

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Evaluación de métodos de análisis de riesgos químicos en la industria
farmacéutica**

Diego Sebastián Hidalgo García

Ingeniería Química

Trabajo de fin de carrera presentado como requisito
para la obtención del título de Ingeniero Químico

Quito, 22 de diciembre de 2023

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE FIN DE CARRERA

**Evaluación de métodos de análisis de riesgos químicos en la industria
farmacéutica**

Diego Sebastián Hidalgo García

Nombre del profesor, Título académico Juan Diego Fonseca Ashton, PH. D
Diego Sebastián Ponce Cahuasqui, Ph. D

Quito, 22 de diciembre de 2023

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en la Ley Orgánica de Educación Superior del Ecuador.

Nombres y apellidos: Diego Sebastián Hidalgo García

Código: 00210736

Cédula de identidad: 1719739896

Lugar y fecha: Quito, 20 de diciembre de 2023

ACLARACIÓN PARA PUBLICACIÓN

Nota: El presente trabajo, en su totalidad o cualquiera de sus partes, no debe ser considerado como una publicación, incluso a pesar de estar disponible sin restricciones a través de un repositorio institucional. Esta declaración se alinea con las prácticas y recomendaciones presentadas por el Committee on Publication Ethics COPE descritas por Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing, disponible en <http://bit.ly/COPETHeses>.

UNPUBLISHED DOCUMENT

Note: The following capstone project is available through Universidad San Francisco de Quito USFQ institutional repository. Nonetheless, this project – in whole or in part – should not be considered a publication. This statement follows the recommendations presented by the Committee on Publication Ethics COPE described by Barbour et al. (2017) Discussion document on best practice for issues around theses publishing available on <http://bit.ly/COPETHeses>.

RESUMEN

Las industrias que manipulan sustancias químicas tienen un reto constante por contener los riesgos para reducir accidentes laborales que tienen asociados costos tangibles e intangibles, y que pueden causar graves repercusiones organizacionales. Por esta razón, el análisis de riesgo resulta ser una función fundamental para la toma de decisiones en cuanto a contención, higiene y ventilación. Existen diversos métodos de análisis de riesgo: las matrices de riesgos, los softwares ChemRade y ART, donde cada uno de ellos presenta distintas fortalezas y desventajas que deben ser consideradas en función de las variables que analiza y las sustancias químicas. Así, las matrices de riesgo tienen como ventaja que se pueden aplicar a cualquier tipo de actividad independientemente si se van a ocupar sustancias químicas o no, ChemRade posee de ventaja que está totalmente automatizado y ART es la herramienta que logra calcular los valores de riesgo de la forma más exacta y parecida a la realidad. Se concluye que la complementariedad de la información proveniente de estos tres métodos entregan datos muy preciso para la determinación de los EPPs que se debe ocupar, ventilación, tiempo de exposición, área de trabajo y frecuencia de uso, y con estas decisiones promover, como bien lo dice la filosofía institucional, un mundo con menos dolor y cero accidentes.

Palabras clave: Factores de riesgo, Riesgo, matrices de riesgo, ChemRADE, ART, análisis de riesgo, EPPs.

ABSTRACT

Industries that handle chemical substances have a constant challenge to contain risks to reduce workplace accidents that have associated tangible and intangible costs, and that can cause serious organizational repercussions. For this reason, risk analysis turns out to be a fundamental function for making decisions regarding containment, hygiene and ventilation. There are various risk analysis methods: risk matrices, ChemRade and ART software, where each of them has different strengths and disadvantages that must be considered depending on the variables analyzed and the chemical substances. Thus, risk matrices have the advantage that they can be applied to any type of activity regardless of whether chemical substances are used or not, ChemRade has the advantage that it is fully automated and ART is the tool that can calculate the risk values of the most accurate way and similar to reality. It is concluded that the complementarity of the information from these three methods provides very precise data for determining the PPE that should be used, ventilation, exposure time, work area and frequency of use, and with these decisions promote, as well The institutional philosophy says so, a world with less pain and zero accidents.

Keywords: Risk factors, Risk, risk matrices, ChemRADE, ART, risk analysis, EPPs.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
Antecedentes	10
Qué es un riesgo.....	10
Efecto de los riesgos en la industria.....	10
Métodos de análisis de riesgo	11
Manejo de riesgos en Quito Site de Grünenthal.....	12
Justificación	12
Contención riesgos químicos	13
Comunicación del uso de sustancias.....	13
Toma de decisiones.....	14
1.3 Objetivos:	14
1.3.1 Objetivo general:	14
1.3.2 Objetivo específicos	14
METODOLOGÍA	15
RESULTADOS	18
Relación entre las condiciones de trabajo y el riesgo	18
Evaluación de riesgos en Grünenthal con ChemRade, ART y matrices de riesgo	22
Fortalezas y debilidades de los métodos ChemRade, ART y matrices de riesgo	25
CONCLUSIONES.....	29
RECOMENDACIONES	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	32

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Variables dependientes del estudio.	28
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Tabla de la banda de riesgos calculado con el método Stoffenmanager.....50

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Qué es un riesgo

En la vida laboral, uno está expuesto a diferentes peligros y riesgos que producen daños a nivel personal como en la economía de la empresa. Un peligro es una fuente que puede generar un daño ya sea físico o material, mientras que un riesgo es la probabilidad que ocurra en algún futuro el acontecimiento que generará un mal hacia los involucrados ya sea de manera física, social, psicológica o hasta cultural (Rodríguez, 2020). Existen diferentes factores de riesgos, yendo desde el lado ergonómico hasta el riesgo químico o mecánico que está directamente relacionado con los procesos y maquinarias industriales. Es por este motivo que al conocer los riesgos que están en nuestras actividades de trabajo se puede tomar las acciones necesarias para prevenir cualquier clase de accidente.

Efecto de los riesgos en la industria

Los riesgos en la industria se ven reflejados en accidentes laborales, en costos económicos y en el rendimiento de los trabajadores.

Como estipula la Organización Internacional de Trabajo (2021), en cada año en Latino América y el Caribe existe una media de alrededor de 317 millones de personas que han sufrido accidentes o enfermedades por el trabajo, de las cuales 2,34 millones han sufrido lesiones de gravedad que los han llevado a la muerte o invalidez de la persona. Cada vez que ocurre un infortunio se producen efectos negativos en la industria, como es el caso de días perdidos por ausentismo llegando a costar valores representativos para la organización, como lo indica Penagos y García (2013) que, por contusiones o lesiones en partes del cuerpo, se posee un promedio de ausentismo de 22 días y financiando las pérdidas del trabajador con un costo alrededor de 400 dólares. Estos costos y días fluctúan de acuerdo con la magnitud del evento sucedido donde la empresa es responsable de financiar el sueldo del trabajador, costo de

perdidas, multas por omisión de medidas de seguridad, demandas, costos por pérdida de venta y producción, entre otros (Impacto económico de los accidentes y las enfermedades de trabajo, 2013).

Los riesgos dentro de la compañía además de afectar a la salud y en los costos, puede incidir en el rendimiento laboral como es mencionado por Pérez (2015), que cualquier actividad de alto riesgo que no esté controlado contribuye generando malas condiciones de trabajo, que a su vez impiden desenvolverse de manera apropiada a los trabajadores. Además, al no conocer todos los peligros, se generan interrupciones, retrasos, ineficiencias e inactividad que obstaculiza la optimización de la producción.

Métodos de análisis de riesgo

Al determinar la magnitud del riesgo, uno puede saber cuánto daño puede provocar en la persona expuesta y al mismo tiempo tomar las medidas de precaución necesarias para disminuir dichos efectos. Para el análisis de riesgo se ocupan diferentes métodos y fórmulas matemáticas para asignar un valor cuantitativo a un riesgo. Dentro de las herramientas tradicionales, existen métodos manuales para determinar un riesgo como las matrices de riesgo, mientras con la ayuda de la tecnología se han desarrollado softwares computacionales que logran cuantificar el riesgo de manera automatizada (ASANA, 2022). Por un lado, las matrices de riesgo necesitan diversos recursos de tiempo y personal como es el caso de un equipo multidisciplinario encargado de evaluar y registrar la frecuencia y gravedad de posible acontecimiento para de manera semicuantitativa definir al riesgo de una actividad. En cambio, con los métodos computacionales solo se necesita ingresar las propiedades del químico, las acciones a realizar con dicha sustancia y las medidas de contención que se posee para que, de manera automatizada, dicha herramienta logra cuantificar el riesgo (Pantaleo, 2015).

Manejo de riesgos en Quito Site de Grünenthal

La empresa Grünenthal, farmacéutica alemana dedicada a generar medicamentos contra el dolor, posee una de sus cinco plantas en Quito, Ecuador (Grünenthal, 2023). Para la consecución de sus objetivos, esta planta de producción maneja más de 2000 sustancias y productos químicos, tanto como reactivos para producir medicamentos y su correspondiente análisis de laboratorio, además de procesos ingenieriles para limpieza, mantenimiento, lavandería, entre otros. El riesgo químico está presente para cualquier persona o área y se puede clasificar en cuatro grupos: 1) toxicidad, 2) inflamabilidad y comportamiento térmico, 3) compatibilidad con otras sustancias y 4) radiación (Solano, 2018). Cada uno de estos grupos puede dañar en un aspecto diferente a los operadores que los manipulan ocasionando daño a sus órganos, provocando quemaduras o lesiones o hasta generando cáncer o esterilidad (Zapata, y otros, 2021).

Por eso, deben existir ciertas medidas de contención para poder controlar el riesgo potencial. Estas pueden ser los equipos de protección personal, mecanismos adecuados de ventilación y barrera de contingencia de la sustancia. Adicionalmente, la prevención enfocada en el personal de la planta es a través de la divulgación rápida, clara y oportuna de la información y así, independientemente del área de trabajo, exista una reacción positiva en la manipulación de la sustancia.

Justificación

Con este proyecto, se desea determinar las ventajas y desventajas que presentan los softwares computacionales ChemRade y ART, al igual que la matriz de riesgos tradicional. Al igual que se evaluará las condiciones apropiadas de implementación de cada uno de los métodos para así optimizar el proceso y tener los valores más cercanos a la realidad en cuestión de riesgos. Con esta información se puede brindar a la industria beneficios en cuatro áreas

diferentes para así minimizar los riesgos y cumplir la filosofía de Grünenthal de un mundo sin dolor empezando desde dentro de la misma organización con cero accidentes.

Contención riesgos químicos

En la organización Grünenthal, el principal objetivo dentro de seguridad, salud y ambiente es tener cero accidentes. Para ello, este proyecto identifica y cuantifica los riesgos de todas las sustancias y productos empleadas en el manejo de la planta contando las principales áreas que son: mantenimiento e ingeniería, producción, empaque, control de calidad en el laboratorio y servicios logísticos en bodega. Al saber cuáles son las sustancias que representan un mayor riesgo se determina las medidas de contención apropiadas para cada actividad, con esto todo el personal puede protegerse con los equipos de protección personal y dispositivos adecuados para tener un trabajo seguro.

Comunicación del uso de sustancias

Con los conocimientos adquiridos mediante los tres métodos de análisis de riesgo, se procede a crear fichas de Seguridad de cada sustancia, en la que se especifican el tipo de sustancia, riesgos y precauciones para que de manera dinámica y visual, cualquier trabajador, independientemente del área que sea, pueda tener toda la información requerida para utilizar la sustancia o intervenir de manera segura y eficaz en caso de cualquier calamidad. Gracias a esto, se estima que la gestión del proceso de manejo, almacenamiento y cuidados con respecto a las sustancias químicas mejore, optimizando la capacitación del personal, reduciendo los posibles accidentes y aumentando el rendimiento de trabajo y producción, como menciona Cortés (2021) con respecto a la transmisión de información concreta mediante diferentes herramientas de excelencia operacional como las fichas mencionadas.

Toma de decisiones

A la hora de tomar decisiones, debido a que se posee más información, la Gerencia puede optar por las alternativas u opciones más seguras en cuanto a los medicamentos que se producen en la planta y los productos para el mantenimiento y limpieza de la misma (Giler Mantilla, Mendoza , & Paredes, 2016). Así se puede incorporar o eliminar las sustancias o productos que representan mayor riesgo y escoger solamente las alternativas más seguras para la salud de los empleados.

1.3 Objetivos:

1.3.1 Objetivo general:

Valorar comparativamente la eficacia de los diferentes métodos de evaluación de riesgo para un análisis certero que permita la implementación de la contención necesaria según cada sustancia química en una industria farmacéutica.

1.3.2 Objetivo específicos

- 1.** Analizar los factores que inciden en el incremento del riesgo por exposición a una sustancia química.
- 2.** Medir los riesgos provenientes de sustancias químicas que afectan en la Seguridad Industrial empleando los métodos de análisis de riesgo.
- 3.** Explicar las fortalezas y limitaciones del software ChemRade, Art y matrices de riesgo.

Para ampliar la información con respecto a la consecución de estos objetivos, en el anexo A se detalla las actividades, el diseño y alcance de este estudio.

METODOLOGÍA

Los conceptos necesarios para un mejor entendimiento del proyecto se pueden encontrar en los anexos A donde se especifica los factores de riesgos, medidas de contención, equipos de protección personal y métodos de análisis de riesgos.

Este proyecto se centra en los riesgos químicos dentro de la industria farmacéutica, cuyo alcance es descriptivo y no experimental. Según lo estipula Hernández (2010), el alcance descriptivo de un estudio es aquel que busca especificar las diferentes características y propiedades que tiene una determinada muestra. En el caso de esta investigación se muestra los riesgos asociados a las sustancias químicas ocupadas en cada actividad laboral de Grünenthal, donde se comprende el comportamiento de las sustancias. Adicionalmente, el enfoque de la investigación es cuantitativo donde se miden y recolectan los datos que cuantifican los riesgos de las sustancias químicas bajo diferentes condiciones de trabajo. De esta manera se demuestra la realidad objetiva de como las sustancias utilizadas dependen de las distintas variables.

Las variables son propiedades que pueden fluctuar y ser medidas por el investigador para determinar su afección entre ellas. Existen dos grandes grupos de variables, las cuales son las dependientes e independientes. Las variables dependientes se caracterizan por tener un valor que puede verse influenciado por la variable independiente, que a su vez sus variaciones o presencia puede alterar o modificar los resultados que posee la variable dependiente (Hernández, Fernández, & Baptista, 2010). En esta investigación se tomó como variable independiente las actividades y condiciones de trabajo, mientras que la variable dependiente son los riesgos de las sustancias que se pueden visualizar en la tabla anexa A1 y A2.

El muestreo de sustancias fue por conveniencia y no de manera aleatoria, ya que cada producto evaluado fue escogido por cada área de Grünenthal, en función de la frecuencia de uso y las que representan mayor riesgo a la salud del empleado, de acuerdo con su criterio.

Contando todas las áreas, las cuales corresponden a servicios logísticos (bodega), mantenimiento, empaque, fabricación y control de calidad, se analizó 53 sustancias.

En primer lugar, con respecto a los resultados se evaluó el comportamiento de las 53 sustancias de acuerdo con las variables independientes. Para esto, se utilizó el software ChemRade donde se alimentó con la información de todas las sustancias mencionadas anteriormente en la tabla A1, donde se incluye todos los riesgos mencionados en sus respectivas hojas de seguridad, número CAS de la sustancia, peso molecular, componentes, concentración, presión de vapor, estado físico y las actividades que se desarrollan con ella, contemplando tiempo, lugar y equipo de protección. Con esta información cargada en el programa, se procedió a evaluar las variaciones del riesgo químico a medida que se aumentaba el tiempo de exposición, yendo desde 1 minuto hasta los 320 minutos.

Por otro lado, en el programa ART se introdujo de igual manera toda la información de las sustancias, con la diferencia que para las 15 sustancias de mayor peligro se contempló el volumen de trabajo en un rango de 30 a 1000 metros cúbicos, la ventilación del lugar desde 1 intercambio de aire por hora hasta 30 intercambios, el método de contención de riesgo ya sea por extracción de aire o aislamiento del material, cantidad de flujo que se utiliza en un rango de 1 litro por minuto o kg por minuto hasta los 1000 l/min o kg/min y concentración de la sustancia activa en el producto. De esta manera, se determinó cómo todas estas variables afectan al riesgo químico asociado a los productos en cuestión.

Una vez que se sabe el comportamiento de cada sustancia y riesgo de acuerdo con las variables independientes, se ocupó ambos softwares para evaluar el riesgo de las sustancias con las condiciones de trabajo reales de la planta, que fue una información entregada por cada área usuaria. Por otro lado, también se evaluó los mismos riesgos de manera manual utilizando el método de matrices de riesgos, en donde se contempla la frecuencia de uso y gravedad en caso de un accidente.

Con la evaluación de los riesgos mediante los tres diferentes programas o métodos, se identificó las fortalezas y debilidades de cada uno de ellos de acuerdo a la facilidad y rapidez de cálculo, las cantidades de variables a tomar en cuenta al momento de analizar el riesgo, la automatización del programa, la trazabilidad y las opciones para transmitir dicha información. De esta manera se determina las mejores opciones para el análisis de riesgo dentro de la industria y en qué condiciones ocupar cada método para así optimizar el proceso y tener valores más exactos.

RESULTADOS

En este acápite se refieren los resultados principales, en primera instancia se describen los resultados provenientes de la relación entre las variables y condiciones de trabajo con el riesgo, luego se evalúan los riesgos presentes en Grünenthal ocupando los 3 métodos descritos y para finalizar se determinan las fortalezas y debilidades de cada método para optimizar su uso y complementar la información entre ellos.

Relación entre las condiciones de trabajo y el riesgo

Como se habló anteriormente, las condiciones de trabajo inciden directamente en el riesgo asociado a cada sustancia o producto. Para entender la forma en la que afectan se obtuvieron valoraciones con relación al tiempo, concentración, volumen y ventilación, método de contención, cantidad de flujo utilizado de la sustancia activa dentro del producto.

En primer lugar, se determinó que el tiempo de exposición de todas las sustancias, según el software ChemRade, es directamente proporcional al riesgo cuantificado, que es representado como la cantidad de veces que una determinada exposición a la sustancia pasa los límites permisibles laborales. El tiempo de contacto produce un incremento en el riesgo con una relación lineal, como se puede visualizar en la imagen B1, anexo B.

Una de las sustancias más utilizadas en las industrias y en el hogar es el etanol al 70%, que presenta una linealidad perfecta entre el tiempo y riesgo, aumentando gradualmente a medida que se expone más tiempo a la sustancia en cuestión. Este mismo comportamiento está presente en las 53 sustancias analizadas, pero con la diferencia que cada una de ellas presentó una diferente pendiente, lo que significa que va a incrementar con distinta magnitud. Los valores del riesgo y las respectivas pendientes se encuentran en la tabla B1, Anexos B.

Las sustancias que presentaron una mayor pendiente y por lo tanto una mayor incidencia del tiempo en la magnitud de riesgo fueron productos o sustancias ocupadas en el

área de fabricación y control de calidad como ácido sulfúrico (pendiente 63.522), fenolftaleína (93.61), zoplicona (141.97), spiron (198.76) y finasteride (1987.55), mientras que las que menos repercusión presentaron fueron productos de limpieza y lubricantes, tales como TEGO 2000 (0.001), Corium 168 (0.002), cera para pisos (0.003), Sterilex diluido (0.008) y Bencina (0.009).

Dentro de las sustancias de fabricación y control de calidad se determinó que la incidencia del tiempo puede llegar a ser de 1592,13 a 49816,75 veces la repercusión que posee el etanol que tan solo presenta un valor de pendiente de 0,039. Por otro lado, los productos con menor pendiente, tan solo representan un valor de 0,030 a 0,225 veces el etanol.

Como menciona El Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (1999), la concentración y el tiempo son variables que afectan en el índice de riesgo ya que a medida que estos factores aumentan, también incrementa la distribución de los agentes químicos en la zona según los principios de probabilidad log-normal. Es por este motivo que, a mayor exposición directa con un químico, este tiene más probabilidad de afectar al usuario ya que al estar distribuido por la zona de trabajo, es más fácil entrar en contacto con el trabajador. Por otro lado, los valores límites permisibles, concentración de la sustancia activa del producto, presión de vapor o que un sólido genere una neblina son condiciones determinantes para la presencia del riesgo y su cambio con el tiempo. Mientras menor sea el límite permisible laboral, el personal puede estar expuesto a menores dosis y al tener mayor presión de vapor o facilidad a generar neblinas, es más fácil que se volatilice el material y se esparza por el ambiente llegando a las personas alrededor. Es por ese motivo que cada sustancia presenta una diferente pendiente de incidencia del tiempo en el riesgo como se demostró anteriormente.

El siguiente factor que se evaluó con el software ART fue la concentración de la sustancia activa del producto, que de igual manera que el tiempo tiene una tendencia lineal con respecto al riesgo (ver anexo B, Imagen B2)

Los resultados muestran que a medida que aumenta la concentración de una sustancia, también aumenta el riesgo de la actividad que se realizará. A su vez, las partículas sólidas presentan un menor riesgo que las líquidas, esto se debe principalmente a que los líquidos tienden a evaporarse y estar presentes en el aire, mientras que las sólidas si no reciben movimiento para generar neblina, no estarán suspendidas en el aire (CHÁVEZ, 2019). Es así como, mientras mayor concentración exista, la actividad tendrá mayor riesgo. Cabe recalcar que cada sustancia tiene un valor diferente correspondiente al límite de exposición permisible que afectará en el riesgo final de la sustancia o producto, pero siempre teniendo la misma tendencia del factor de riesgo de la actividad que se realizará.

Un tercer factor para tomar en cuenta es el volumen de trabajo y ventilación del sistema que de igual manera fueron evaluados mediante ART. Estos dos aspectos contribuyen para la reducción de partículas o restos de productos o sustancias que estén en el ambiente. En este caso se observó que a medida que aumenta el volumen del espacio de trabajo o la ventilación, va a disminuir el riesgo hasta el punto de estabilizarse en un valor cercano a cero, bajando de valores de 0,2 y 0,0335 hasta 0,018 y 0,011 para el caso de ventilación y volumen respectivamente. Las curvas se pueden observar en la imagen B4, anexos B.

Ambos factores de ventilación y volumen resultaron ser inversos al factor de riesgo de actividad, es decir que cuando aumenta dichas variables, el riesgo va a disminuir hasta el punto de que simule un ambiente al aire libre, en donde el riesgo es el mínimo por su alta ventilación y volumen (Ver imagen B3 y B4, anexos B). Como menciona Renda (2017), al momento de no utilizar sistemas de ventilación ya sean naturales o forzadas, no existe entrada ni salida de partículas en el lugar de trabajo causando que incrementen su concentración, caso contrario, al ocupar ventilación forzada, la concentración de las partículas se reduce notablemente, independientemente del tamaño de partícula. Este fenómeno ayuda a reducir el riesgo ya que, al tener una menor concentración de partículas en el ambiente de trabajo, también disminuye

el contacto directo entre el trabajador y la sustancia o producto suspendida en el ambiente reduciendo la exposición y el riesgo.

Algo muy similar sucede con los tres métodos de contención de riesgo que posee ART para su análisis: contención del producto o sustancia, sistema de ventilación (sorbonas) y gloves box, que impiden el contacto de agente químico con el personal de trabajo. Los tres métodos reducen el riesgo entre un rango de 9 hasta 3400 veces su valor de acuerdo con el sistema de contención empleado. En el primer caso, que es confinamiento por tuberías, se presentó un factor de riesgo de 0.004 para líquidos y 0.002 para sólidos, reduciendo aproximadamente 10 veces el riesgo. En el segundo caso, extracción de aire, se obtuvo un factor de 0.0003 en líquidos y 0.0002 en sólidos, lo que conlleva a reducir 100 veces el riesgo. Por último, el glove box o caja de guantes, que aísla totalmente las sustancias del operador, reduce el riesgo en 3400 veces, correspondiente a un factor de 0.00001 para líquidos y sólidos.

El método de confinamiento de tuberías al igual que la caja de guantes tiene una barrera protectora que impide que el ambiente de análisis y el ambiente donde está el operador se junten y por esa razón se reduce el riesgo (ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, 2002). Por otro lado, la extracción de aire aumenta radicalmente la ventilación quitando cualquier partícula del ambiente. El método con mayor reducción fue la caja de guantes, seguido por la Sorbona y finalmente el confinamiento en tuberías que tan solo redujo 9,7 veces el riesgo asociado.

Finalmente, la cantidad de flujo de una sustancia o producto utilizado en cierta actividad es la última variable que afecta al riesgo y es analizada por el software ART. Para este caso, se determinó que, a un mayor flujo del material, se presentó mayor contacto con el agente químico y por ende aumentó el riesgo. Así el riesgo aumenta de manera exponencial y al final se va estabilizando, teniendo menos cambios significativos como se muestra en la imagen B5, anexos B.

Al haber mayor cantidad de sustancia es más factible que las partículas se queden en el ambiente o estén en contacto directo con el personal, por lo que el riesgo aumenta y puede causar problemas a la salud.

Cabe recalcar que los valores obtenidos de todas las variables fueron calculados mediante softwares computacionales que analizan los fenómenos de forma ideal, es por este motivo que varios resultados crean una línea perfecta, ya que no existen variables que alteren la muestra, a diferencia de los resultados obtenidos en laboratorio.

El valor de los riesgos con las distintas variables calculados mediante ART se encuentra en la tabla B2, anexos B.

Evaluación de riesgos en Grünenthal con ChemRade, ART y matrices de riesgo

Para medir los riesgos de las sustancias químicas o productos utilizados en Grünenthal y determinar cuáles están controlados y cuáles necesitan medidas adicionales para que estén considerados como seguros, se realizó la evaluación en el software ChemRade. Gracias a este análisis de las 53 sustancias más ocupadas se determinó la magnitud del riesgo por actividad. Estos resultados están disponibles en tabla B3, anexos B, donde se muestra el tiempo de cada actividad, los riesgos asociados para los límites permisibles en 15 minutos de actividad y en 8 horas, pues corresponde a toda la jornada laboral, y, los equipos de protección personal necesarios, así por ejemplo el lubricante Corium 168 donde posee un riesgo de 0,42 necesitando guantes para su utilización segura.

Es por este motivo que, en primer lugar, para todas las sustancias químicas, se debe ocupar guantes de seguridad y, en caso de que exista la posibilidad de afectar a los ojos, se deberá utilizar gafas de seguridad, como es en el caso de las sustancias del laboratorio de control de calidad. Adicionalmente, los productos que representan una magnitud de riesgo mayor deberán ser contenidos con medidas adicionales o equipos de protección personal con

mayor APF, como es el caso de la media mascarilla, mascarilla completa y en casos esenciales utilizar un equipo filtrante con respiración asistida.

Dentro de la planta se encontró que para 23 sustancias se necesita utilizar media mascarilla para que las actividades sean seguras, para el Acetronitrilo y el WLTM738 Stainless Steel Coating Aerosol se requiere la mascarilla facial completa con protección ocular y para Finasteride puro, en sus 2 actividades que son mezclar los batch y vaciar bolsas de polvo, se debe ocupar el equipo filtrante con respiración asistida que corresponde al EPP respiratorio con el mayor factor de protección. Las sustancias que necesitan media mascarilla o equipo filtrante obtuvieron una magnitud de riesgo de 6 a 158 veces el límite permisible laboral y estas son: Lubricante WLTM738 Stainless Steel Coating Aerosol (riesgo de 6,72), Finasteride puro que de acuerdo con la actividad obtuvo un riesgo de 157,31 y 36,1 y, el Acetronitrilo que obtuvo un riesgo de 30,04 cuando se trabaja con menos de 1 litro y 53,78 cuando la magnitud de la sustancia sobrepasa el 1 litro.

Los resultados de las sustancias o productos que representan mayor riesgo y que requieren métodos de contención adicionales también fueron evaluados con ART, y se pudo evidenciar cómo cambian los valores respecto a los obtenidos con ChemRade. Estos resultados están en la tabla B4, anexos B, donde se muestra la magnitud del riesgo y el equipo de protección personal necesario bajo los parámetros de cada actividad mencionadas en las imágenes de reporte, ver imagen B6, anexos B.

Al igual que con el software ChemRade, todas las sustancias demostraron tener un riesgo asociado que necesita medidas adicionales para controlarlas. Para el caso del lubricante WLTM738 Stainless Steel Coating Aerosol se obtuvo un riesgo de 2,67 veces el límite permisible lo cual representa un valor menor a los calculados por ChemRade que fueron cercanos a 7. Al tener un menor riesgo según ART, solo se necesita una media mascarilla y no la mascarilla facial completa para trabajar seguros. Esto sucede también con el Acetronitrilo

que obtuvo una puntuación de riesgo de 11,18 reduciéndose notablemente del riesgo calculado anteriormente que fue de 30,04 a pesar de que en ambos casos se necesita el mismo equipo de protección personal para contenerlo que es la mascarilla facial completa. Finalmente, para el caso de finasteride sucedió lo contrario de las anteriores sustancias, donde se obtuvo un riesgo de 760 y 76 para mezclar el batch y vaciar bolsas respectivamente, necesitando un equipo filtrante con respiración asistida para considerar las actividades seguras. Mientras más detallada sea la información sobre la actividad, el riesgo tiende a subir ya que toma nuevas variables de exposición que puede afectar en la evaluación, lo contrario pasa con los métodos de contención (Lima, 2021). En el caso de ART se especifica mejor las actividades y los métodos de contención, es por ese motivo que en la mayoría de las sustancias tiende a bajar el riesgo, a excepción de unas pocas como es el caso de finasteride donde la actividad realizada hace que el riesgo suba más.

Con el último método que son las matrices de riesgo, se midió de manera semicuantitativa el riesgo de las 55 sustancias más ocupadas en cada área de trabajo de Grünenthal ver tabla B5, anexo B. Para este caso, se obtuvo 25 sustancias con riesgo bajo lo cual representa el 45 % de todas las sustancias utilizadas. Dentro de las 25 sustancias de bajo riesgo, 6 de ellas son utilizadas en mantenimiento, 11 en laboratorio, 2 en fabricación, 1 en empaque y todas las sustancias ocupadas en bodega, lo cual equivale a 5. Para el riesgo alto se encontraron tan solo 5 que equivale al 9% y se utilizan en fabricación y en laboratorio, entre estas sustancias se encuentran los ácidos fuertes del laboratorio como el ácido sulfúrico y perclórico y ciertos APIs (sustancia activa) en polvo que se trabaja en fabricación como son el spiron, finasteride y zopiclona.

De las sustancias con más riesgo solo coincide una sustancia evaluada con las matrices de riesgo y con ChemRade, que es el finasteride. Cabe recalcar que el Acetronitrilo y el lubricante WLTM738 Stainless Steel Coating Aerosol también tuvieron una magnitud de riesgo

significante al analizarlos con la matriz de riesgo, llegando a ser considerados como un riesgo moderado. Esto se debe principalmente a que un factor determinante en las matrices de riesgo es la frecuencia con la que se ocupa y no solo la gravedad del riesgo como en los otros dos métodos (Fiallos, 2013).

Fortalezas y debilidades de los métodos ChemRade, ART y matrices de riesgo

Para utilizar los softwares de la mejor manera y en el momento más oportuno, es primordial saber sus fortalezas y debilidades.

En primer lugar, se analizó el software computacional ChemRade, donde se obtuvieron las magnitudes de riesgo de acuerdo con cuántas veces supera la exposición de una actividad y sustancia específica, el límite permisible laboral. Los resultados obtenidos por este método fueron similares a los otros softwares en cuanto a las medidas de contención y Epps necesarias, es decir que para la mayoría de las sustancias, el equipo de protección personal determinado por ChemRade, es el mismo que se estableció por ART. A pesar de este parámetro, los riesgos calculados por ChemRade suelen ser más altos que los obtenidos por ART, principalmente porque las actividades y parámetros del área de trabajo son menos específicos y se posee menos opciones de simulación que en ART, de esta manera se puede programar menos medidas de contención que al final elevarán el riesgo.

Dentro de las variables que se pueden modificar en ChemRade están las propiedades fisicoquímicas de la sustancia, el tiempo de exposición, los Epps ocupados en cada caso, la actividad que se va a realizar, ventilación, volumen del espacio de trabajo, medidas de contención adicionales y cantidad de sustancia ocupada. Por otro lado, ART posee las mismas variables mencionadas pero adicional también se puede programar la cantidad de flujo o peso utilizado de una sustancia o producto; si el trabajo se realizará dentro de un cuarto, en el exterior o bajo un flujo laminar; y finalmente si existen otras fuentes de riesgos adicionales.

A pesar de que existen ciertas variables que ambos programas poseen, hay ciertos parámetros que se pueden especificar más o menos de acuerdo con el software, como en el caso de ChemRade que solo se puede establecer la ventilación como nula, ventilación mecánica o ventilación natural, a diferencia de ART que se especifica el tipo de ventilación con los intercambios de aire por hora exacta, por lugar de trabajo, dando de este modo una ventaja ya que es factible obtener resultados más certeros y fiables.

Adicionalmente, ambos métodos cuentan con la opción de ingresar el volumen de la sala, la diferencia radica que ChemRade posee 3 opciones de volumen que son un volumen menor a 100 m³, de 100 a 1000 m³ y mayor a 1000 m³ y ART tiene la opción de 30m³, 100m³, 300m³, 1000m³ y 3000m³, lo que le vuelve un método más preciso porque puede adaptarse de mejor manera a las condiciones reales que el lugar de trabajo posee. Del mismo modo sucede con las especificaciones de la actividad y métodos de contención donde ChemRade ya posee opciones preestablecida dando diversas limitaciones a la hora de programar una actividad inusual, mientras que ART puede especificar manualmente cada actividad, así logra obtener resultados más reales sobre el riesgo.

La más grande ventaja de ChemRade frente al método ART y las matrices de riesgo, es la posibilidad de guardar datos calculados de cada sustancia. Con esta base de datos generada por el usuario, se podrá revisar o modificar de manera instantánea los datos de las sustancias, actividades y lugares de trabajo cambiándose automáticamente en todos los análisis que son afectados por dichas variables, esto permite mejor monitoreo de los riesgos a corto, mediano y largo plazo. Otra gran ventaja de ChemRade es la posibilidad de generar informes automáticos donde nos brinda información de cuántas sustancias están controladas y cuántas no, la cantidad de sustancias por área o lugar de trabajo y sustancias nuevas que han sido agregadas, lo cual es información importante a la hora de dirigir una planta o de poder implementar nuevas medidas para erradicar cualquier riesgo.

En el caso de ART no se guardan los análisis ni las variables históricas evaluadas, teniendo que programar de cero cada vez que se quiera realizar una evaluación de riesgo de alguna sustancia por lo que nos toma mucho más tiempo y recursos. Del mismo modo sucede con la matriz de riesgo que es el método que más tiempo, recursos y dinero cuesta implementarlo, ya que necesita de equipos multidisciplinarios de expertos con experiencia en riesgos y sustancias químicas que evalúen de manera manual cada sustancia una por una (Asanza, 2013). En ambos casos, ART y matrices de riesgos no pueden generar informes automáticos por lo que se tendría que revisar los datos uno por uno para saber los parámetros necesarios para la toma de decisiones y el conocimiento general de los riesgos existentes en una planta o industria específica.

Finalmente, en las matrices de riesgos se analiza una variable adicional que ninguno de los softwares toma en cuenta que es la frecuencia de uso que nos lleva a un análisis más exacto en este tema. Además, los softwares analizan los riesgos tomando en cuenta que el comportamiento o cambio de propiedades de los químicos se dan de manera ideal, a diferencia de la matriz de riesgo que al ser realizada por expertos en el tema pueden determinar los cambios de las propiedades químicas de una sustancia como la volatilidad, viscosidad, estado físico de la materia, volumen que ocupa, entre otras, haciendo factible tener un valor de riesgo analizado por la experticia del equipo y su criterio (Coordinación nacional de protección civil, 2015). Cabe resaltar que el método de matrices de riesgo, presenta resultados de forma semicuantitativos analizando solamente si el riesgo es bajo, moderado o alto, a diferencia de los softwares que nos muestran la magnitud exacta al comparar el riesgo de la actividad con los límites de exposición laborales de una sustancia en específico.

La información resumida sobre la comparación de estos tres métodos se puede encontrar en la siguiente tabla donde se coloca cuál método es el mejor por cada criterio.

Tabla N°1: Variables dependientes del estudio.

Parámetros	Top 1	Top 2	Top 3
menor tiempo requerido	ChemRade	ART	Matriz de riesgos
Facilidad de uso	ChemRade	ART	Matriz de riesgos
Datos semejantes a la realidad	ART	ChemRade	Matriz de riesgos
Almacenamiento de datos	ChemRade	ART	Matriz de riesgos
Automatización	ChemRade	ART	Matriz de riesgos

De esta manera se puede observar que ChemRade es el método que necesita menor cantidad de tiempo y recursos para lograr cuantificar los riesgos, ya que lo hace de una manera automatizada. Por otro lado, ART es la que determina los datos de una manera más realista y certera ya que considera más variables.

CONCLUSIONES

Gracias a este proyecto se determinó que los 3 métodos tienen sus fortalezas y debilidades por lo que, al complementarse entre ellos, hay mayor precisión, meticulosidad y certeza en el análisis de los riesgos por actividad dentro de la industrial y al mismo tiempo saber como contenerlos. En primer lugar, el software ChemRade es el mejor método para realizar un análisis rápido y general de las sustancias y actividades realizadas, debido a todas las opciones de automatización que posee dicha aplicación permite un mapeo de los riesgos en forma general. Al momento que ChemRade detecte una sustancia no controlada se deberá ocupar ART para analizarlo a más profundidad ya que dicha aplicación analiza más variables y nos brinda un resultado más real y certero que ChemRade. Por último, en situaciones o riesgos que no tengan relación con las sustancias químicas, los softwares no tienen las herramientas necesarias para poder determinar la magnitud de los riesgos, en este caso es esencial ocupar matrices de riesgos, debido a que el equipo especialista puede analizar todos los otros factores de riesgos, como son el físico, mecánico, biológico y psicosocial.

En segundo lugar, este proyecto analizó las principales variables que inciden en el riesgo de una sustancia química donde se determinó que las propiedades de la sustancia, los valores límites permisibles y el tipo de actividad que se realiza constituyen factores críticos como riesgo al operador, mientras que los parámetros como ventilación, equipos de protección personal, cantidad de flujo o concentración de la sustancia de riesgo y barreras físicas que separen al empleado del producto son las variables que ayudan a contener el riesgo. De este modo cuando una sustancia presenta un riesgo fuera de la tolerancia del límite permisible, se debe incrementar alguna de las variables de contención y así reducir el riesgo haciendo que el trabajo sea totalmente seguro. Una de las principales variables que incide en el riesgo es la volatilidad de la sustancia, ya que mientras mayor es esta, incrementa la exposición y por ello el riesgo.

Finalmente, gracias a estos tres métodos, Quito Site de Grünenthal logró mapear y contener todos los riesgos provenientes de las sustancias y productos que se utilizan, llegando a su objetivo de 0 riesgos no controlados para evitar cualquier tipo de accidente químico. Es importante resaltar que en las áreas de Fabricación y Control de Calidad en el Laboratorio fueron las instancias donde se encontró la mayor cantidad de sustancias químicas riesgosas, lo que insta a que tenga especial precaución en cuanto a contención, higiene y uso de EPPs.

RECOMENDACIONES

Para continuar el proceso de contención de riesgo químico en Grünenthal se debe realizar revisiones constantes, mínimo una vez semestralmente, para asegurarse que todas las sustancias químicas y actividades estén analizadas y contenidos por los softwares mencionados. Del mismo modo, cada vez que se incorpore una sustancia o producto nuevo a la planta, se necesita elaborar un análisis previo de los riesgos para determinar si es seguro o no la incorporación de dicho material.

Otro aspecto importante al respecto es hacer un seguimiento de cada área de trabajo para asegurarse que todos los trabajadores estén siguiendo y utilizando las medidas de protección y contención necesarias especificadas en las hojas de instrucciones de trabajo “WICS” para cada sustancia que se generan a través de los softwares computacionales. Del mismo modo se deberá realizar entrenamientos constantes a todo el personal con énfasis a los de nuevo ingreso para asegurarse que saben como manejar y entender las instrucciones de trabajo WICS.

Finalmente, es fundamental trabajar en equipos interdisciplinarios y el rol del ingeniero químico es analizar todas las actividades necesarias a lo largo de los procesos industriales y como estos son afectados por las propiedades fisicoquímicas de una sustancia química.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrés, T., Laura, P., & Yormary, H. (2021). *Análisis cualitativo de los riesgos asociados a la exposición a sustancias químicas, en los trabajadores del proceso de fabricación del calzado en la empresa Inversiones Palacio SAS*. Obtenido de <https://repositorio.ecci.edu.co/handle/001/978>
- ART . (2023). *ART advance reach tool*. Obtenido de <https://www.advancedreachtool.com/credits.aspx>
- ASANA. (2022). *Matriz de riesgos: cómo evaluar los riesgos para lograr el éxito del proyecto*. Obtenido de <https://asana.com/es/resources/risk-matrix-template>
- Asanza, A. (2013). *Elaboración de la matriz de riesgos laborales en la empresa proyecplast*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5155/1/UPS-CT002734.pdf>
- Casincana, D. (2015). *PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES Y SU INCIDENCIA EN EL CONTROL DE LOS FACTORES DE RIESGOS MECÁNICOS EN LA EMPRESA OPERADORA DEL CONTRATO DE PRESTACIÓN DE SERVICIOS DE EXPLORACIÓN Y EXPLOTACIÓN DE PETRÓLEO ORIENTE*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6394/1/MUTC-000356.pdf>
- CHÁVEZ, E. C. (2019). *DETERMINACIÓN DE PARTÍCULAS SÓLIDAS TOTALES (PST) MEDIANTE EL MÉTODO GRAVIMÉTRICO EN LA ATMÓSFERA DE LA CARRETERA DEL TRAMO CELENDÍN*. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/3469/DETERMINACION%20DE%20PARTICULAS%20SOLIDAS%20TOTALES>

S%20%28PST%29%20MEDIANTE%20EL%20M%C3%89TODO%20GRAVIM%C3%89TRICO%20EN%20LA%20ATM%C3%93SFERA.pdf?sequence=1

ChemRade. (2023). *About Chemrade Software*. Obtenido de

<https://www.chemrade.nl/en/partners>

Colorado, M., Pérez, V. G., & Sánchez, T. (2013). *EVALUACIÓN DEL RIESGO POR EXPOSICIÓN A NANOPARTÍCULAS MEDIANTE EL USO DE MÉTODO STOFFENMANAGER NANO 1.0*. Obtenido de

<https://www.insst.es/documents/94886/96076/nanoparticulas+dc/b95129e0-a6d0-4d69-b521-a90d7cf5a355>

Coordinación nacional de protección civil. (2015). *Propiedades fisicoquímicas y características de peligrosidad de las sustancias químicas*. Obtenido de

https://www.cenapred.unam.mx/es/documentosWeb/Enaproc/Presentacion_IPQ.pdf

Cortés, D. (2021). *Propuesta de mejora basada en la herramienta OpEx para las líneas de producción en una multinacional del sector higiénico*. Obtenido de

https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/7502/Cort%C3%A9s_Ram%C3%ADrez_Diego_Alexander_2021..pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cruz, A. P. (20 de diciembre de 2019). *Factores de riesgo ergonómico en personal administrativo, un problema de salud ocupacional*. Obtenido de

<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7471199.pdf>

Evelyn Ivette Rojas Vázquez*, A. D. (junio de 2006). *Identificación y prevención de riesgos de origen químico en centros laborales de Santiago de Cuba*. Obtenido de

http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01382006000100007

- Fiallos, M. R. (2013). *Riesgos Químicos por el uso de la sosa cáustica y su incidencia en el área de envasado en Industrias Licoreras Asociadas*. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3828/1/Tesis_t800mshi.pdf
- Giler Mantilla, K., Mendoza, K., & Paredes, P. (2016). *Gestión de riesgo empresarial*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12825/1/GESTION%20DE%20RIESGO%20EMPRESARIAL.pdf>
- Gómez, E. C. (2003). *Guantes de protección contra productos químicos*. Obtenido de https://www.insst.es/documents/94886/327446/ntp_748.pdf/5cd9208f-9817-4191-9135-3d00fcb57b88#:~:text=Ejemplos%20de%20este%20tipo%20de,%2C%20Vit%C3%B3n%2C%20Butilo%2C%20PVA.
- Grünenthal. (2023). *Historia de Grünenthal*. Obtenido de <https://www.latam.grunenthal.com/es-mx/sobre-nosotros/filiales-latinoamerica/ecuador>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2010). *METODOLOGÍA de la investigación*. Obtenido de <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>
- Lascano, J. L. (2018). *FACTORES DE RIESGOS QUÍMICOS Y SU INCIDENCIA EN LA SALUD OCUPACIONAL DE LOS TRABAJADORES EN LAS ÁREAS OPERATIVAS DE LAS CURTIEMBRES*. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28549/1/Tesis_%20t1459mshi.pdf

- Jiménez, B. M. (2011). *Factores y riesgos laborales psicosociales: conceptualización, historia y cambios actuales*. Obtenido de <https://scielo.isciii.es/pdf/mesetra/v57s1/especial.pdf>
- LIMA, E. M. (2021). *IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DEL RIESGO QUÍMICO POR INHALACIÓN EN UN LABORATORIO QUÍMICO*. Obtenido de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/4322/1/Mart%C3%ADnez%20Lima%20Eliana%20Michelle.pdf>
- Naranjo, F. L., Martínez, A. B., & Martínez, M. A. (2015). *Modelo educativo para el estudio toxicológico de productos de limpieza de uso comercial*. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcf/v46n1/1870-0195-rmcf-46-01-00033.pdf>
- Organización internacional del trabajo. (2023). *Equipos de protección personal*. Obtenido de <https://www.ilo.org/global/topics/labour-administration-inspection/resources-library/publications/guide-for-labour-inspectors/personal-protective-equipment/lang-es/index.htm>
- Organización internacional del trabajo. (2023). *Salud y seguridad en trabajo en América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://www.ilo.org/americas/temas/salud-y-seguridad-en-trabajo/lang-es/index.htm>
- ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. (2002). *CABINAS DE SEGURIDAD BIOLÓGICA*. Obtenido de https://www3.paho.org/spanish/AD/THS/EV/LAB-Cabinas_bioseguridad.pdf
- OSHA. (2009). Assigned Protection Factors for the Revised Respiratory Protection Standard. 47.

Pantaleo, G. (2015). *ingeniería de Software*. Obtenido de

<https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=rjxyEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=que+es+un+software+&ots=5kozt08y0T&sig=SUHoJ8wpvp06c27AJwnVKxbSFGg#v=onepage&q=que%20es%20un%20software&f=false>

Penagos (2013).*Impacto económico de los accidentes y las enfermedades de trabajo*.

Obtenido de <https://istas.net/salud-laboral/danos-la-salud/impacto-economico-de-los-accidentes-y-las-enfermedades-de-trabajo>

Pérez, C. (2015). *La importancia de prevenir los riesgos laborales en una*. Obtenido de

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6499/ENSAYO%20DE%20GRADO.pdf;jsessionid=3C50E2884E78AC89B7B1CEBB9192169E?sequence=1>

Quevedo, M. J. (18 de mayo de 2021). *Riesgos en las Industrias más Importantes del*

Ecuador: Investigación Sobre Técnicas de Análisis de Riesgo. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/10621/1/137997.pdf>

Renda, E. (2017). *MANUAL PARA LA ELABORACIÓN DE MAPAS DE RIESGO*. Buenos

Aires: Ministerio de Seguridad de la Nación,.

Rodríguez, M. E. (2020). *Amenaza, vulnerabilidad y gestión de riesgo por inundación desde el ordenamiento territorial. La realidad urbana de Santiago de Cali, Colombia*.

Obtenido de

http://erecursos.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/5747/3Trabajo%20final%20tesis22_Parte1.pdf?sequence=13&isAllowed=y

Saucedo, J. L. (2020). *Implementación de un sistema de recuperación de vapor de solventes para mejorar la calidad de aire del área de impresión flexográfica, en la empresa*

envases Múltiples Perú S.A.C., periodo 2020. Obtenido de

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25058>

Solano, A. (2018). *Riesgo químico en lugares de trabajo.* Obtenido de <https://ccs.org.co/wp-content/uploads/2021/06/Guia-tecnica-Riesgo-quimico-en-lugares-de-trabajo.pdf>

Thulasidas, S. K., Kumar, M., Rajeswari, B., Dhawale, B. A., Godbole, S. V., & Natarajan, V.

(2015). *Glove Box Adaptation of a High-Resolution Inductively Coupled Plasma*

Optical Emission Spectrometer for Analysis of Radioactive Materials. Obtenido de

https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:22069266

Villanueva, M. (2020). *Seguridad y protección en el laboratorio químico.* Obtenido de

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=m3f1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2&dq=importancia+ventilaci%C3%B3n+en+laboratorios+qu%C3%ADmicos&ots=KEbOZPywMJ&sig=AJGwsXQrldZsA3PeRmGF9-](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=m3f1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2&dq=importancia+ventilaci%C3%B3n+en+laboratorios+qu%C3%ADmicos&ots=KEbOZPywMJ&sig=AJGwsXQrldZsA3PeRmGF9-pxbAM#v=onepage&q=importancia%20ventilaci%C3%B3n%20en%20laboratorios%20qu%C3%ADmic)

[pxbAM#v=onepage&q=importancia%20ventilaci%C3%B3n%20en%20laboratorios](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=m3f1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2&dq=importancia+ventilaci%C3%B3n+en+laboratorios+qu%C3%ADmicos&ots=KEbOZPywMJ&sig=AJGwsXQrldZsA3PeRmGF9-pxbAM#v=onepage&q=importancia%20ventilaci%C3%B3n%20en%20laboratorios%20qu%C3%ADmic)

[%20qu%C3%ADmic](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=m3f1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2&dq=importancia+ventilaci%C3%B3n+en+laboratorios+qu%C3%ADmicos&ots=KEbOZPywMJ&sig=AJGwsXQrldZsA3PeRmGF9-pxbAM#v=onepage&q=importancia%20ventilaci%C3%B3n%20en%20laboratorios%20qu%C3%ADmic)

[%20qu%C3%ADmic](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=m3f1DwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2&dq=importancia+ventilaci%C3%B3n+en+laboratorios+qu%C3%ADmicos&ots=KEbOZPywMJ&sig=AJGwsXQrldZsA3PeRmGF9-pxbAM#v=onepage&q=importancia%20ventilaci%C3%B3n%20en%20laboratorios%20qu%C3%ADmic)

Zapata, A., Bautista, D., Laguna, P., Rojas, P., Rincón, A., & Contreras, F. (2021). *Efectos adversos por el uso de sustancias químicas en la salud de los trabajadores de la*

industria de la construcción. Obtenido de <https://doi.org/10.24267/23897325.644>

ZAMBRANO, D. J., & MACÍAS, J. D. (2017). *INCIDENCIA DE RIESGOS FÍSICOS Y*

MECÁNICOS EN LA SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL DE LOS

TRABAJADORES DE LA EMPRESA “COMERCIAL GAIBOR”. Obtenido de

<https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/600/1/TMA120.pdf>

6. ANEXOS

Tabla A1: Variables dependientes del estudio.

Mantenimiento	
Riesgo de las Sustancia	Descripción
Corium 168	Lubricante para equipos y máquinas
CDTM757 Heavy Duty Citrus Degreaser Aerosol	Lubricante para equipos y máquinas
Zetalube 228	Lubricante para equipos y máquinas
Zetalube 206	Lubricante para equipos y máquinas
WLTM738 Stainless Steel Coating Aerosol	Lubricante para equipos y máquinas
Grasa Liquida HHS 2000	Lubricante para equipos y máquinas
CUTTING 200	Lubricante para equipos y máquinas
Corium Z-127	Lubricante para equipos y máquinas
CORIUM 603	Lubricante para equipos y máquinas
QC	
Sustancia	Descripción
Ácido Acético	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Acetonitrilo	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Acetona para análisis	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Acetato de etilo	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Dimetilformamida	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Piridina	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Yoduro de Potasio	Sustancias para análisis químico y control de calidad

Yodo	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Trietilamina	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Tolueno	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Tetrahidrofurano	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Sodio metaperiodato	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Metanol	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Isopropanol	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Hidróxido de sodio	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Hexametilentetramina	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Fenolftaleína	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Éter de petróleo (Bencina)	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Etanol	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Ácido etilendiaminotetraacético	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Etil éter	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Diclorometano	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Anhídrido acético	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Amoníaco	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Ácido trifluoroacético	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Ácido Sulfúrico	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Ácido perclórico	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Ácido Clorhídrico	Sustancias para análisis químico y control de calidad
Fabricación	

Sustancia	Descripción
Sterilex	Sustancia de limpieza para el área de fabricación
SPIRON	Sustancias y materiales para la elaboración de pastillas
Zopiclona	Sustancias y materiales para la elaboración de pastillas
Clorhidrato de Tramadol	Sustancias y materiales para la elaboración de pastillas
Paracetamol	Sustancias y materiales para la elaboración de pastillas
NAPROXENO	Sustancias y materiales para la elaboración de pastillas
Lomotil	Sustancias y materiales para la elaboración de pastillas
Finasteride	Sustancias y materiales para la elaboración de pastillas
Codeína	Sustancias y materiales para la elaboración de pastillas
Acetona	Sustancias y materiales para la elaboración de pastillas
Empaque	
Sustancia	Descripción
LUTM210 Food Grade Silicone Lubricant Aerosol	Lubricante para equipos y máquinas
Etanol 70%	Sustancia de limpieza para el área de empaque
TEGO 51	Sustancia de limpieza para el área de empaque
Cera líquida para pisos	Sustancia de limpieza para el área de empaque
Bodega	
Sustancia	Descripción
TEGO 2000	Sustancia de limpieza para el área de bodega
Sterilex	Sustancia de limpieza para el área de bodega
LUBRICANTE SILICON	Lubricante para el área de bodega

Etanol 70%	Sustancia de limpieza para el área de bodega
------------	--

Tabla A2: Variables independientes del estudio.

Variable	Descripción
Tiempo	Cantidad de minutos que dura la exposición directa con la sustancia
Área de trabajo	metros cuadrados que tiene el lugar de trabajo
Ventilación ACH	ventilación medida en intercambios de aire por hora
Método contención	Contención adicional para la sustancia (sistema de extracción o contención)
Cantidad de flujo	Cantidad de sustancia que se ocupa
Concentración	Concentración de la sustancia activa de cada producto

Anexos A: Marco teórico

En el entorno laboral de las industrias, existen ciertos factores de riesgos, que incrementan la probabilidad de tener un evento fortuito, como los accidentes, ya sea por la frecuencia en que se realiza una actividad o por la gravedad medida en los efectos negativos de un accidente. En este documento se aborda los tipos de riesgo, formas de contención y métodos de medición y análisis de riesgos.

Factores de riesgo

Riesgo químico.

Se caracteriza por ocasionar efectos nocivos sobre la salud al estar expuesto a un agente químico, ya sea por vía respiratoria, ingestión o por contacto directo con la piel. Existen diferentes agentes químicos, los cuales pueden estar en cualquier fase, ya sea sólido, líquido o vapor.

Los riesgos químicos se clasifican en inflamables, comburentes, corrosivos, explosivos, mutágeno y peligroso para el medio ambiente y su biodiversidad (Lascano,2018), cada una de ellas puede producir en la persona desde quemaduras, irritaciones cutáneas, daño de órganos, daño en mucosas, incluso cáncer o variaciones en el ADN. Es por ese motivo que se necesita conocer a detalle todas las propiedades fisicoquímicas del agente con el cual se está trabajando, para así evitar accidentes o intoxicación.

Riesgo mecánico.

Esta clase de riesgo se vincula directamente con el espacio de trabajo donde exista cualquier tipo de maquinaria, instrumento o aparato que pueden ocasionar diferentes tipos de daño al operador (Casincana, 2015). Todo tipo de equipo, al tener partes móviles, implican un alto factor de riesgo ya que puede generar golpes, cortes y zonas de atrapamiento para el usuario que puede desencadenarse en un accidente.

Riesgo biológico.

Los riesgos biológicos suelen provenir de hongos, microorganismos, insectos, bacterias, parásitos y otros organismos que pueden ser considerados agentes infecciosos al estar en contacto con el humano ocasionando enfermedades o irritaciones (Márquez, 2016 citado en Quevedo, 2021). Estos agentes comúnmente se encuentran en la industrias farmacéuticas o alimenticias, donde son fundamentales para la síntesis de productos y se debe tener especial cuidado en no liberar las cepas para no contaminar el área o el personal de trabajo. Las consecuencias de este riesgo puede ir desde una alergia leve, hasta una infección o intoxicación que requiere medida médicas y hospitalarias.

Riesgos físicos.

Existe una fuerte incidencia entre el lugar de trabajo con los empleados donde puede afectar en la fatiga, capacidad de hacer un trabajo y hasta la salud. En el espacio de trabajo existe diferentes variables como la cantidad de luz, vibración, temperatura, ruido, entre otras que pueden ocasionar daños o bajo rendimiento del personal, por lo que se los debe tomar en cuenta a la hora de analizar los riesgos de una industria (ZAMBRANO & MACÍAS, 2017). De este modo, es importante conocer los rangos aceptables de todas las variables físicas del lugar del trabajo donde el empleado pueda rendir al máximo y no le genere ninguna afección en el futuro como es el caso de lesiones, fracturas u otro problema físico.

Riesgo ergonómico.

Este tipo de riesgo se debe principalmente al sobre esfuerzo y a un mal diseño del espacio laboral que no se acopla correctamente a la fisionomía del cuerpo humano. Por varias horas realizando una misma actividad, o estando en una misma postura se aumenta la probabilidad de sufrir cervicodorsalgia, lumbalgia, afección musculo esqueléticas, calambres y dolores, los cuales son las afecciones más frecuentes en el tema de mala ergonomía durante

el trabajo (Cruz, 2019). Para evitar este riesgo, se debe controlar el esfuerzo físico, la postura de trabajo y los tiempos de actividad basados en el criterio de un profesional de la salud para así, reducir la probabilidad de generar enfermedades ocupacionales.

Riesgo psicosociales.

Esta categoría de riesgo hace referencias a situaciones de alto estrés con suficiente magnitud para alterar o afectar los recursos físicos y psicológicos de la persona para manejar cierta actividad. Estos riesgos pueden provenir de diferentes factores según la persona, pero los más relevantes son: la intensidad del ritmo de trabajo, sobrecargar laboral, falta de control sobre las decisiones que afectan su puesto, tiempo excesivo en la labor, cambios organizacionales abruptos, falta de comunicación, y muchos más (Jiménez, 2011). A pesar de que los riesgos psicosociales pueden ser muy extensos y diferentes para cada individuo, es un tema que se le debe tomar en cuenta ya que puede afectar a la salud mental y física de la persona provocando enfermedades y reduciendo su rendimiento y bienestar considerablemente.

Contención de Riesgos

Otro punto importante que hay que tomar en cuenta al momento de hablar de riesgos es su forma de contención o como minimizarlos. Existen diferentes formas y variables a tomar en cuenta para la contención de riesgos según el tipo de estos. En este trabajo se aborda la contención de riesgos químicos, en donde los puntos más importantes son: los equipos de protección personal que evitan el contacto directo con la sustancia; las medidas de higiene en el lugar de trabajo, evitando contaminación cruzada o restos de químicos no deseados; y por último, la ventilación, escape y contención de vapores provenientes de los químicos, evadiendo su libre propagación (Evelyn Ivette Rojas Vázquez*, 2006). Tomando en cuenta estas medidas de protección, logramos controlar los químicos en tres niveles esenciales como son el cuidado físico del operador, el almacenaje e higiene del área y la propagación.

Equipos de protección personal (EPP).

El principal objetivo de los equipos de protección personal, denominados EPPs, es cuidar la integridad física del personal de trabajo para que logren realizar sus actividades de manera segura. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT, 2023), existen alrededor de 7 clases de EPPs de acuerdo con el área que va a proteger. Entre ellos, se encuentra la protección ocular, de cabeza y cuello, oídos, extremidades y órganos.

Cada equipo de protección personal tiene diferentes variantes de material y diseño que se enfocan en un riesgo puntual, por ejemplo, los guantes de seguridad para químicos tienen más de 8 materiales, que inciden en la permeabilidad y resistencia a ciertas sustancias ya sean tóxicas, corrosivas, inflamables, etc (Gómez, 2003).

En cuanto el riesgo de intoxicación por inhalación de químicos en las industrias farmacéuticas pueden presentarse con mayor regularidad por el tipo de sustancia empleadas, es importante mencionar los equipos de protección respiratoria. En estos, se debe contemplar dos importantes factores, estos son “Assigned Protection Factor” (APF) y “Maximum Use Concentration” (MUC). El APF muestra la magnitud de protección que un respirador puede brindar al usuario, mientras mayor sea el valor de APF, más protección brindará, el rango del valor APF va desde 10 hasta los 10000 dependiendo del equipo; por otro lado, el MUC determina la concentración de una atmósfera tóxica que el respirador tiene la capacidad de proteger (OSHA, 2009). De acuerdo con la sustancia química que se va a utilizar y su nivel de toxicidad se debe seleccionar el equipo apropiado de respiración.

Los equipos de protección personal son la última barrera de contención ante un riesgo o peligro, debido a que se debe prevenir desde un inicio con condiciones de trabajo apropiadas como medidas de higiene.

Medidas de higiene.

En primer lugar, la higiene del área de trabajo químico dentro de cualquier industria es indispensable ya que una buena limpieza asegura la salud de los empleados y la calidad del producto. Cualquier clase de residuo químico o biológico puede ocasionar contaminación cruzada, lo cual hace referencia que restos de anteriores productos o químicos entran en contacto con los nuevos ocasionando datos erróneos o disminución de pureza o calidad.

De la misma manera, los residuos pueden afectar la salud de los operadores ya que estos pueden entrar en contacto con las personas sea por contacto directo con la piel o por las vías respiratorias produciendo efectos negativos (Naranjo, Martínez, & Martínez, 2015).

Ventilación, escape y contención de vapores.

Es de suma importancia tomar en cuenta el espacio de trabajo y la ventilación del mismo, ya que la mayoría de las sustancias químicas ya sean en estado sólido, líquido o gaseoso pueden ser inhaladas por las vías respiratorias afectando de esta manera al organismo.

De igual manera, tener la ventilación apropiada ayuda en el acondicionamiento del lugar de trabajo llegando a niveles de humedad, temperatura y ventilación apropiadas para tener mejor resultado en el análisis de las muestras y al mismo tiempo ser un mecanismo de prevención contra cualquier accidente químico. Así mismo, provoca disminución de la concentración de las sustancias dispersas en el ambiente y brinda una ruta de evacuación (Villanueva, 2020). Estas condiciones específicas pueden ser logradas con ventilación general en el laboratorio o con ciertos equipos de extracción, las más relevantes son los equipos de ventilación por extracción local (LEV) que retira vapores y polvos del lugar para evitar la inhalación de los mismos (Andrés, Laura, & Yormary, 2021); los equipos de “Glove boxes” que son cajas totalmente cerradas donde se puede trabajar sin tener ningún contacto con el químico o material biológico que se encuentre adentro (Thulasidas, y otros, 2015); por último,

encontramos el sistema de recuperación de vapores que reducen los niveles de emisión gracias al aire comprimido (Saucedo, 2020). Con estas condiciones óptimas de trabajo se puede garantizar un mejor en la salud, rendimiento y calidad.

Métodos de análisis de riesgos.

Una vez conocidas las clases de riesgos y las formas más relevantes de contención y minimización de estos, es importante saber cómo calcular la magnitud de los riesgos que representa cada escenario. Al determinar la magnitud del riesgo, uno puede saber cuánto daño puede provocar en la persona expuesta y al mismo tiempo tomar las medidas de precaución necesarias para disminuir dichos efectos. Para el análisis de riesgo se ocupan diferentes métodos y fórmulas matemáticas para asignar un valor cuantitativo a un riesgo, los que se explican a continuación por ser usados en la industria investigada son: matrices de riesgos, ChemRade y ART.

Las matrices de riesgos son herramientas que cuantifican con un valor cualquier clase de riesgos dentro de la industria o lugar de trabajo dando la posibilidad de evaluar la probabilidad y gravedad del riesgo en etapas planificadoras del proyecto. Con este método se consideran dos variables: la probabilidad y la gravedad, cada una de ellas puede obtener una calificación del 1 al 5, siendo 5 el más alto. El producto obtenido de ambas variables determina el impacto del riesgo. De tal forma que un valor de impacto de riesgo de 1 a 6 es considerado bajo; de 7-12 es riesgo moderado o medio y de 13 a 25 es un riesgo alto, este que debería tener más medidas de contención para garantizar la seguridad (ASANA, 2022).

Por otro lado, existen diversos softwares, los cuales son definidos como dispositivos que funcionan como computadora programable para realizar una tarea de forma efectiva y rápida (Pantaleo, 2015). Con estas herramientas es fácil ocupar diferentes ecuaciones o algoritmos para calcular los riesgos químicos de forma ideal, solo ingresando información de

la sustancia, como es el caso de sus componentes químicos, sus códigos de identificación y las actividades que se van a realizar con sus respectivos tiempos de uso y medidas de protección. Dentro de la gran gama de softwares para el análisis químico, vamos a tomar en cuenta el programa ChemRade y ART, los cuales se centran en el riesgo químico en las distintas áreas de la industria farmacéutica.

ChemRade es un software cuyo objetivo principal es brindar la información necesaria a las empresas sobre el correcto uso de las sustancias químicas y así, brindar una solución al momento de cuantificar dichos riesgos considerando las normas de la OIT (2021) conocidas como SST y REACH que promueven la salud y protección del trabajo. Este software permite introducir cualquier sustancia química la cual será reconocida por su número CAS (número de identificación de sustancia química) y al mismo tiempo se puede ingresar todos sus componentes en caso de ser un producto compuesto. De igual manera, se puede aclarar el trabajo que se va a realizar con su correspondiente área y condiciones, como son la ventilación, equipos que se utilizan y EPPs. Con toda la información ingresada, el programa es capaz de determinar un valor del riesgo permisible para el ser humano (ChemRade, 2023). Este software calcula los riesgos mediante el algoritmo Stoffenmanager el cual analiza todas las propiedades fisicoquímicas de la sustancia o sólido con el cual se está trabajando y asigna una puntuación del 0 al 1 a cada propiedad de la sustancia y de las condiciones del trabajo, por ejemplo, mientras más volátil sea va a tener un valor más cercano al 1, así mismo sucede con la concentración, viscosidad y condiciones de trabajo, entre otras. Adicionalmente, el software ChemRade cuenta con una amplia base de datos de las sustancias químicas más relevantes lo cual ayuda a tener un cálculo más preciso del riesgo asociado a cada una de ellas al momento de llenar toda la información necesaria para el método Stoffenmanager. Con todos los valores obtenidos ya sea por parte del usuario o por la base de datos, el método Stoffenmanager calcula la banda de riesgo y le proporciona una letra entre la A y la E, siendo E la más peligrosa

(Colorado, Pérez, & Sánchez, 2013). En la siguiente imagen se muestra el cálculo de bandas de riesgo con su letra asociada.

Peligro \ Exposición	A	B	C	D	E
1	3	3	3	2	1
2	3	3	2	2	1
3	3	2	2	1	1
4	2	1	1	1	1

Figura N°1: Tabla de la banda de riesgos calculado con el método Stoffenmanager

Fuente: (Colorado, Pérez, & Sánchez, 2013)

Una vez el software haya aplicado el método Stoffenmanager y se obtenga la banda de riesgos, se procede a colocar el valor de acuerdo con los límites de tolerancia permisibles para el ser humano sin ocasionar problemas de salud (ChemRade, 2023).

Por último, el software ART (Advance Reach Tool) posee diferentes modelos estadísticos y mecanicistas sobre la exposición por inhalación obtenidos de una gran base de datos proporcionados por diferentes industrias, centros de investigación y hasta por los usuarios que ocupan la aplicación. Dentro de los principales colaboradores se pueden encontrar el gobierno de Holanda, AFSSET, Shell, Eurometaux que financian el programa para extender su base de datos y obtener más centros de investigación que se incorporen al proyecto. Por el momento cuentan con más de 6 organizaciones de investigación de toda Europa como es el caso de la Universidad de Utrecht en los Países Bajos, BAUA en Alemania, NFA/NRCWE en Dinamarca e IOM y HSL en el Reino Unido. Por consiguiente, el programa tiene la capacidad de analizar los riesgos provenientes de vapores, humos, polvos de diferentes tamaños y

neblinas con sus respectivas fuentes de contención y trabajos a realizar (ART , 2023) lo que permite una gestión de riesgos rápida y oportuna.

Si bien hasta este punto se han abordado los riesgos, la contención y el análisis de los mismos, es importante revisar las formas de intervención, y éstas dependerán de los valores obtenidos al medir el riesgo por cada método.

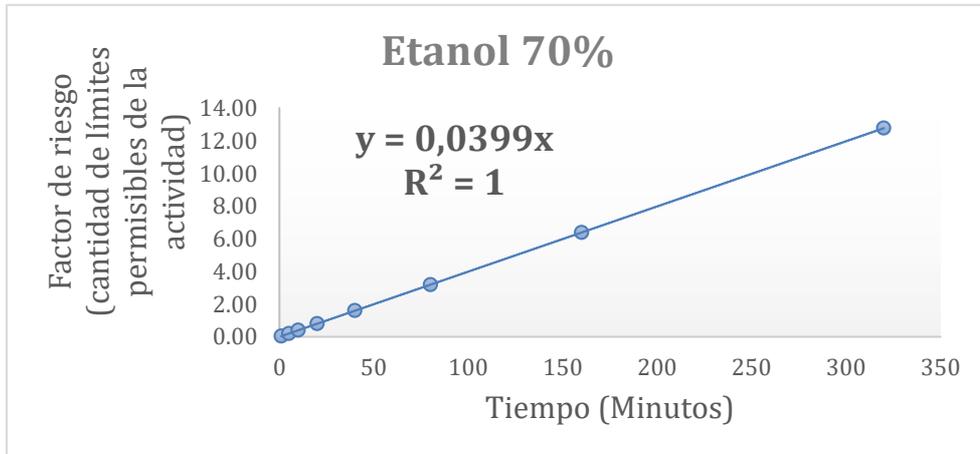
Anexo B: Incidencia de las variables en el riesgo**Figura B1:** Relación del riesgo con el tiempo de exposición del Etanol.

Tabla B1: Relación tiempo con las principales sustancias

Mantenimiento									
	1	5	10	20	40	80	160	320	
Sustancia	T=1	T=5	T=10	T=20	T=40	T=80	T=160	T=320	Pendiente
Corium 168	0,00	0,01	0,02	0,03	0,07	0,14	0,28	0,63	0,00
CDTM757 Heavy Duty Citrus Degreaser Aerosol	0,18	0,91	1,82	3,64	7,29	14,57	29,14	58,29	0,18
Zetalube 228	57,0 0	284, 99	569,9 8	1139, 97	2279, 94	4559, 88	9119, 76	18239 ,51	57,00
Zetalube 206	0,02	0,12	0,25	0,49	0,98	1,96	3,92	7,85	0,02
WLTM738 Stainless Steel Coating Aerosol	1,13	5,67	11,33	22,67	45,33	90,66	181,3 3	407,9 9	1,26
Grasa Liquida HHS 2000	0,13	0,63	1,25	2,50	5,00	10,00	20,01	40,02	0,13
CUTTING 200	0,03	0,14	0,27	0,55	1,10	2,20	4,39	8,79	0,03
Corium Z-127	0,03	0,17	0,33	0,66	1,32	2,64	5,29	10,57	0,03
CORIUM 603	0,04	0,19	0,39	0,78	1,56	3,11	6,23	12,46	0,04
Empaque									
Sustancia	T=1	T=5	T=10	T=20	T=40	T=80	T=160	T=320	Pendiente
							0	0	n

LUTM210 Food Grade Silicone Lubricant Aerosol	0,42	2,12	4,24	8,48	16,95	33,90	67,80	135,6 0	0,42
Etanol 70%	0,04	0,20	0,40	0,80	1,60	3,19	6,38	12,77	0,04
TEGO 51	0,58	2,90	5,80	11,60	23,19	46,39	92,78	185,5 6	0,58
Cera líquida para pisos	0,00	0,01	0,03	0,05	0,11	0,21	0,43	0,86	0,003
Bodega									Pendiente
Sustancia	T=1	T=5	T=10	T=20	T=40	T=80	T=16	T=32	
							0	0	
TEGO 2000	0,00	0,01	0,01	0,02	0,05	0,10	0,19	0,39	0,00
Sterilex Diluido	0,01	0,04	0,08	0,16	0,31	0,63	1,26	2,51	0,01
LUBRICANTE SILICON	0,02	0,12	0,25	0,49	0,99	1,98	3,96	7,92	0,02
Fabricación									
Sustancia	T=1	T=5	T=10	T=20	T=40	T=80	T=16	T=32	Pendiente
							0	0	n

Mezcla SPIRON	198, 76	993, 78	1987, 55	3975, 11	7950, 21	15900 ,42	31800 ,85	63601 ,70	198,76
Zopiclona PURO	141, 97	709, 84	1419, 68	2839, 36	5678, 72	11357 ,45	22714 ,89	45429 ,79	141,97
Clorhidrato de Tramadol PURO	6,21	31,0 6	62,11	124,2 2	248,4 4	496,8 9	993,7 8	1987, 55	6,21
Paracetamol PURO	0,33	1,66	3,31	6,63	13,25	26,50	53,00	106,0 0	0,33
NAPROXENO PURO	0,40	1,99	3,98	7,95	15,90	31,80	63,60	127,2 0	0,40
Lomotil	3,07	15,3 7	30,73	61,47	122,9 4	245,8 7	491,7 4	983,4 9	3,07
Finasteride PURO	198 7,55	993 7,77	1987 5,53	3975 1,06	7950 2,12	15900 4,25	31800 8,50	63601 6,99	1987,55
Codeína	27,3 9	136, 96	273,9 2	547,8 4	1095, 69	2191, 37	4382, 74	8765, 49	27,39
Acetona	0,03	0,16	0,32	0,65	1,29	2,59	5,18	10,35	0,03
QC									
Sustancia	T=1	T=5	T=10	T=20	T=40	T=80	T=16	T=32	Pendie nte
							0	0	

Solucion Acido Acetico 0.5 M	0,07	0,33	0,65	1,30	2,60	5,21	10,41	20,83	0,07
Acetonitrilo	1,44	7,18	14,36	28,73	57,46	114,9 1	229,8 3	459,6 6	1,44
Acetona	0,03	0,16	0,32	0,65	1,29	2,59	5,18	10,35	0,03
Acetato de etilo	0,12	0,62	1,25	2,50	5,00	10,00	20,00	40,00	0,13
Dimetilformamida	0,72	3,61	7,22	14,44	28,87	57,75	115,4 9	230,9 8	0,72
Piridina 99%	13,5 1	67,5 4	135,0 9	270,1 7	540,3 4	1080, 69	2161, 38	4322, 75	13,51
Yoduro de Potasio	6,65	33,2 6	66,52	133,0 5	266,1 0	532,1 9	1064, 38	2128, 76	6,65
Yodo	6,65	33,2 6	66,53	133,0 5	266,1 0	532,1 9	1064, 38	2128, 76	6,65
Trietilamina	4,89	24,4 3	48,87	97,74	195,4 8	390,9 5	781,9 0	1563, 81	4,89
Tolueno	0,08	0,38	0,77	1,53	3,06	6,12	12,25	24,50	0,08
Tetrahidrofuran o	0,46	2,29	4,57	9,15	18,29	36,58	73,17	146,3 3	0,46
Sodio metaperyodato	0,95	4,75	9,51	19,02	38,03	76,06	152,1 2	304,2 5	0,95
Metanol	0,25	1,25	2,50	4,99	9,99	19,97	39,95	79,90	0,25
Isopropanol	0,03	0,16	0,32	0,64	1,27	2,55	5,10	10,19	0,03

Hidróxido de sodio	0,10	0,48	0,95	1,90	3,80	7,61	15,21	30,42	0,10
Hexametilentetr amina	0,16	0,78	1,55	3,10	6,21	12,42	24,84	49,67	0,16
Fenolftaleína	93,6 1	468, 03	936,0 6	1872, 13	3744, 25	7488, 51	14977 ,01	29954 ,03	93,61
Éter de petróleo (Bencina)	0,01	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	1,44	2,88	0,01
Etanol 70%	0,04	0,20	0,40	0,80	1,60	3,19	6,38	12,77	0,04
Ácido etilendiaminotetraacético	0,66	3,31	6,63	13,25	26,50	53,00	106,0 0	212,0 1	0,66
Etil éter	0,14	0,72	1,43	2,86	5,72	11,44	22,89	45,77	0,14
Diclorometano	0,25	1,25	2,50	5,01	10,01	20,02	40,05	80,10	0,25
Anhídrido acético	25,2 0	126, 02	252,0 3	504,0 7	1008, 13	2016, 27	4032, 54	8065, 08	25,20
Amoniac	1,83	9,16	18,31	36,62	73,24	146,4 8	292,9 7	585,9 4	1,83
Ácido trifluoroacético	10,3 3	51,6 5	103,3 0	206,6 1	413,2 2	826,4 3	1652, 87	3305, 73	10,33
Ácido Sulfúrico 98%	63,5 2	317, 61	635,2 2	1270, 43	2540, 87	5081, 73	10163 ,46	20326 ,93	63,52
Ácido perclórico	29,5 9	147, 97	295,9 5	591,8 9	1183, 79	2367, 58	4735, 16	9470, 31	29,59

Ácido	8,79	43,9	87,93	175,8	351,7	703,4	1406,	2813,	8,79
Clorhidrico		7		7	3	7	93	87	

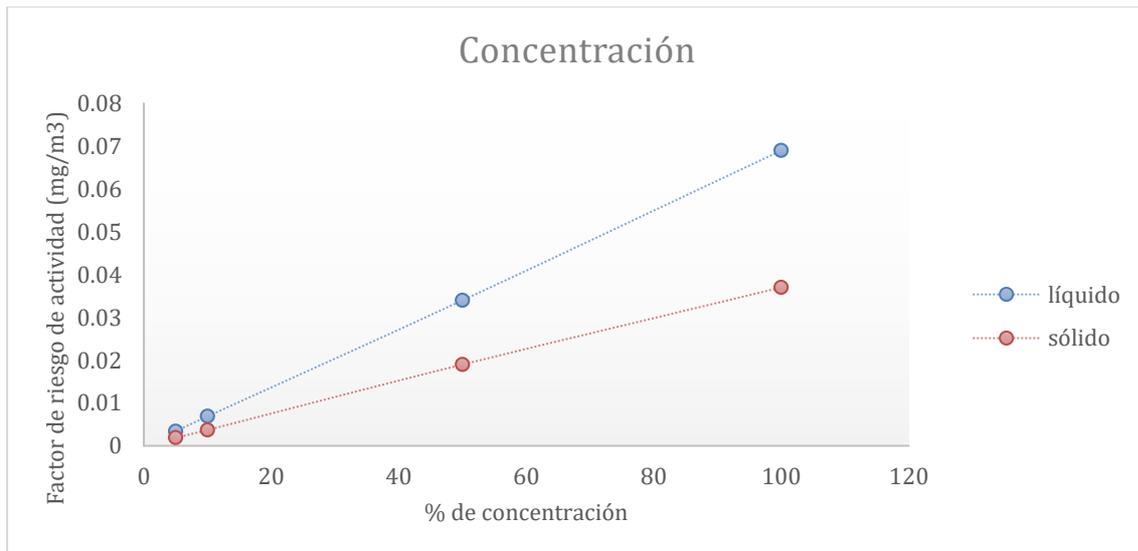


Figura B2: aumento del riesgo de actividad de acuerdo con la concentración de una sustancia.

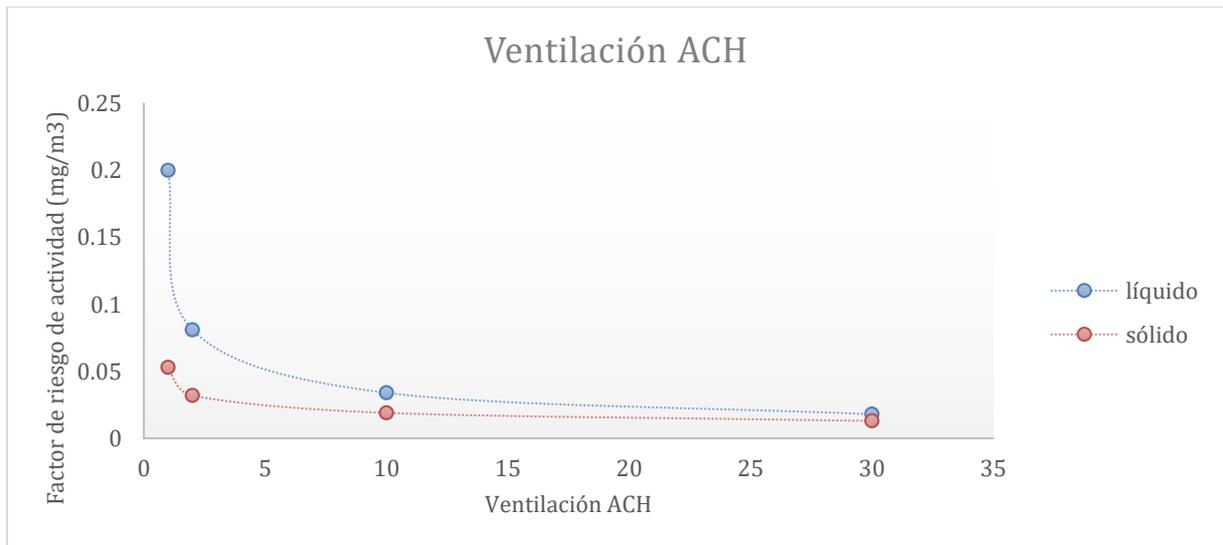


Figura B3: aumento del riesgo de actividad de acuerdo con la ventilación del lugar de trabajo.

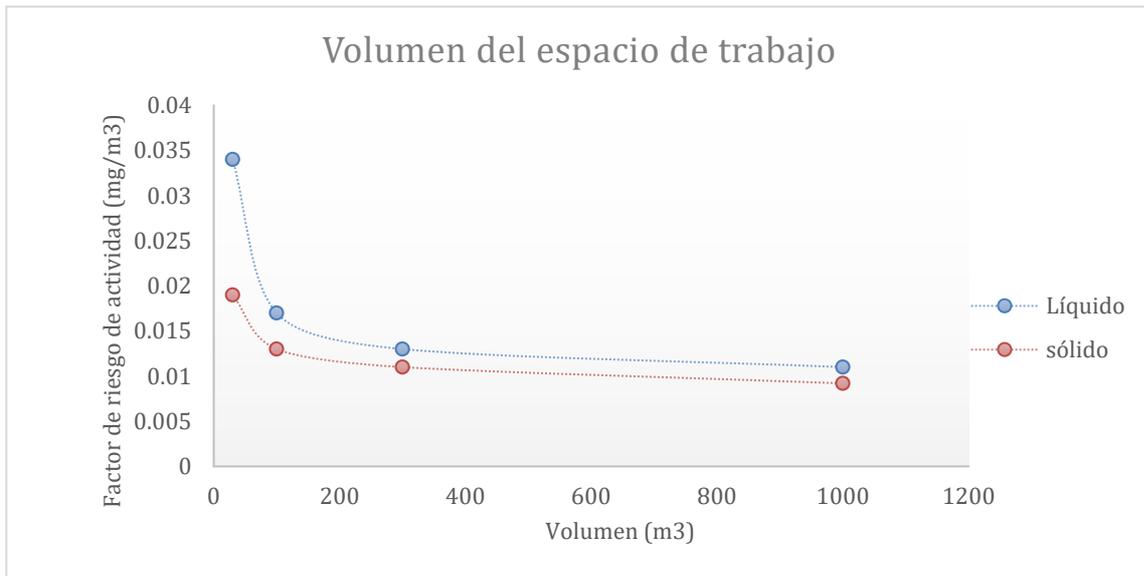


Figura B4: aumento del riesgo de actividad de acuerdo con el volumen del lugar de trabajo.

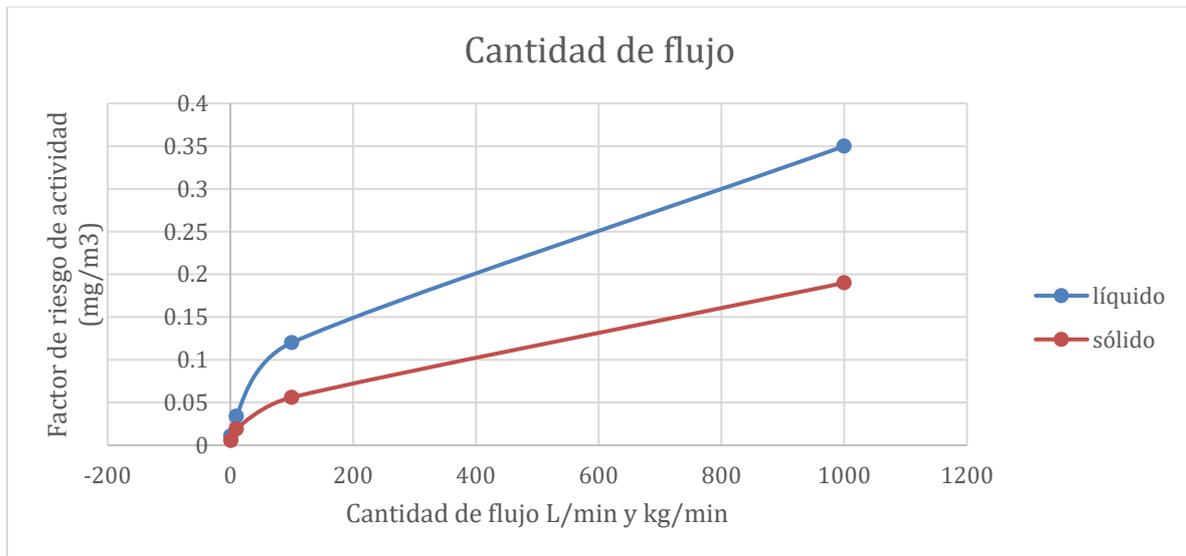


Figura B5: aumento del riesgo de actividad de acuerdo con la cantidad de flujo del agente químico.

Tabla B2: Riesgos de las sustancias con cada variable de ART

Sustancias	área trabajo m3			
	30	100	300	1000
Riesgo de Zetalube 228 (cantidad de dosis límite laboral)	2,43	1,21	0,93	0,79
Riesgo de Mezcla SPIRON (cantidad de dosis límite laboral)	3,80	2,60	2,20	1,84
Riesgo de Zopiclona PURO (cantidad de dosis límite laboral)	2,71	1,86	1,57	1,31
Riesgo de Clorhidrato de Tramadol PURO (cantidad de dosis límite laboral)	0,12	0,08	0,07	0,06
Riesgo de Lomotil (cantidad de dosis límite laboral)	0,13	0,09	0,07	0,06
Riesgo de Codeína (cantidad de dosis límite laboral)	1,12	0,76	0,65	0,54
Riesgo de Piridina 99% (cantidad de dosis límite laboral)	0,04	0,02	0,01	0,01
Riesgo de Yoduro de Potasio (cantidad de dosis límite laboral)	0,27	0,19	0,16	0,13
Riesgo de Yodo (cantidad de dosis límite laboral)	0,27	0,19	0,16	0,13
Riesgo de Trietilamina (cantidad de dosis límite laboral)	0,01	0,00	0,00	0,00
Riesgo de Fenolftaleína (cantidad de dosis límite laboral)	226,67	113,33	86,67	73,33
Riesgo de Anhídrido acético (cantidad de dosis límite laboral)	0,17	0,09	0,07	0,06

Sustancias	Ventilación ACH			
	1	3	10	30
Riesgo de Zetalube 228 (cantidad de	14,29	5,79	2,43	1,29

dosis límite laboral)				
Riesgo de Mezcla SPIRON (cantidad de dosis límite laboral)	10,60	6,40	3,80	2,60
Riesgo de Zopiclona PURO (cantidad de dosis límite laboral)	7,57	4,57	2,71	1,86
Riesgo de Clorhidrato de Tramadol PURO (cantidad de dosis límite laboral)	0,33	0,20	0,12	0,08
Riesgo de Lomotil (cantidad de dosis límite laboral)	0,35	0,21	0,13	0,09
Riesgo de Codeína (cantidad de dosis límite laboral)	3,12	1,88	1,12	0,76
Riesgo de Piridina 99% (cantidad de dosis límite laboral)	0,22	0,09	0,04	0,02
Riesgo de Yoduro de Potasio (cantidad de dosis límite laboral)	0,76	0,46	0,27	0,19
Riesgo de Yodo (cantidad de	0,76	0,46	0,27	0,19

dosis límite laboral)				
Riesgo de Trietilamina (cantidad de dosis límite laboral)	0,05	0,02	0,01	0,00
Riesgo de Fenolftaleína (cantidad de dosis límite laboral)	1333,33	540,00	226,67	120,00
Riesgo de Anhídrido acético (cantidad de dosis límite laboral)	1,00	0,41	0,17	0,09

Sustancias	Método contención			
	Containment	Local exhaust ventilation	Glove boxes	NO
Riesgo de Zetalube 228 (cantidad de dosis límite laboral)	0,25	0,02	0,00	2,43
Riesgo de Mezcla SPIRON (cantidad de dosis límite laboral)	0,38	0,04	0,00	3,80
Riesgo de Zopiclona PURO (cantidad de dosis límite laboral)	0,27	0,03	0,00	2,71
Riesgo de Clorhidrato de Tramadol PURO	0,01	0,00	0,00	0,12

(cantidad de dosis límite laboral)				
Riesgo de Lomotil (cantidad de dosis límite laboral)	0,01	0,00	0,00	0,13
Riesgo de Codeína (cantidad de dosis límite laboral)	0,11	0,01	0,00	1,12
Riesgo de Piridina 99% (cantidad de dosis límite laboral)	0,00	0,00	0,00	0,04
Riesgo de Yoduro de Potasio (cantidad de dosis límite laboral)	0,03	0,00	0,00	0,27
Riesgo de Yodo (cantidad de dosis límite laboral)	0,03	0,00	0,00	0,27
Riesgo de Trietilamina (cantidad de dosis límite laboral)	0,00	0,00	0,00	0,01
Riesgo de Fenolftaleína (cantidad de dosis límite laboral)	23,33	2,27	0,07	226,67
Riesgo de Anhídrido acético (cantidad de dosis límite laboral)	0,02	0,00	0,00	0,17

Sustancias	Cantidad de flujo l/min /// kg/min			
	1	10	100	1000
Riesgo de Zetalube 228 (cantidad de dosis límite laboral)	0,79	2,43	8,57	25,00
Riesgo de Mezcla SPIRON (cantidad de dosis límite laboral)	1,12	3,80	11,20	38,00
Riesgo de Zopiclona PURO (cantidad de dosis límite laboral)	0,80	2,71	8,00	27,14
Riesgo de Clorhidrato de Tramadol PURO (cantidad de dosis límite laboral)	0,04	0,12	0,35	1,19
Riesgo de Lomotil (cantidad de dosis límite laboral)	0,04	0,13	0,37	1,27
Riesgo de Codeína (cantidad de dosis límite laboral)	0,33	1,12	3,29	11,18
Riesgo de Piridina 99% (cantidad de dosis límite laboral)	0,01	0,04	0,13	0,39
Riesgo de Yoduro de Potasio (cantidad de	0,08	0,27	0,80	2,71

dosis límite laboral)				
Riesgo de Yodo (cantidad de dosis límite laboral)	0,08	0,27	0,80	2,71
Riesgo de Trietilamina (cantidad de dosis límite laboral)	0,00	0,01	0,03	0,08
Riesgo de Fenolftaleína (cantidad de dosis límite laboral)	73,33	226,67	800,00	2333,33
Riesgo de Anhídrido acético (cantidad de dosis límite laboral)	0,06	0,17	0,60	1,75

	Concentración %			
Sustancias	5	10	50	100
Riesgo de Zetalube 228 (cantidad de dosis límite laboral)	0,24	0,49	2,43	4,93
Riesgo de Mezcla SPIRON (cantidad de dosis límite laboral)	0,38	0,74	3,80	7,40
Riesgo de Zopiclona PURO (cantidad de dosis límite laboral)	0,27	0,53	2,71	5,29

Riesgo de Clorhidrato de Tramadol PURO (cantidad de dosis límite laboral)	0,01	0,02	0,12	0,23
Riesgo de Lomotil (cantidad de dosis límite laboral)	0,01	0,02	0,13	0,25
Riesgo de Codeína (cantidad de dosis límite laboral)	0,11	0,22	1,12	2,18
Riesgo de Piridina 99% (cantidad de dosis límite laboral)	0,00	0,01	0,04	0,08
Riesgo de Yoduro de Potasio (cantidad de dosis límite laboral)	0,03	0,05	0,27	0,53
Riesgo de Yodo (cantidad de dosis límite laboral)	0,03	0,05	0,27	0,53
Riesgo de Trietilamina (cantidad de dosis límite laboral)	0,00	0,00	0,01	0,02
Riesgo de Fenoltaleína (cantidad de dosis límite laboral)	22,67	46,00	226,67	460,00
Riesgo de Anhídrido acético	0,02	0,03	0,17	0,35

(cantidad de dosis límite laboral)				
--	--	--	--	--

Tabla B3: Medidas de contención necesarias por sustancia según ChemRade

ChemRade						
Área de Mantenimiento						
Sustancia	Área	Actividad de trabajo	Tiempo	Riesgo 15min	Riesgo 8H	EPPs
WLTM738 Stainless Steel Coating Aerosol	Mantenimiento (taller de máquinas y herramientas)	Limpiar equipo a presión alta (< 100 mL)	1 min	6,72	0,11	Mascarilla completa, overol y guantes
CD™757 Heavy Duty Citrus Degreaser Aerosol	Mantenimiento (Exteriores)	Rociar líquido (<10ml) con tubo pulverización	5min	0,9	0,02	Guantes
		Rociar líquido (10-100 ml) con tubo pulverización	5min	1,61	1,61	Media mascarilla (APF 20) y guantes
Corium 168	Mantenimiento (taller ajuste y montaje)	Limpiar con presión (< 100ml)	5 min	0,06	0	Guantes
		Limpiar con presión (100ml- 1L)	5 min	0,42	0,01	Guantes

CORIUM 603	Mantenimiento (taller ajuste y montaje)	Limpiar equipo a presión alta (< 100 mL)	5 min	2,61	0,05	Media mascarilla (APF 20) y guantes
		Limpiar con presión (100ml- 1L)	5 min	4,94	0,1	Media mascarilla (APF 20) y guantes
Corium Z-127	Mantenimiento (taller ajuste y montaje)	Rociar líquido (< 10 mL) con tubo de pulverización	5 min	0,55	0,01	Guantes
		Rociar líquido (10-100 ml) con tubo pulverización	2 min	0,99	0,01	Guantes
CUTTING 200	Mantenimiento (taller de máquinas y herramientas)	Limpiar a mano	10 min	0,65	0,27	Guantes
Grasa Líquida HHS 2000	Mantenimiento (taller ajuste y montaje)	Pintar, lubricar y engrasar (10- 100 ml)	3 min	0,16	0,06	Guantes
zelatube 206	Mantenimiento (taller de	Pintar, lubricar y engrasar (10- 100 ml)	1 min	0,26	0	Guantes

	máquinas y herramientas)					
zelatube 228	Mantenimiento (taller ajuste y montaje)	Pintar, lubricar y engrasar (10-100 ml)	3 min	NA	26,66	Media mascarilla y guantes
Empaque y acondicionado						
LUT TM 210 Food Grade Silicone Lubricant Aerosol	Empaque	Rociar líquido (<10ml) con tubo pulverización	5 min	0,11	0	Guantes
	Empaque	Rociar líquido (10-100 ml) con tubo pulverización	5 min	0,21	0	Guantes
TEGO 51	Empaque	Desinfectar superficies de trabajo o materiales	45 min	NA	0,56	Guantes
Etanol 70%	Empaque	Desinfectar superficies de trabajo o materiales	10 min	0,22	0,02	Guantes
	Bodega	Limpiar - a mano	5 min	0,42	0,02	Guantes

	Bodega	Trabajar con líquidos (10-100 mL)	5 min	0,22	0,01	Guantes
Cera líquida para pisos	Empaque	Trabajar con líquidos (100 - 1000 mL)	1 min	NA	0	Guantes
	Bodega	Trabajar con líquidos (100 - 1000 mL)	5 min	NA	0	Guantes
Servicios logísticos Bodega						
TEGO 2000	Bodega	Desinfectar superficies de trabajo o materiales	5 min	NA	0	Guantes
	Bodega	Trabajar con líquidos (100 - 1000 mL)	5 min	NA	0	Guantes
Sterilex Diluido	Bodega	Desinfectar superficies de trabajo o materiales	10 min	NA	0	Guantes
LUBRICANT E SILICON	Bodega	Limpia - a mano	5 min	0,03	0	Guantes
Fabricación y envase						

Mezcla SPIRON	Fabricación (Área de Líquidos Antiexplosiva)	Mezclar/revolver líquidos	30 min	NA	1,82	maskarilla Filtrante, uniforme fabricación y guantes
Zopiclona PURO	Fabricación (Central de pesaje)	Conectar/desconectar manguera de producto para polvos (sistema abierto o medioabierto)	15 min	NA	3,44	Media maskarilla, uniforme de fabricación y guantes
		Trabajar con polvo (> 1 kg)	15 min	NA	7,9	Media maskarilla, uniforme de fabricación y guantes
Clorhidrato de Tramadol PURO	Fabricación (Central de pesaje)	Mezclar/revolver polvos (batch, sistema medio abierto)	45 min	NA	2,21	Media maskarilla, uniforme de fabricación y guantes
		Vaciar barriles/bolsas (polvos)	10 min	NA	1,13	Media maskarilla, uniforme de fabricación y guantes
		Conectar/desconectar manguera de producto para	25 min	NA	1,25	Media maskarilla, uniforme de fabricación y guantes

		polvos (sistema abierto o medio-abierto)				
Paracetamol PURO	Fabricación	Conectar/desconectar manguera de producto para polvos (sistema abierto o medio-abierto)	25 min	NA	0,75	Guantes, uniforme de fabricación y gafas de seguridad
		Trabajar con polvo (> 1 kg)	30 min	NA	0,41	Media mascarilla, uniforme de fabricación y guantes
NAPROXENO PURO	Fabricación (Central de pesaje)	Mezclar/revolver polvos (batch, sistema medio abierto)	30 min	NA	0,09	Media mascarilla, uniforme de fabricación y guantes
		Vaciar barriles/bolsas (polvos)	20 min	NA	0,14	Media mascarilla, uniforme de fabricación y guantes
		Trabajar con polvo (> 1 kg)	25 min	NA	0,04	Media mascarilla, uniforme de fabricación y guantes

Lomotil	Fabricación	Mezclar/revolver polvos (batch, sistema medio abierto)	30 min	NA	0,84	Media mascarilla, uniforme de fabricación y guantes
		Trabajar con gránulos/copos (> 1 kg)	30 min	NA	0,39	Media mascarilla, uniforme de fabricación y guantes
Finasteride PURO	Fabricación (Central de pesaje)	Mezclar/revolver polvos (batch, sistema medio abierto)	10 min	NA	157,31	Equipo filtrante con ventilación, uniforme de fabricación y guantes
		Vaciar barriles/bolsas (polvos)	10 min	NA	36,1	Equipo filtrante con ventilación, uniforme de fabricación y guantes
Codeína	Fabricación	Conectar/desconectar manguera de producto para polvos (sistema abierto o medio-abierto)	25 min	NA	5,18	Media mascarilla, uniforme de fabricación y guantes

		Trabajar con polvo (> 1 kg)	20 min	NA	9,5	Media mascarilla, uniforme de fabricación y guantes
Acetona	Fabricación	Conectar/desconectar manguera de producto para líquidos (principalmente sistema cerrado)	30 min	0,36	0,04	Guantes, uniforme de fabricación y gafas de seguridad
		Llenar/drenar liquido (> 1 L)	30 min	0,68	0,08	Guantes, uniforme de fabricación y gafas de seguridad
Laboratorios QC						
Solución ÁCIDO ACETICO 0,5M	Control de calidad (sorbonas)	Trabajar con líquido (10 - 100 mL; no en zona de respiración)	5 min	0,21	0	Guantes y gafas de seguridad
Acetonitrilo	Control de calidad (mesones)	Trabajar con líquido (1 - 10 mL)	5 min	8,87	0,18	Guantes y media mascarilla

		Trabajar con líquido (10 - 100 mL)	5 min	15,87	0,33	Guantes y media mascarilla
		Trabajar con líquidos (100 - 1000 mL)	5 min	30,04	0,5	Guantes y mascarilla completa
		Trabajar con líquido (> 1 L)	5 min	53,78	1,12	Guantes y mascarilla completa
Acetona	Control de calidad (sorbonas)	Trabajar con líquido (<1 mL)	5 min	0,02	0	Guantes y gafas de seguridad
		Trabajar con líquido (1 - 10 mL)	5 min	0,03	0	Guantes y gafas de seguridad
		Trabajar con líquido (10 - 100 mL)	5 min	0,05	0	Guantes y gafas de seguridad
		Trabajar con líquidos (100 - 1000 mL)	5 min	0,1	0	Guantes y gafas de seguridad
		Trabajar con líquido (> 1 L)	5 min	0,18	0	Guantes y gafas de seguridad
Acetato de etilo	Control de calidad (sorbonas)	Trabajar con líquido (1 - 10 mL)	5 min	0,11	0	Guantes y gafas de seguridad

	Control de calidad (mesones)	Trabajar con líquido (1 - 10 mL)	5 min	0,77	0,02	Guantes y gafas de seguridad
Dimetilformamida	Control de calidad (sorbonas)	Trabajar con líquido (1 - 10 mL)	10 min	NA	0,03	Guantes y gafas de seguridad
		Trabajar con líquido (10 - 100 mL; no en zona de respiración)	10 min	NA	0,05	Guantes y gafas de seguridad
Piridina 99	Control de calidad (sorbonas)	Trabajar con líquido (1 - 10 mL; no en zona de respiración)	60 min	NA	3,07	Guantes y media mascarilla
yoduro de potasio	Control de calidad (mesones)	Trabajar con polvo (1 - 100 g)	5 min	NA	0,28	Guantes y gafas de seguridad
yodo	Control de calidad (sorbonas)	Trabajar con polvo (1 - 100 g; no en zona de respiración)	5 min	0,16	0,02	Guantes y gafas de seguridad

triethylamina	Control de calidad (sorbonas)	Trabajar con líquido (< 1 mL; no en zona de respiración)	5 min	0,07	0	Guantes y gafas de seguridad
tolueno	Control de calidad (sorbonas)	Trabajar con líquido (< 1 mL; no en zona de respiración)	5 min	0,04	0	Guantes y gafas de seguridad
		Trabajar con líquido (1 - 10 mL; no en zona de respiración)	5 min	0,47	0	Guantes y gafas de seguridad
Tetrahydrofuran	Control de calidad (sorbonas)	Trabajar con líquido (< 1 mL; no en zona de respiración)	5 min	0,33	0	Guantes y gafas de seguridad
Sodium metaperiodate	Control de calidad (mesones)	Trabajar con polvo (1 - 100 g; no en zona de respiración)	5 min	0,56	0,02	Guantes y gafas de seguridad
metanol		Trabajar con líquido (> 1 L)	5 min	9,34	0,19	Media mascarilla (APF 20) y guantes

	Control de calidad (mesones)	Trabajar con líquido (10 - 100 mL)	5 min	2,76	0,06	Media mascarilla (APF 20) y guantes
isopropanol	Control de calidad (sorbonas)	Trabajar con líquido (1 - 10 mL; no en zona de respiración)	5 min	0,03	0	Guantes y gafas de seguridad
		Trabajar con líquidos (100 - 1000 mL; no en zona de respiración)	5 min	0,05	0	Guantes y gafas de seguridad
hidróxido de sodio 10%	Control de calidad (mesones)	Trabajar con polvo (1 - 100 g)	5 min	0,19	0,01	Guantes y gafas de seguridad
Hexametilentetramina	Control de calidad (mesones)	Trabajar con polvo (1 - 100 g; no en zona de respiración)	5 min	0,17	0	Guantes y gafas de seguridad
fenolftaleína	Control de calidad (mesones)	Trabajar con polvo (< 1 g)	2 min	NA	49,14	Media mascarilla (APF 20), gafas seguridad y guantes
		Trabajar con líquido (< 1 mL;	5 min	NA	0	Guantes y gafas de seguridad

éter de petróleo (bencina)	Control de calidad (sorbonas)	no en zona de respiración)				
		Trabajar con líquido (1 - 10 mL; no en zona de respiración)	5 min	NA	0	Guantes y gafas de seguridad
ácido etilendiaminotetracético	Control de calidad (mesones)	Trabajar con polvo (< 1 g)	5 min	0,59	0,01	Guantes y gafas de seguridad
		Trabajar con polvo (1 - 100 g)	5 min	1,35	0,03	Media mascarilla (APF 20), gafas seguridad y guantes
diclorometano	Control de calidad (sorbonas)	Trabajar con líquido (< 1 mL; no en zona de respiración)	5 min	0,12	0	Guantes y gafas de seguridad
anhídrido acético	Control de calidad (sorbonas)	Trabajar con líquido (< 1 mL; no en zona de respiración)	5 min	NA	0,25	Guantes y gafas de seguridad
		Trabajar con líquido (1 - 10 mL; no en zona de respiración)	5 min	NA	0,48	Guantes y gafas de seguridad

amoniac	Control de calidad (sorbonas)	Trabajar con líquido (< 1 mL; no en zona de respiración)	5 min	0,68	0,04	Guantes y gafas de seguridad
		Trabajar con líquido (1 - 10 mL; no en zona de respiración)	5 min	1,3	0,03	Media mascarilla (APF 20), gafas seguridad y guantes
		Trabajar con líquidos (100 - 1000 mL; no en zona de respiración)	5 min	4,39	0,12	Media mascarilla (APF 20), gafas seguridad y guantes
ácido trifluoroacético	Control de calidad (sorbonas)	Trabajar con líquido (1 - 10 mL; no en zona de respiración)	5 min	0,2	0,01	Guantes y gafas de seguridad
ácido sulfúrico 98	Control de calidad (sorbonas)	Trabajar con líquido (< 1 mL; no en zona de respiración)	5min	NA	0,64	Guantes y gafas de seguridad
ácido perclórico		Trabajar con líquido (< 1 mL;	5 min	NA	0,3	Guantes y gafas de seguridad

	Control de calidad (sorbonas)	no en zona de respiración)				
		Trabajar con líquido (1 - 10 mL; no en zona de respiración	5min	NA	0,56	Guantes y gafas de seguridad

Tabla B4: Equipos de protección personal por cada sustancia según ART

Evaluación WL™738 Stainless Steel Coating Aerosol en Taller de máquinas y herramientas				
	mínimo (mg/m3)	estimado (mg/m3)	máximo (mg/m3)	Límite permisible (mg/m3)
ART	0,0036	0,0075	0,016	0,006
RR Cantidad de límites permisibles	0,60	1,25	2,67	
EPP (FP 10)	0,06	0,125	0,266666667	
EPP (FP 50)	0,03	0,0625	0,133333333	
EPP (FP 100)	0,006	0,0125	0,026666667	
EPP (FP 1000)	0,0006	0,00125	0,002666667	

Evaluación Finasteride Puro central de pesaje mezclar batch				
	mínimo (mg/m3)	estimado (mg/m3)	máximo (mg/m3)	Límite permisible (mg/m3)
ART	0,21	0,4	0,76	0,001
RR Cantidad de límites permisibles	35,00	66,67	760,00	
EPP (FP 10)	3,5	6,666666667	76	
EPP (FP 50)	1,75	3,333333333	38	
EPP (FP 100)	0,35	0,666666667	7,6	
EPP (FP 1000)	0,035	0,066666667	0,76	

Evaluación Finasteride Puro central de pesaje vaciar bolsas polvo				
	mínimo (mg/m3)	estimado (mg/m3)	máximo (mg/m3)	Límite permisible (mg/m3)
ART	0,021	0,04	0,076	0,001
RR Cantidad de límites permisibles	3,50	6,67	76,00	
EPP (FP 10)	0,35	0,666666667	7,6	
EPP (FP 50)	0,175	0,333333333	3,8	
EPP (FP 100)	0,035	0,066666667	0,76	
EPP (FP 1000)	0,0035	0,006666667	0,076	

Evaluación acetonitrilo mesones 100 a 1 L				
	mínimo (mg/m3)	estimado (mg/m3)	máximo (mg/m3)	Límite permisible (mg/m3)
ART	97	190	380	34
RR Cantidad de límites permisibles	2,85	5,59	11,18	
EPP (FP 10)	0,285294118	0,558823529	1,117647059	
EPP (FP 50)	0,142647059	0,279411765	0,558823529	
EPP (FP 100)	0,028529412	0,055882353	0,111764706	
EPP (FP 1000)	0,002852941	0,005588235	0,011176471	

Details for Activity tesis Finasteride Puro						
Emission sources:	Near field			Duration (mins):	10	
	Far field					
Near-field exposure						
Operational Conditions						
<i>Substance emission potential</i>						
Substance product type	Powders, granules or pelletised material					
Dustiness	Fine dust					
Moisture content	Dry product (< 5 % moisture content)					
Powder weight fraction	Pure material					
<i>Activity emission potential</i>						
Activity class	Movement and agitation of powders, granules or pelletised					
Situation	Movement and agitation of 10 - 100 kg					
Agitation level	Handling with low level of agitation					
Containment level	Open process					
<i>Surface contamination</i>						
Process fully enclosed?	No					
Effective housekeeping practices in place?	Yes					
<i>Dispersion</i>						
Work area	Indoors					
Room size	100 m ³					
Risk Management Measures						
<i>Localised controls</i>						
Primary	Canopy hood (50.00 % reduction)					
Secondary	No localized controls (0.00 % reduction)					
<i>Dispersion</i>						
Ventilation rate	10 air changes per hour (ACH)					

Details for Activity Evaluation acetonitrilo actividad 100 a 1000 ml

Emission sources: Near field  Duration (mins): 5
 Far field

Near-field exposure**Operational Conditions***Substance emission potential*

Substance product type	Liquids
Process temperature	Room temperature
Vapour pressure	9864 Pa
Liquid mole fraction	Pure liquid
Activity coefficient	1

Activity emission potential

Activity class	Falling liquids
Situation	Transfer of liquid product with flow of 0.1 - 1 l/minute
Containment level	Open process
Loading type	Splash loading, where the liquid dispenser remains at the top of the reservoir and the liquid splashes freely

Surface contamination

Process fully enclosed?	No
Effective housekeeping practices in place?	Yes

Dispersion

Work area	Indoors
Room size	100 m ³

Risk Management Measures*Localised controls*

Primary	No localized controls (0.00 % reduction)
Secondary	No localized controls (0.00 % reduction)

Dispersion

Ventilation rate	3 air changes per hour (ACH)
------------------	------------------------------

Details for Activity tesis WL™738 Stainless Steel Coating Aerosol Nickel	
Emission sources:	Near field 
	Far field
	Duration (mins): 1
Near-field exposure	
Operational Conditions	
Substance emission potential	
Substance product type	Liquids
Process temperature	Room temperature
Vapour pressure	1E-10 Pa
Liquid weight fraction	Small
Viscosity	Low
Activity emission potential	
Activity class	Spreading of liquid products
Situation	Spreading of liquids at surfaces or work pieces 0.3 - 1.0 m² /
Surface contamination	
Process fully enclosed?	No
Effective housekeeping practices in place?	Yes
Dispersion	
Work area	Indoors
Room size	100 m³
Risk Management Measures	
Localised controls	
Primary	No localized controls (0.00 % reduction)
Secondary	No localized controls (0.00 % reduction)
Dispersion	
Ventilation rate	No restriction on general ventilation characteristics

Figura B6: Reportes ART

Tabla B5: Análisis de las sustancias por matrices de riesgos

Mantenimiento				
Sustancia	Frecuencia	Gravedad	Magnitud del riesgo	Descripción
Corium 168	3	1	3	Bajo
CDTM757 Heavy Duty Citrus Degreaser Aerosol	4	2	8	Moderado
Zetalube 228	3	4	12	Moderado
Zetalube 206	3	1	3	Bajo
WLTM738 Stainless Steel Coating Aerosol	3	3	9	Moderado
Grasa Liquida HHS 2000	3	2	6	Bajo
CUTTING 200	3	1	3	Bajo
Corium Z-127	3	1	3	Bajo
CORIUM 603	3	1	3	Bajo

QC				
Sustancia	Frecuencia	Gravedad	Magnitud del riesgo	Descripción
Solucion Acido Acetico 0.5 M	3	2	6	Bajo
Acetonitrilo	3	3	9	Moderado
Acetona para análisis	3	1	3	Bajo
Acetato de etilo	3	2	6	Bajo
Dimetilformamida	3	3	9	Moderado

Piridina 99%	3	4	12	Moderado
Yoduro de Potasio	3	4	12	Moderado
Yodo	2	4	8	Moderado
Trietilamina	3	4	12	Moderado
Tolueno	3	2	6	Bajo
Tetrahidrofurano	3	3	9	Moderado
Sodio metaperyodato	3	3	9	Moderado
Metanol	3	2	6	Bajo
Isopropanol	3	1	3	Bajo
Hidróxido de sodio	3	2	6	Bajo
Hexametilentetramina	3	2	6	Bajo
Fenolftaleína	2	5	10	Moderado
Éter de petróleo (Bencina)	2	1	2	Bajo
Etanol 96%	4	2	8	Moderado
Ácido etilendiaminotetraacético	3	3	9	Moderado
Etil éter	3	2	6	Bajo
Diclorometano	2	2	4	Bajo
Anhídrido acético	2	4	8	Moderado
Amoniac	3	3	9	Moderado
Ácido trifluoroacético	3	4	12	Moderado
Ácido Sulfúrico 98%	3	5	15	Alto
Ácido perclórico	3	5	15	Alto
Ácido Clorhídrico	3	4	12	Moderado

Fabricación

Sustancia	Frecuencia	Gravedad	Magnitud del riesgo	Descripción
Sterilex Diluido 1 en 10	5	1	5	Bajo
Mezcla SPIRON	3	5	15	Alto
Zopiclona PURO	3	5	15	Alto
Clorhidrato de Tramadol PURO	3	4	12	Moderado
Paracetamol PURO	3	3	9	Moderado
NAPROXENO PURO	3	3	9	Moderado
Lomotil	3	4	12	Moderado
Finasteride PURO	3	5	15	Alto
Codeína	3	4	12	Moderado
Acetona	3	2	6	Bajo

Empaque				
Sustancia	Frecuencia	Gravedad	Magnitud del riesgo	Descripción
LUTM210 Food Grade Silicone Lubricant Aerosol	3	3	9	Moderado
Etanol 70%	4	1	4	Bajo
TEGO 51	5	2	10	Moderado

Bodega				
Sustancia	Frecuencia	Gravedad	Magnitud del riesgo	Descripción
TEGO 2000	4	1	4	Bajo

Sterilex Diluido	5	1	5	Bajo
LUBRICANTE SILICON	3	1	3	Bajo
Etanol 70%	4	1	4	Bajo
Cera líquida para pisos	4	1	4	Bajo