operación de la aplicación para selección de guantes y ropa de protección química.	TECNOLOGICOS Equipo de cómputo. Acceso a internet, bases de datos académicas y documentos técnicos. HUMANOS Equipo de trabajo conformado para el desarrollo del trabajo de grado.

Fuente: Elaboración propia.

7. Consideraciones Éticas para el Desarrollo del Trabajo

La presente investigación le aportará a la comunidad académica e industrial un insumo de gran valor asociado a la protección de la salud de los trabajadores expuestos al contacto de sustancias químicas con la piel, la cual se rige en la aplicación de los siguientes aspectos:

- Principios éticos
 - Beneficencia: el desarrollo de herramientas que optimicen la toma de decisiones asociadas con la selección de elementos de protección personal por contacto dérmico con sustancias químicas, bajo criterios técnicos, trae múltiples beneficios para empleadores (eficacia en el suministro correcto de EPP, reducción de costos, cumplimiento legal y normativo, entre otros) y trabajadores (prevención de enfermedades de origen laboral, protección frente a la ocurrencia de accidentes de trabajo con contacto vía dérmica con sustancias químicas).
 - Respeto a las personas: los trabajadores en su rol como ejecutor de procesos, son parte fundamental para las empresas, por lo que el diseño de la aplicación para la selección de ropa y guantes de protección química brinda una herramienta para empleadores y profesionales de la seguridad y salud en el trabajo para propender por el bienestar de sus trabajadores de forma individual y colectiva para trabajar de manera segura, ya que facilita el proceso de identificación de los elementos de protección personal frente a la exposición por contacto vía dérmica con las sustancias químicas.
 - Justicia: todos los trabajadores que se exponen al contacto con sustancias

químicas, sin excepción alguna, deben estar protegidos de los efectos que estas le puedan traer a la salud, para ello es necesario una correcta selección de los guantes y ropa de protección química acorde a las sustancias manipuladas por cada uno de ellos.

- Riesgo que genera la investigación

El tipo de estudio que conlleva la investigación al ser descriptivo no genera riesgo debido a que no conlleva intervención en variables fisiológicas, psicológicas, biológicas y/o sociales del sujeto de estudio, ya que conlleva un diseño metodológico basado en consultar, analizar y construir información a partir de documentos científicos, académicos y de requisitos normativos; de acuerdo con lo anterior se clasifica como una Investigación sin riesgo.

- Consentimiento informado

Tomando como referencia lo establecido en el literal e del artículo 6 de la Resolución 8430 de 1993, la presente investigación no tiene al ser humano como sujeto de estudio, por lo tanto no requiere desarrollar el criterio de consentimiento informado.

- Propiedad intelectual

De acuerdo con las disposiciones establecidas en la Ley 23 de 1982 y en la Ley 44 de 1993, se consideran como autores a las personas que participan en la creación de la obra, por lo que tendrán los derechos morales sobre la misma, en este caso los estudiantes y el director técnico y metodológico. La Universidad poseerá los derechos patrimoniales sobre las obras creadas por la comunidad universitaria en el desarrollo de la relación investigación, docencia y servicio.

Tabla 16. *Cronograma de actividades*

ACTIVIDADES	SEMANAS																																				
	1 (1-7 ABR)	2 (8-14 ABR)	3 (15-21 ABR)	4 (22-28 ABR)	5 (29-5 MAY)	6 (6-12 MAY)	7 (13-19 MAY)	8 (20-26 MAY)	9 (27-2 JUN)	10 (3-9 JUN)	11 (10-16 JUN)	12 (17-23 JUN)	13 (24-30 JUN)	14 (1-7 JUL)	15 (8-14 JUL)	16 (15-21 JUL)	17 (22-28 JUL)	18 (29-4 AGO)	19 (5-11 AGO)	20 (12-18 AGO)	21(19-25 AGO)	22 (26-1 SEP)	23 (2-8 SEP)	24 (9-15 SEP)	25 (16-22 SEP)	26 (23-29 SEP)	27 (30-6 OCT)	28 (7-13 OCT)	29 (14-20 OCT)	30 (21-27 OCT)	31 (28-3 NOV)	32 (4-10 NOV)	33 (11-17 NOV)	34 (18-24 NOV)	35 (25-1 DIC)	36 (2-8 DIC)	
Planeación																																					
Búsqueda y recopilación de información para la construcción del Protocolo de Investigación.	X	X	X	X	X	X	X																														
Construcción del Protocolo de Investigación	X	X	X	X	X	X	X																														
Objetivo Específico #1																																					
Búsqueda bibliográfica, orientada a la forma y características de la exposición en términos de dosis, tiempo de exposición y estado del agente.							X	X	X	X	X																										
Descripción de las etapas de: Identificación de Peligros / Reconocimiento de los Agentes Químicos. Análisis y Evaluación del Riesgo. Determinación de Controles.											X	X	X	X	X	X	X																				
Objetivo Específico #2																																					

ACTIVIDADES	SEMANAS																																					
	1 (1-7 ABR)	2 (8-14 ABR)	3 (15-21 ABR)	4 (22-28 ABR)	5 (29-5 MAY)	6 (6-12 MAY)	7 (13-19 MAY)	8 (20-26 MAY)	9 (27-2 JUN)	10 (3-9 JUN)	11 (10-16 JUN)	12 (17-23 JUN)	13 (24-30 JUN)	14 (1-7 JUL)	15 (8-14 JUL)	16 (15-21 JUL)	17 (22-28 JUL)	18 (29-4 AGO)	19 (5-11 AGO)	20 (12-18 AGO)	21(19-25 AGO)	22 (26-1 SEP)	23 (2-8 SEP)	24 (9-15 SEP)	25 (16-22 SEP)	26 (23-29 SEP)	27 (30-6 OCT)	28 (7-13 OCT)	29 (14-20 OCT)	30 (21-27 OCT)	31 (28-3 NOV)	32 (4-10 NOV)	33 (11-17 NOV)	34 (18-24 NOV)	35 (25-1 DIC)	36 (2-8 DIC)		
Diseño de una serie de diagramas de flujo que permitan aplicar los criterios de utilización de ropa y guantes de protección química.																		X	X	X	X																	
Identificación de los elementos de protección personal (ropa y guantes de protección química) de acuerdo con el tipo sustancia y características de la exposición.																				X	X	X	X															
Objetivo Específico #3																																						
Consolidar la información de las etapas de desarrollo de los procesos de búsqueda, análisis y construcción de la información.																								X	X	X	X	X	X									
Objetivo Específico #4																																						
Identificar, perfiles de usuario y wireframes de la interfaz, así como sus relaciones dentro del uso de la aplicación.																													X	X	X							
Diseño de un prototipo para dirigir la interacción del usuario con la aplicación y así orientar la selección de ropa y guantes de protección química																															X	X	X	X				

ACTIVIDADES	SEMANAS																																			
	1 (1-7 ABR)	2 (8-14 ABR)	3 (15-21 ABR)	4 (22-28 ABR)	5 (29-5 MAY)	6 (6-12 MAY)	7 (13-19 MAY)	8 (20-26 MAY)	9 (27-2 JUN)	10 (3-9 JUN)	11 (10-16 JUN)	12 (17-23 JUN)	13 (24-30 JUN)	14 (1-7 JUL)	15 (8-14 JUL)	16 (15-21 JUL)	17 (22-28 JUL)	18 (29-4 AGO)	19 (5-11 AGO)	20 (12-18 AGO)	21(19-25 AGO)	22 (26-1 SEP)	23 (2-8 SEP)	24 (9-15 SEP)	25 (16-22 SEP)	26 (23-29 SEP)	27 (30-6 OCT)	28 (7-13 OCT)	29 (14-20 OCT)	30 (21-27 OCT)	31 (28-3 NOV)	32 (4-10 NOV)	33 (11-17 NOV)	34 (18-24 NOV)	35 (25-1 DIC)	36 (2-8 DIC)
Entrega Final del Trabajo de Grado																																				
Finalización de actividades para la construcción del Documento Final de Trabajo de Grado.																																		X		
Última revisión técnica y metodológica del Trabajo de Grado.																																		X		
Revisión final del Trabajo de Grado.																																		X		
Entrega del Trabajo de Grado para lectura previa a la sustentación por parte del jurado calificador.																																			X	
Comunicación de Resultados																																				
Preparación para la sustentación del Trabajo de Grado ante el jurado calificador.																																			X	
Ensayo de la sustentación del Trabajo de Grado.																																			X	
Sustentación del Trabajo de Grado.																																			X	X

Fuente: Elaboración propia.

9. Resultados

En este capítulo se encuentran definidos los criterios técnicos e identificados los estudios que fueron necesarios para lograr establecer una forma correcta de realizar la selección de las guantes y ropa de trabajo de protección química que deben utilizar los trabajadores que por la naturaleza de sus actividades se ven expuestos al contacto por la vía dérmica con sustancias químicas.

Estructurado en tres secciones, este capítulo permite describir de manera lógica y ordenada la forma en la que se identifican los peligros, se realiza el análisis y evaluación de los riesgos y así se determinan los controles, que para efectos de este trabajo de grado está enfocado en los elementos de protección personal.

9.1 Caracterización de la exposición a sustancias químicas por vía dérmica

Para la definición de un método que permita caracterizar la exposición por vía dérmica frente a los agentes químicos en la actividad laboral, se realizó una búsqueda bibliográfica a nivel nacional e internacional acerca de los estudios existentes y/o desarrollados para establecer una metodología que permitiera estandarizar de una manera sistemática, que calificara o cuantificara, el nivel de riesgo asociado a la exposición por contacto vía dérmica.

Los términos o criterios de búsqueda que se emplearon fueron: Dermal exposure assessment y Skin protection assessment por medio del journal de la AIHA [Taylor & Francis Online]. De los estudios encontrados se revisaron su título y resumen, se seleccionaron

aquellos que hacen referencia a la aplicación o desarrollo de un método que indujera hacia la evaluación de la exposición por vía dérmica.

En estos estudios se encontró variedad de conceptos, algunos en común y otros tanto que distaban en su concepción, herramientas empleadas y consolidación de resultados. Cada uno de los estudios tiene aportes por destacar y otros por mejorar, por lo que al compararlos se identifican ventajas y desventajas que permiten depurar y orientar esta información hacia la selección de una metodología que permita valorar la exposición por vía dérmica al estar en contacto con agentes químicos.

Un factor en común en los estudios revisados es que no cuantificaron el nivel de riesgo derivado de la exposición vía dérmica y las metodologías implicaron el desarrollo de estrategias cualitativas o semi-cuantitativas mediante la aplicación de encuestas, discusiones, pruebas técnicas o entrevistas con las partes interesadas en el manejo de las sustancias químicas en los lugares de trabajo que les permitía llegar a un resultado.

Un ejemplo de lo anterior es el caso del estudio de parte Hebisch y Auffarth J (54) "Dermal Exposure: How to Get Information" en donde se emplearon encuestas aplicadas a un grupo de trabajadores para determinar cualitativamente las tareas de mayor exposición dérmica.

Tabla 17. Caracterización del estudio "*Dermal Exposure: How to Get Information*"

TIPO	CUALITATIVO
DESCRIPCIÓN	Se diseñó un cuestionario para la descripción de las situaciones de exposición dérmica teniendo en cuenta los diferentes factores de influencia de exposición cutánea. El cuestionario contempla: - Empresa, empleados y lugar de trabajo. - Equipo de protección personal. - Tarea.

	- Productos manejados. - Protección de la piel. - Escenario de uso. - Descripción de la piel. - Contacto. - Hábitos de limpieza. - Información adicional de manipulación a temperatura elevada. La información se obtuvo mediante observaciones visuales de higienistas in situ y entrevistando al trabajador (60) y dirigido a la descripción y clasificación de las situaciones de exposición dérmica en talleres de reparación de carros por medio del cuestionario.
CONCLUSIONES	VENTAJAS - Permite clasificar situaciones típicas en las que ocurre la exposición cutánea. - Identificar las tareas más relevantes para la cual cuantificación de la exposición cutánea es especialmente necesaria. DESVENTAJAS - No hay información disponible sobre exposición dérmica. - Se evidencia una falta de datos sobre la exposición cutánea para muchas sustancias y procesos.

Fuente: Elaboración propia.

El estudio "Survey Assessment of Worker Dermal Exposure and Underlying Behavioral Determinants" publicado por Geer LA y colaboradores (55), se desarrolló por medio de encuestas a trabajadores y partes interesadas, encontrando distintos criterios asociados a la valoración cualitativa de la exposición cutánea a sustancias químicas entre los trabajadores y gerentes:

Tabla 18. Características del estudio "Survey Assessment of Worker Dermal Exposure and Underlying Behavioral Determinants"

TIPO	CUALITATIVO
DESCRIPCIÓN	Se reclutaron un total de 89 trabajadores y 17 gerentes de 19 industrias ubicadas en las regiones aledañas a Baltimore, Maryland, y Lancaster, Pensilvania con exposición a sustancias químicas con ingreso por vía dérmica.

	Se establecieron de manera inicial los siguientes criterios de clasificación de la población encuestada: -Uso de EPP dérmico. -Clasificaciones de trabajo y / o tareas de los trabajadores (por ejemplo, carga manual de material a granel o limpieza de piezas con solventes). Se utilizaron dos instrumentos de evaluación el KAP (http://www.sph.osu.edu/divisions/ehs/ehsfacstaff/buckleyt/) aplicado a trabajadores y jefes con 115 preguntas distribuidas en las siguientes secciones: -Conocimiento. -Creencia de información. -Comportamiento. -Autoeficacia del EPP. -Creencia de comportamiento. -Creencia general. -Entrenamiento. La encuesta DREAM fue aplicada solo a los trabajadores que se les aplicaron el instrumento KAP y contempló ítems relacionados con: -La frecuencia del lavado de manos antes y después del uso de guantes. -La frecuencia del uso recomendado de EPP relacionado con la piel. Los elementos de comportamiento auto informados en la herramienta DREAM también se incorporaron a la evaluación del cuestionario KAP. La encuesta DREAM se utilizó para evaluar la exposición. En resumen, la exposición dérmica "real" se estimó a partir de un algoritmo utilizando valores predeterminados pre asignados. La información se obtuvo mediante observaciones visuales de higienistas in situ y entrevistando al trabajador (60) y dirigido a la descripción y clasificación de las situaciones de exposición dérmica en talleres de reparación de carros por medio del cuestionario
CONCLUSIONES	VENTAJAS Es uno de los primeros estudios en comenzar a dilucidar el conocimiento, las actitudes y las percepciones de los trabajadores que subyacen a los comportamientos que conducen a exposiciones cutáneas ocupacionales. DESVENTAJAS

Existe una seria brecha entre la amenaza a la salud ocupacional planteada por los riesgos dérmicos y la adecuación de los métodos y mediciones para evaluar esta amenaza y sus determinantes subyacentes.
Los gerentes subestimaron los puntajes de los trabajadores en las escalas de comportamiento y capacitación. La subestimación de la escala de comportamiento indica que los gerentes asumieron un comportamiento entre los trabajadores que los colocaba en un mayor riesgo de exposición dérmica que los trabajadores informaron por sí mismos. Del mismo modo, los gerentes subestimaron la capacitación sobre riesgos dérmicos de los trabajadores (por ejemplo, manejo de productos químicos, limpieza de derrames y salpicaduras, y eliminación y eliminación de EPP) en relación con la percepción de los trabajadores.

Fuente: Elaboración propia.

En Colombia, el Ministerio de la Protección Social en el año 2008 por medio de la "Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Dermatitis de Contacto Ocupacional [GATISO-DERMA] (35), basado en calificación de la evidencia, sugiere el uso de una metodología para el abordaje sistemático para la identificación, evaluación y control de la exposición ocupacional a riesgos de carácter químico en los lugares de trabajo.

Tabla 19. Características de la metodología “Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Dermatitis de Contacto Ocupacional”

TIPO	CUALITATIVO
DESCRIPCIÓN	La metodología descrita en la GATISO-DERMA se fundamenta en la evidencia obtenida en la búsqueda de artículos (preferiblemente analíticos) en bases de datos, conducida por múltiples preguntas que se relacionaban con la promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de las dermatitis de contacto irritativa y alérgica. El conjunto de artículos fue clasificado de acuerdo con múltiples criterios, entre ellos: - Calidad del artículo. - Tipo de estudio. - Nivel de evidencia que aportaba.

	Los artículos fueron evaluados mediante la aplicación de listas de chequeo, generando así las recomendaciones para el manejo integral de la dermatitis de contacto irritativa y alérgica.
CONCLUSIONES	VENTAJAS Aborda un conjunto de estrategias que permite la identificación y control de los agentes químicos.
	DESVENTAJAS La GATISO-DERMA fue emitida en el año 2008, por lo que la evidencia estudiada no es reciente, lo cual, a hoy en día, podría no generar la misma confianza sobre las variables analizadas en el estudio.
	Los elementos que contempla la GATISO-DERMA se desarrollaron para las dermatitis de contacto alérgica e irritativa, por tanto, no se consideraron otros tipos de dermatitis que se asocian a la exposición ocupacional.

Fuente: Elaboración propia.

Dentro de la revisión bibliográfica realizada se encontraron artículos relacionados con estudios semi-cuantitativos, en estos estudios se observó un desarrollo metodológico estructurado en el cual se tuvo en cuenta otras variables que no fueron ampliamente especificadas en los estudios de características cualitativas descritos anteriormente, entre estas tenemos:

- La frecuencia de exposición.
- Las áreas y superficie de la piel expuestas.
- La transferencia de residuos contaminantes desde las superficies hasta la piel.

De este modo la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos [EPA] (56) brinda una aproximación a la cuantificación de la exposición, en su estudio "Exposure Assessment Tools by Routes - Dermal", mediante la articulación de una serie de herramientas por medio de cálculos asociados a la cantidad de contaminante que puede penetrar a una

membrana homogénea como lo es la piel. Un método de evaluación que contempla el desarrollo de 2 fases mediante la aplicación de la normatividad asociada con la exposición vía dérmica:

Tabla 20. Características de la metodología “Exposure Assessment Tools by Routes - Dermal”

TIPO	SEMI - CUANTITATIVO
DESCRIPCIÓN	El método descrito para la evaluación de la exposición cutánea implica el desarrollo de 2 fases: - El contacto entre el contaminante y el receptor. - La absorción del contaminante en el cuerpo a través de la piel. Para ello caracteriza la exposición y dosis dérmica por medio de la dosis potencial, aplicada, interna y biológicamente efectiva y propone algoritmos para el cálculo de la cantidad de contaminante que penetra por unidad de tiempo para contaminantes inorgánicos y orgánicos en agua, así como el contacto con sólidos.
CONCLUSIONES	VENTAJAS Contempla dentro de sus factores materia de análisis aquellos que afectan la exposición dérmica: - El área de superficie de la piel. - La adherencia dérmica de los sólidos en la piel. - El espesor de la película de los líquidos en la piel. - La transferencia de residuos contaminantes desde las superficies hasta la piel. DESVENTAJAS Articula múltiple normatividad en cada una de las variables o herramientas que se describen en el modelo, por lo cual el modelo no se encuentra consolidado. Hace referencia a las herramientas que se deben considerar, pero no se encuentra aplicado para una población o contaminante en especial, su desarrollo ha sido teórico. El modelo no identifica escenarios ocupacionales para la evaluación de la exposición dérmica por contacto con agentes químicos, sino al contacto de la piel con medios ambientales contaminados (agua, sedimentos, tierra y polvo, principalmente).

Fuente: Elaboración propia.

En estos estudios es posible evidenciar cómo se han tenido en cuenta varios factores que

permiten describir la exposición sin contemplar la peligrosidad de los agentes de origen químico a la que están expuestos los trabajadores en el desarrollo de sus actividades rutinarias y no rutinarias, es por esto que el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo [INSHT], por medio de la Nota Técnica de Prevención [NTP] 897 “Exposición dérmica a sustancias químicas: evaluación y gestión del riesgo” (57), consolida varias metodologías donde es posible cuantificar el nivel de riesgo por exposición vía dérmica frente a sustancias químicas, así:

Tabla 21. Características de la metodología “Exposición dérmica a sustancias químicas: evaluación y gestión del riesgo”

TIPO	SEMI - CUANTITATIVO
DESCRIPCIÓN	Describe la exposición dérmica por medio de 3 métodos de evaluación: - Método COSHH Essentials (Control of Substances Hazardous to Health) desarrollado por el Health Safety Executive (HSE): el cual considera la evaluación y gestión del riesgo por exposición inhalatoria a sustancias químicas, y por medio de unas propuestas incluyen la exposición vía dérmica en la evaluación. - Metodología de evaluación simplificada del riesgo químico. Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS): incluye una evaluación simplificada de los riesgos por inhalación, contacto cutáneo, incendio-explosión e impacto ambiental. En el desarrollo metodológico del método cuantifica variables tales como la superficie del cuerpo expuesta, la frecuencia de contacto para establecer la exposición y la estimación de peligrosidad de la sustancia química por medio de la etiqueta y la ficha de datos de seguridad. - Guía para la evaluación y gestión del riesgo por exposición dérmica laboral, desarrollada en el proyecto Europeo “Risk assessment of occupational dermal exposure” (RISK OF DERM): cuyo método se estima por medio de dos aspectos: la peligrosidad a través de los datos de la Ficha de Datos de Seguridad mediante la identificación de las frases R (risk - riesgo) y frases H (hazard – peligro) o su equivalencia para determinar factores intrínsecos de

	toxicidad relativos a la sustancia; y la exposición, para el cual cuantifica la exposición potencial en cuerpo y manos para determinar así los efectos locales y sistémicos que conllevan a la cualificación de la exposición interna real. La combinación de los resultados permite estimar el riesgo de la exposición dérmica dando origen a recomendaciones que sugieren la implementación de algunas medidas de prevención.
CONCLUSIONES	VENTAJAS La metodología del Instituto Nacional de Investigación y Seguridad (INRS - por sus siglas en el idioma francés) permite estimar y clasificar el riesgo de la exposición cutánea mediante el producto de las variables evaluadas, tomando como base en uno de sus componentes de interpretación para la valoración del peligro, en las frases R de las sustancias químicas. La guía para la evaluación y gestión del riesgo por exposición dérmica laboral (RISK OF DERM) cuenta con una herramienta en Microsoft Excel (Toolkit) para la gestión del riesgo por exposición dérmica. DESVENTAJAS La valoración del peligro de las sustancias químicas en la metodología del INRS tiene un componente para su interpretación en los pictogramas de la Unión Europea, por lo cual la información no estaría adaptada a la normatividad legal vigente en Colombia. El método COSHH no establece ninguna clasificación de la exposición dérmica con la cual evaluar el riesgo, propone estimar cuantitativamente la exposición por otro método o realizar modificaciones a la gestión del riesgo por exposición inhalatoria La guía para la evaluación y gestión del riesgo por exposición dérmica laboral (TOOLKIT) no es aplicable para algunas sustancias y sus resultados pueden no ser válidos

Fuente: Elaboración propia.

En "Comparison of Fluorescence and Rinsing Methods for Assessing Dermal Exposure" realizado por Roff M y colaboradores (58), quienes aplicaron pruebas técnicas para establecer la eficiencia o especificidad de un método frente al otro a la hora de evaluar la exposición por vía dérmica. A continuación se relacionan las características que se analizaron en el estudio:

Tabla 22. Características del estudio “Comparison of Fluorescence and Rinsing Methods for Assessing Dermal Exposure”

TIPO	SEMI – CUANTITATIVO
DESCRIPCIÓN	Existen varios métodos para estimar la contaminación dérmica, los métodos de "exposición potencial", como el parche y el muestreo de traje de cuerpo entero, interceptan el contaminante antes de que llegue a la piel. Las mediciones de "exposición real" recuperan el contaminante de la piel al limpiarlo, eliminarlo o enjuagarlo, o, en el caso de la monitorización del colorante trazador fluorescente, evaluarlo in situ en la piel. Se realizó un trabajo comparativo entre dos técnicas para evaluar la contaminación dérmica que fueron: (1) monitoreo de la fluorescencia de un tinte marcador in situ en la piel, usando luz ultravioleta y una cámara de video conectada a un procesador de imagen; (2) enjuague de la piel para recuperar una sal trazadora de metal para su posterior análisis en solución. Se concluye que el método de fluorescencia es más específico, porque puede concentrarse en pequeñas áreas de contaminación, mientras que una técnica de lavado debe ser de toda el área de la piel sin tener en cuenta las partes afectadas.
CONCLUSIONES	VENTAJAS - Método de exposición potencial: La mayoría de los productos químicos se pueden extraer del material de las almohadillas de manera muy eficiente. - Método de exposición real (técnicas de lavado, enjuague, limpieza y pelado de cinta): Las técnicas de lavado, enjuague, limpieza y pelado de cinta son alternativas útiles a los posibles métodos, se pueden usar para recuperar los peligros o trazadores directamente de las áreas de la piel para su posterior análisis en solución. - Métodos de fluorescencia (exposición real): es particularmente adecuado para la comparación directa con los métodos de extracción porque se puede aislar en las fotografías un área exacta de la piel. DESVENTAJAS - Método de exposición potencial: las eficiencias de muestreo de los materiales del parche en relación con la piel son en gran medida desconocidos. - Método de exposición real (técnicas de lavado, enjuague, limpieza y pelado de cinta): se debe permitir la eficiencia de eliminación de la piel. - Métodos de fluorescencia (exposición real): dificultades técnicas, falta percibida de validación.

Fuente: Elaboración propia.

En "Effectiveness of Personal Protective Equipment: Relevance of Dermal and Inhalation Exposure to Chlorpyrifos Among Pest Control Operators" escrito por Jagt Kvd y colaboradores (59), en su estudio aplicaron pruebas técnicas con exposición a pesticidas evidenciando cualitativamente una reducción en la concentración de la sustancia en la piel al usar ropa de protección química:

Tabla 23. Características del estudio “Effectiveness of Personal Protective Equipment: Relevance of Dermal and Inhalation Exposure to Chlorpyrifos Among Pest Control Operators”

TIPO	SEMI - CUANTITATIVO
DESCRIPCION	En función de la exposición dérmica, el estudio plantea un estudio basado en la colocación de parches de absorción directamente en el cuerpo del trabajador. Se hace una primera jornada de exposición a pesticidas en el cual se realiza una medición de referencia y posteriormente se aplica una técnica de intervención y se realiza una segunda medición de comparación. En la segunda fase de mediciones (posterior a la intervención se analizó la ropa de protección suministrada a los trabajadores junto con los parches de absorción).
CONCLUSIONES	VENTAJAS Se pudo evidenciar una disminución en las concentraciones de pesticidas encontradas en la ropa de trabajo analizada y los parches de absorción puestos sobre la piel de los trabajadores objetos del estudio. DESVENTAJAS Se evidenció que la cantidad de pesticida a la cual estuvieron expuestos los trabajadores durante la medición de referencia fue considerablemente más alta que la medición de comparación.

Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, la Organización Mundial de la Salud al analizar la exposición dérmica, evidencia diversidad de información tanto en metodologías como en herramientas, motivo por el cual en el libro “Dermal exposure” (60) consolida varios modelos y herramientas encontrando que muchas aunque coinciden en la definición de varios de sus determinantes

(variables) de exposición, difieren en su forma de estimación de la exposición. Dentro de los estudios consolidados en el libro, se destacan los siguientes:

Tabla 24. Características del estudio – Métodos para la Evaluación de la Exposición por Vía Dérmica propuestos por la Organización Mundial de la Salud

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
DREAM (Dermal Exposure Assessment Method)	Es un método semi-cuantitativo que evalúa la exposición cutánea por medio de un cuestionario que incluye los determinantes (variables) de exposición para ser aplicados por un higienista posterior a la clasificación de tareas y puestos de trabajo, para luego evaluar la exposición dérmica en 9 partes del cuerpo por medio de la aplicación de algoritmos clasificados de acuerdo con los siguientes módulos: • Exposición, agente y tareas. • Trabajo, departamento.
DERM (Dermal Exposure Ranking Method)	El modelo DERM fue creado para determinar las variables responsables de la exposición dérmica en agricultores por la aplicación de pesticidas. Para ello aplican un formulario cuyas variables se clasifican en 3 factores: • Área de exposición cutánea. • Mecanismo de transporte a la piel. • Factor de protección de la ropa. A cada una de las variables asociadas a cada factor se le asigna un valor de acuerdo con unas escalas definidas para establecer una estimación numérica de exposición dérmica.
EASE (Estimation and Assessment of Substance Exposure)	EASE fue un modelo diseñado a principios de los años 90 para predecir la exposición a sustancias peligrosas para la salud principalmente, en estado líquido, gas / vapor sólida, que en la actualidad el Reglamento REACH no lo recomienda para su uso. La importancia del método EASE radica en que fue base para modelos actuales, su construcción se realizó bajo un modelo de árbol de decisiones, el cual contempló la estimación de las siguientes variables: • El estado físico (líquido, gas / vapor sólida). • El patrón de uso. • El patrón de control. • El nivel de contacto por día.
MEASE (Metals EASE)	El modelo MEASE fue constituido con el objetivo de estimar la exposición a metales y sustancias inorgánicas. Fue precedido por EASE por lo que su concepción es muy afín, es decir que para valorar la exposición usa las siguientes variables: • Forma física (sólidos con rangos para polvos, solución acuosa, líquido, gaseoso)

	• Patrón de uso • Patrón de control de la exposición • Nivel de contacto por día
ECETOC TRA (European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals - Targeted Risk Assessment)	Este modelo, al igual que el MEASE, fue constituido con base en el método EASE. ECETOC TRA contiene 3 evaluaciones para estimar la exposición (trabajo, consumo y medio ambiente). El propósito de este método asociado al trabajo, consiste en identificar las sustancias que requieren una evaluación más detallada de la exposición. Para ello, administra la exposición dérmica de acuerdo con los PROC (categorías de procesos definida por la European Chemicals Agency [ECHA]) a los cuales se les asigna un valor de carga de exposición. La herramienta articula otros parámetros que pueden influir en la estimación de la exposición, como lo son: • Presencia de ventilación local de escape. • Concentración de la sustancia y duración del proceso. • Elementos de protección personal.
BEAT (Bayesian Exposure Assessment Tool)	Beat desarrolló una herramienta que permite medir los datos de exposición referente a biocidas, a la cual confluye la información de otras bases de datos o herramientas, mediante la definición, entre otras, de las siguientes variables: • Características del producto. • Información de la exposición específica de la tarea. • Detalles sobre el entorno laboral. • Medidas de control.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizada la lectura y el análisis de los artículos anteriormente descritos es importante establecer las variables que se lograron identificar en sus contenidos y como la relación que éstas tienen permiten el acercamiento a una metodología de evaluación del riesgo al contacto con agentes químicos por la vía dérmica.

Como primer dato relevante se puede definir que no se encontró una metodología cuantitativa para la evaluación del riesgo al contacto con agentes químicos por la vía dérmica. Todos los documentos que fueron sometidos a esta revisión plantean metodologías bien sea cualitativas o semi-cuantitativas que pueden evaluar y estimar el riesgo a partir de la percepción de un grupo de trabajadores o a partir de la valoración subjetiva de un conjunto

de eventos mediante la asignación de valores numéricos, como se puede evidenciar en la siguiente tabla:

Tabla 25. Comparación de estudios asociados a metodologías de evaluación a la exposición dérmica

ESTUDIO	TIPO			PRINCIPALES HERRAMIENTAS EMPLEADAS
	CUALITATIVO	SEMI - CUANTITATIVO	CUANTITATIVO	
Comparison of Fluorescence and Rinsing Methods for Assessing Dermal Exposure	X	-	-	Prueba técnica: Comparación entre métodos de exposición potencial y de exposición real
Effectiveness of Personal Protective Equipment: Relevance of Dermal and Inhalation Exposure to Chlorpyrifos Among Pest Control Operators	X	-	-	Prueba técnica: Mediciones de comparación en 2 fases mediante el uso de parches de absorción.
Dermal Exposure: How to Get Information	X	-	-	Cuestionario y entrevista: Descripción y clasificación de las situaciones de exposición dérmica de acuerdo con criterios tales como: Lugar de trabajo, EPP, productos usados, tareas, entre otros.
Survey Assessment of Worker Dermal Exposure and Underlying Behavioral Determinants	X	-	-	Encuesta y entrevista: Descripción y clasificación de las situaciones de exposición dérmica, de acuerdo criterios tales como: frecuencia de uso recomendado de EPP, frecuencia de lavado de manos, entrenamiento, conocimiento, comportamiento, entre otros.
Exposure Assessment Tools by Routes – Dermal	-	X	-	Reseña teórica de método: Descripción de la evaluación de la exposición cutánea mediante aspectos tales como el contacto entre el contaminante y el receptor, y la

ESTUDIO	TIPO			PRINCIPALES HERRAMIENTAS EMPLEADAS
	CUALITATIVO	SEMI - CUANTITATIVO	CUANTITATIVO	
				absorción del contaminante en el cuerpo a través de la piel.
Exposición dérmica a sustancias químicas: evaluación y gestión del riesgo	-	X	-	Reseña teórica de métodos: Descripción de la evaluación y gestión de riesgos por medio de los métodos: COSHH Essentials del Health Safety Executive (HSE), Toolkit de Risk assessment of occupational dermal exposure (RISKOFDERM) y Metodología de evaluación simplificada del riesgo químico del INRS.
Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Dermatitis de Contacto Ocupacional [GATISO-DERMA]	X	-	-	Reseña teórica de métodos: Análisis de artículos para generar recomendaciones asociadas con la promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de las dermatitis de contacto irritativa y alérgica, el cual contempla la identificación y control de los agentes químicos.
Modelos propuestos por la Organización Mundial de la Salud. (INTERNATIONAL PROGRAMME ON CHEMICAL SAFETY – IPCS)	-	X	-	Metodología: Métodos de evaluación semi-cuantitativos que a partir de criterios de observación permiten la clasificación en tablas de valor y asignan una calificación del riesgo.

Fuente: Elaboración propia.

Se evidenció un conjunto de variables que fueron tenidas en cuenta en cada una de las metodologías planteadas y que permitieron estructurar el desarrollo de las mismas, esto en función del tipo de método, es decir si es cualitativo o semi - cuantitativo.

Para los métodos cualitativos analizados, se identificó que como técnica de recolección de datos se emplearon cuestionarios en la modalidad de entrevista a los trabajadores y dentro de éstos las variables empleadas permitieron recoger información relacionada con:

- Productos manejados.
- Descripción de la piel.
- Contacto: Tiempo, duración, extensión, frecuencia, localización.
- Uso de EPP.
- Hábitos de aseo personal.

En cuanto a los métodos semi – cuantitativos dentro de las variables más frecuentes se encontraron:

- Área de la piel expuesta.
- Frecuencia del contacto con el agente químico.
- Características físicas de la sustancia.
- Controles aplicados.

Dentro de los métodos semi – cuantitativos se evidenció el uso de parches de absorción de sustancias químicas empleados en ejercicios de exposición pre y post control.

Esta comparación de estudios y/o metodologías permite concluir que para su construcción se desarrollaron varias estrategias cuyo origen es el reconocimiento de los agentes, como una identificación de los peligros en materia de exposición a agentes químicos por contacto con la vía dérmica a los cuales se exponen los trabajadores en sus lugares de trabajo.

La estructura de RISK OF DERM, es muy similar a la de las otras metodologías simplificadas de evaluación del riesgo por exposición a agentes químicos, estima por un lado la peligrosidad, fundamentalmente a través de los datos de la Ficha de Datos de Seguridad (FDS), y por otro la exposición, combinando los resultados para la estimación del riesgo y la recomendación de una serie de medidas preventivas.

Para el desarrollo de la aplicación objeto de este trabajo se ha definido el uso de la metodología propuesta por RISK OF DERM (referencia de la metodología) dado que esta metodología es exclusiva para estimar la exposición por la vía dérmica y no evalúa otras variables que para efectos de este trabajo no serían relevantes.

La estructura de esta metodología es clara y de fácil uso, además permite realizar la estimación de la exposición potencial de los segmentos del cuerpo de manera separada gracias a la predeterminación de diferentes escenarios de operaciones o tareas de exposición dérmica, de esta manera el modelo orienta al usuario acerca de los intervalos en los que deben estar los valores de entrada y así evitar el resultado de exposiciones que carezcan de lógica en términos del nivel de contaminación que la piel pueda retener.

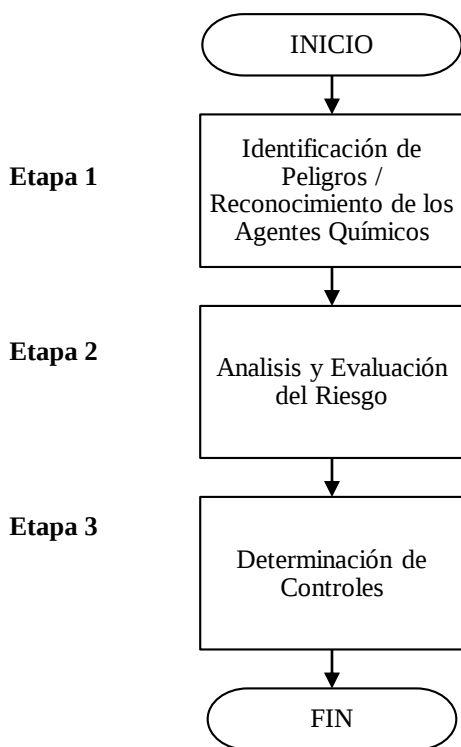
Adicional a estos factores que fueron determinantes para la selección del método, durante el proceso de análisis se pudo evidenciar que el método RISK OF DERM contempla las variables comunes entre los métodos, dentro de las cuales se pueden enumerar:

- Ventilación.
- Frecuencia del contacto con el contaminante.
- Intensidad del contacto con el contaminante.
- Duración de la tarea.

- Características físico-químicas del producto.
- Características de la aplicación y/o uso del producto.

Una vez realizada esta identificación es necesario analizar y evaluar el riesgo teniendo en cuenta las variables definidas en cada una de las variables en común o recurrentes, para finalmente establecer los controles a implementar en función de la selección de guantes y ropa de protección personal para la exposición a agentes químicos y la exposición por la vía dérmica. Las etapas descritas anteriormente se pueden evidenciar en la siguiente figura:

Figura 10. *Etapas de la evaluación de la exposición ocupacional a sustancias químicas por la vía dérmica*



Fuente: Elaboración propia.

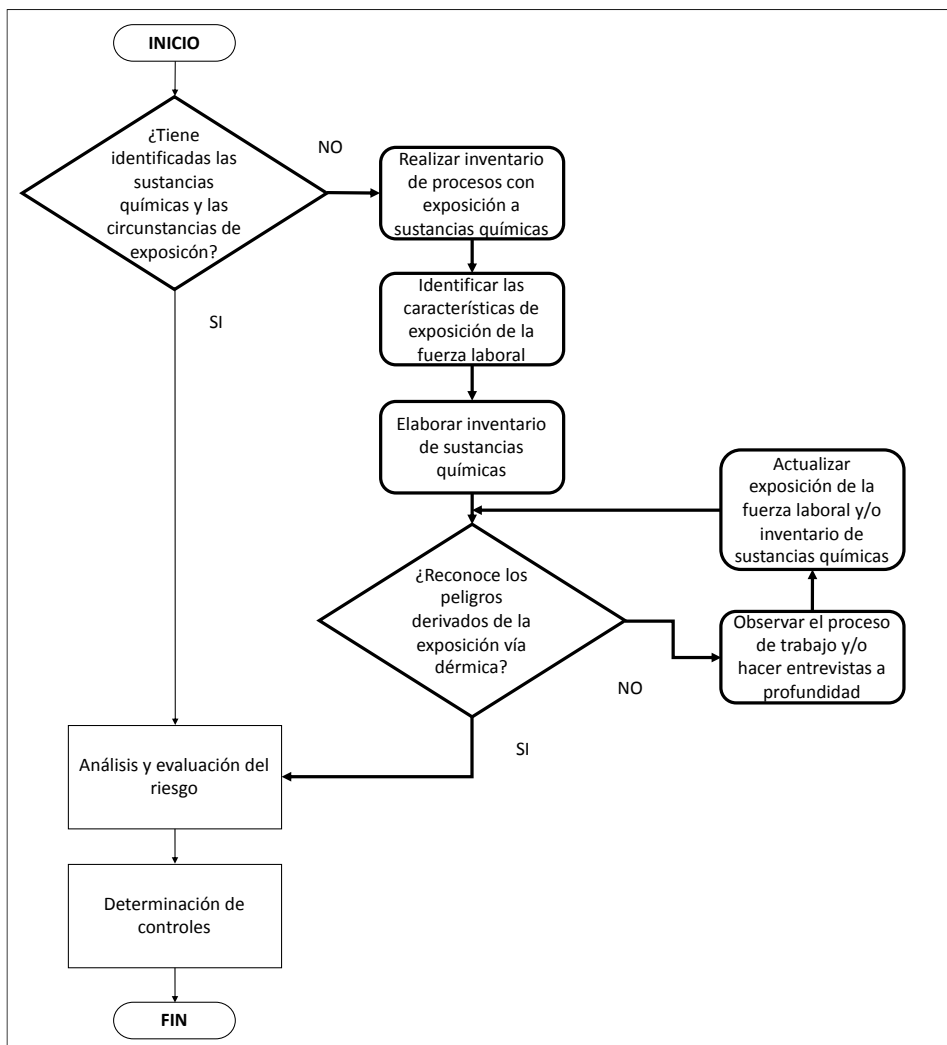
9.1.1 Etapa 1 - Identificación de Peligros / Reconocimiento de los Agentes Químicos:

Esta primera etapa consiste en la identificación y reconocimiento de todas las sustancias químicas con las que interactúan los trabajadores en los lugares de trabajo ya sea como un insumo, materia prima, producto en proceso, producto terminado y/o residuos en cualquiera de las etapas que se incurren en la ejecución de los diferentes procesos de la empresa, así como el conjunto de factores que caracterizan la exposición dérmica de la población trabajadora.

Para lograr una estrategia que permita caracterizar los factores mencionados anteriormente, las sustancias químicas deben ser reconocidas durante todo el ciclo de vida de su utilización en los procesos de la empresa, y el resultado de ésta debe responder como mínimo a las siguientes preguntas: ¿qué procesos y operaciones o tareas presentan un potencial significativo de exposición de trabajadores a agentes químicos?, ¿cuáles son los agentes químicos en el lugar de trabajo?, ¿qué efectos sobre la salud están asociados con las exposiciones a los agentes químicos?, ¿cómo se emplea u organiza la fuerza laboral?, entre otras.

Esta identificación de los peligros y reconocimiento de los agentes químicos con exposición ocupacional por la vía dérmica, requiere la realización visitas de observación acompañada de entrevistas a trabajadores, supervisores, directores, personal de Seguridad y Salud en el trabajo, entre otros, para la aplicación de las acciones descritas en el siguiente diagrama:

Figura 11. Evaluación de la exposición ocupacional a sustancias químicas por la vía dérmica: Identificación y reconocimiento de agentes químicos en el trabajo



Fuente: Elaboración propia.

9.1.1.1 Inventario de procesos con exposición a sustancias químicas:

El reconocimiento y determinación de cada uno de los procesos que se desarrollan en la empresa en los cuales se produce una exposición a sustancias químicas es una de las etapas más sensibles que hace parte de la caracterización básica en los lugares de trabajo, en este aspecto, es válida la aplicación de estrategias para recolección de información por medio de visitas a los lugares de trabajo, realización de entrevistas y aplicación de encuestas, revisión

documental de procedimientos del proceso, diagramas de flujo, etc.

Para el desarrollo de esta fase se propone el uso del formato **Anexo 1** «Inventario de procesos» en el que se identifican aspectos referentes a los procesos y lugares de trabajo, por medio de los siguientes elementos:

- Operaciones o actividades que constituyen el proceso.
- Principales entradas y salidas de los procesos.
- Descripción de los lugares de trabajo.
- Sustancias químicas usadas en el o los lugares de trabajo.
- Medidas de control implementadas.
- Factores que afecten el potencial de exposición por la vía dérmica:
 - Actividades con manejo directo de la sustancia química.
 - Identificación de materiales que pueden estar contaminados.
 - Superficies, equipos y/o herramientas de trabajo contaminados.
 - Manejo de los elementos de protección personal.
 - Lugares de disposición de los contaminantes.
 - Trabajadores expuestos.

9.1.1.2 Identificación de las características de exposición de la fuerza laboral

En esta fase de la etapa de identificación de los peligros y reconocimiento de los agentes químicos, es necesario determinar las características de exposición a sustancias químicas por parte de la población trabajadora, esto hace necesario que se deban especificar con claridad las siguientes variables:

- Relaciones laborales.

- Actividad laboral designada.
- Sustancias químicas usadas.
- Características de la exposición dérmica.

En cuanto a la primera de ellas, se deben identificar las condiciones organizacionales o administrativas de cada uno de los trabajadores expuestos a sustancias químicas en cualquiera de los procesos desarrollados por la empresa, esto incluye aspectos tales como las características de vinculación laboral, horarios de trabajo, turnos, antigüedad desempeñado las actividades, etc.

En la actividad laboral designada se describen los aspectos propios de los roles y funciones que desarrolla el trabajador, así como el o los procesos en los que participa y el o las áreas en donde se desempeña.

Posteriormente, se relacionan las sustancias químicas que son empleadas por el trabajador en la ejecución de sus actividades y se describen las características del uso de dichas sustancias, teniendo en cuenta factores tales como: estado, tiempo de exposición, características del espacio y posición de trabajo, entre otras.

En las características de exposición por vía dérmica se identifican las partes del cuerpo expuestas y los elementos de protección personal que usa el trabajador en la ejecución de las actividades que generan la exposición.

Esta información permite agrupar a los trabajadores cuyos perfiles de exposición a las sustancias químicas por vía dérmica se asemejan en magnitud y frecuencia, además presentan comparten los procesos, actividades y tareas que desempeñan. Esta asociación permite establecer los Grupos de Exposición Similar [GES] en la empresa.

En esta fase se desarrolló una herramienta compuesta por el formato **Anexo 2** «Recolección de datos de trabajadores expuestos a sustancias químicas», el cual aborda las variables anteriormente descritas y una estructura para establecer los grupos de exposición similar en la empresa.

9.1.1.3 Elaborar inventario de sustancias químicas:

De manera complementaria a las fases anteriores, se debe recopilar la información de las sustancias químicas presentes en los lugares de trabajo y que pueden llegar a generar un riesgo para la salud y/o seguridad de la población trabajadora; para ello es necesario en cada proceso, desde los procesos de compras, transporte, almacenamiento, producción y/o disposición final, identificar todas y cada una de las sustancias químicas necesarias para la ejecución de los procesos desarrollados en la empresa.

La información básica que se requiere para describir cada una de las sustancias químicas listadas se encuentra en la Ficha de Datos de Seguridad [FDS] de cada sustancia, las cuales deben dar cumplimiento a los siguientes factores:

- Ser suministrada por el fabricante y/o proveedor
- Deben ser validadas
- Contener las secciones establecidas en la NTC 4435 de 2010 y demás normas complementarias.

De las fichas de datos de seguridad se abstrae información muy sensible que da origen al inventario, sobre el cual se pueden relacionar aspectos tales como la identificación, componentes y sus propiedades físicas y químicas, para ser complementados posteriormente con las características de la exposición por la vía dérmica y los principales efectos sobre la

salud por el contacto con la piel.

El primer criterio por considerar en la caracterización básica del inventario es reconocer que sustancias se usan, las características físicas y químicas de cada una de estas sustancias y el lugar en donde se usan. Esta descripción es conveniente hacerla mediante la identificación y definición de los siguientes factores:

Tabla 26. Aspectos generales de las sustancias químicas para el inventario

Identificación y componentes	Propiedades físico químicas	Utilización
• Nombre del producto • Número CAS [Chemical Abstracts Service] de la sustancia • Componentes • Rangos de concentración de los componentes • Número CAS componentes • Proveedor	• Estado • Color • pH • Solubilidad • Peso Molecular • Punto de fusión • Punto de ebullición • Punto de auto ignición • Presión de vapor • Densidad de vapor • Densidad relativa	• Área • Proceso • Actividad • Tarea • % dilución en agua

Fuente: Elaboración propia.

El segundo criterio por describir es la caracterización asociada con la exposición por la vía dérmica derivada de la utilización de las sustancias químicas en el lugar de trabajo desde un punto de vista de seguridad, que se asocia principalmente a la entrada de éstas al organismo por la vía dérmica, en este aspecto se incluyen factores tales como:

- **Identificación de peligrosidad:**
 - Grupo Sistema Globalmente Armonizado
 - TLV-TWA
 - TLV-STEL

- Información de Riesgo (Frases R)
- Indicadores de Peligro (Frases H)

- **Descripción de la exposición:**

- Vía de entrada dérmica
- Horas / día de exposición
- Tipo ropa de protección
- Tipo guantes de protección
- Efectos en la salud

- **Partes del cuerpo expuestas:**

- Superficie pequeña
- Una mano o menos
- Dos manos
- Antebrazos
- Brazos
- Cara
- Resto de la cabeza
- Nuca
- Cuello
- Tórax
- Espalda
- Parte superior de las piernas
- Parte inferior de las piernas

- Pies

Para la aplicación de esta fase, se desarrolló la herramienta **Anexo 3** «Inventario de sustancias químicas» la cual contempla la caracterización de las sustancias químicas usadas en los lugares de trabajo que se asocian con la exposición por la vía dérmica.

9.1.2 Etapa 2 – Evaluación del riesgo con el método seleccionado / uso de la metodología seleccionada:

Una vez se ha desarrollado la primera etapa en la que se realiza la identificación de peligros mediante el reconocimiento de los agentes químicos con los que pueden interactuar los trabajadores en su entorno laboral se hace necesario realizar la evaluación del riesgo a la exposición a sustancias químicas por contacto con la vía dérmica.

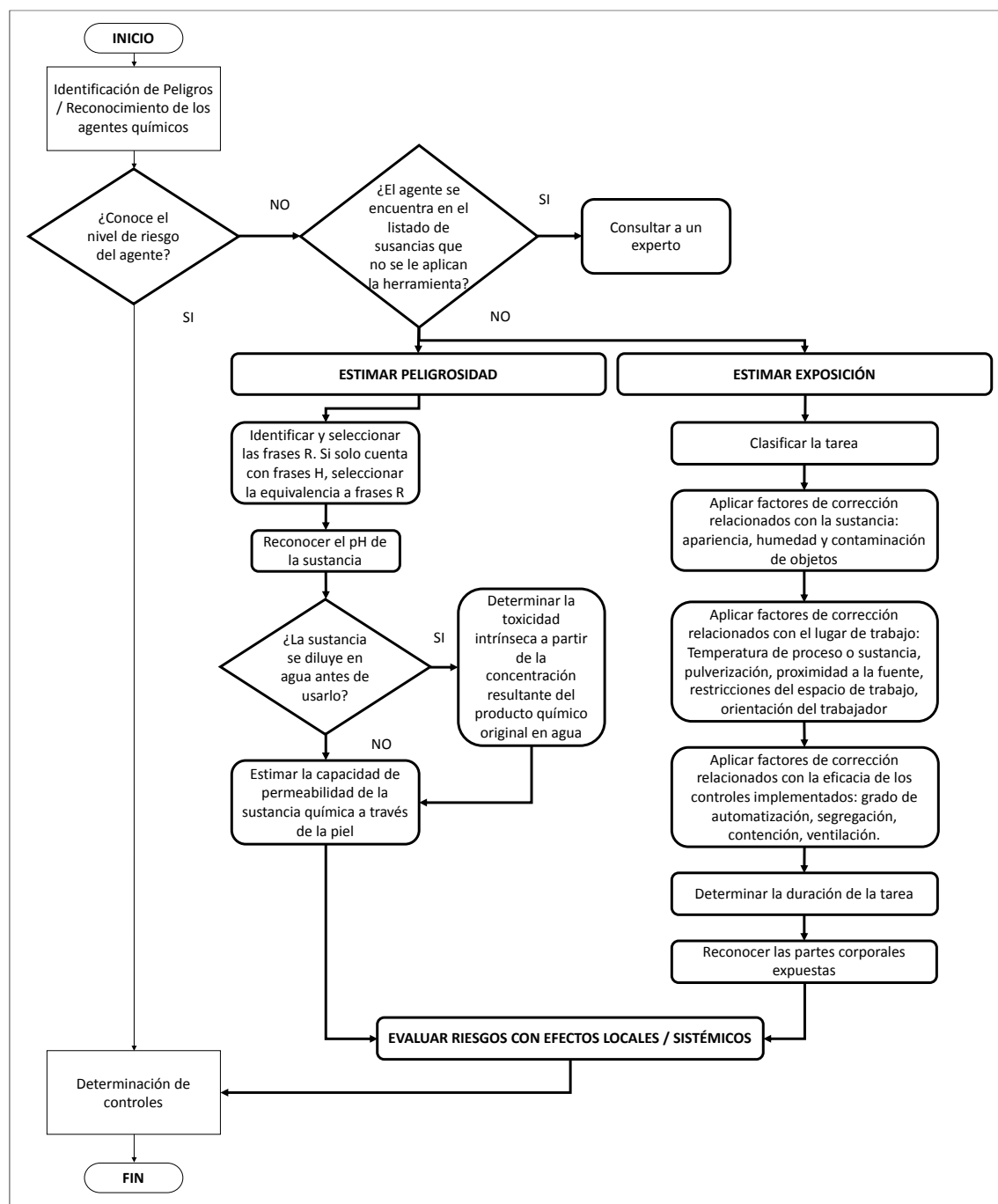
Después de realizada una exhaustiva búsqueda y análisis de los métodos diseñados para evaluar el riesgo de la exposición a sustancias por contacto con la vía dérmica, se ha definido hacer uso de la metodología propuesta por RISK OF DERM mediante la herramienta Toolkit Risk of Derm, la cual a través de un ciclo secuencial de preguntas que permite estimar el grado de peligrosidad y la exposición va asignando puntuaciones que dan como resultado final una valoración del riesgo en términos de riesgo para la salud bien sea para sustancias con efectos locales en la salud y para sustancias con efectos sistémicos.

Una vez se han conjugado en esta evaluación los factores de peligrosidad de las sustancias y las características de la exposición la herramienta permite evaluar la eficacia de los controles existentes y propone la aplicación de nuevos controles en los niveles de control por sustitución, control por medidas técnicas, control por medidas organizativas y control por

protección personal.

El desarrollo de esta etapa y el ciclo que la estructura se describe en el siguiente diagrama:

Figura 12. Evaluación del riesgo con el método seleccionado



Fuente: Elaboración propia.

La lógica de la herramienta seleccionada para la evaluación del riesgo a la exposición a sustancias químicas por contacto con la vía dérmica permite hacer una descripción básica de las características de la exposición basándose en la información obtenida en la Etapa 1 «Identificación de peligros / Reconocimiento de los agentes químicos», para dar lugar a la fase de estimación del peligro y evaluación de la exposición, para pasar a la fase de eficiencia de los controles existentes y así poder definir un puntaje de riesgo para la salud que podrá estar expresado en categorías de insignificante, bajo, moderado, alto, muy alto y extremo.

La metodología del Toolkit Risk of Derm se puede explicada en la siguiente tabla:

Tabla 27. Procedimiento para la aplicación del Toolkit Risk of Derm

PREGUNTAS GENERALES			
ETAPA DE LA EVALUACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA	RESULTADO	RUTA
Pregunta G1	Escriba la identificación de la situación de trabajo investigada	No Aplica	Vaya a Pregunta G2 (Preguntas Generales)
Pregunta G2	Escriba el nombre del producto en uso	No Aplica	Vaya a Pregunta G3 (Preguntas Generales)
Pregunta G3	En la Hoja de Datos de Seguridad (sección 2 y 8) busque los nombres químicos de los ingredientes y compare la información con Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla A «Sustancias peligrosas a las que no se debe aplicar el Toolkit Risk of Derm»	Si la información de la Hoja de Datos de Seguridad coincide con los datos del Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla A «Sustancias peligrosas a las que no se debe aplicar el Toolkit Risk of Derm»	NO aplique el Toolkit Risk of Derm
		Si la información de la Hoja de Datos de Seguridad NO coincide con los datos del Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla A «Sustancias peligrosas a las que no se debe aplicar el Toolkit Risk of Derm»	Vaya a Pregunta H1 (Preguntas sobre Peligro)
PREGUNTAS SOBRE PELIGRO			
ETAPA DE LA EVALUACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA	RESULTADO	RUTA

Pregunta H1	a) Lea todas las frases R de la etiqueta o de la hoja de datos de seguridad (sección 3). Lea también las figuras individuales de combinaciones de frases R, si corresponde. Marque todas las casillas correspondientes tanto en el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla B «Puntuaciones de toxicidad intrínseca (para sustancias con efectos locales sobre la salud: propiedades dañinas para la piel, cancerígenas o sensibilizantes)» como en el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla C «Puntuaciones por toxicidad intrínseca IT (para sustancias con efectos sistémicos sobre la salud después de la absorción percutánea)». b) Lea el valor de pH si se proporciona en la sección 9 de la Hoja de datos de seguridad. Marque la casilla correspondiente en el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla B «Puntuaciones de toxicidad intrínseca (para sustancias con efectos locales sobre la salud: propiedades dañinas para la piel, cancerígenas o sensibilizantes)» si el valor de pH es igual o inferior a 2, o igual o superior a 11,5.	Asigna dos puntajes de toxicidad intrínseca IT, uno para efectos locales (ITL) y otro para efectos sistémicos (ITS).	Vaya a Pregunta H2 (Preguntas sobre Peligro)
		Si la respuesta es "NO SÉ": el kit de herramientas detiene el procedimiento y recomienda al usuario que proporcione al menos esta información muy básica.	Reúna la información necesaria para continuar aplicando el Toolkit Risk of Derm
Pregunta H2	Responda ¿El producto está diluido con agua antes de su uso?	Si la respuesta es SI, marque todas las casillas del Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla D «Puntuaciones de toxicidad intrínseca (para sustancias que se diluyen	Vaya a Pregunta H3 (Preguntas sobre Peligro)

		con agua)» El Toolkit Risk of Derm reasigna la puntuación de la toxicidad intrínseca para efectos locales (ITL).	
		Si la respuesta es NO	Vaya a Pregunta H3 (Preguntas sobre Peligro)
Pregunta H3	Investigue los elementos de Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla E «Verificación de plausibilidad de los datos sobre toxicidad intrínseca (para sustancias con efectos locales en la salud)» y el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla F «Verificación de plausibilidad de los datos sobre toxicidad intrínseca (para sustancias con efectos sistémicos sobre la salud)»	Marque todos los datos que sean relevantes. El Toolkit Risk of Derm reasigna la puntuación de la toxicidad intrínseca para efectos locales (ITL).	Vaya a Pregunta H4 (Preguntas sobre Peligro)
		Ninguno dato es relevante	Vaya a Pregunta H4 (Preguntas sobre Peligro)
Pregunta H4	Verifique la siguiente información. Esta le permitirá estimar la disponibilidad de absorción a través de la piel: •¿Es el químico en cuestión un sólido o polvo? •¿Es el químico en cuestión un gas? Si el químico en cuestión es un líquido, lea la sección 9 de la Hoja de Datos de Seguridad •¿Está la partición octanol / agua por debajo de -1? •¿La partición octanol / agua es superior a 5? •¿Es el peso molecular superior a > 500? •¿La permeabilidad de la piel es constante por debajo de <0,0001?	Si alguna de estas preguntas tiene una respuesta afirmativa, responda SI a esta pregunta. El Toolkit Risk of Derm reasigna la puntuación de la toxicidad intrínseca para efectos sistémicos (ITS) en el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla G «Reducción de la toxicidad intrínseca por baja disponibilidad (para sustancias con efectos sistémicos para la salud)» Renombra el puntaje de la toxicidad intrínseca para efectos sistémicos (ITS) corregido como HSS puntaje de riesgo (sistémico).	Vaya a Pregunta H5 (Preguntas sobre Peligro)

		Renombra el puntaje de la toxicidad intrínseca para efectos locales (ITL) corregido como HSL puntaje de riesgo (local).	
		Si ninguna de estas preguntas tiene una respuesta afirmativa.	Vaya a Pregunta H5 (Preguntas sobre Peligro)
Pregunta H5	¿Desea evaluar el peligro de un químico solo, sin tratar con la exposición?	Si la respuesta es NO	Vaya a Pregunta H6 (Preguntas sobre Peligro)
		En caso afirmativo, los resultados se leen del Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla H «Puntajes de peligro: recomendaciones dadas al usuario» y se entregan al usuario por separado para efectos locales y sistémicos.	Vaya a Pregunta H6 (Preguntas sobre Peligro)
Pregunta H6	¿Desea comparar el peligro de dos productos químicos sin tratar con la exposición?	Si la respuesta es NO	Vaya a Pregunta E1 (Preguntas sobre Exposición)
		En caso afirmativo ejecute el Toolkit Risk of Derm para dos productos químicos por separado y escriba los puntajes de peligro (local) y los puntajes de peligro (sistémico). Los resultados se leen en el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla I «Comparación de puntajes de peligro: recomendaciones dadas al usuario» y se entregan al usuario, por separado, para efectos locales y sistémicos.	Vaya a Pregunta E1 (Preguntas sobre Exposición)
PREGUNTAS SOBRE EXPOSICIÓN			
ETAPA DE LA EVALUACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA	RESULTADO	RUTA
Pregunta E1	Del Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla	El Toolkit Risk of Derm Asigna las tasas de exposición potencial por	Vaya a Pregunta E2 (Preguntas sobre Exposición)

	J «Valores de exposición predeterminados por grupo de tareas» seleccione la condición que mejor se adapte a la situación laboral bajo investigación. El kit de herramientas necesita solo una selección hecha por usted.	defecto DEP_{BODY} y DEP_{HANDS} siguiendo el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla J «Valores de exposición predeterminados por grupo de tareas» El Toolkit Risk of Derm asigna los factores de contribución del Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla K «Contribuciones relativas a la exposición dérmica de cada ruta»
Pregunta E2	De una lista de descripciones adicionales de la situación laboral bajo investigación, seleccione las descripciones que mejor se ajusten en el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla L «Factores de corrección para modificadores relacionados con sustancias», Tabla M «Factores de corrección para modificadores relacionados con el lugar de trabajo» y la Tabla N «Factores de corrección para modificadores relacionados con el control». Si algún elemento no es relevante, no marque en esos campos.	El Toolkit Risk of Derm asigna los factores modificadores MF_{DC}, MF_{SC} y MF_{DEP} siguiendo el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla L «Factores de corrección para modificadores relacionados con sustancias», Tabla M «Factores de corrección para modificadores relacionados con el lugar de trabajo» y la Tabla N «Factores de corrección para modificadores relacionados con el control». El Toolkit Risk of Derm Asigna las tasas de exposición potencial modificadas y específicas del lugar de trabajo PER_{BODY} y PER_{HANDS} aplicando los factores modificadores del el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla L «Factores de

Vaya a Pregunta E3
(Preguntas sobre Exposición)

corrección para modificadores relacionados con sustancias», Tabla M «Factores de corrección para modificadores relacionados con el lugar de trabajo» y la Tabla N «Factores de corrección para modificadores relacionados con el control» a los valores predeterminados en el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla J «Valores de exposición predeterminados por grupo de tareas». El Toolkit Risk of Derm asigna puntajes cualitativos a las tasas de exposición potencial específicas del lugar de trabajo PER_{BODY} y PER_{HANDS} según el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla O «Calificación cualitativa de las tasas de exposición dérmica». El Toolkit Risk of Derm asigna las tasas de exposición reales AER_{BODY} y AER_{HANDS} siguiendo el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla P «Transformación del potencial en tasa de exposición cutánea real».			
Pregunta E3	De la siguiente lista señale cual es la descripción que mejor se adapta al tiempo de duración típico de la situación laboral bajo investigación	El Toolkit Risk of Derm asigna los puntajes del tiempo de actividad (AT) y los puntajes de exposición real (DEA) según el	Vaya a Pregunta E4 (Preguntas sobre Exposición)

	Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla Q «Puntuaciones por tiempo de actividad AT (para sustancias con efectos locales en la salud)» y la Tabla R «Puntajes por dosis de exposición real DEA (para sustancias con efectos locales en la salud)». El Toolkit Risk of Derm asigna los puntajes del tiempo de actividad (AT) y los puntajes de exposición real (DEA) según el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla S «Puntuaciones por tiempo de actividad AT (para sustancias con efectos sistémicos sobre la salud después de la absorción percutánea)» y la Tabla T «Puntajes para la dosis de exposición real DEA (para sustancias con efectos sistémicos sobre la salud después de la absorción percutánea)».
Pregunta E4 De la lista del Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla U «Partes del cuerpo y exposición típica» marque las descripciones que mejor se ajusten a la situación laboral bajo investigación.	El Toolkit Risk of Derm asigna el EBA del área corporal expuesta en cm² siguiendo el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla U «Partes del cuerpo y exposición típica». El Toolkit Risk of Derm asigna las puntuaciones del área corporal expuesta (EBA) siguiendo el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla V «Puntajes para el El Toolkit Risk of Derm emite un Informe al Usuario.

área corporal expuesta
EBA (para sustancias con
efectos locales en la
salud)», y la **Tabla W**
«Puntajes para el área
corporal expuesta EBA
(para sustancias con
efectos sistémicos sobre la
salud después de la
absorción percutánea)».

El Toolkit Risk of Derm
asigna los puntajes de
exposición real para los
efectos locales en la salud
siguiendo el **Anexo 4**
«Tablas de la metodología
de evaluación Toolkit Risk
of Derm» **Tabla X**
«Puntuaciones AE de
exposición real (para
sustancias con efectos
locales en la salud)».

El Toolkit Risk of Derm
asigna los puntajes de
exposición interna para los
efectos sistémicos sobre la
salud después de la
captación percutánea
según el **Anexo 4** «Tablas
de la metodología de
evaluación Toolkit Risk of
Derm» **Tabla Y**
«Puntuaciones IE de
exposición interna (para
sustancias con efectos
sistémicos sobre la salud
después de la absorción)».

El Toolkit Risk of Derm
asigna los puntajes de
Riesgo para la salud y las
recomendaciones
relacionadas siguiendo el
Anexo 4 «Tablas de la
metodología de evaluación
Toolkit Risk of Derm»
Tabla Z «Puntajes de
riesgo para la salud: para
sustancias con efectos

		locales en la salud» y la Tabla AA «Puntuación de riesgo para la salud: para sustancias con efectos sistémicos sobre la salud después de la absorción».	
Informe al Usuario	El Toolkit Risk of Derm informa a su usuario.	El Toolkit of Derm informa los puntajes de riesgo para la salud y las recomendaciones del Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla Z «Puntajes de riesgo para la salud: para sustancias con efectos locales en la salud» y la Tabla AA «Puntuación de riesgo para la salud: para sustancias con efectos sistémicos sobre la salud después de la absorción». El Toolkit of Derm informa los puntajes de peligro del Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla H «Puntajes de peligro: recomendaciones dadas al usuario» y los puntajes de exposición de la Tabla X «Puntuaciones AE de exposición real (para sustancias con efectos locales en la salud)» y de la Tabla Y «Puntuaciones IE de exposición interna (para sustancias con efectos sistémicos sobre la salud después de la absorción)». Una recomendación para leer información general sobre protección de la piel. Una recomendación para considerar acciones de control si alguno de los	El Toolkit Risk of Derm lleva al usuario a la pregunta C1 (Preguntas sobre Control).

dos puntajes de riesgo es 3 o más alto.			
PREGUNTAS SOBRE CONTROL			
ETAPA DE LA EVALUACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA	RESULTADO	RUTA
Pregunta C1	¿Desea investigar las posibilidades de cómo reducir el peligro, la exposición y el riesgo?	Si la respuesta es SI	Vaya a Pregunta C2 (Preguntas sobre Control)
	Existen varias acciones de control posibles, pero la eficiencia en la reducción del peligro, la exposición y el riesgo diferirá significativamente. Esto se describe en el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla AB «Clases de eficiencia de acciones de control».		
Pregunta C1	Las directivas y leyes europeas y nacionales sobre sustancias peligrosas solicitan que el control para la reducción del riesgo se considere en el siguiente orden: 1. Sustitución de un químico peligroso por uno menos peligroso. 2. Medidas técnicas de protección, como el uso de herramientas o la encapsulación de la fuente de contaminación. 3. Medidas de protección organizativas como la limpieza u organización del trabajo. 4. Medidas de protección personal como guantes protectores.	Si la respuesta es NO	El Toolkit Risk of Derm regresa al Informe al Usuario.
Pregunta C2	¿Intentó alguna de estas acciones y esto redujo el riesgo a un nivel aceptable? Observe el Anexo 4 «Tablas de la metodología de	En caso AFIRMATIVO, culmine el proceso. Deberá reevaluar tanto el peligro como la exposición para ver el impacto en la reducción del riesgo.	SALIR

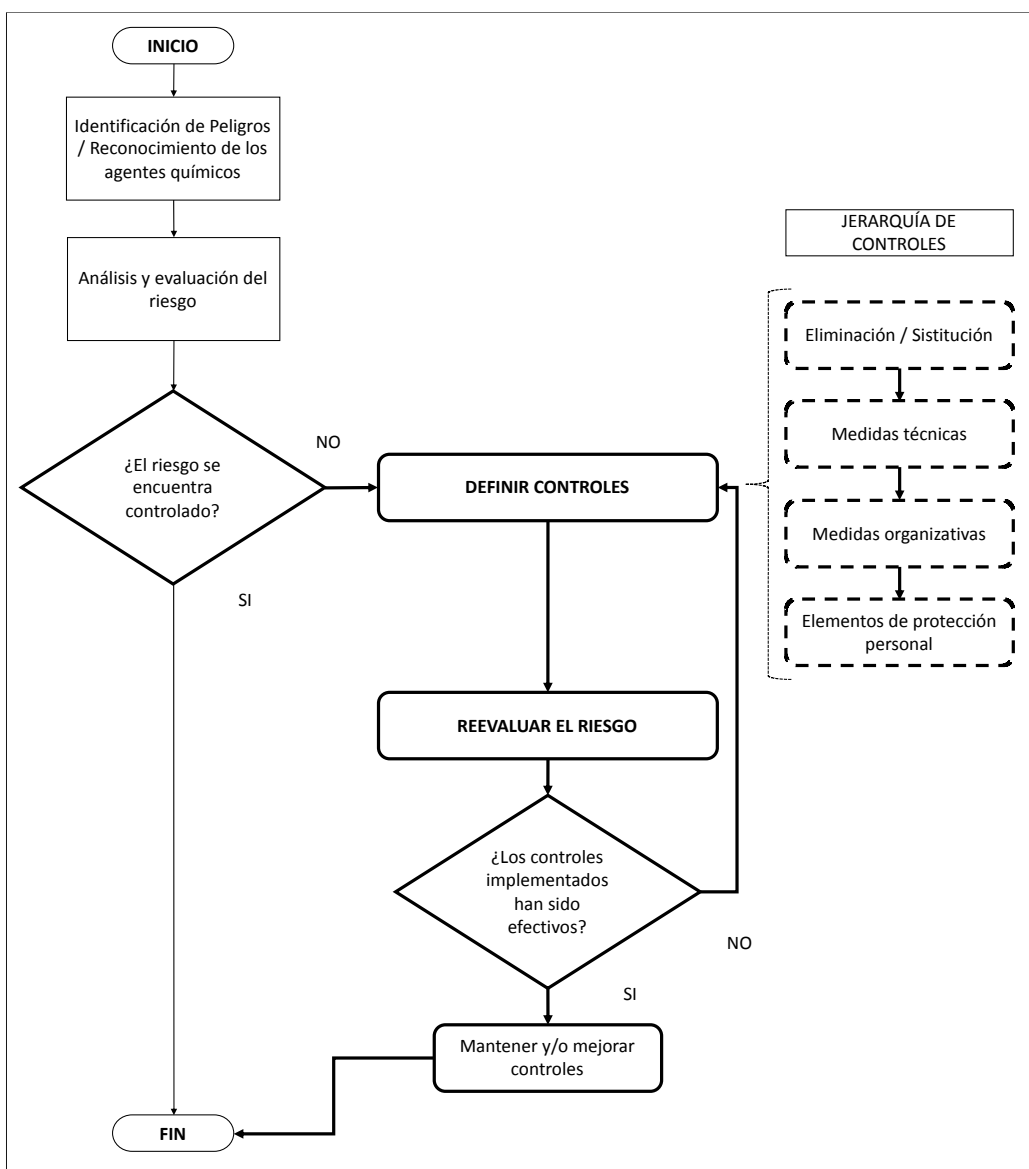
	evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla AC «Control por Sustitución» y evalúe si una de estas acciones de control mediante sustitución se puede aplicar a la situación laboral bajo investigación.	En caso NEGATIVO	Vaya a Pregunta C3 (Preguntas sobre Control)
Pregunta C3	¿Intentó alguna de estas acciones y esto redujo el riesgo a un nivel aceptable?	En caso AFIRMATIVO, culmine el proceso. Deberá reevaluar tanto el peligro como la exposición para ver el impacto en la reducción del riesgo.	SALIR
	Consulte el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla AD «Control por medidas técnicas» y evalúe si una de estas acciones de control técnico puede aplicarse a la situación laboral bajo investigación.	En caso NEGATIVO	Vaya a Pregunta C4 (Preguntas sobre Control)
Pregunta C4	¿Intentó alguna de estas acciones y esto redujo el riesgo a un nivel aceptable?	En caso AFIRMATIVO, culmine el proceso. Deberá reevaluar tanto el peligro como la exposición para ver el impacto en la reducción del riesgo.	SALIR
	Observe el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla AE «Control por medidas organizativas» y evalúe si una de estas acciones de control organizacional se puede aplicar a la situación laboral bajo investigación.	En caso NEGATIVO	Vaya a Pregunta C5 (Preguntas sobre Control)
Pregunta C5	¿Intentó alguna de estas acciones y esto redujo el riesgo a un nivel aceptable?	En caso AFIRMATIVO, culmine el proceso. Deberá reevaluar tanto el peligro como la exposición para ver el impacto en la reducción del riesgo.	SALIR
	Consulte el Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm» Tabla AF «Control por protección personal» y evalúe si una de estas acciones de control de protección personal puede aplicarse a la situación laboral bajo investigación.	En caso NEGATIVO	El Toolkit Risk of Derm recomienda el uso de soporte experto para una investigación más profunda y para establecer un plan de control efectivo. Regresa al Informe al Usuario

Fuente: Risk Assessment for Occupational Dermal Exposure to Chemicals.

9.1.3 Etapa 3 – Determinación de controles

Posterior al análisis y evaluación del riesgo derivado de la exposición a sustancias químicas por la vía dérmica, deben adoptarse medidas tendientes a eliminar los peligros, evitar o minimizar la exposición del trabajador y por ende, controlar los riesgos asociados.

Figura 13. Definición de controles asociados a la exposición por la vía dérmica



Fuente: Elaboración propia.

De esta manera se busca que los efectos intrínsecos de cada sustancia química no se materialicen a través de la vía dérmica, para ello es necesario adoptar buenas prácticas de gestión del riesgo químico en donde la intervención esté determinada de acuerdo con la jerarquía de control:

- Eliminar el agente causante del riesgo con potencial para causar efectos adversos en la salud derivada por la exposición o contacto con la piel, en caso de no poderla eliminar, se tendría que sustituir por una sustancia menos peligrosa. Esta fase de la determinación de controles conlleva algún rediseño o modificación en el proceso y/o en la técnica de trabajo, etc. La eliminación / sustitución es la medida de control más efectiva.
- Implementar medidas técnicas como el confinamiento de la fuente, el uso de herramientas para evitar la manipulación directa de la sustancia, ventilación (general, localizada, natural), automatización de procesos, entre otros; que permitan aislar o separar al trabajador de la fuente. este tipo de medidas de intervención hacen parte del control de ingeniería. Las medidas técnicas limitan la manipulación del trabajador con el agente químico, pero no lo excluye totalmente de la exposición o el contacto en alguna de las etapas u operaciones que hacen parte del proceso. Estas medidas de control no son tan efectivas como las de eliminación / sustitución.
- Establecer medidas organizativas para mitigar la exposición o el contacto con los agentes químicos, entre estas medidas si tienen:
 - Definición de estrategias para reducir las cantidades de sustancias químicas

usadas.

- Minimizar el tiempo de exposición.
- Disminuir la superficie expuesta.
- Entrenamiento, formación, instrucciones y normas.
- Protocolos para limpieza de superficies u objetos contaminados.
- Limitar el acceso a áreas donde se presente la exposición
- Mantener instalaciones de lavado limpias y cercanas a las áreas de exposición.

El conjunto de medidas organizativas se orientan hacia evitar por medio de varios mecanismos que el trabajador entre en contacto con el agente, sin controlar el agente. Las medidas organizativas son menos eficientes que las medidas técnicas de control, ya que requiere de cada trabajador la aplicación de buenas prácticas en el manejo de los agentes químicos.

- La última medida en la jerarquía de control es la selección, suministro y uso de Elementos de protección personal [EPP] para proteger la piel de los trabajadores frente al riesgo que implica la exposición vía dérmica con los agentes químicos. Esta medida se debe aplicar cuando las demás medidas de control no han sido viables o apropiadas para la adecuada protección del trabajador. Una adecuada selección de los EPP debe garantizar el nivel de protección requerido para el trabajador de acuerdo con los agentes químicos a los cuales se encuentre expuesto, el suministro del EPP equivocado o un mal uso incrementan el riesgo de exposición.

Una vez se encuentren definidos los controles a la exposición, se debe reevaluar el riesgo de acuerdo con lo descrito en la etapa 2 y una vez se establezca aceptabilidad en el riesgo se

debe mantener y mejorar continuamente el control o el conjunto de controles implementados para eliminar o mitigar los riesgos a los que se enfrentan los trabajadores al estar expuestos a los agentes químicos en su actividad laboral.

9.2 Ropa y guantes de protección para la exposición por la vía dérmica a sustancias químicas

El suministro y uso de Elementos de protección personal cobra gran importancia como complemento a las medidas técnicas y organizativas no son lo suficientemente eficientes para controlar la exposición o el contacto de los agentes químicos con la piel, teniendo como referencia que la definición de elementos de protección personal como medida de mitigación de la exposición es considerada como la última instancia en la jerarquía de controles.

De esta manera se establece que el propósito de los elementos de protección personal consiste en crear una barrera contra los peligros para aislar las partes del cuerpo del contacto directo, en este caso, con agentes químicos (60).

El entender la exposición a los distintos agentes químicos en los lugares de trabajo conlleva a identificar la peligrosidad y controles de exposición asociados a los elementos de protección personal de acuerdo con la información suministrada en las fichas de datos de seguridad [MSDS] de cada una de las sustancias en uso. En esta etapa del proceso es donde se identifican los distintos tipos de EPP sugeridos para evitar o mitigar el contacto de los agentes químicos por la vía dérmica, principalmente:

- Ropa de protección química, y
- Guantes de protección contra productos químicos

Al ser estos EPP el último obstáculo entre el agente químico y la piel, se debe garantizar

que los elementos suministrados a los trabajadores sean los idóneos y brinden la protección requerida para que la exposición no conlleve consecuencias al estado de salud de los mismos.

Esta condición establece que para la selección de la ropa y los guantes de protección contra productos químicos se deben considerar los múltiples factores que determinan la eficiencia del EPP frente al propósito para el cual es suministrado, dando cumplimiento con lo establecido en el artículo 2.2.4.6.24 del Decreto 1072 de 2015.

En la actualidad no se identifica una normatividad legal colombiana que establezca los criterios técnicos para la selección adecuada de los EPP, por lo que los modelos de selección descritos a continuación son adaptados de normas internacionales.

9.2.1 Criterios para la selección de la ropa de protección química

En caso de existir una exposición a agentes químicos en el lugar de trabajo en el que se evidencia como medio de ingreso al organismo la vía dérmica, se deben considerar un conjunto de variables determinadas por la aplicación normatividad internacional que orienta la selección adecuada de la ropa de protección química, ya que ésta se convierte en un fundamento que brinda seguridad a empleadores y trabajadores, por lo cual se adoptan los criterios establecidos en la Nota Técnica de Prevención NTP 929: Ropa de protección contra productos químicos y la norma UNE-EN ISO 13034:2005+A12009: Ropa de protección contra productos químicos líquidos, y así guiar el ejercicio de hacer una correcta selección de la ropa de protección química para los trabajadores expuestos.

La definición del tipo de traje de protección química se establece tanto con la proporción del cuerpo en las que el agente puede entrar en contacto con la piel y por ende el área que se requiere proteger, así como el estado físico del agente químico. Es así como se establecen los

siguientes grupos:

- Trajes de protección completa (cubre la mayoría del cuerpo)
- Prendas de protección parcial [PB – siglas del inglés *Partial Body*]

En cuanto a los trajes o prendas de protección completa se tienen 6 tipos, cuya indicación de uso se encuentra asociada al estado en partículas o fibras, gases y vapores, o líquido del agente, en este último caso se contempla la forma en que se presenta la exposición tales como salpicaduras, pulverización o chorro, obteniendo la siguiente clasificación:

- TIPO 1 y 2: Contra gases y vapores
- TIPO 3: Contra líquidos en forma de chorro
- TIPO 4: Contra líquidos pulverizados
- TIPO 5: Contra partículas sólidas en suspensión
- TIPO 6: Contra líquidos en forma de salpicaduras

Para los trajes tipo 1 y 2, su selección está determinada por la hermeticidad del mismo, es así como el tipo 2 no es hermético en sus costuras y uniones, mientras que el tipo 1 sí lo es; este último cuenta con varias posibilidades de diseño en función al equipo de protección respiratoria con el que deba usarse, originando una subclasificación de los trajes tipo 1 en 1a, 1b y 1c.

Las prendas de protección parcial se encuentran constituidas por delantales, mangas y polainas principalmente, aunque chaquetas y pantalones pueden incluirse en este grupo si no son usadas juntas. Su característica intrínseca gira en torno a la resistencia a la permeación de los agentes químicos, clasificándose de la siguiente manera:

- PB [3]: Protección parcial del cuerpo contra líquidos en forma de chorro.
- PB [4]: Protección parcial del cuerpo contra líquidos pulverizados

- PB [6]: Protección parcial del cuerpo contra líquidos en forma de salpicaduras, no resistente a la permeación.

Una vez identificados los tipos de trajes y prendas de protección química en función a la proporción y/o partes del cuerpo que se pueden afectar como consecuencia de la exposición a los agentes químicos usados, el siguiente criterio que complementa la selección de la ropa de protección química está determinado por las situaciones de uso asociados al estado en que se presenta el agente durante, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla 28. Características generales de los trajes y prendas de protección química

TIPO	ILUSTRACIÓN	DESCRIPCIÓN	SITUACIÓN DE USO
1a		Traje de protección química, hermético a gases, con suministro de aire respirable independiente del medio ambiente.	Cuando exista riesgo por exposición del cuerpo a productos químicos peligrosos en forma de gases o vapores. (1a, 1b o 1c) según que el equipo de protección respiratoria con el que debe usarse el traje vaya dentro o fuera del traje o por el contrario vaya conectado a una línea de aire respirable y a presión positiva.
1b		Traje de protección química, hermético a gases, con suministro de aire respirable.	
1c		Traje de protección química, hermético a gases, con suministro de aire respirable que proporcione una presión positiva.	
2		Traje de protección química no hermético a gases. Con suministro de aire respirable que proporcione una presión positiva.	Cuando exista riesgo por exposición del cuerpo a productos químicos peligrosos en forma de gases o vapores, para este caso la protección ofrecida se debe únicamente a la presión positiva, que impide la entrada de contaminantes desde el exterior, y no a la

TIPO	ILUSTRACIÓN	DESCRIPCIÓN	SITUACIÓN DE USO
			hermeticidad de uniones y costuras.
3		Ropa hermética a los líquidos. Protección del cuerpo completo con uniones herméticas a los líquidos entre las diferentes partes de la ropa y/o entre la ropa y otros componentes como capuces, guantes, botas, visores o equipos de protección respiratoria.	Cuando exista riesgo por exposición de gran parte del cuerpo a productos químicos peligrosos en forma de líquido con presión en forma de chorro.
4		Ropa hermética a pulverizaciones. Protección del cuerpo completo con uniones herméticas a las pulverizaciones entre las diferentes partes de la ropa, y/o entre la ropa y componentes como capuces, guantes, botas, visores o equipos de protección respiratoria.	Cuando exista riesgo por exposición de gran parte del cuerpo a productos químicos peligrosos en forma de líquido pulverizado.
5		Ropa de protección química frente a partículas sólidas suspendidas en el aire. Es necesario determinar la aptitud de la ropa de tipo 5 para cada sustancia química específica pudiendo ocurrir que contra aerosoles de sustancias altamente peligrosas sea necesaria una prenda de tipo 1 para obtener el nivel de protección requerido.	Cuando exista riesgo por exposición del cuerpo a productos químicos peligrosos en forma de partículas o fibras.
6		Ropa de protección limitada contra los productos químicos	Cuando exista riesgo por exposición de gran parte del cuerpo a productos químicos

TIPO	ILUSTRACIÓN	DESCRIPCIÓN	SITUACIÓN DE USO
		líquidos. Constituye el nivel más bajo de protección química, está prevista para proteger contra una posible exposición a pequeñas cantidades de pulverizaciones.	peligrosos en forma salpicaduras de un líquido.
PB[3] y PB[4]		Prendas de protección parcial del cuerpo que ofrecen protección a partes específicas del cuerpo frente a la permeación de productos químicos líquidos.	Cuando exista riesgo por exposición parcial del cuerpo (torso, brazos, piernas...) a un líquido con presión en forma de chorro o a un líquido pulverizado.
PB [6]		Protección parcial limitada del cuerpo contra productos líquidos.	Cuando exista riesgo por exposición parcial del cuerpo (torso, brazos, piernas...) a posibles salpicaduras de un líquido.

Fuente: NTP 929 - Ropa de protección contra productos químicos – INSST. 2012.

La aplicación de los criterios técnicos descritos y la normatividad internacional, indica que a la ropa de protección química en su constitución, le fueron aplicadas pruebas de ensayo tendientes a garantizar la resistencia a la abrasión, desgarró, perforación, repelencia y/o penetración a líquidos de acuerdo con los establecido en la normatividad específica para cada de ensayo, los cuales permiten identificar los productos mediante el siguiente pictograma:

Figura 14. Pictograma de protección química

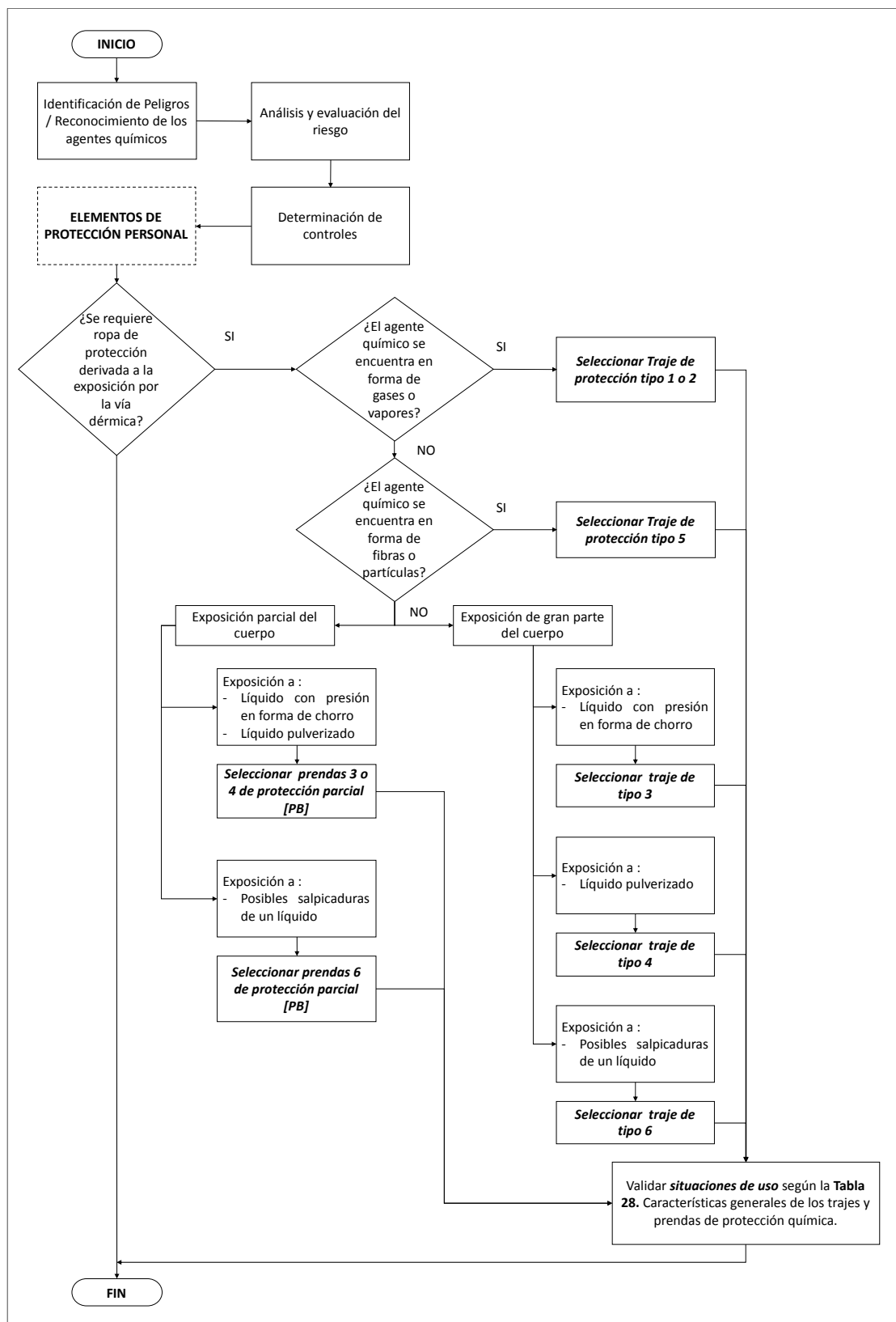


Fuente: Cohen Gómez E. NTP 929: Ropa de protección contra productos químicos. 2012. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

En donde se identifican las normas aplicables, según las pruebas de ensayo, a los trajes y prendas de protección química, así como su tipo.

El proceso para la selección de ropa de protección química se encuentra esquematizado mediante la aplicación del siguiente diagrama de flujo:

Figura 15. Proceso para la selección de ropa de protección química



Fuente: Elaboración propia

9.2.2 Criterios para la selección de guantes de protección contra productos químicos

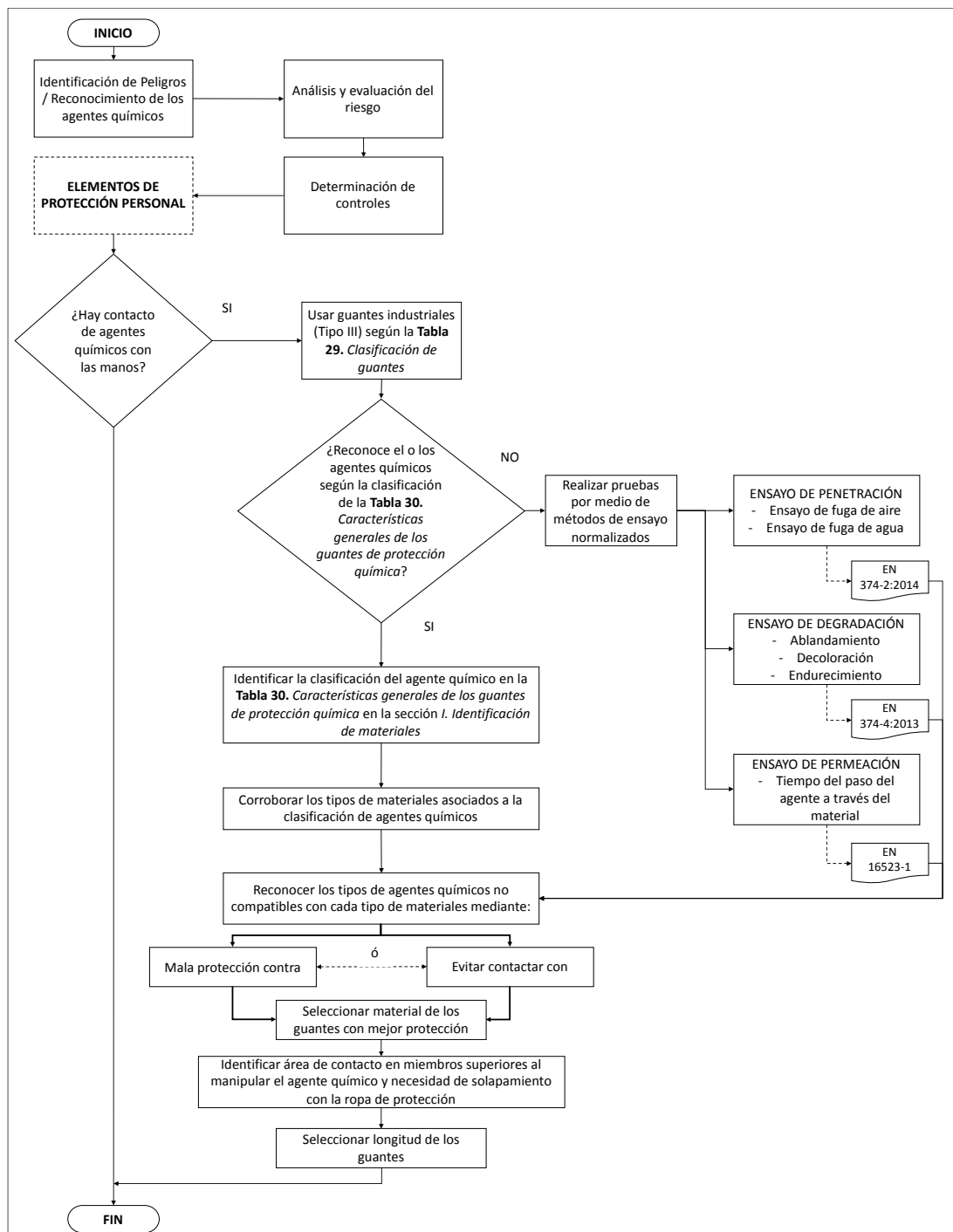
De la misma forma en la que para la selección de ropa de protección química, en caso de existir una exposición a agentes químicos en el lugar de trabajo en el que se evidencia como medio de ingreso al organismo la vía dérmica se hace necesario establecer un proceso riguroso que permita seleccionar de manera adecuada los guantes que se utilizarán durante la exposición.

Los criterios para la correcta selección de estos guantes están dados desde cuatro características de los mismos:

- Espesor: Definido en función del tipo de entorno en el que van a ser utilizados. Ver **Tabla 29**. Clasificación de guantes. Esta primera clasificación ha sido establecida por OMS en la publicación (60)
- Material de fabricación, compatibilidad e incompatibilidad con sustancias: Ver **Tabla 30**. Características generales de los guantes de protección química – *Sección I IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES*.
- Longitud del puño: Ver **Tabla 30**. Características generales de los guantes de protección química – *Sección II LONGITUD DEL PUÑO*.
- Ensayos:
 - Penetración - UNE-EN 374-2:2004.
 - Permeación - UNE-EN 16523-1:2015.
 - Degradación - UNE-EN 374-4:2004

El proceso para la selección de guantes de protección química se encuentra esquematizado mediante la aplicación del siguiente diagrama de flujo:

Figura 16. Proceso para la selección de guantes de protección contra productos químicos



Fuente: Elaboración propia

El proceso de selección descrito en la **Figura 16**, parte de la elección del tipo de guantes que por sus características de espesor en combinación con otros factores como el material de fabricación y el agente de contacto, permiten determinar la mayor eficiencia en la protección a la vía dérmica en miembros superiores. De esta manera, se identifican 4 tipos de guantes que se describen a continuación:

Tabla 29. *Clasificación de guantes*

TIPO	ESPESOR (mm)	COMENTARIOS
Tipo I: guantes desechables	0.007–0.25	Extremadamente delgado, hecho de película polimérica, tanto estéril como no estéril; guantes para fines especiales con mayor grosor de la punta de los dedos (agentes citogenéticos)
Tipo II: guantes para el hogar	0.20–0.40	Por lo general, de mayor calidad y terciopelo en el interior; hecho de caucho natural, cloruro de polivinilo o textil impregnado de plástico
Tipo III: guantes industriales	0.36–0.85	Mayor calidad, tanto compatible como no compatible; generalmente hecho de caucho, cuero o su combinación
Tipo IV: guantes especiales	-----	Diseñado para fines especiales (por ejemplo, bomberos, carniceros, conductores, electricistas) con un diseño específico (por ejemplo, con puños, mangas largas, materiales especiales)

Fuente: From Mellström & Boman (2005). Dermal Exposure – OMS

Una vez elegido el tipo de guante, que para fines industriales corresponde al tipo III, se debe identificar el agente con la que va a entrar en contacto para determinar las características

asociadas con la eficiencia e ineficiencia en la protección que resulta de la interacción en el contacto guante - agente para cada uno de los materiales de fabricación que podrían ser utilizados.

Al existir gran cantidad de agentes químicos en el mercado, su relación individual respecto a los materiales de los guantes recomendados para proteger la vía dérmica en su manipulación, estos son categorizada por sus propiedades y clasificada de la siguiente manera:

- Productos químicos inorgánicos.
- Disolventes.
- Aceites.
- Grasas.
- Combustibles.
- Hidrocarburos.
- Ácidos.
- Bases.
- Glutaraldehído.
- Alcoholes.
- Peróxidos. Fenoles.
- Corrosivos, aceites vegetales, esteres de fosfato, aldehídos, gases, vapores de agua, algunas cetonas.
- Esteres.
- Detergentes, aminas, ozono.
- Cetonas, metacrilato.

- Poliisocianato.
- Otros: Gama de productos químicos, materiales a base de agua, productos biológicos.

Cada una de estas categorías tiene relacionado los materiales de los guantes que presentan buena protección frente a la acción de los agentes (compatibilidad), y en cada uno de los materiales la descripción de los agentes para los cuales presenta mala protección o para los que debe evitar contacto (incompatibilidad). Con base en la articulación de esta información se define el material del guante que presenta mejor protección a la vía dérmica debido a la resistencia química intrínseca del material.

Posterior a la definición del material de los guantes de protección química, se debe establecer el área de contacto que puede tener el agente químico con la vía dérmica en los miembros superiores para determinar la longitud del puño entre:

- Caña corta.
- Media caña.
- Caña larga.

Tabla 30. Características generales de los guantes de protección química

I. IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES				
Buena protección contra	Material	Imagen	Mala protección contra / Evitar contactar con	Comentarios
PRODUCTOS BIOLÓGICOS a excepción de (ver columna MALA PROTECCIÓN CONTRA / EVITAR	Látex de caucho natural (cisisopreno)		Aceites, solventes, grasas, derivados de hidrocarburos, ozono, oxígeno y luz ultravioleta, químicos en general.	Buen rendimiento durabilidad. Buena protección contra riesgos biológicos y

	CONTACTAR CON)			contra infecciones. Resistente a rasgaduras y perforaciones, pero difícil de detectar agujeros de perforación. Ajuste cómodo, buena resistencia a la tracción y buena elasticidad.
		Caucho poliisopreno (isopreno / caucho natural)		Aceites, solventes, grasas, derivados de hidrocarburos, ozono, oxígeno y luz ultravioleta, químicos en general.
MATERIALES A BASE DE AGUA a excepción de (ver columna MALA PROTECCIÓN CONTRA / EVITAR CONTACTAR CON)	Látex de caucho natural (cisopreno)			Aceites, solventes, grasas, derivados de hidrocarburos, ozono, oxígeno y luz ultravioleta, químicos en general.
		Caucho poliisopreno (isopreno / caucho natural)		Aceites, solventes, grasas, derivados de hidrocarburos, ozono, oxígeno y luz ultravioleta, químicos en general.
PRODUCTOS QUÍMICOS INORGÁNICOS a excepción de (ver columna MALA PROTECCIÓN CONTRA / EVITAR	Látex de caucho natural (cisopreno)			Aceites, solventes, grasas, derivados de hidrocarburos, ozono, oxígeno y luz ultravioleta, químicos en general.

CONTACTAR CON) DISOLVENTES a excepción de (ver columna MALA PROTECCIÓN CONTRA / EVITAR CONTACTAR CON)			Resistente a rasgaduras y perforaciones, pero difícil de detectar agujeros de perforación. Ajuste cómodo, buena resistencia a la tracción y buena elasticidad.
	Caucho poliisopreno (isopreno / caucho natural)		Aceites, solventes, grasas, derivados de hidrocarburos, ozono, oxígeno y luz ultravioleta, químicos en general.
	Nitrilo ((acrilo) caucho de nitrilo-butadieno)		Cetonas, aromáticos, hidrocarburos clorados, ésteres, ácidos oxidantes, sulfúricos y orgánicos, compuestos orgánicos que contienen nitrógeno, cloruro de metileno, tricloroetileno, ozono, oxígeno y luz ultravioleta.
	Caucho fluorocarbonado (fluoruro de vinilideno / Viton®)		Cetonas, ésteres, algunas aminas.
	Alcohol de polivinilo		Materiales a base de agua.
			En cuanto al látex, pero sin inducir alergia al látex.
			En cuanto al látex, pero sin inducir alergia al látex. Indicación clara de lágrimas y roturas. La mejor opción para la protección contra salpicaduras contra productos químicos. Resistente a pinchazos y abrasiones.
			Costoso. Solo disponible como reutilizable. Buena resistencia a cortes / abrasiones / calor / aceite. repele la mayoría de los líquidos. Mala sensibilidad al tacto.
			Costoso. Solo disponible como reutilizable. Mala sensibilidad al tacto.

	Nitrilo ((acrilo) caucho de nitrilo- butadieno)		Cetonas, aromáticos, hidrocarburos clorados, ésteres, ácidos oxidantes, sulfúricos y orgánicos, compuestos orgánicos que contienen nitrógeno, cloruro de metileno, tricloroetileno, ozono, oxígeno y luz ultravioleta.	En cuanto al látex, pero sin inducir alergia al látex. Indicación clara de lágrimas y roturas. La mejor opción para la protección contra salpicaduras contra productos químicos. Resistente a pinchazos y abrasiones.
ACEITES a excepción de (ver columna MALA PROTECCIÓN CONTRA / EVITAR CONTACTAR CON)	Caucho de cloropreno (neopreno, policloropreno)		Hidrocarburos halogenados y aromáticos, ozono, oxígeno y luz ultravioleta.	Agarre en condiciones húmedas, buena resistencia al desgarro y elasticidad. Muchos tipos disponibles, también en combinación con látex o textiles.
	Cloruro de polivinilo		Disolventes aromáticos / orgánicos / de petróleo, alcoholes, aldehídos, cetonas.	Los plastificantes en guantes pueden contaminar los solventes. La mejor opción para la protección contra riesgos bajos / uso de higiene de los alimentos. Durabilidad limitada, resistencia a la tracción y elasticidad.
GRASAS a excepción de (ver columna MALA PROTECCIÓN CONTRA / EVITAR CONTACTAR CON)	Nitrilo ((acrilo) caucho de nitrilo- butadieno)		Cetonas, aromáticos, hidrocarburos clorados, ésteres, ácidos oxidantes, sulfúricos y orgánicos, compuestos orgánicos que contienen nitrógeno, cloruro de metileno, tricloroetileno,	En cuanto al látex, pero sin inducir alergia al látex. Indicación clara de lágrimas y roturas. La mejor opción para la protección contra salpicaduras contra productos químicos.

		ozono, oxígeno y luz ultravioleta.	Resistente a pinchazos y abrasiones.
	Cloruro de polivinilo		Los plastificantes en guantes pueden contaminar los solventes. La mejor opción para la protección contra riesgos bajos / uso de higiene de los alimentos. Durabilidad limitada, resistencia a la tracción y elasticidad.
COMBUSTIBLES a excepción de (ver columna MALA PROTECCIÓN CONTRA / EVITAR CONTACTAR CON)	Nitrilo ((acrilo) caucho de nitrilo-butadieno)		Cetonas, aromáticos, hidrocarburos clorados, ésteres, ácidos oxidantes, sulfúricos y orgánicos, compuestos orgánicos que contienen nitrógeno, cloruro de metileno, tricloroetileno, ozono, oxígeno y luz ultravioleta. En cuanto al látex, pero sin inducir alergia al látex. Indicación clara de lágrimas y roturas. La mejor opción para la protección contra salpicaduras contra productos químicos. Resistente a pinchazos y abrasiones.
	Caucho de cloropreno (neopreno, policloropreno)		Hidrocarburos halogenados y aromáticos, ozono, oxígeno y luz ultravioleta. Agarre en condiciones húmedas, buena resistencia al desgarro y elasticidad. Muchos tipos disponibles, también en combinación con látex o textiles.
HIDROCARBUROS a excepción de (ver columna MALA PROTECCIÓN CONTRA / EVITAR CONTACTAR CON)	Nitrilo ((acrilo) caucho de nitrilo-butadieno)		Cetonas, aromáticos, hidrocarburos clorados, ésteres, ácidos oxidantes, sulfúricos y orgánicos, compuestos orgánicos que contienen En cuanto al látex, pero sin inducir alergia al látex. Indicación clara de lágrimas y roturas. La mejor opción para la protección contra

		nitrógeno, cloruro de metileno, tricloroetileno, ozono, oxígeno y luz ultravioleta.	salpicaduras contra productos químicos. Resistente a pinchazos y abrasiones.
Caucho de cloropreno (neopreno, policloropreno)		Hidrocarburos halogenados y aromáticos, ozono, oxígeno y luz ultravioleta.	Agarre en condiciones húmedas, buena resistencia al desgarro y elasticidad. Muchos tipos disponibles, también en combinación con látex o textiles.
Nitrilo ((acrilo) caucho de nitrilo-butadieno)		Cetonas, aromáticos, hidrocarburos clorados, ésteres, ácidos oxidantes, sulfúricos y orgánicos, compuestos orgánicos que contienen nitrógeno, cloruro de metileno, tricloroetileno, ozono, oxígeno y luz ultravioleta.	En cuanto al látex, pero sin inducir alergia al látex. Indicación clara de lágrimas y roturas. La mejor opción para la protección contra salpicaduras contra productos químicos. Resistente a pinchazos y abrasiones.
ÁCIDOS a excepción de (ver columna MALA PROTECCIÓN CONTRA / EVITAR CONTACTAR CON)	Caucho de cloropreno (neopreno, policloropreno)	Hidrocarburos halogenados y aromáticos, ozono, oxígeno y luz ultravioleta.	Agarre en condiciones húmedas, buena resistencia al desgarro y elasticidad. Muchos tipos disponibles, también en combinación con látex o textiles.
	Cloruro de polivinilo	Disolventes aromáticos / orgánicos / de petróleo, alcoholes, aldehídos, cetonas.	Los plastificantes en guantes pueden contaminar los solventes. La mejor opción para la protección contra riesgos bajos / uso de higiene de los alimentos.

				Durabilidad limitada, resistencia a la tracción y elasticidad.
	Nitrilo ((acrilo) caucho de nitrilo-butadieno)		Cetonas, aromáticos, hidrocarburos clorados, ésteres, ácidos oxidantes, sulfúricos y orgánicos, compuestos orgánicos que contienen nitrógeno, cloruro de metileno, tricloroetileno, ozono, oxígeno y luz ultravioleta.	En cuanto al látex, pero sin inducir alergia al látex. Indicación clara de lágrimas y roturas. La mejor opción para la protección contra salpicaduras contra productos químicos. Resistente a pinchazos y abrasiones.
BASES a excepción de (ver columna MALA PROTECCIÓN CONTRA / EVITAR CONTACTAR CON)	Caucho de cloropreno (neopreno, policloropreno)		Hidrocarburos halogenados y aromáticos, ozono, oxígeno y luz ultravioleta.	Agarre en condiciones húmedas, buena resistencia al desgarro y elasticidad. Muchos tipos disponibles, también en combinación con látex o textiles.
	Cloruro de polivinilo		Disolventes aromáticos / orgánicos / de petróleo, alcoholes, aldehídos, cetonas.	Los plastificantes en guantes pueden contaminar los solventes. La mejor opción para la protección contra riesgos bajos / uso de higiene de los alimentos. Durabilidad limitada, resistencia a la tracción y elasticidad.
GLUTARALDEHÍDO a excepción de (ver columna MALA PROTECCIÓN CONTRA / EVITAR CONTACTAR CON)	Nitrilo ((acrilo) caucho de nitrilo-butadieno)		Cetonas, aromáticos, hidrocarburos clorados, ésteres, ácidos oxidantes, sulfúricos y orgánicos, compuestos	En cuanto al látex, pero sin inducir alergia al látex. Indicación clara de lágrimas y roturas.

GAMA DE PRODUCTOS QUÍMICOS a excepción de (ver columna MALA PROTECCIÓN CONTRA / EVITAR CONTACTAR CON)		orgánicos que contienen nitrógeno, cloruro de metileno, tricloroetileno, ozono, oxígeno y luz ultravioleta.	La mejor opción para la protección contra salpicaduras contra productos químicos. Resistente a pinchazos y abrasiones.
	Nitrilo ((acrilo) caucho de nitrilo-butadieno) 	Cetona, aromáticos, hidrocarburos clorados, ésteres, ácidos oxidantes, sulfúricos y orgánicos, compuestos orgánicos que contienen nitrógeno, cloruro de metilo, tricloroetileno, ozono, oxígeno y luz ultravioleta.	
	Caucho de cloropreno (neopreno, policloropreno) 	Hidrocarburos halogenados y aromáticos, ozono, oxígeno y luz ultravioleta.	Agarre en condiciones húmedas, buena resistencia al desgarro y elasticidad. Muchos tipos disponibles, también en combinación con látex o textiles.
ALCOHOLES a excepción de (ver columna MALA PROTECCIÓN CONTRA / EVITAR CONTACTAR CON)	Caucho de cloropreno (neopreno, policloropreno) 	Hidrocarburos halogenados y aromáticos, ozono, oxígeno y luz ultravioleta.	
	Caucho fluorocarbonado (fluoruro de vinilideno / Viton®) 	Cetonas, ésteres, algunas aminas.	Costoso. Solo disponible como reutilizable. Buena resistencia a cortes / abrasiones / calor / aceite. Repele la mayoría de los líquidos. Mala sensibilidad al tacto.

PERÓXIDOS a excepción de (ver columna MALA PROTECCIÓN CONTRA / EVITAR CONTACTAR CON)	Caucho de cloropreno (neopreno, policloropreno)		Hidrocarburos halogenados y aromáticos, ozono, oxígeno y luz ultravioleta.	Agarre en condiciones húmedas, buena resistencia al desgarro y elasticidad. Muchos tipos disponibles, también en combinación con látex o textiles.
	Cloruro de polivinilo		Disolventes aromáticos / orgánicos / de petróleo, alcoholes, aldehídos, cetonas.	Los plastificantes en guantes pueden contaminar los solventes. La mejor opción para la protección contra riesgos bajos / uso de higiene de los alimentos. Durabilidad limitada, resistencia a la tracción y elasticidad.
FENOLES a excepción de (ver columna MALA PROTECCIÓN CONTRA / EVITAR CONTACTAR CON)	Caucho de cloropreno (neopreno, policloropreno)		Hidrocarburos halogenados y aromáticos, ozono, oxígeno y luz ultravioleta.	Agarre en condiciones húmedas, buena resistencia al desgarro y elasticidad. Muchos tipos disponibles, también en combinación con látex o textiles.
PRODUCTOS QUÍMICOS CORROSIVOS/ ACEITES VEGETALES/ ÉSTERES DE FOSFATO/ ALDEHÍDOS/ GASES/ VAPORES DE AGUA/ ALGUNAS CETONAS a excepción de (ver columna MALA PROTECCIÓN CONTRA / EVITAR CONTACTAR CON)	Caucho de butilo (isobuteno / isopreno)		Gasolina / combustibles, hidrocarburos alifáticos, aromáticos y halogenados.	Costoso. Solo disponible como reutilizable. Mala sensibilidad al tacto. Usado por los militares (agentes de guerra química).

ÉSTERES a excepción de (ver columna MALA PROTECCIÓN CONTRA / EVITAR CONTACTAR CON)	Caucho de butilo (isobuteno / isopreno)		Gasolina / combustibles, hidrocarburos alifáticos, aromáticos y halogenados.	
	Alcohol de polivinilo		Materiales a base de agua.	Costoso. Solo disponible como reutilizable. Mala sensibilidad al tacto.
DETERGENTES/ AMINAS/ OZONO/ A excepción de (ver columna MALA PROTECCIÓN CONTRA / EVITAR CONTACTAR CON)	Cloruro de polivinilo		Disolventes aromáticos / orgánicos / de petróleo, alcoholes, aldehídos, cetonas.	Los plastificantes en guantes pueden contaminar los solventes. La mejor opción para la protección contra riesgos bajos / uso de higiene de los alimentos. Durabilidad limitada, resistencia a la tracción y elasticidad.
CETONAS/ METACRILATO/ A excepción de (ver columna MALA PROTECCIÓN CONTRA / EVITAR CONTACTAR CON)	Alcohol de polivinilo		Materiales a base de agua.	Costoso. Solo disponible como reutilizable. Mala sensibilidad al tacto.
Poliuretano (poliisocianato)	Petróleo		Alcoholes	Para uso en sala limpia / electrónica (cobertizo de baja partícula). Resistente a la abrasión y buena resistencia a la tracción. Endurece, se fragiliza a bajas temperaturas, puede ser resbaladizo.

II. LONGITUD DEL PUÑO			
TIPO	ILUSTRACIÓN LONGITUD DEL PUÑO	ESPECIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN	ILUSTRACIÓN ESPECIFICACIÓN DE LA SELECCIÓN
		La elección de un puño largo o corto será función de la necesidad de solapamiento con la ropa de protección, así como de la posibilidad de que haya sustancias que entren por la abertura del guante.	
Caña Corta		La selección del guante con caña corta se hará cuando el área de exposición o contacto con la sustancia química no supere la muñeca.	
Media Caña		La selección del guante con caña corta se hará cuando el área de exposición o contacto con la sustancia química este por encima de la muñeca pero no supere el antebrazo.	
Caña Larga		La selección del guante con caña corta se hará cuando el área de exposición o contacto con la sustancia química este por encima de del codo y no supere el hombro.	

Fuente: Adaptado de Ohm (1990); Johnson (1997); Korniewicz & Rabussay (1997); Adams (1999); Hinsch (2000); Kimberly-Clark (2001, 2013); Imperial College London (2005); Mellström & Boman (2005); Kwon et al. (2006). Dermal Exposure – OMS.

En el caso que el agente químico no pueda ser clasificado en alguna de las categorías descritas en la **Tabla 30**, y por ende, no permita hacer un proceso de selección mediante los criterios descritos anteriormente, se deben realizar pruebas de ensayo normalizadas que generen un criterio técnico que facilite la decisión sobre la elección del guante de protección a usar en la manipulación del agente, estos métodos de ensayos son (61):

- Penetración [bajo la norma UNE-EN 374-2:2004]: el cual indica el avance del agente químico a través del material y costuras a nivel no molecular. Se realiza por medio de:

- Ensayo de fuga de aire, el cual consiste en llenar el guante con aire y sumergirlo en agua, haciendo control de aparición de burbujas por un espacio de tiempo de 30 minutos.
- Ensayo de fuga de agua, el cual consiste en llenar el guante con agua y controlar la aparición de gotas.
- Permeación [bajo la norma UNE-EN 16523:2015]: este método de ensayo determina la resistencia del material del guante frente al tiempo de avance de los agentes químicos a través del material.
- Degradación [bajo la norma UNE-EN 374-4:2004]: corresponde al desgaste o deterioro de alguna de las propiedades del guante, tales como ablandamiento, endurecimiento, decoloración, etc., como consecuencia del contacto del material del guante con el agente.

De acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos, se puede deducir el material de los guantes que mejor comportamiento presenta en relación con el contacto al agente químico evaluado, y en seguida determinar la longitud de puño respectivamente.

La correcta selección de guantes y ropa de protección química es un proceso orientado por medio de etapas sistemáticas fundamentadas en la aplicación de criterios técnicos, que inician desde el reconocimiento de los agentes químicos en los lugares de trabajo y conjugan múltiples variables para establecer el tipo de EPP, guantes y ropa (trajes o prendas), que brindan mejor protección al trabajador respecto al contacto que pueden generar la manipulación de sustancias con la vía dérmica, como consecuencia la de ejecución de los procesos industriales.

Es así como el **Anexo 5** «Diagrama General» ilustra las etapas en que incurre el proceso de selección de los guantes y ropa de protección química, y las fases que conlleva cada

etapa para obtener la mayor cantidad de información posible que permita delimitar el campo de decisión para establecer los elementos que ofrezcan la protección o resistencia más eficiente, teniendo en cuenta:

- Etapa 1: Identificación de peligros / reconocimiento de los agentes químicos.
- Etapa 2: Análisis y evaluación del riesgo.
- Etapa 3: Determinación de controles.
- Aplicación de criterios de selección de ropa y guantes de protección química.

El desarrollo de estas etapas requiere conocer los agentes químicos usados en los procesos desarrollados por las empresas, conlleva la aplicación de metodologías que permiten evaluar la exposición y peligrosidad en la manipulación de dichos agentes, para así determinar los controles o medidas de intervención que propendan por eliminar, evitar y/o mitigar los riesgos asociados a la vía dérmica, dentro de los cuales juega un rol muy importante el uso de los elementos de protección personal.

El ejercicio se complementa con el conocimiento de los diferentes tipos de ropa y guantes de protección química, así como los materiales que se reseñan a continuación:

- Guantes: Materiales y longitudes, mediante el **Anexo 6** «Matriz Final (Selección de Guantes)».
- Ropa: Tipos de prendas y materiales, mediante el **Anexo 7** «Matriz Final (Selección de Protección Parcial)».
- Ropa: Tipos de trajes y materiales, mediante el **Anexo 8** «Matriz Final (Selección de Trajes)».

Esta consolidación de criterios técnicos descritos a lo largo del presente trabajo, brinda a los profesionales en Higiene Industrial encargados de la selección de los elementos de protección personal asociados a la vía dérmica por la manipulación de los agentes químicos en las empresas, los instrumentos necesarios que le permiten tomar la decisión adecuada sobre la elección de los elementos que mejor protección ofrecen a los trabajadores y constituye la principal fuente de información para la construcción de herramientas tecnológicas que optimicen aún más el proceso de selección.

9.3 Estructura de la aplicación para la selección de ropa y guantes de protección química

Después de concluir la fase de selección de ropa y guantes de protección, se hace necesario condensar toda la información de las etapas definidas en el desarrollo del presente trabajo y tal como lo indica el objetivo principal, establecer el diseño de una aplicación que permita realizar la correcta selección de guantes y ropa de protección química.

De esta manera, los criterios técnicos que se identificaron en cada una de las etapas anteriores se convierten en la fuente de información para la conceptualización de la aplicación, cuya articulación da origen al diseño de un prototipo que permite simular la forma en que los usuarios pueden interactuar en la aplicación.

El diseño de la aplicación, en su estructura, le permitirá interactuar a los usuarios con la información, optimizar los procesos de evaluación de riesgo asociados a la vía dérmica e indicar la ropa y guantes de protección adecuados para manipular las sustancias químicas en los lugares de trabajo, para ello se establecen 2 aspectos a considerar en la creación del modelo de la aplicación: interfaz y perfiles de usuarios.

9.3.1 Interfaz

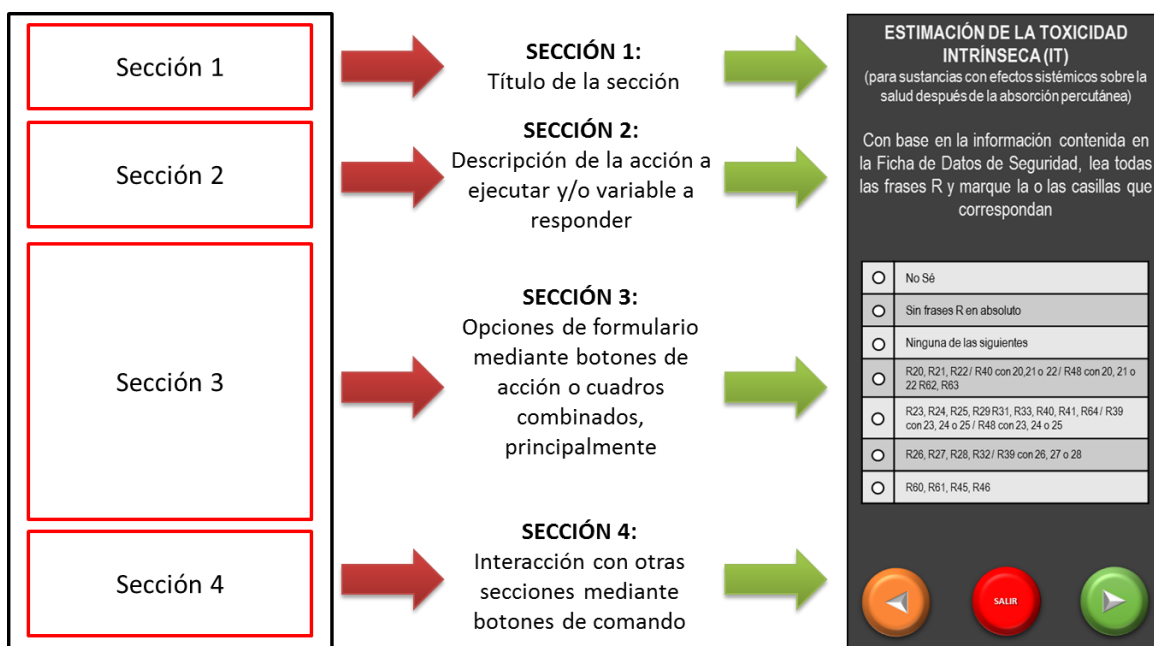
El diseño de la aplicación tiene como finalidad poder brindar herramientas prácticas sobre la selección adecuada de ropa y guantes de protección química a partir de un proceso de evaluación en donde el usuario, deberá dar respuesta a una serie de variables acerca de la peligrosidad de la sustancia, las características de la exposición y la necesidad de aplicar controles para la reducción de los puntajes de riesgo para salud obtenidos.

Esta información da origen a los wireframe o interfaz de la aplicación, en donde de una manera muy sencilla se estructura, organiza y visualiza el contenido de la información que requiere mostrar la aplicación. Es así como en el prototipo del diseño de la aplicación se tuvieron en cuenta los siguientes wireframes:

- Informativos
- Ingreso
- Contenido
- Resultado

La estructura del wireframe en términos generales se encuentra constituida por 3 o 4 secciones, como se ilustra en el ejemplo de la **Figura 17**, que guían al usuario en la navegación que genera la interpretación de cada uno de los criterios con los que interactúa el usuario, necesarios para determinar la ropa y guantes de protección química en función con la sustancia a usar.

Figura 17. Componentes del wireframe

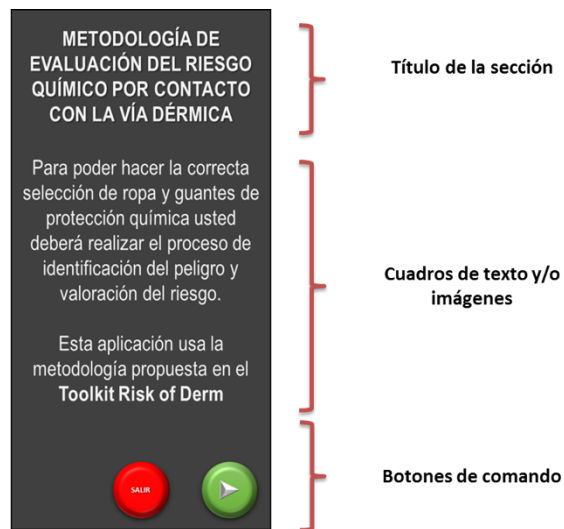


Fuente: Elaboración propia

9.3.1.1 Wireframe informativo

Este tipo de wireframe busca notificar al usuario acerca de aspectos relevantes para la sección activa o próximas secciones. En su composición se encuentran el título, cuadros de textos y/o imágenes y botones de comando que permiten el acceso a otras secciones de la aplicación.

Figura 18. Modelo wireframe informativo

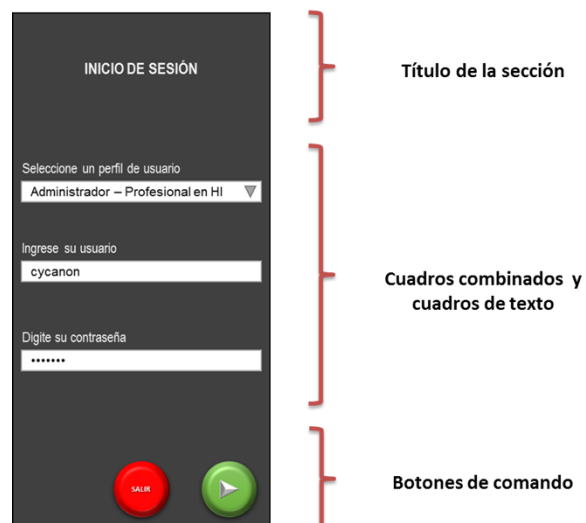


Fuente: Elaboración propia

9.3.1.2 Wireframe de ingreso

Corresponde al mecanismo de seguridad que permite el acceso a la aplicación por parte del usuario de acuerdo con los parámetros establecidos en el ítem **9.3.2** Perfiles de usuarios. Está compuesto por el título en la parte superior de la sección, en el cuerpo se encuentran cuadros combinados y cuadros de texto para que el usuario registre su información de acceso y en la parte inferior los botones de comando.

Figura 19. Modelo wireframe de ingreso



Fuente: Elaboración propia

9.3.1.3 Wireframe de contenido

Está conformado por la aplicación de las etapas que conllevan a la selección de la ropa y guantes de protección química por medio de la consulta y ejecución de los criterios técnicos construidos en

- La identificación de peligros a través de la identificación de las sustancias químicas usadas.
- La evaluación del riesgo a través de la ejecución de los criterios técnicos establecidos en la de la herramienta Toolkit Risk of Derm, mediante:
 - Estimación de la peligrosidad o toxicidad de la sustancia química, para efectos locales y sistémicos a partir de las frases de riesgo (R).
 - Estimación de la exposición, para sustancias con efectos locales y sustancias con efectos sistémicos.
 - Estimación del riesgo, resultado de la combinación entre la toxicidad y exposición de sustancias con efectos locales y sistémicos.
- La determinación de controles, en donde se requiere el uso de elementos de protección personal para la vía dérmica.
- El procesamiento de la información que permite establecer la ropa (traje / prendas) y guantes de protección química a la vía dérmica adecuados.

Estas secciones comparten una estructura similar en cuanto a su navegación se refiere, cuenta con un título en la parte superior, una parte para hacer alguna descripción o incluir imágenes, un formulario que puede incluir botones de acción, cuadros combinados y/o cuadros de texto, y en la parte inferior con botones de comando.

Figura 20. Modelo wireframe de contenido

The wireframe consists of three vertical panels, each representing a screen in the application. Each panel has a dark background with white text and three colored buttons (orange, red, green) at the bottom.

- Panel 1: PERFIL DE USO**
 - Título de la sección:** PERFIL DE USO
 - Descripción / acción / imagen:** Para iniciar introduzca la información solicitada y pulse CONTINUAR o VOLVER para modificar la información suministrada.
 - Formularios:**
 - Selección de proceso: Pintura (dropdown menu)
 - ¿La sustancia a utilizar se encuentra en esta lista?: Ácido Tioglicólico (dropdown menu)
 - Botones de comando:** Three buttons (orange, red, green) at the bottom.
- Panel 2: ESTIMACIÓN DE LA TOXICIDAD INTRÍNSECA (IT)**
 - Título de la sección:** ESTIMACIÓN DE LA TOXICIDAD INTRÍNSECA (IT)
 - Descripción / acción / imagen:** (para sustancias con efectos locales sobre la salud: propiedades dafinas para la piel, cancerígenas o sensibilizantes). Con base en la información contenida en la Ficha de Datos de Seguridad, lea todas las frases R y marque la o las casillas que correspondan.
 - Formularios:**
 - Radio buttons for: No sé, Sin frases R en absoluto, Ninguna de las siguientes, R 66 - R 38, R 34 - pH igual o inferior a 2 ó pH igual o superior a 11.5*, R 35 - R 43, R 45.
 - Botones de comando:** Three buttons (orange, red, green) at the bottom.
- Panel 3: ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN POR GRUPO DE TAREAS**
 - Título de la sección:** ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN POR GRUPO DE TAREAS
 - Descripción / acción / imagen:** Seleccione la condición que mejor se adapte a la situación laboral bajo investigación.
 - Formularios:**
 - Radio buttons for: Manejo de objetos contaminados (exposición a sólidos), Manipulación de objetos contaminados (exposición a líquidos), Dispersion manual de sólidos, Dispersion manual de líquidos, Dispersion de sólidos de la herramienta manual, Dispersion de líquidos de la herramienta manual, Dispersion por pulverización de líquidos, Inmersión (exposición a sólidos), Inmersión (exposición a líquidos), Tratamiento mecánico (exposición a líquidos), Tratamiento mecánico (exposición a sólidos).
 - Botones de comando:** Three buttons (orange, red, green) at the bottom.

Fuente: Elaboración propia

La forma en la que la aplicación procesa la información se fundamenta en un conjunto de operaciones lógicas que parten de la identificación y evaluación riesgos asociados a los agentes químicos hasta determinar con precisión la ropa y guantes de protección química a usar de acuerdo con los criterios establecidos en:

- Diagrama general de selección (**Anexo 5**),
- Procedimiento para la aplicación del Toolkit Risk of Derm (**Tabla 27**), y
- Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm (**Anexo 4**).

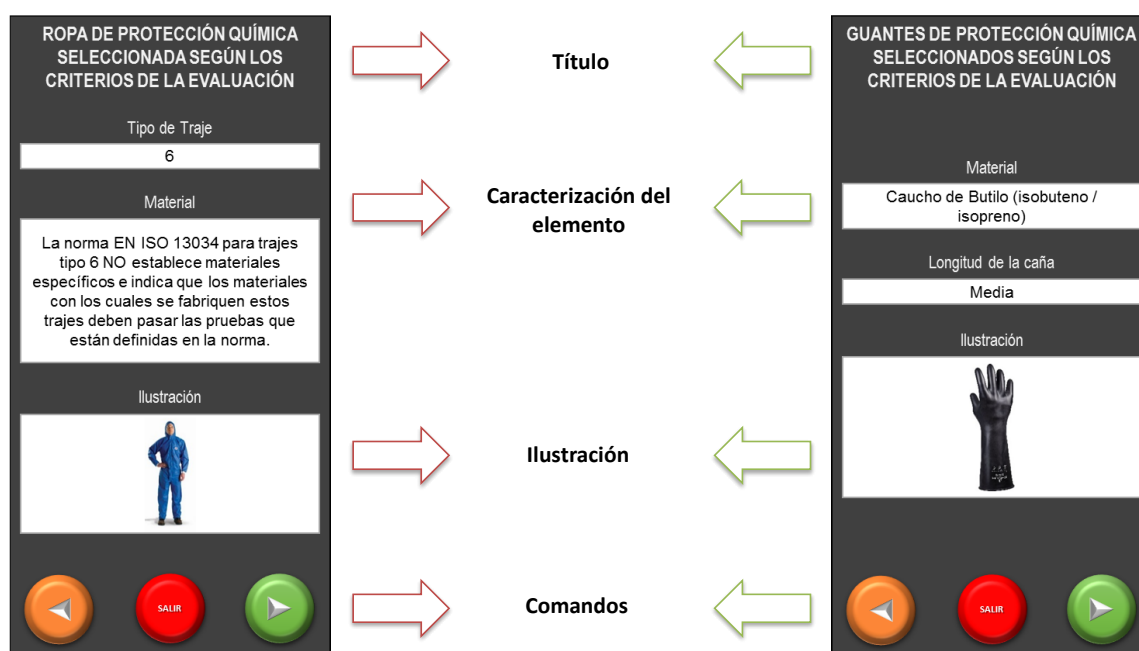
Es importante enfatizar que dentro del modelo de la aplicación no se encuentra la asignación de puntuaciones parciales, dado que en la medida que el usuario va registrando la información para la evaluación, esta es procesada para entregar inicialmente un resultado de la valoración del peligro de la sustancia sin considerar la exposición y, finalmente, un resultado del riesgo para la salud para sustancias con efectos sistémicos sobre la salud

después de la absorción, como para sustancias con efectos locales en la salud.

9.3.1.4 Wireframe de resultado

Como resultado final de la ejecución del proceso de selección ilustrado a lo largo de la aplicación, este wireframe le indica al usuario la ropa y guantes de protección química que debe usar para el o las sustancias evaluadas, para ello en esta sección se ilustra de forma conceptual y gráfica el reporte de los elementos de protección personal adecuados para la vía dérmica, a través de la caracterización de los mismos (ropa y guantes) que incluye el tipo, material, ilustración y longitud de la caña, éste último solamente para los guantes.

Figura 21. Modelo wireframe de resultado



Fuente: Elaboración propia

9.3.2 Perfiles de usuarios

Para facilitar el acceso a la información relacionada con los criterios de selección de la ropa y guantes de protección química, es necesario parametrizar el alcance que cada uno de

los actores puede tener dentro de la aplicación, y de esta manera garantizar la integralidad de la información en la aplicación referente a los procesos, agentes químicos y/o controles establecidos mediante los elementos de protección personal asociados a la vía dérmica. A partir de este concepto se definen 3 perfiles de usuario para la navegación de los usuarios en la aplicación:

- Administrador.
- Evaluador.
- Consultor.

Con base en este principio se definen las características y permisos de acceso para cada perfil de usuario el cual se encuentra asociado con el rol que desempeña el usuario entorno a la selección de ropa y guantes de protección química y al uso o análisis de la información que procesa la aplicación. Los permisos vinculados a cada perfil de usuario se describen a continuación:

Tabla 31. *Perfiles de usuarios y permisos para el acceso a la aplicación*

PERFIL	CARGOS ASOCIADOS AL PERFIL	PERMISOS O ALCANCES DENTRO DE LA APLICACIÓN
Administrador	Profesional en Higiene Industrial	Este usuario tiene todos los permisos habilitados. Está habilitado para efectuar modificaciones a las matrices que alimentan la aplicación con información de procesos, trabajadores y sustancias químicas. Tiene permiso para realizar procesos de evaluación del riesgo por exposición a sustancias químicas por la vía dérmica y posterior selección de guantes y ropa de protección química.

PERFIL	CARGOS ASOCIADOS AL PERFIL	PERMISOS O ALCANCES DENTRO DE LA APLICACIÓN
		Está habilitado para consultar resultados de evaluaciones y resultados de selección de ropa y guantes de protección química realizadas por otros usuarios autorizados para esta actividad. El administrador también cuenta con los permisos para otorgar acceso a la aplicación a otros usuarios y definir el perfil que se asigna.
Evaluador	Personal de Seguridad y Salud en el Trabajo Como mínimo este usuario deberá tener formación académica en Seguridad y Salud en el Trabajo nivel Tecnólogo, previa capacitación del uso de la aplicación.	Este usuario cuenta con permisos limitados para: Realizar procesos de evaluación del riesgo por exposición a sustancias químicas por la vía dérmica y posterior selección de guantes y ropa de protección química. Consultar resultados de evaluaciones y resultados de selección de ropa y guantes de protección química realizadas por el mismo y por otros usuarios autorizados para esta actividad.
Consultor	Médico del Trabajo Debe ser médico con especialización en Salud Ocupacional / Seguridad y Salud en el Trabajo y contra con licencia para la prestación de servicios de Salud Ocupacional / Seguridad y Salud en el Trabajo. Trabajador Este perfil esta creado para los trabajadores expuestos a sustancias químicas por contacto con vía dérmica.	Consultar resultados de evaluaciones y resultados de selección de ropa y guantes de protección química realizadas por los usuarios autorizados para esta actividad.

Fuente: Elaboración propia.

El ingreso a la aplicación se encuentra parametrizado en un wireframe de ingreso, en el que por medio de un cuadro combinado el usuario selecciona el perfil asignado y posteriormente digita en los cuadros de texto tanto el usuario como la contraseña que fue suministrada previamente por el administrador (ver **Figura 19**. Modelo wireframe de ingreso).

9.3.3 Simulación de la aplicación

A partir de la estructuración inicial del prototipo de la aplicación, se diseñaron los diferentes wireframes de navegación con los contenidos que le permiten interactuar al usuario a través del abordaje sistemático de los criterios técnicos para la adecuada selección de ropa y guantes de protección química. Los wireframes por sí mismos no conducen al resultado, por eso son interrelacionados unos con otros y de manera secuencial para que cada uno sea funcional dentro de la aplicación.

Esta funcionalidad permite que la aplicación sea usable y dinámica en la medida que se avanza por medio de la elección de una o varias opciones de respuesta, según sea el caso, a cada uno de los criterios indagados en los wireframe. Este proceso es ilustrado a través de un video en donde se pueden observar los diferentes wireframes y sus interacciones, así como una visita guiada por toda la aplicación (ver **Anexo 9**), que servirá como fuente de información para el desarrollo, programación y publicación de la herramienta.

En resumen, para lograr estructurar esta etapa de los resultados de la investigación adelantada, es necesario traer la pregunta que se formuló al inicio del ejercicio: ***¿Qué elementos y criterios de decisión se deben tener en cuenta para el diseño de una aplicación***

para la selección de ropa y guantes de protección química?

Para poder dar respuesta a esta pregunta se ha propuesto un esquema que permita visualizar de manera clara y precisa esos elementos y criterios por cada una de las etapas definidas:

Tabla 32. Elementos y criterios de decisión para el diseño de una aplicación para la selección de ropa y guantes de protección química

ELEMENTO	CRITERIO 1	CRITERIO 2	CRITERIO 3
Identificación de peligros	Inventario de procesos	Características de los lugares donde se realiza el trabajo	• Temperatura • Ventilación • Iluminación
		Sustancias químicas usadas	
		Trabajadores expuestos	
		Medidas de control implementadas	• Fuente • Medio • Individuo
		Factores con potencial de exposición a la vía dérmica	• Manejo directo de sustancias químicas • Materiales, equipos, herramientas y utensilios contaminados • Manejo de los EPP utilizados • Área de disposición de los contaminantes
	Datos de los trabajadores expuestos a sustancias químicas	Características de la relación laboral	
		Descripción de la actividad laboral	
		Características de la exposición de la vía dérmica	
	Inventario de sustancias químicas	Identificación y componentes	
		Propiedades fisico-químicas	
		Utilización	
		Identificación de peligrosidad	
		Descripción de la exposición	

ELEMENTO	CRITERIO 1	CRITERIO 2	CRITERIO 3
Evaluación del riesgo	<u>Toxicidad intrínseca</u>		
	<u>Grupos de tareas</u>		
	<u>Tiempo de actividad</u>		
	<u>Partes del cuerpo expuestas</u>		
	<u>Tipo de ropa</u>		
Determinación de los controles	Selección de ropa de protección química	Traje	• Tipo • Material
		Prendas parciales	• Tipo • Material
	Selección de guantes de protección química	Guantes industriales	• Material • Longitud de la caña

Fuente: Elaboración propia

10. Discusión

Con base en los objetivos propuestos para este trabajo de grado y los resultados obtenidos durante su desarrollo, se puede evidenciar la importancia que tiene una correcta identificación de peligros y evaluación de riesgos de cara a establecer las medidas de control apropiadas para que la manipulación de los agentes químicos no afecte la vía dérmica. De esta manera, se pueden citar el estado del arte, en donde se evidencian múltiples antecedentes de la problemática que se ha generado en torno al contacto de las sustancias químicas por vía dérmica en los entornos laborales.

Para dar cumplimiento al objetivo general planteado en el presente trabajo, «*Diseñar una aplicación para la selección de ropa y guantes de protección química*», en primera instancia fue indispensable conocer los mecanismos de afectación de las sustancias químicas al contacto y penetración en la piel, así como estructurar todo un modelo metodológico que permita al usuario desarrollar un proceso lógico de identificación del peligro, evaluación de los riesgos y determinación de controles que obtenga como resultado la indicación de la ropa y guantes adecuados para la manipulación de una sustancia química en función de la peligrosidad de la misma y características de la exposición.

En la construcción del modelo metodológico, descrito a lo largo del presente trabajo de grado, se consultaron múltiples fuentes que permitieron recopilar información técnica acerca de la ropa y los guantes de protección química que se articuló y es consecuente con los criterios de selección en función de las variables asociadas con la determinación de controles frente a la protección de la vía dérmica. De esta manera el NIOSH mediante la directriz 29 CFR 1910.132(d) de OHSA (11), establece la obligación que tienen los empleadores de llevar

a cabo una evaluación sobre los peligros en el lugar de trabajo y la importancia de este proceso de evaluación a la hora de identificar los posibles riesgos que requieren el uso de Elementos de Protección Personal. El INSST a través de la publicación «*Herramientas para la gestión del riesgo químico*» (9) recopila un conjunto de métodos de evaluación cualitativa, modelos de estimación de la exposición y herramientas específicas para la evaluación de la exposición por la vía dérmica. Desde la perspectiva nacional, el Ministerio de la Protección Social, en la «*Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Dermatitis de Contacto Ocupacional*» (35), en el numeral 7.1. Identificación de peligros y evaluación de riesgos, recomienda realizar una serie de actividades que permiten identificar los agentes químicos causantes de dermatitis de contacto ocupacional y las características de la exposición. Esta guía también hace recomendaciones sobre la selección adecuada de ropa de protección química.

A partir de estos antecedentes y conforme con los planteamientos establecidos en este proyecto, se diseñaron un conjunto de herramientas que permiten **identificar el peligro** a través de la caracterización de los procesos, herramientas en donde se establecen los criterios y elementos de decisión desde los lugares donde se realiza el proceso, las sustancias químicas usadas, los trabajadores expuestos y las medidas de control que se encuentran implementadas (ver **Anexo 1**), por otro lado para la caracterización de la población trabajadora se han establecido criterios y elementos de decisión a partir de los factores con potencial de exposición de la vía dérmica, características de la relación laboral, descripción de la actividad laboral y características de la exposición por la vía dérmica (ver **Anexo 2**) y para las sustancias químicas se establecieron los criterios y elementos de decisión que incluyen identificación y componentes de las sustancias o compuestos químicos, propiedades físico

químicas, utilización, identificación de la peligrosidad de sustancias o compuestos químicos y descripción de la exposición (ver **Anexo 3**),

Ahora bien, para la **etapa de evaluación del riesgo** se realizó un minucioso análisis de un conjunto de metodologías que permiten evaluar la exposición a sustancias por contacto con la vía dérmica. Los criterios y elementos de decisión tenidos en cuenta para la selección y la adopción de esta metodología se están basados en las sustancias químicas y su nivel de peligrosidad traducido en toxicidad intrínseca, las formas de trabajo en las que se puede presentar la exposición, es decir aspersión manual, inmersión, pulverización, dispersión con herramienta manual, manipulación de objetos contaminados y tratamiento mecánico, así como el tiempo de actividad, es decir el tiempo de exposición a la sustancia química en horas al día, la partes de cuerpo expuestas en cm^2 y el tipo de ropa que se utiliza para realizar el trabajo. Es así como todos estos elementos de decisión llevaron a la selección de la metodología europea RISKOFDERM mediante el uso de la herramienta Toolkit Risk of Derm (ver **Tabla 27** y **Anexo 4**) y así satisfacer la necesidades de evaluación del riesgo de contacto de sustancias químicas por la vía dérmica, metodología que fue concebida con la participación de 15 instituciones que promueven la academia y la seguridad y salud en el trabajo en 10 países europeos.

En relación con la etapa de **selección de ropa y guantes de protección química**, para poder definir cuáles son las especificaciones técnicas de ropa y guantes de trabajo fue necesario consultar normas de carácter internacional que permitieron orientar esta caracterización, es así como en la Notas Técnicas de Prevención NTP-929 / Ropa de protección contra productos químicos y NTP-748 / Guantes de protección contra productos químicos, el INSST describe la forma correcta para la selección de ropa de protección química y sus características, así se puede evidenciar en la matrices de resultado de búsqueda, estas matrices recopilan los

criterios y elementos de decisión relativos a materiales en función de las sustancias y forma de la exposición y longitud de la caña para los guantes y tipo de trajes y materiales en función de las sustancias y forma de la exposición. (Ver **Anexos 6, 7 y 8**).

El fundamento teórico con el que se constituyó el desarrollo de este trabajo es necesario organizarlo en forma de algoritmo, es decir, por medio de un conjunto ordenado de operaciones sistemáticas que permitan abordar y encontrar la solución al problema planteado. De esta manera, se construyeron y consolidaron una serie de diagramas de flujo (ver **Anexo 5**) que dieron un orden lógico a las etapas estructuradas y dar cumplimiento al objetivo planteado (ver **Anexo 9**). El desarrollo de estos diagramas de flujo es consecuente con las metodologías planteadas por el INSST en la *NTP-937 Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS* (62) y el *NIOSH Criteria For A Recommended Standard Occupational Noise Exposure* (63), donde establecen metodologías para la selección de protección respiratoria y protección auditiva bajo el principio de la aplicación de un algoritmo por medio de criterios técnicos en las distintas fases en que incurre cada uno de estos.

El resultado final de este proyecto se resume en modelación de la interfaz de la aplicación con la cual el usuario podrá interactuar desde el proceso mismo de la evaluación del riesgo, y posteriormente obtener el resultado de la misma expresado en función de la puntuación de riesgos para salud, las opciones de guantes y ropa de protección química adecuados a los criterios evaluados.

Dado que el alcance de este trabajo de grado está en el diseño de la aplicación para la selección de ropa y guantes de protección química, se ha esquematizado a través de un wireframe la apariencia que tendrá la aplicación, es decir, se han diseñado un conjunto de

plantillas que permitirán al usuario de la aplicación navegar a través de esta de manera intuitiva, organizada y lógica para llegar al resultado esperado.

Para finalizar, es importante resaltar que la determinación de controles se debe realizar de acuerdo con los niveles de jerarquía descritos en la **Figura 13** «*Definición de controles asociados a la exposición por la vía dérmica*», dando prioridad a la Sustitución / Eliminación, medidas técnicas, medidas organizativas y recurrir a los elementos de protección personal para la vía dérmica como última opción de control o como complemento a las demás medidas de intervención de riesgo implementadas.

11. Conclusiones

En el proceso de documentación para justificar y construir la pregunta de investigación se pudo evidenciar que por ser la más frecuente y de la que más información se encuentra, la vía inhalatoria es la que tiene mayor relevancia a la hora de seleccionar elementos de protección personal, desestimando las consecuencias y afectaciones a la salud que se pueden desencadenar de la exposición a sustancias químicas por contacto con la vía dérmica.

Al momento de evaluar la jerarquía de los controles aplicables al riesgo de contacto con sustancias químicas por la vía dérmica, se evidencia que en el nivel de elementos de protección personal, la selección no se hace teniendo en cuenta criterios técnicos y mucho menos por la valoración que tenga la exposición a estas sustancias químicas, se realiza más por la sugerencia del proveedor o peor aún por el elemento de menor costo.

La resolución 2400 de 1979 en el artículo 154 fija los niveles máximos permisibles de exposición a sustancias de tipo tóxico, inflamable o contaminante atmosférico industriales, en volumen expresado en partes de la sustancia por millón de partes de aire (P.P.M.) en peso en miligramos de la sustancia por metro cúbico de aire (mg/m³) o en millones de partículas por pie cúbico de aire (M.P.P.P.3) de acuerdo con la tabla establecida por la ACGIH, o con los valores límites permisibles fijados por el Ministerio de Salud (15), sin embargo en Colombia no se han fijado valores límites permisibles propios para el uso sustancias químicas en un entorno laboral.

Para lograr dar cumplimiento al objetivo diseñado para **identificar los criterios técnicos y estudios necesarios para la correcta selección de elementos de protección personal requeridos como control al contacto dérmico con sustancias químicas** fue necesario realizar una búsqueda y análisis bibliográfico, orientada a recopilar la información requerida en términos de características de la exposición, vía de ingreso, dosis, tiempo de exposición, características físico químicas y peligrosidad agente, para esto se consultaron 6 artículos alusivos a la exposición por la vía dérmica y las metodologías aplicadas para su valoración y 7 metodologías diseñadas para la valoración de la exposición a sustancias químicas. Como resultado de esta búsqueda y análisis se definieron los criterios y elementos relevantes para estructurar la fase de **identificación del peligro** desde tres perspectivas: el proceso, la información de la población trabajadora y las sustancias químicas.

Una vez establecida la primera fase de este proceso, que tiene como objetivo principal orientar el diseño de una herramienta que permita hacer la correcta selección de ropa y guantes de protección química, se hace necesario **caracterizar los requerimientos de estos frente al tipo y forma de la sustancia utilizada y la intensidad de la exposición**. En esta fase y como producto de la búsqueda y análisis realizado para la identificación del peligro se selecciona la metodología RISK OF DERM, que cuenta con una herramienta de aplicación llamada Toolkit Risk Of Derm, esta metodología permite condensar los criterios y elementos de decisión establecidos en función de nivel de peligrosidad de la sustancia, características del trabajo, forma de manipulación de la sustancia, tiempo de exposición, partes del cuerpo expuestas y tipo de ropa utilizada durante la actividad que implica el uso de la sustancia química.

Esta metodología desarrollada en el proyecto Europeo “Risk assessment of occupational dermal exposure”: cuyo método se estima por medio de dos aspectos: la peligrosidad a través de los datos de la Ficha de Datos de Seguridad mediante la identificación de las frases R (risk - riesgo) o su equivalencia para determinar factores intrínsecos de toxicidad relativos a la sustancia; y la exposición, para el cual cuantifica la exposición para determinar así los efectos locales y sistémicos que conllevan a la cualificación de la exposición real. La combinación de los resultados permite estimar el riesgo de la exposición dérmica dando origen a recomendaciones que sugieren la implementación de algunas medidas de prevención, dentro de las cuales se encuentra la selección y uso de elementos de protección personal como ropa, guantes, zapatos, protección visual, auditiva y respiratoria.

Durante el proceso de selección de la metodología para la evaluación del riesgo a la exposición a sustancias químicas por la vía dérmica se pudo evidenciar un conjunto de metodologías que tenían características de evaluación cualitativa o semi cuantitativa. Sin embargo, no se encontró una evaluación validada que pudiera evitar el sesgo influenciado por la percepción del usuario que la está aplicando.

Para lograr dar respuesta a la necesidad de ***seleccionar de manera adecuada guantes y ropa de protección como control en la persona a la exposición a sustancias química por contacto con la vía dérmica*** se estructuraron 8 diagramas de flujo que dan visiblemente un orden lógico y sistemático de los pasos que se deben seguir en cada una de las fases para la priorización de intervención de controles, etapas de la evaluación de la exposición ocupacional a sustancias químicas por la vía dérmica, evaluación del riesgo con la metodología seleccionada, definición de controles asociados a la exposición por la vía

dérmica, selección de ropa y guantes de protección química, con este ejercicio se evidencio la importancia de integrar las etapas de la gestión del riesgo: identificación del peligro, valoración del riesgo y determinación de los controles como un todo y no de forma aislada o independiente, ya que las decisiones tomadas en cualquiera de las etapas está estrechamente ligada con la etapa que lo antecede.

A partir de los diagramas de flujo parciales se construyó un diagrama de flujo general en el que se logró conjugar toda la información necesaria para establecer el orden lógico y secuencial que se debe seguir para lograr una correcta selección de guantes y ropa de protección química a partir de la identificación del peligro y la valoración del riesgo. Con este ejercicio se evidencio la importancia de integrar las etapas de la gestión del riesgo como un todo y no de forma aislada o independiente, ya que las decisiones tomadas en cualquiera de las etapas están estrechamente ligadas con la etapa que lo antecede.

Después de consolidada la información relacionada con la selección de ropa y guantes de protección química se estructuraron 3 matrices que recopilaron la información de clasificación inicial de guantes: Por su espesor en función de la actividad para la que van a ser usados, las características de los materiales junto con la longitud de caña y las características de la ropa de protección química total o parcial, para después estructurar tres matrices finales de selección donde se articularon todas los posibles resultados que la aplicación puede entregar al usuario después del proceso de selección. Sin embargo, la información relacionada con ropa de protección química no es muy específica y se limita a establecer que los trajes de protección química son fabricados en diferentes materiales, siempre conservando la garantía de resistencia a la abrasión, flexión, rasgado, tracción, perforación, inflamación y permeabilidad, necesarias para la clase de actividades que fueron

establecidos, condición que puede generar algún grado de dificultad o margen de error a la hora de hacer la selección correcta de los mismos.

Para lograr alcanzar el objetivo que permite ***establecer los wireframes de la interfaz y los perfiles de usuario con los que los usuarios puedan navegar dentro de la aplicación***, fue necesario en primer lugar definir las características en materia de formación, alcances y permisos dentro del uso de la aplicación, así han definido cuatro perfiles: el primero es para el administrador de la aplicación, este debe ser profesional en Higiene Industrial y tiene la potestad de realizar modificaciones a la información de base de la aplicación, asignar perfiles y datos de acceso a nuevos usuarios, realizar evaluaciones del riesgo, seleccionar ropa y guantes de protección química y consultar la evaluaciones realizadas por otros usuarios. En segundo lugar está el perfil del evaluador, este debe ser como mínimo tecnólogo en Seguridad y Salud en el Trabajo y puede realizar evaluaciones del riesgo y seleccionar ropa y guantes de protección química, así como consultar los resultados de las evaluaciones realizadas por otros usuarios. Y por último está el perfil del consultor, donde están el médico del trabajo y el trabajador, quienes tienen acceso a la información de resultados de la evaluación del riesgo y la ropa y guantes seleccionados para las sustancias de su interés.

Por otro lado, dado que el alcance de este trabajo de grado es el diseño de una aplicación que permita la selección de ropa y guantes de protección química, después de tener definidos los algoritmos bajo los cuales se toman decisiones para la evaluación y selección y los criterios técnicos para ropa, prendas parciales y guantes se estructuró el modelo de la interfaz con la que operaría aplicación, a través del diseño de un conjunto de wireframes, entendidos como los esquemas de página o planos de pantalla, que son una guía visual que esquematiza

el diseño de página de la aplicación, incluyendo elementos de la interfaz y sistemas de navegación, y cómo funcionan en conjunto.

Es así como después de haber dado cumplimiento a los objetivos específicos planteados para este trabajo de grado a través de una conjunto de actividades definidas previamente en la descripción del a metodología es posible estructurar el resultado final que es el ***diseño de una aplicación para la selección de ropa y guantes de protección química*** práctica y funcional que orienta de manera intuitiva al usuario por un camino lógico que inicia en la evaluación de los riesgos a partir de una información predeterminada por el administrador y termina el conjunto de guantes y ropa de protección química necesarios para controlar la exposición a las sustancias químicas.

12. Recomendaciones

Para el Ministerio De Trabajo

- Adelantar estudios sobre la exposición a sustancias químicas por la vía dérmica y sus efectos en la salud, para que a partir de los resultados se puedan definir estrategias de prevención.
- Establecer normas que legislen la obligatoriedad de implementar medidas de intervención de acuerdo con la jerarquía de controles asociados con el uso de agentes químicos en los entornos laborales, en donde se pueda incurrir en la entrega de elementos de protección personal solo hasta justificar técnicamente la imposibilidad de implementar controles en las instancias anteriores.
- Establecer valores límites permisibles propios para la exposición a sustancias químicas, teniendo en cuenta las características particulares de la población colombiana y la forma en la que está estructurada la dinámica laboral en el país.
- Realizar campañas de divulgación, capacitación y actualización tanto a empleadores como a empleados, sobre los riesgos que trae una manipulación de sustancias químicas sin el uso correcto de elementos de protección personal.

*Para las empresas que tengan exposición a sustancias químicas por la vía
dérmica*

- Definir la vía dérmica como una vía de ingreso prioritaria a la hora de realizar la identificación de los peligros y la valoración de los riesgos.
- Implementar procesos de evaluación del riesgo a la exposición a sustancias químicas por contacto con la vía dérmica bajo la asesoría de un profesional en Higiene Industrial.
- Realizar procesos de selección de ropa y guantes de protección química sustentados en criterios técnicos como mecanismos que complementen la aplicación de otros controles.
- Desarrollar planes de formación en el interior de las empresas que permitan crear conciencia en torno al cuidado de la piel cuando existe exposición a sustancias químicas por contacto con la vía dérmica.
- Promover entre la población expuesta a sustancias químicas por contacto con la vía dérmica el uso adecuado de ropa y guantes de protección química.

Para la Universidad El Bosque

- Continuar con la segunda fase de este proyecto, promoviendo entre los estudiantes de pregrado en Ingeniería de Sistemas o áreas afines, el desarrollo de la aplicación con base en el diseño estructurado en este trabajo de grado.

- Reforzar dentro de las temáticas de los programas de posgrado en Higiene Industrial y Salud Ocupacional, la correcta selección de elementos de protección personal como un mecanismo de complementación a los demás controles.

*Para los profesionales de la Higiene Industrial, Seguridad y Salud en el Trabajo
y demás áreas afines*

- Optimizar los procesos de toma de decisiones mediante la implementación de herramientas tecnológicas tendientes a promover la seguridad y salud en los ambientes laborales.
- Validar los criterios técnicos con que se están seleccionando los elementos de protección personal incluidos los de vía dérmica.
- Consultar la normatividad nacional e internacional en Higiene Industrial y Seguridad y Salud en el Trabajo que promueva la gestión del conocimiento relacionado con el manejo seguro de las sustancias químicas.
- Compartir con colegas las buenas prácticas implementadas en empresas donde se presenta exposición a sustancias químicas por la vía dérmica.

13. Futuras Preguntas de Investigación

A partir de los resultados y de las conclusiones obtenidas en este trabajo grado surge la necesidad de plantearse nuevas preguntas que serían objeto de investigación para posteriores estudiantes de la especialización en Higiene Industrial.

1. ¿Cuáles son los criterios que se deben tener en cuenta para plantear Valores Límite Permisibles adaptados para Colombia?
2. ¿Bajo qué parámetros se debe estructurar una metodología cuantitativa para la valoración de la exposición a sustancias químicas por la vía dérmica?
3. ¿Qué factores técnicos impiden que los empresarios colombianos implementen medidas de control en la fuente y en el medio antes que en sus trabajadores frente a la exposición a sustancias químicas en los lugares de trabajo?
4. ¿Qué estrategias eficientes permitiría a entes gubernamentales, administradoras de riesgos laborales y profesionales de la seguridad y salud en el trabajo, para que trabajadores independientes e informales seleccionen y usen los elementos de protección personal adecuados para hacer un uso seguro de los agentes químicos?
5. ¿Bajo que criterios técnicos se están elaborando los elementos de protección personal para la vía dérmica por exposición a sustancias químicas en Colombia?

14. Referencias

1. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Perfil nacional de sustancias químicas en Colombia. Vol II. 2017.
2. AIHA. La Estrategia para la Evaluación de la Exposición Ocupacional.
3. Vera JA. Enciclopedia OIT - Tomo I - Capitulo 33 - Toxicología. 2014 Nov 7,.
4. NIOSH. Efectos de las sustancias químicas al contacto con la piel: Guía de salud ocupacional para profesionales de la salud y empleadores. Available at: https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2011-200_sp. Accessed Apr 7, 2019.
5. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, (INSHT). Exposición dérmica y riesgos para la salud. 2011.:3-8.
6. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, (INSHT). Exposición Dérmica Laboral - Absorción Percutánea: Agentes Químicos con Notación Vía Dérmica. Exposición.
7. OIT. La Seguridad y Salud en el Uso de Productos Químicos en el Trabajo. 2014 :5-6.
8. Fondo de Riesgos Laborales. Estadísticas 2018. Available at: http://www.fondoriesgoslaborales.gov.co/info_estadistica/estadisticas-2018/.
9. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, (INSHT). Herramientas para la gestión del riesgo químico. 2017. :26.
10. British Standard Institution. OHSAS 18002:2008. Professional Safety 2008 Oct 1,:22.
11. NIOSH. Equipo de Protección Individual. Available at: https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2004-101_sp/checklists/proteccion.html.
12. OSHA. Normas de Seguridad y Salud en el Trabajo. <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.132>.
13. OIT. Factores ambientales en el lugar de trabajo. 2001.
14. Congreso de Colombia. Ley 9 de 1979. 1979 Julio 16 ;122-123.
15. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Resolución 2400 de 1979. 1979 May 22.

16. Circular unificada 2004 22/04/2004. 2004 Abril 22.
17. Constaín S. “Nuestra apuesta es lograr un Estado digital que sea motor de la transformación del país”: Ministra TIC. 2018; Available at: <https://estrategia.gobiernoenlinea.gov.co/623/w3-article-80156.html>.
18. Departamento Nacional de Planeación. Bases del Plan Nacional de Desarrollo - Gobierno de Colombia - 2018 2022.
19. Diccionario de la Lengua Española. Definición de Algoritmo. Available at: <https://dle.rae.es/?id=1nmLTsh>.
20. HazMatch®Kappler. Chemical Protective Apparel Selection Guide .
21. 3M. 3M Select & Service Life Software. Available at: <http://extra8.3m.com/SLSWeb/home.html?region=AMERICA®lId=31&langCode=ES&esliInd=1&countryCode=219&countryName=Colombia%20-%20Espa%C3%B1ol>.
22. Arias-Hualpa M^aA, Leal-Padín M^aA, Pérez-Alemán ÁI. Efectos adversos derivados de la exposición ocupacional a ozono industrial. Medicina y Seguridad del Trabajo 2015 Mar 1;;61(238):125-138.
23. Ghosh N, V.K P, Sharma JD, Vajarekar AS. Estimation of dermal absorption parameters of cleaning chemical ingredients. Journal of Chemical Health & Safety 2019 Jan;26(1):9-14.
24. Pareja Torres M, Huerta A. La vigilancia de la salud en usuarios de guantes de protección individual. 2003 Jan 20.
25. Dingus TA, Wreggit SS, Hathaway JA. Warning variables affecting personal protective equipment use. Safety Science 1993;16(5):655-673.
26. Asthma - Symptoms and causes. Available at: <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/asthma/symptoms-causes/syc-20369653>.
27. Mauricio SF, José ADS. Enfermedades Respiratorias Ocupacionales. Revista Médica Clínica Las Condes 2015 May 1;26(3):357-366.

28. Lara A. Coal Workers' Pneumoconiosis. 2018; Available at: <https://www.msmanuals.com/professional/pulmonary-disorders/environmental-pulmonary-diseases/coal-workers%E2%80%99-pneumoconiosis>, 2019.
29. Ovidio Rincón Becerra. Diseño de sistema de tallaje de guantes de protección basado en la antropometría de la población colombiana Universidad Nacional de Colombia; 2014.
30. Ortiz Vásquez AM, Rincón Cuervo CG. Descripción de la jerarquía de controles frente al peligro químico, por exposición a compuestos orgánicos volátiles generados por procesos de pintura en el sector industrial. *Investigación en Enfermería: Imagen y Desarrollo* 2014 Dec 15;17(1).
31. Andres Felipe Marulanda. Diseño del programa de elementos de protección personal incluido dentro del programa de seguridad y salud en el trabajo (PSST) en el Grupo Éxito S.A. Corporación Universitaria Lasallista; 2014.
32. Ministerio de la Protección Social. Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Asma ocupacional (GATISO-ASMA). 2008.
33. Ministerio de la Protección Social. Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Neumoconiosis (Silicosis, Neumoconiosis del minero de carbón y Asbestosis) (GATI- NEUMO). 2006.
34. Ministerio de la Protección Social. Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Trabajadores Expuestos a Benceno y sus derivados (GATISO-BTX-EB). 2006.
35. Subcentro de Seguridad Social y Riesgos Profesionales. Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Dermatitis de Contacto Ocupacional (GATISO- DERMA).
36. Jahn SD, Bullock W, Ignacio JS. A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures. Vol. 4th edition. Falls Church, VA: AIHA; 2015. Available from: <https://search-ebscohost-com.ezproxy.unbosque.edu.co/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=1491635&lang=es&scope=site>.

37. Berenguer MJ, Gadea E. NTP 459: Peligrosidad de productos químicos: etiquetado y fichas de datos de seguridad. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
38. Cohen Gómez E. NTP 929: Ropa de protección contra productos químicos. 2012. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
39. Contaminantes químicos. Available at: <https://www.uib.cat/depart/dqu/dquo/dquo2/MasterSL/ASIG/PDF.old/222CON~2.PDF>. Accessed Abril 9, 2019.
40. Taller de exposición a contaminantes químicos. Available at: <https://www.achs.cl/portal/trabajadores/Capacitacion/CentrodeFichas/Documents/taller-de-exposicion-a-contaminantes-quimicos.pdf>. Accessed Abril 9, 2019.
41. Ministerio de Salud, y Protección. Elementos de protección personal. 2017; Available at: <https://www.minsalud.gov.co/Ministerio/Institucional/Procesos%20y%20procedimientos/GTHS02.pdf>, 2019.
42. Importancia del fuego en la evolución humana: descubrimiento y consecuencias (I). Available at: <https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/4482/importancia-del-fuego-en-la-evolucion-humana-descubrimiento-y-consecuencias-i>. Accessed Apr 7, 2019.
43. Asimov I. Breve historia de la química. New York: Doubleday & Co; 1965.
44. Henao Robledo F. Riesgos Químicos. Bogotá: ECO Ediciones; 2015.
45. Creus, Antonio y Mangosio, Jorge. Seguridad e Higiene en el trabajo: un enfoque integral. Buenos Aires: Alfaomega Grupo Editor Argentino; 2011.
46. Herrick RF. Protección Personal, Herramientas y Enfoques. 2012 Jan 1.
47. Cabot Sagrera J. Ingeniería del software. Barcelona: Editorial UOC; 2013.
48. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma Técnica Colombiana NTC 2190 Guantes de protección. Requisitos generales y métodos de ensayo. 2008.
49. Elemento químico. Available at: <http://quimica.scienceontheweb.net/teoria-790.php>. Accessed Abril 7, 2019.

50. IARC. Agents Classified by the IARC <https://monographs.iarc.fr/agents-classified-by-the-iarc/>.
51. ASALE R. Real Academia Española. Available at: <https://dle.rae.es/?w=selecci%C3%B3n>. Accessed Apr 15, 2019.
52. ASALE R. Real Academia Española. Available at: <http://dle.rae.es/>. Accessed Apr 15, 2019.
53. Becerra CQ. informatica: Definicion de "Diseño". Informatica 2009.
54. Hebisch R, Auffarth J. Dermal Exposure: How to Get Information. Applied Occupational and Environmental Hygiene 2001 Jan 1,;16(2):169-173.
55. Geer LA, Anna D, Curbow B, Diener-West M, van Wendel de Joode, Berna, Mitchell C, et al. Survey Assessment of Worker Dermal Exposure and Underlying Behavioral Determinants. Journal of Occupational and Environmental Hygiene 2007 Sep 24,;4(11):809-820.
56. US EPA O. Exposure Assessment Tools by Routes - Dermal. 2015; Available at: <https://www.epa.gov/expobox/exposure-assessment-tools-routes-dermal>.
57. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. NTP 897 Exposición dérmica a sustancias químicas: evaluación y gestión del riesgo.
58. Roff M, Wheeler J, Baldwin P. Comparison of Fluorescence and Rinsing Methods for Assessing Dermal Exposure. Applied Occupational and Environmental Hygiene 2001 Jan 1,;16(2):319-322.
59. Jagt Kvd, Tielemans E, Links I, Brouwer D, Hemmen Jv. Effectiveness of Personal Protective Equipment: Relevance of Dermal and Inhalation Exposure to Chlorpyrifos Among Pest Control Operators. Journal of Occupational and Environmental Hygiene 2004 Jun 1,;1(6):355-362.
60. World Health Organization. International Programme On Chemical Safety: Dermal Exposure. 2014 Jan 1,(242).
61. Tomás Boderó Group. Normativas guantes. Available at:

<https://tomasboder.com/es/content/normativa.html>. Accessed Nov 10, 2019.

- 62.** NTP-937 / Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (III). Método basado en el INRS
<https://www.insst.es/documents/94886/326879/937w.pdf/9f3ff227-acfa-46b2-8613-355f5d057ad7>.
- 63.** NIOSH Criteria For A Recommended Standard Occupational Noise Exposure
<https://www.cdc.gov/niosh/docs/98-126/pdfs/98-126.pdf>.

15. Anexos

Anexo 1 «Inventario de procesos»

Anexo 2 «Recolección de datos de trabajadores expuestos a sustancias químicas»

Anexo 3 «Inventario de sustancias químicas»

Anexo 4 «Tablas de la metodología de evaluación Toolkit Risk of Derm»

Tabla A «Sustancias peligrosas a las que no se debe aplicar el Toolkit Risk of Derm»

Tabla B «Puntuaciones de toxicidad intrínseca (para sustancias con efectos locales sobre la salud: propiedades dañinas para la piel, cancerígenas o sensibilizantes)»

Tabla C «Puntuaciones por toxicidad intrínseca IT (para sustancias con efectos sistémicos sobre la salud después de la absorción percutánea)»

Tabla D «Puntuaciones de toxicidad intrínseca (para sustancias que se diluyen con agua)»

Tabla E «Verificación de plausibilidad de los datos sobre toxicidad intrínseca (para sustancias con efectos locales en la salud)»

Tabla F «Verificación de plausibilidad de los datos sobre toxicidad intrínseca (para sustancias con efectos sistémicos sobre la salud)»

Tabla G «Reducción de la toxicidad intrínseca por baja disponibilidad (para sustancias con efectos sistémicos para la salud)»

Tabla H «Puntajes de peligro: recomendaciones dadas al usuario»

Tabla I «Comparación de puntajes de peligro: recomendaciones dadas al usuario»

Tabla J «Valores de exposición predeterminados por grupo de tareas»

Tabla K «Contribuciones relativas a la exposición dérmica de cada ruta»

Tabla L «Factores de corrección para modificadores relacionados con sustancias»

Tabla M «Factores de corrección para modificadores relacionados con el lugar de trabajo»

Tabla N «Factores de corrección para modificadores relacionados con el control»

Tabla O «Calificación cualitativa de las tasas de exposición dérmica»

Tabla P «Transformación del potencial en tasa de exposición cutánea real»

Tabla Q «Puntuaciones por tiempo de actividad AT (para sustancias con efectos locales en la salud)»

Tabla R «Puntajes por dosis de exposición real DEA (para sustancias con efectos locales en la salud)»

Tabla S «Puntuaciones por tiempo de actividad AT (para sustancias con efectos sistémicos sobre la salud después de la absorción percutánea)»

Tabla T «Puntajes para la dosis de exposición real DEA (para sustancias con efectos sistémicos sobre la salud después de la absorción percutánea)»

Tabla U «Partes del cuerpo y exposición típica»

Tabla V «Puntajes para el área corporal expuesta EBA (para sustancias con efectos locales en la salud)»

Tabla W «Puntajes para el área corporal expuesta EBA (para sustancias con efectos sistémicos sobre la salud después de la absorción percutánea)»

Tabla X «Puntuaciones AE de exposición real (para sustancias con efectos locales en la salud)»

Tabla Y «Puntuaciones IE de exposición interna (para sustancias con efectos sistémicos sobre la salud después de la absorción)»

Tabla Z «Puntajes de riesgo para la salud: para sustancias con efectos locales en la salud»

Tabla AA «Puntuación de riesgo para la salud: para sustancias con efectos sistémicos sobre la salud después de la absorción»

Tabla AB «Clases de eficiencia de acciones de control»

Tabla AC «Control por Sustitución»

Tabla AD «Control por medidas técnicas»

Tabla AE «Control por medidas organizativas»

Tabla AF «Control por protección personal»

Anexo 5 «Diagrama general»

Anexo 6 «Matriz final (selección de guantes)»

Anexo 7 «Matriz final (selección de protección parcial)»

Anexo 8 «Matriz final (selección de trajes)»

Anexo 9 «Modelo de interfaz aplicación»