

***Procedimiento teórico para la evaluación de los agentes químicos presentes en el laboratorio de corrosión de una Institución de Educación Superior.***

***Theoretical procedure for the evaluation of the chemical agents present in the corrosion laboratory of a Higher Education Institution***

**Joel Alejandro Barba Salazar**

<https://orcid.org/0000-0002-0816-7978>

joelbarba18@outlook.com

Investigador Independiente

**Kevin Alexander barba Salazar**

<https://orcid.org/0000-0002-2902-7261>

kbarba@ups.edu.ec

Universidad Politécnica Salesiana

## **Resumen**

Los materiales metálicos sufren de oxidación cuando están en contacto con elemento severos. Esta no necesariamente es la unión del metal con el oxígeno, está referida más bien a la pérdida de electrones por contacto con la atmosfera que la rodea. La corrosión generada por esta relación juega un papel importante en la determinación de la vida útil de los equipos a nivel industrial. Es por ello, que el laboratorio de corrosión, de la institución de educación superior, juega un papel importante porque en ella se desenvuelven las practicas necesarias para analizar el material sometido a diversos parámetros como temperatura, composición del material y tipo y concentración del medio oxidante. Por lo cual, el objetivo general de esta investigación es analizar los agentes químicos presentes en un laboratorio de corrosión de una institución de educación superior. La metodología empleada se basa en un diseño bibliográfico de tipo documental. Como conclusión, realizar las prácticas dentro del laboratorio incluyen la manipulación de sustancias de gran riesgo químico, donde estos materiales son dañinos para el medio ambiente pero también para la seguridad de quien las ejecuta, sean trabajadores, docentes o estudiantes, por lo tanto se plantea tres niveles de estudio: la identificación, evaluación y plan de prevención y control de los riesgos por agentes químicos, destacando la exposición dérmica y la inhalación de los gases producto de las reacciones dentro de esta área de investigación.

***Palabras Clave:*** corrosión, riesgo químico, identificación, evaluación, prevención.

## **Abstrac**

Metallic materials undergo oxidation when they are in contact with severe elements. This is not necessarily the union of the metal with oxygen, rather it refers to the loss of electrons due to contact with the surrounding atmosphere. The corrosion generated by this relationship It plays an important role in determining the useful life of equipment at an industrial level, which is why the Corrosion Laboratory of the higher education institution plays an important role because the practices necessary to analyze the material subjected to various parameters such as temperature, composition of the material and type and concentration of the oxidizing medium. Therefore, the general objective of this research is to analyze the chemical agents present in a corrosion laboratory of a higher education institution. The methodology used is based on a documentary bibliographic design. As a conclusion, carrying out the practices within the laboratory include the manipulation of substances of great chemical risk, where these materials are harmful to the environment but also to the safety of those who carry them out, be they workers, teachers or students, therefore it is proposed Three levels of study: the identification, evaluation and plan of prevention and control of risks from chemical agents, highlighting dermal exposure and inhalation of gases resulting from reactions within this research area.

**Keywords:** corrosion, chemical risk, identification, evaluation, prevention

## **Introducción**

Los materiales metálicos sufren de oxidación cuando están en contacto con elemento severos. Esta oxidación permite disminuir las propiedades de dicho material por efecto del concentrador de tensión en forma de picadura. Es decir, se describe la corrosión como una oxidación acelerada y continua que desgasta, deteriora y que incluso puede afectar la integridad física de los objetos o estructuras (Cortés & Ortiz, 2004). Es por ello, que la palabra “corroer” deriva del latín *corrodere*, que significa “roer las piezas”, por lo que se

puede caracterizar como una reacción química o electroquímica entre un material metálico y su ambiente que produce un deterioro del material y de sus propiedades (García Inzunza, 2014).

Esta oxidación no necesariamente es la unión del metal con el oxígeno, está referida más bien a la pérdida de electrones por contacto con la atmósfera que la rodea. Esta situación hace que se forme un producto de corrosión de manera lenta y progresiva. Estos productos son de carácter voluminoso y poroso, sin ofrecer ninguna protección (Avner, 1988). En la Figura 1 se puede observar la corrosión sobre un metal.

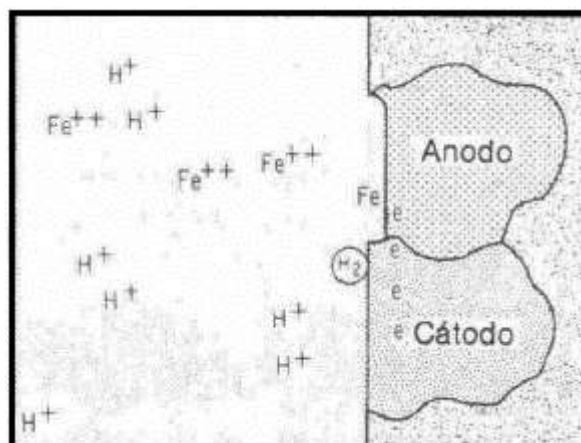


**Figura 1.** Corrosión en una estructura metálica. Fuente: (CEMESA, 2014)

La corrosión es un fenómeno de naturaleza electroquímica que cumple con las características fundamentales de una pila o batería. Para que se forme una celda electroquímica, o celda de corrosión, se requiere la presencia de un material que cede electrones en contacto con otro que los acepta, y de un medio conductor de iones. El material que pierde electrones se conoce como ánodo y es el que experimenta la reacción de oxidación, mientras que el material que acepta los electrones se reduce y se le llama cátodo; el medio en el que se encuentran el ánodo y el cátodo y que permite el flujo de iones se conoce como electrolito. (Cortés & Ortiz, 2004, pág. 14)

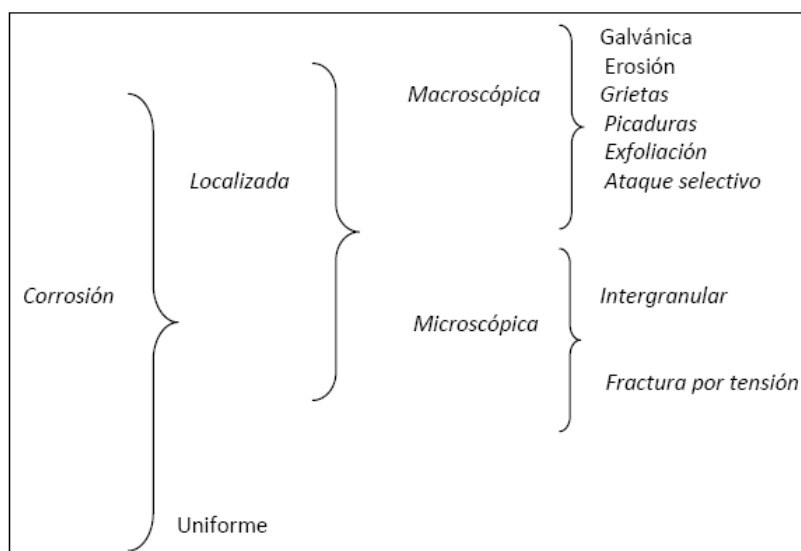
El acero es uno de los principales materiales metálicos de gran uso a nivel industrial y el que sufre corrosión a gran escala cuando es sometido a ambientes severos. El sistema de ánodo, cátodo y electrolito, que presenta el acero se puede visualizar en la Figura 2. En el ánodo, los átomos de hierro positivamente cargados se separan de la superficie sólida y los electrones quedan en el metal, el cátodo neutraliza iones de hidrógeno que, al perder su carga, se

combinan para formar gas hidrogeno (Avner, 1988). Al avanzar el proceso, la corrosión sucede en el ánodo y la perdida de hidrogeno en los cátodos.



**Figura 2.** Ilustración de la formación de iones en el ánodo y de hidrogeno en el cátodo en una celda de acción local con HCl. Fuente: (Avner, 1988)

Hay diversos tipos de corrosión los cuales se pueden distinguir en dos grandes grupos, uno es la corrosión localizada y la otra es la corrosión uniforme. Dentro de estos grupos se encuentran la corrosión que afecta a los materiales metálicos. En la Figura 3 se detalla la clasificación de la misma. De la misma forma en la Figura 4 se visualizan cada uno de estas.



**Figura 3.** Clasificación de la corrosión de acuerdo a la apariencia del metal corroído. Fuente: (García Inzunza, 2014)



**Figura 4.** Algunos de los tipos de corrosión más comunes por influencia del medio, la estructura y composición del material. Fuente: (Cortés & Ortiz, 2004)

Una de las organizaciones que pueden estudiar la corrosión por medio de experimentos y técnicas es la institución de educación superior, en la cual cuenta con laboratorios para tales fines. Aquí se prueban diferentes materiales donde se varía la temperatura y el tipo concentración de los medios agresivos con el fin de poder conocer como es su mecanismo de corrosión, así como también algunos agentes protectores que puedan contrarrestar los daños causados por estos agentes corrosivos.

Dentro de estos laboratorios se puede detallar escenarios de corrosión, como se detallan en la Tabla 1. Cada una de estas prácticas se utilizan elementos químicos que son altamente peligrosos y que pueden afectar la calidad de vida de los participantes en la actividad. Es por ello, que es necesario aplicar protocolos de prevención, pero para ellos es necesario aplicar estudios sobre identificación y evaluación de esos agentes químicos sobre la salud.

Por lo tanto, el objetivo general de esta investigación es analizar los agentes químicos presentes en un laboratorio de corrosión de una institución de educación superior. La metodología empleada se basa en un diseño bibliográfico de tipo documental.



**Tabla 1.**

Prácticas realizadas en el laboratorio de corrosión de una institución de educación superior.

PRÁCTICA	OBJETIVOS	CARACTERÍSTICAS
<b>Identificación de zonas anódicas y catódicas con el uso de indicadores químicos de PH</b>	Identificar reacciones anódicas y catódicas mediante el uso de indicadores.  Determinar la existencia y localización de ánodos y cátodos en procesos de corrosión	La fenolftaleína es un indicador orgánico de pH, es incoloro a pH inferiores a 8.2, pero por encima de este valor cambia a color, tal propiedad es usada para identificar reacciones catódicas controladas por el oxígeno. De igual manera es usado el ferrocianuro de potasio, pero como indicador de pH, sino por su propiedad de cambiar de un color azul intenso cuando este se encuentra en presencia de iones ferrosos. Este indicador se disocia en iones ferrocianuros cuando se encuentra en solución, si reacciona con iones ferrosos productos de la disolución del hierro, el cual se torna azul identificando al hierro como ánodo, con su respectiva reacción de oxidación.  Una pila galvánica está constituida por dos conductores de diferente ro (electrolito) al cerrarse el circuito, es decir, al unir ambos electrodos mediante el uso de un alambre de baja resistencia, la pila convierte la energía química en energía eléctrica, por tal motivo a las pilas galvánicas se les suele denominar pilas generadoras de energía. En una pila galvánica un electrodo es el ánodo y el otro es el cátodo, el ánodo será menos noble o más activo, es decir, aquel que ceda los electrones con más facilidad. Como se observa en la figura, los electrones fluyen por la unión metálica desde el ánodo hasta el cátodo, al igual que la corriente, pero esto lo hace vía el electrolito y regresa al ánodo por alambre.
<b>Serie electroquímica y uso de electrodos de referencia</b>	Estudiar la serie de fuerza electroquímica, demostrando el desplazamiento de un ion del metal.  Proporcionar los conocimientos básicos en la medición de potenciales usando electrodos estándar de referencia en una celda electroquímica	La serie electromotriz muestra de manera ordenada todos los potenciales normales de reducción u oxidación de los metales. En todos los casos, el potencial es referido al potencial de equilibrio del metal en contacto en sus iones. Los valores más negativos de los potenciales de reducción corresponden a los metales más reactivos, tal es el caso de los metales como en Zn, Al y Mg, que casualmente, son los más usados como ánodos de sacrificio en protección catódica. En una celda electroquímica, el ánodo es siempre el metal más activo de la serie electroquímica.  La diferencia de potencial requiere dos puntos separados para poder ser determinada, por tal motivo, la evaluación de los potenciales absolutos de cualquier electrodo no es posible realizarla. Para resolver este problema de las mediciones de potencial, se utilizan otros electrodos diferentes cuyos potenciales al frente al electrodo normal de hidrogeno son conocidos, con esto se logra saber el potencial de un electrodo con respecto a cualquier electrodo de referencia sin necesidad de llevar cabo la medición.
<b>Corrosión en celdas de concentración diferencial de oxígeno, iones y temperatura</b>	Demostrar como un gradiente de concentración de oxígeno en una solución que cubre una superficie metálica puede generar corriente de corrosión entre las áreas del metal en contacto con las soluciones de diferentes concentraciones  Determinar la existencia y localización de ánodos y	El ánodo será el correspondiente al de la solución cuya concentración de oxígeno sea la más baja. Esto puede demostrarse aplicando la ecuación de Nerst para una celda compuesta por dos electrodos del mismo metal, pero con un gradiente en la concentración de oxígeno. En la práctica, este tipo de corrosión se da en los denominados “espacios confinados”, donde se dificulta el acceso de oxígeno, por tal motivo se debe considerar este efecto entre las variables de diseño de piezas metálicas, para evitar así al máximo la generación de estos espacios, que además pueden generar corrosión por picaduras, las cuales, por experiencia se conoce que reducen drásticamente las propiedades de resistencia mecánica de los materiales. Esto ocurre principalmente en materiales considerados como pasivos, como el acero inoxidable, aluminio, níquel, etc. En cualquiera de los casos, el gradiente en la concentración del oxígeno genera una diferencia de potencial entre las áreas respectivas del metal, lo cual da origen a un flujo de corriente de corrosión. Otra causa de este problema lo representan los productos de corrosión insolubles, los cuales son comunes expuestos. Estos productos dificultan el acceso del oxígeno a la superficie metálica, por lo que se crea una celda diferencial de oxígeno, generándose así una corrosión localizada, qué, cómo se explicó, es nefasta para la resistencia mecánica del material.  El oxígeno del aire tiene más facilidad de estar en contacto con la superficie correspondiente a los bordes de una gota comparada con el centro de la misma, con esto se establece que la concentración de oxígeno en contacto con el acero en el centro de la gota

	cátodos en procesos de corrosión	es menor que en el borde de la misma, convirtiéndose en lo que se conoce como una “celda de aireación diferencial”, por las diferencias en la concentración de oxígeno en las zonas del mismo metal. Como se demostró en este tipo de celda, la corrosión se dará en la parte más baja de oxígeno, en este caso, en el centro de la gota (ánodo) y la reducción ocurre en la zona correspondiente a los bordes de la misma, por ser la zona más rica en oxígeno
<b>Influencia de los conformados en frío sobre la velocidad de corrosión</b>	Influencia de los conformados en frío sobre la velocidad de corrosión	<p>Como se ha visto la velocidad de corrosión de un metal depende de muchas variables, unas relacionadas al medio y otras al metal, de éstas últimas la más importantes son el grado de impurezas, los elementos de aleación, los tratamientos térmicos, el conformado en frío y otros.</p> <p>La deformación en frío de los metales se acompaña de absorción de energía mecánica por los materiales, la cual se disipa posteriormente en forma de calor, lo que aumenta la temperatura del material. El ejemplo más claro es el de doblar un alambre de cobre con las manos hasta que se rompa, en ese punto se observa como el material se calienta. El efecto del conformado en frío depende de las temperaturas alcanzadas, este será nulo sino lo suficientemente alta para permitir difusión apreciable durante la deformación y decir, evitando que los cambios de fases generados en el material no se acompañen por alteraciones de la resistencia a la corrosión del material.</p> <p>Se ha mostrado que los aceros deformados en frío son más susceptibles a la corrosión a compararse con el mismo acero recocido, por lo que la velocidad de corrosión es menor en este último.</p>
<b>Películas pasivas sobre el hierro y las condiciones activo-pasivas de los aceros inoxidables</b>	Demostrar la resistencia a la corrosión del hierro cuando está en estado de oxidación	<p>Los diagramas de Pourbaix muestran 3 zonas de diferentes naturalezas en las cuales, los metales pueden encontrarse dependiendo de las condiciones de pH y potencial. Una zona de corrosión, donde el metal está en segura disolución, otra de inmunidad donde el material se encuentra totalmente protegido y no es víctima de ataques por el medio y finalmente, la zona de pasividad que se describe como la zona correspondiente a la formación de óxidos o productos de corrosión estables sobre la superficie del metal, los cuales, conforman una barrera entre el metal y el ambiente, esto hace disminuir la velocidad de corrosión. La capacidad protectora de esta película depende del material y de las condiciones a las cuales está expuesto.</p> <p>Las películas pasivas pueden ser inducidas, el hierro se pasiva en soluciones de cromatos y nitritos o por polarización anódica a densidades de corrientes altas.</p> <p>Otro caso curioso es el comportamiento del hierro en ácido nítrico. Cuando el ácido es diluido, el hierro se corroe rápidamente, sin embargo, si el ácido es concentrado, el hierro no presenta un ataque visible.</p> <p>En este caso, el despolarizador catódico es el ácido nítrico, el cual debe formarse en cantidades suficientes por reacción rápida entre el hierro y el ácido nítrico. A medida que se acumula el ácido nítrico, la densidad de corriente anódica aumenta, alcanzando finalmente la corriente crítica. Por consiguiente, se adquiere la pasividad y la velocidad de corrosión desciende.</p>
	Determinar la condición activa del acero inoxidable	<p>La condición activa es una propiedad que no presentan todos los metales y aleaciones. En el caso de los aceros inoxidables se puede demostrar completamente en pruebas electroquímicas con corridas de curvas de polarización anódica, la existencia de esta propiedad. También es posible determinarla mediante las observaciones en pruebas con ácidos donde inicialmente es pasivo, pero, por aplicación de un contacto con otro material del medio, éste puede perder su pasividad, mostrándose así ambas condiciones.</p>
<b>Influencia del área catódica en la corrosión galvánica</b>	Influencia del área catódica en la corrosión galvánica	<p>En la corrosión galvánica se ha visto la importancia que tiene la relación de área cátodo/ ánodo; esta determina la velocidad de disolución del ánodo, por tal motivo es una variable de diseño muy importante en los procesos de control de corrosión por protección catódica por ánodos de sacrificio, o para determinar el tiempo de vida útil de materiales de contacto con otros metales de diferentes naturalezas, también explica el proceso de corrosión por picadura, etc.</p> <p>Un ánodo pequeño en contacto con un cátodo de gran superficie, es la peor relación, o la condición más favorable que puede existir para la vida útil del ánodo. Entre más grande es el área catódica, mayor es el área a proteger por el ánodo. La corrosión por picadura es un caso muy práctico, las picaduras son puntos más activos (ánodos) que el resto de las superficies (cátodo) estas protegen a superficie sacrificándose, es decir, perdiendo peso en su interior.</p>

Fuente: (Torbello & Pérez, 2004)



## **Método**

Los objetivos específicos de esta investigación se basaron en describir la importancia del proceso de corrosión en los metales, identificar los químicos utilizados en los laboratorios de corrosión, identificar los riesgos químicos en el laboratorio de corrosión, evaluar los riesgos químicos presentes en el área de trabajo y desarrollar un plan de prevención y control de riesgos químicos en el laboratorio de corrosión.

Dichos objetivos desarrollan un procedimiento que se basó en una metodología con diseño bibliográfico de tipo documental. Esta consiste en la revisión sistemática, rigurosa y profunda de material documental de cualquier clase, donde se efectúa un proceso de abstracción científica, generalizando sobre la base de lo fundamental, partiendo de forma ordenada y con objetivos precisos (Palella Stracuzzi & Martins Pestana, 2010).

La investigación documental se concreta exclusivamente en la recopilación de información de diversas fuentes, con el objeto de organizarla describirla e interpretarla de acuerdo con ciertos procedimientos que garanticen confiabilidad y objetividad en la presentación de los resultados (Palella Stracuzzi & Martins Pestana, 2010). Las fuentes utilizadas fueron textos, documentos y artículos científicos publicados disponibles en la web.

## **Resultados**

### ***Identificación de riesgos por agentes químicos.***

En los laboratorios de las universidades es necesario la identificación de los agentes químicos. Estos son cualquier elemento o compuesto químico, sólo o mezclado con otros, tal como se presenta en estado natural o producido por cualquier actividad laboral, sea producido intencionadamente o no, y haya sido o no puesto en el mercado (EN-689, 1995).

Los agentes químicos pueden exponerse a una persona, por lo que si no se toma las consideraciones de seguridad puede sufrir alteraciones en la salud y bienestar del mismo. Es por ello, que se define la exposición laboral a un contaminante (agente) químico, como la situación de trabajo en la que un individuo puede recibir la acción y sufrir el efecto de un

agente químico, comportando todo ello un posible daño (riesgo) para su salud (NTP-406, 1996).

En efecto, se recurre a determinar ciertos factores necesarios que puedan determinar la gravedad de su exposición, los cuales se pueden detallar en la Tabla 2.

**Tabla 2.**

Clasificación de los factores de riesgo a la exposición de agente químico.

<b>FACTORES</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>Factores de riesgo que aporta el agente químico</b>	Son propiedades intrínsecas del agente, como la facilidad de la sustancia para ser absorbida por el organismo a través de las diferentes vías de entrada y su capacidad para producir daños.
<b>Factores de riesgo que aportan las condiciones del puesto de trabajo</b>	Son los que condicionan el contacto entre el agente y el individuo por causas no atribuibles a éste, como la difusión del agente en el aire, los movimientos del aire, el tipo de manipulación y proceso industrial, los movimientos y distanciamiento relativos entre el individuo y los focos de generación, la frecuencia de contacto dérmico.
<b>Factores de riesgo que aporta el comportamiento del individuo</b>	Son los debidos a hábitos personales durante el trabajo claramente diferenciables entre distintos trabajadores de un mismo puesto de trabajo. Debe tenerse en cuenta, además, que ciertas personas, debido a sus peculiaridades orgánicas o funcionales, ya sean temporales (p.e. embarazo) o crónicas (p.e. sensibilización), poseen una mayor susceptibilidad para sufrir daños. Ello supone un problema adicional difícil de valorar y a menudo no tenido en cuenta.

Fuente: (NTP-406, 1996)

Existe una jerarquización de los riesgos potenciales a razón de la actividad y la organización de la empresa o institución, los cuales se detallan en la Tabla 3.

**Tabla 3.**

Jerarquización de los riesgos potenciales a razón de la actividad y la organización.

<b>JERARQUIZACIÓN</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>
<b>Por tareas</b>	Consiste en recopilar información sobre los agentes químicos implicados en todas las tareas que realiza el trabajador.
<b>Por proceso de producción</b>	Se trata de observar los agentes químicos presentes en todas las operaciones realizadas en cada etapa del proceso.
<b>Por agente químico</b>	Consiste en observar todo el ciclo de vida del producto químico en la empresa, desde su entrada hasta su desaparición o eliminación, para identificar todas las situaciones de trabajo en el que está presente.
<b>Por zona de trabajo</b>	En este caso podemos hacer una distinción en función de la ubicación.

Fuente: (NTP-1080, 2017)

Ahora, se debe realizar una identificación de los agentes químicos potencialmente peligrosos en el lugar de trabajo. Esta lista incluiría las materias primas, impurezas, productos intermedios, productos finales, productos de reacción y subproductos, en la medida que sean susceptibles de contribuir a la exposición (EN-689, 1995). De esta misma forma, en la Tabla

4 se identifican los agentes químicos que se ubican en el laboratorio de corrosión de la institución de educación superior (IES).

**Tabla 4.**

Agentes químicos que se ubican en el laboratorio de corrosión de la institución de educación superior.

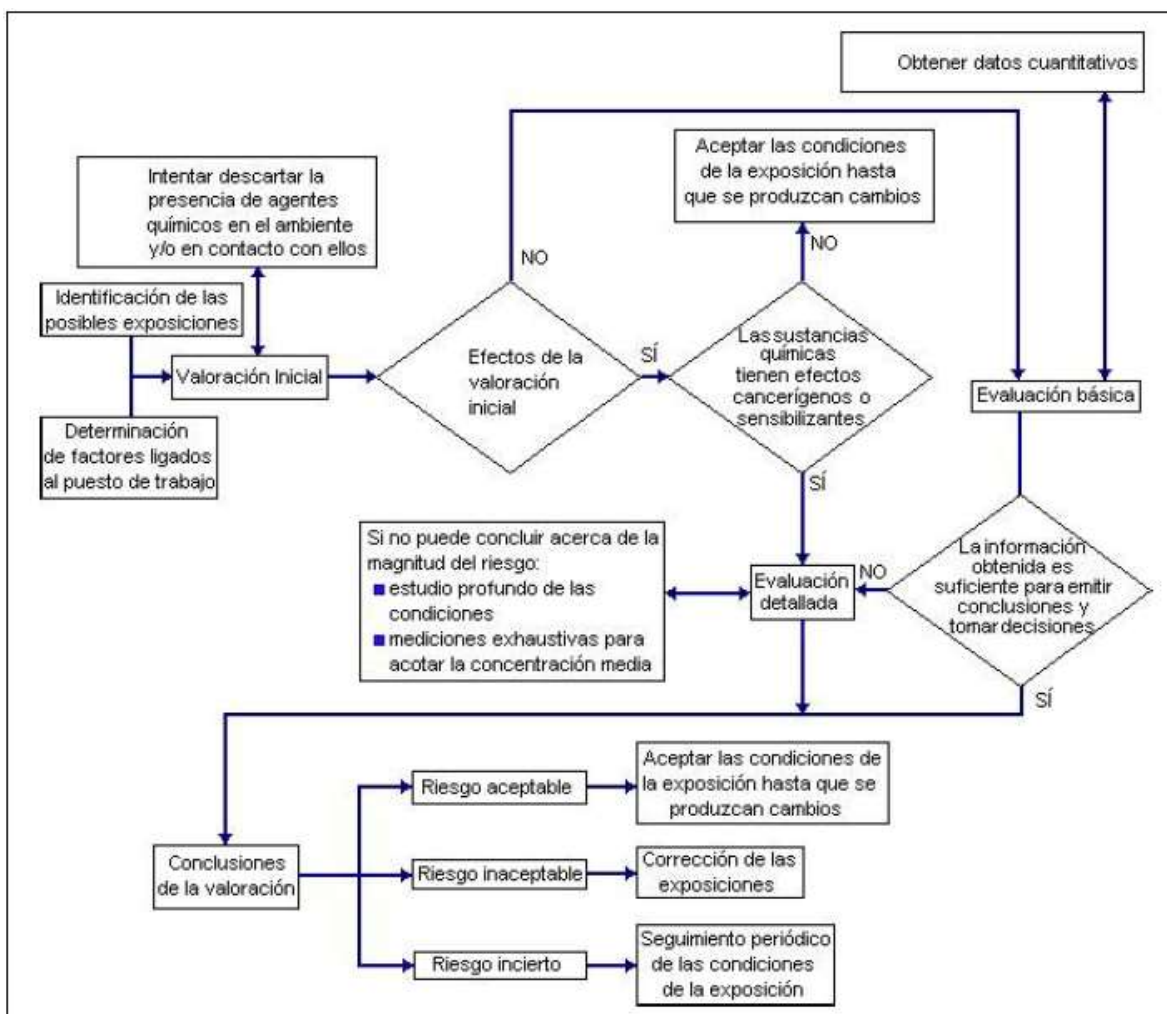
Ferrocianuro de potasio
Fenolftaleína
Hidróxido de sodio
Agua destilada
Cloruro ferroso
Cloruro de sodio
Sulfato de cobre
Ácido Clorhídrico
Nitrato de plata
Ácido nítrico
Ácido sulfúrico
AGAR- AGAR

Fuente: (Torbelló & Pérez, 2004)

#### ***Evaluación de riesgos por agentes químicos.***

Después de identificar los agentes de riesgos químicos en el laboratorio de corrosión de la IES, es necesario realizar una evaluación sobre su potencialidad de peligro en la salud y bienestar de las personas que trabajan en dicha área. El conocimiento de las consecuencias de la exposición permite, entre otras cosas, proveer la posible aditividad de efectos cuando actúan conjuntamente más de un agente o realizar controles médicos específicos, a su vez, pudiera servir también para priorizar actuaciones (NTP-406, 1996).

Es necesario plantear estrategias para la evaluación lo que permite un ahorro de tiempo, logística y de dinero. Teniendo en cuenta que la evaluación se extiende desde la simple detección del riesgo hasta el conocimiento del orden de magnitud del mismo, por lo cual se procede a desarrollar la evaluación (NTP-406, 1996). Esto se puede detallar a través de la Figura 5.

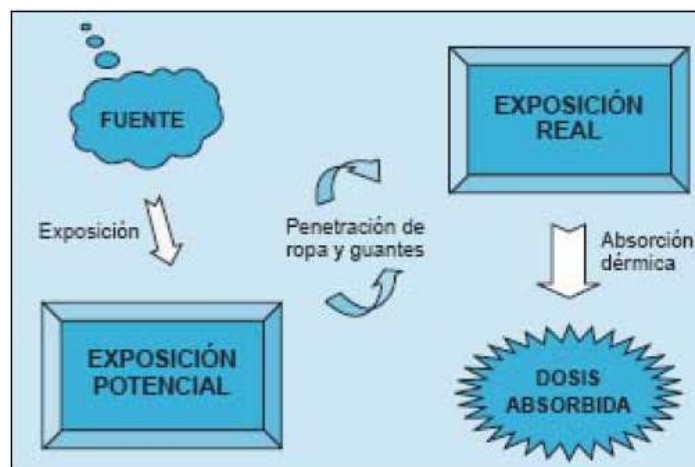


**Figura 5.** Metodología de actuación para la evaluación de las exposiciones. Fuente: (NTP-406, 1996)

Por otra parte, es necesario poder evaluar el riesgo de estos agentes químicos estableciendo un marco que exponga los eventuales peligros de los mismos. Estos son:

Riesgo de incendio y/o explosión, riesgo de reacciones químicas peligrosas que puedan afectar a la salud y seguridad de los trabajadores, riesgo por inhalación, riesgo por absorción a través de la piel, riesgo por contacto con la piel o los ojos, riesgo por ingestión y riesgo por penetración por vía parenteral. (INSHT, 2013, pág. 15)

En el laboratorio de corrosión de la IES los posibles riesgos que más hacen vulnerables a los trabajadores y estudiantes es el riesgo por exposición dérmica y el riesgo por inhalación. En la Figura 6 se distinguen las medidas de exposición potencial, exposición real y dosis absorbida.



**Figura 6.** Medidas de exposición potencial, exposición real y dosis absorbida en la exposición dérmica a agentes químicos. Fuente: (NTP-697, 2008)

Se entiende por exposición potencial la cantidad de sustancia que se deposita en el exterior de la ropa de trabajo, sobre las prendas de protección individual y sobre las superficies expuestas de la piel.

La exposición real sería la cantidad de sustancia que realmente alcanza la capa exterior de la piel, incluyendo las superficies expuestas de la piel y teniendo en cuenta, además, la posible penetración a través de las zonas protegidas (ropa y guantes).

La dosis absorbida o dosis interna es, por otra parte, la masa de contaminante que penetra en el organismo a través de la piel y se incorpora al torrente sanguíneo. (NTP-697, 2008, pág. 8)

Luego, es necesario aplicar técnicas para la exposición dérmica de estos agentes químicos a través de técnicas que se encuentran descritas en la Tabla 5.

**Tabla 5.**

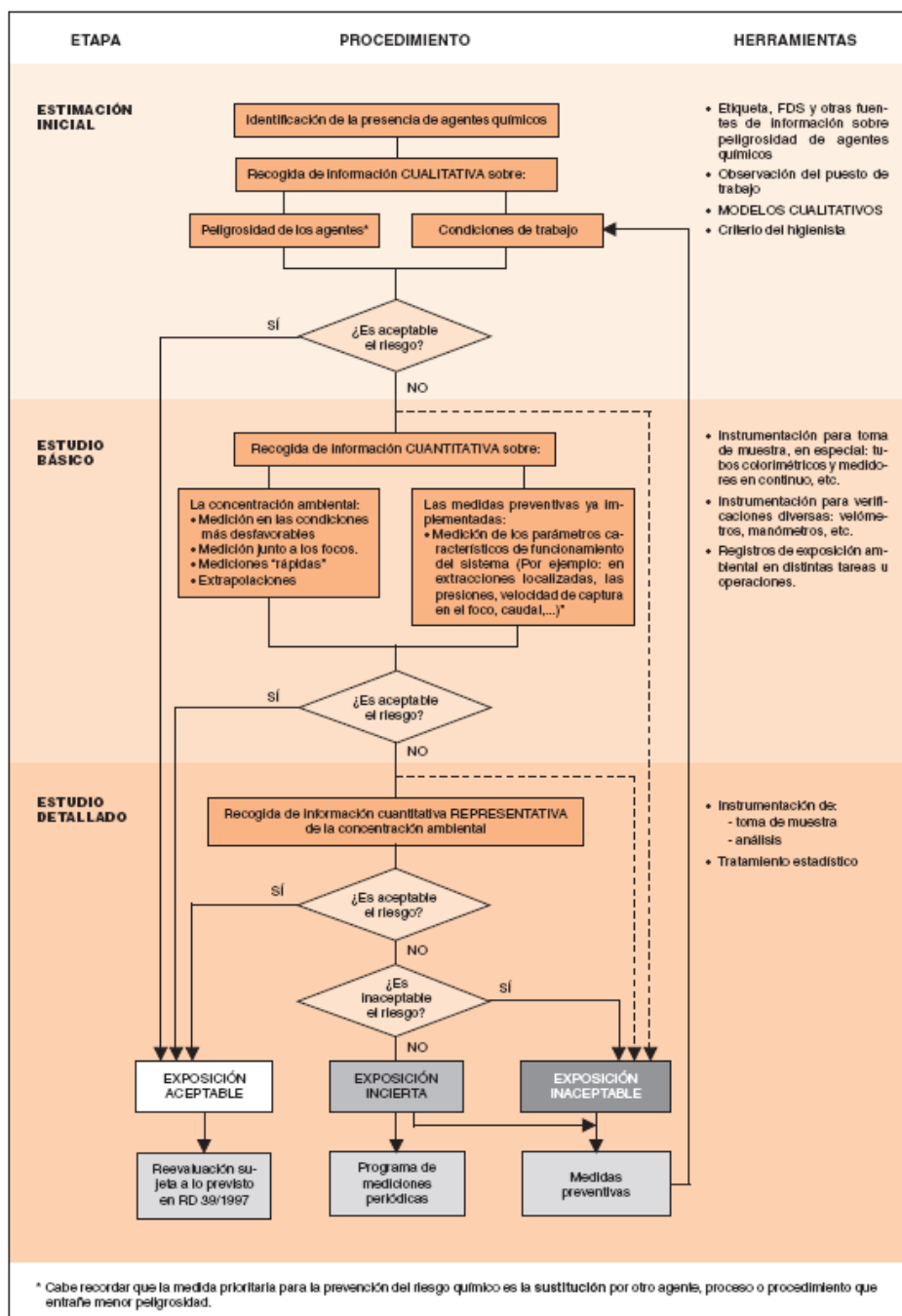
Principales técnicas de muestreo aplicables a la exposición dérmica.

TÉCNICA DE MUESTREO	MÉTODO DE MUESTREO	CARACTERÍSTICAS
Técnica sustitutiva de la piel	Parches	El fundamento de esta técnica de muestreo es la interceptación y posterior retención del contaminante antes de que alcance la piel del trabajador, mediante la interposición de un medio de toma de muestra. Los materiales de muestreo se colocan sobre la ropa o la piel del trabajador en diferentes partes del cuerpo antes de estar expuesto al contaminante. Finalizado el periodo de toma de muestra, la cantidad de contaminante retenida en los muestrea-dores se extrae
	Cuerpo completo	
	Guantes absorbentes	

		de los mismos y se analiza mediante un método de análisis apropiado.
<b>Técnica de retirada del contaminante</b>	Lavado de manos	El fundamento de esta técnica es la retirada del contaminante una vez depositado sobre la superficie de la piel y antes de que sea absorbido. El principal inconveniente de estos métodos es la infraestimación de la exposición debido a la absorción de parte del contaminante depositado en la piel. Conceptualmente estos métodos miden la cantidad recuperable de la piel más que la cantidad de contaminante depositada.
	Limpieza con disolvente	
	Retirada del contaminante con cinta adhesiva	
<b>Técnica de recuperación in situ</b>	Video imagen	La exposición dérmica puede ser estimada midiendo la cantidad de contaminante o de un trazador químico fluorescente o colorante, directamente sobre la ropa o sobre la piel del trabajador. La principal ventaja de este método es la detección “in situ” del contaminante utilizando como medio de muestreo la propia piel o la ropa del trabajador, en vez de parches u otros medios diferentes.
	ATR - FTIR	
	Sonda luminosa	
	PXRF	
<b>Técnica de muestreo de superficies</b>	Aspirado de superficies, limpieza con disolvente, determinación del residuo foliar desprendible, etc.	Esta técnica permite recoger el contaminante depositado en una superficie de trabajo de área conocida y estimar cuál podría ser su contribución a la exposición dérmica si se produjera un contacto físico con ella. Los métodos utilizados pueden ser la limpieza con disolvente de una superficie, el método de la cinta adhesiva, el aspirado del contaminante de una superficie determinada, o la extracción líquida del contaminante depositado sobre una superficie, como puede ser el residuo de plaguicida en una hoja.

Fuente: (NTP-895, 2011)

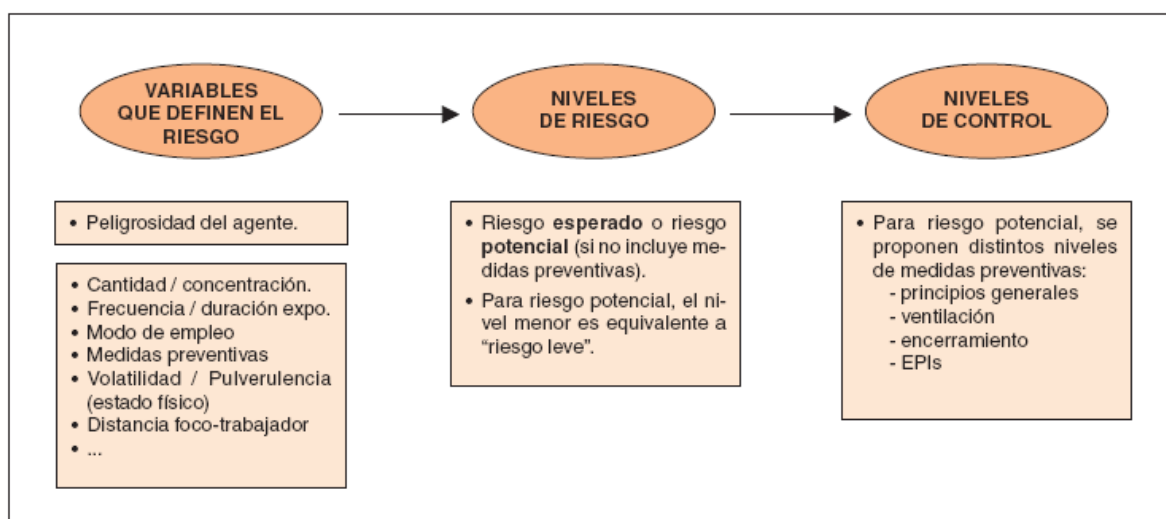
Para el riesgo por inhalación es necesario categorizar las etapas de evaluación. Esta evaluación empieza desde el mismo momento de la identificación de los agentes químicos. Este primer paso interactúa con los factores de exposición en el lugar de trabajo produciendo así un enfoque estructurado lo cual se puede llevar en tres etapas que son estimación inicial, estudio básico y estudio detallado (EN-689, 1995). Estas etapas se pueden observar en la Figura 7.



**Figura 7.** Procedimiento general de evaluación del riesgo por inhalación a agentes químicos. Fuente: (NTP-935, 1997)

Existen modelos para evaluar los riesgos por inhalación de los agentes químicos presentes en el laboratorio de corrosión. Estos modelos tienen como principal objetivo determinar, sin recurrir de entrada a las mediciones ambientales, el nivel o grado de riesgo por exposición a agentes químicos en una determinada operación (NTP-935, 1997). Las variables para tomar

en consideración la evaluación cualitativa de los riesgos por inhalación de agentes químicos se detallan en la Figura 8.



**Figura 8.** Variables para tomar en consideración la evaluación cualitativa de los riesgos por inhalación de agentes químicos. Fuente: (NTP-935, 1997)

### ***Plan de prevención y control de riesgos por agentes químicos.***

prevención (7), 1,

Después de realizar la evaluación de riesgos por agentes químicos queda plantear un plan para la prevención y control de riesgos. Para una prevención es necesario que los trabajadores y estudiantes, que hacen vida en el laboratorio de corrosión, conozcan la influencia de los agentes químicos en el ambiente y organismo para que así pueda existir un normal desenvolvimiento en el área. Los principios generales de la acción preventiva se concretan en la aplicación de unas técnicas que permiten la consecución de unos objetivos que son básicos y prioritarios para reducir los riesgos (INSHT, 2013).

Una de estas técnicas es la higiene personal y del laboratorio donde se trabaja. La implantación de unas buenas prácticas de higiene personal es un requisito elemental, en cualquier puesto de trabajo, que puede contribuir en gran medida a eliminar o reducir los



riesgos debidos a la exposición a agentes químicos peligrosos (INSHT, 2013). En la Tabla 6 se detalla las medidas higiénicas personales para evitar el riesgo de contaminación por agentes químicos.

**Tabla 6.**

**Medidas higiénicas personales para evitar el riesgo de contaminación por agentes químicos.**

Cuando se manipulen o estén presentes agentes químicos peligrosos, la prohibición de comer, beber o fumar en los lugares de trabajo es una medida preventiva que se justifica por sí misma, sin necesidad de que exista un riesgo evidente de contaminación.

Lo mismo puede decirse del mantenimiento de los mínimos de limpieza de la ropa de trabajo y del uso habitual de ésta en lugar de la ropa de calle.

La disponibilidad y la utilización de las instalaciones para la higiene personal antes de las comidas y al finalizar la jornada sería otro ejemplo de las medidas de prevención de riesgos que se justifican por sí mismas, sin necesidad de que exista un riesgo evidente que las haga necesarias. Los productos de limpieza, así como los de cuidado de la piel, en ningún caso serán agresivos

Fuente: (INSHT, 2013)

La limpieza es también una de las medidas preventivas básicas para evitar la exposición innecesaria de trabajadores. Los suelos, techos y paredes de los lugares de trabajo serán de características tales que permitan una correcta limpieza y asimismo garanticen una total impermeabilización frente a agentes químicos que pudieran proyectarse, derramarse, etc. Cuando, por la peligrosidad del agente, se deba evitar, en caso de derrame o fuga, su acumulación espacial o temporal o su vertido al desagüe, los suelos deben permitir recolectar y drenar a lugar seguro los agentes peligrosos. La eliminación o limpieza de pequeños derrames se hará, según el caso, con agentes absorbentes o neutralizantes que, una vez usados, se depositarán en recipientes para residuos, para su retirada y, en su caso, posterior tratamiento. (INSHT, 2013, pág. 30)

Existen medidas preventivas posibles las cuales se pueden clasificar a razón de como actúa el elemento y el objetivo que persigue la implementación. Estas se detallan en la Tabla 7. El objetivo determina el nivel de prioridad, donde a igualdad de prioridad y atendiendo a la eficacia del control de riesgos, son preferentes las medidas preventivas citadas en las columnas situadas más a la izquierda en la tabla (INSHT, 2013).

Del mismo modo, las normas y recomendaciones de trabajo en el laboratorio de corrosión deben seguir unas pautas generales para su buen funcionamiento. Estas se desarrollan en la Tabla 8.

**Tabla 7.**

Prioridad en la elección de medidas preventivas.

Nivel de prioridad	Objetivo de la medida preventiva	La medida preventiva se aplica al			
		Agente químico	Proceso o Instalación	Local de trabajo	Método de trabajo
1º	Eliminación del riesgo	Sustitución total del agente químico por otro menos peligroso	Sustitución del proceso Utilización de equipos intrínsecamente seguros (1)		Automatización Robotización Control remoto
2º	Reducción o control del riesgo	Sustitución parcial del agente Cambio de forma o estado físico (2)	Proceso cerrado Cabinas de guantes Aumento de la distancia Mantenimiento preventivo (3) Extracción localizada Equipos con extracción local incorporada Cubetos de retención	Orden y limpieza Segregación de departamentos sucios Ventilación por dilución Duchas de aire Cortinas de aire Cabinas para los trabajadores Drenajes Control de focos de ignición	Buenas prácticas de trabajo Supervisión Horarios reducidos
3º	Protección del trabajador				EPI de protección respiratoria, dérmica u ocular (RD 773/1997)

(1) Aplicable para eliminar el riesgo de incendio o explosión.

(2) Por ejemplo: la manipulación de un material sólido por vía húmeda, en forma de pasta o gel, o su encapsulamiento puede reducir el riesgo por inhalación.

(3) El objetivo del mantenimiento preventivo debe ser evitar las fugas, derrames o escapes de agentes químicos que son una de las causas de riesgo más frecuentes. Las actuaciones posteriores para la contención y limpieza del producto derramado son medidas de control complementarias.

Fuente: (INSHT, 2013)

### Tabla 8.

#### Normas y recomendaciones para el buen desarrollo de trabajo en el laboratorio de corrosión.

En todos los laboratorios donde exista riesgo químico y físico se mantendrá una copia de la Normativa de Seguridad en lugar accesible.

Se evitará trabajar solo en laboratorios de investigación. En el caso de que resulte imprescindible, el investigador deberá asegurar que exista comunicación con otros investigadores en laboratorios próximos o con conserjería.

En los laboratorios se asegurará que la última persona en abandonar o cerrar el laboratorio revise el estado de las llaves de gases y salidas de agua asegurándose además de que no queden operaciones no atendidas (destilaciones, reacciones, etc.) peligrosas.

Se aconseja no tocar ningún compuesto químico con las manos. Es conveniente utilizar espátula para trasvasar sólidos.

Utilizar guantes de látex cuando se manipulan productos tóxicos y/o peligrosos excepto cuando se tenga encendida la llama del mechero. Muchos disolventes disuelven la grasa de la piel, otros compuestos producen picores, irritación, alergias, etc. Utilizar guantes más impermeables (p. ej. De neopreno) al manipular ácidos, bases concentrados, o productos químicos muy tóxicos.

No deben tocarse los ojos, el pelo o la cara con las manos sin haberlas lavado inmediatamente antes. Es obligatorio lavarse las manos antes de abandonar el laboratorio.

---

La bata sirve para protegerse del contacto accidental con contaminantes químicos por lo que su uso debe quedar restringido a los laboratorios. Está prohibido entrar con bata de laboratorio en las cafeterías, restaurantes.

---

No se deben abandonar agujas hipodérmicas y objetos punzantes y cortantes contaminados sobre las mesas del laboratorio. Éstos deben eliminarse en recipientes especiales (recipientes amarillos) rígidos que mantienen el contenido inaccesible.

---

No se debe oler directamente ningún producto químico a menos que los profesores lo indiquen expresamente. La inhalación de disoluciones de algunas sustancias tóxicas a temperatura de ebullición es también peligrosa.

---

La manipulación de productos tóxicos y/o peligrosos se realizará siempre en vitrina con el sistema de extracción en funcionamiento. Se asegurará que la ventana de la vitrina se halle lo más baja posible para aumentar la eficacia de la extracción y minimizar el riesgo de inhalación, incendio y explosión.

---

Los recipientes de productos químicos deben quedar cerrados después de utilizarlos. Muchos de ellos tienen una presión de vapor elevada (ácido clorhídrico, amoníaco, etc.) y liberan gran cantidad de vapores nocivos o que, cuando menos, contribuyen a enrarecer el aire que se respira en el laboratorio.

---

Los recipientes de ácidos y bases concentrados o de productos nocivos o muy tóxicos y a la vez volátiles que planteen un riesgo notable de intoxicación por inhalación estarán colocados dentro de las vitrinas extractoras de gases con el sistema de extracción en funcionamiento.

---

Las vitrinas extractoras que contengan productos químicos permanecerán con el sistema de extracción en funcionamiento cuando el laboratorio se halle ocupado.

---

Está prohibido la realización de operaciones distintas a las de almacenamiento dentro de los almacenes de productos químicos anejos a los laboratorios. Entre las funciones que se prohíben dentro de los almacenes destaca por su peligrosidad la destrucción de metales alcalinos (litio, sodio o potasio) u otros compuestos reactivos o el lavado del material de vidrio con mezclas fuertemente ácidas u oxidantes.

---

Limpiar inmediatamente los derrames intentando neutralizar la actividad de la sustancia derramada, evitándose su evaporación y daños sobre las instalaciones. Para ello, deben seguirse las instrucciones específicas para cada producto empleando absorbentes específicos.

---

Fuente:

(PREVENCIÓN\_DE\_RIESGOS\_ESPECÍFICOS\_EN\_CENTROS\_EDUCATIVOS, 2017)

## Discusión y conclusiones

Uno de los factores más importantes dentro de la industria metálica es la evaluación de la corrosión en las piezas que están sometidas a ambientes severos. La corrosión juega un papel importante en la determinación de la vida útil de los equipos a nivel industrial. Esto sucede gracias a la presencia de un agente oxidante que permite que el metal pierda iones quedando vulnerable para su corrosión. Para lograr el mecanismo de corrosión es necesario tener tres factores importantes el ánodo, que es el material que se corroe, el cátodo, que pertenece al material que neutraliza los iones de hidrogeno, y el electrolito como vehículo donde interactúan los iones del metal con los del agente corrosivo.

Esta situación permite que se formulen los productos de corrosión que la respuesta a la degradación del material. Es por ello, que en las IES se establecen estudios e investigaciones

relacionadas al comportamiento del material en diferentes ambientes con la finalidad de poder comprender este comportamiento y así ofrecer alternativas que permitan resistir la corrosión. El laboratorio de corrosión juega un papel importante para esta finalidad porque en ella se desenvuelven las practicas necesarias para analizar el material sometidos a diversos parámetros como temperatura, composición del material y tipo y concentración del medio oxidante.

Realizar estas actividades incluyen la manipulación de sustancias de gran riesgo químico. Estos materiales son dañinos para el medio ambiente pero también para la seguridad de quien las ejecuta, sean trabajadores, docentes o estudiantes. Es por ello que se plantea tres niveles de estudio. La identificación, evaluación y plan de prevención y control de los riesgos por agentes químicos. Entre los riesgos más importantes que se pueden hallar en esta área de trabajo se encuentra la exposición dérmica y la inhalación de los gases producto de las reacciones.

Estos agentes químicos deben ser tratados con toda la precaución y prevención posible. Se deben seguir pautas, normas y recomendaciones que permitan un excelente desenvolvimiento de las funciones dentro del área. Estas están basadas en protocolos internacionales que buscan generar un ambiente libre de contaminación y por ende con una excelente seguridad, calidad y ambiente laboral

## Referencias

- Avner, S. (1988). *Introducción a la metalurgia física, 2da edición*. México, D. F. : McGraw-Hill / Interamericana de México S. A de C. V. .
- CEMESA. (2014). *Galvanizado por inmersión en caliente*. San José, Costa Rica.: Cemesa Galvanizadora.
- Cortés, M., & Ortiz, P. (2004). *Corrosión en los aceros*. Bucaramanga, Santander, Colombia: Corporación para la Investigación de la Corrosión CIC. Universidad Industrial de Santander.
- EN-689. (1995). *Atmósferas en el lugar de trabajo. Directrices para la evaluación de la exposición por inhalación de agentes químicos para la comparación de los valores*

*límite y estrategia de la medición*. Bruselas: Norma Europea. CENELEC. Obtenido de [http://www.itpshi.es/documents/jornada\\_silicio/UNE\\_EN\\_689.pdf](http://www.itpshi.es/documents/jornada_silicio/UNE_EN_689.pdf)

- García Inzunza, R. (2014). *Inhibidores de corrosión de acero en medios ácidos a partir de extractos naturales*. Mexicali, México: Tesis de Grado para optar al título de Doctor en Ciencias de la Universidad Autónoma de Baja California.
- INSHT. (2013). *Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relacionados con los agentes químicos presentes en los lugares de trabajo*. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Obtenido de <https://www.insst.es/documents/94886/203536/Gu%C3%ADa+t%C3%A9cnica+para+la+evaluaci%C3%B3n+y+prevenci%C3%B3n+de+los+riesgos+relacionados+con+agentes+qu%C3%ADmicos+relacionados+con+los+lugares+de+trabajo/7ff71954-0742-4cf4-bc30-7a9ffea37429>
- NTP-1080. (2017). *Agentes químicos: jerarquización de riesgos potenciales (método basado en el INRS)*. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- NTP-406. (1996). *Contaminantes químicos: evaluación de la exposición laboral (I)*. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Obtenido de [https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp\\_406.pdf/bb682bf1-a908-49ac-9c81-286e74def4ef](https://www.insst.es/documents/94886/326962/ntp_406.pdf/bb682bf1-a908-49ac-9c81-286e74def4ef)
- NTP-697. (2008). *Exposición a contaminantes químicos por vía dérmica*. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Obtenido de [https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp\\_697.pdf/b2770527-ab1d-444a-9e66-b9697553cd81](https://www.insst.es/documents/94886/326775/ntp_697.pdf/b2770527-ab1d-444a-9e66-b9697553cd81)
- NTP-895. (2011). *Exposición dérmica a sustancias químicas: métodos de medida*. España: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- NTP-935. (1997). *Agentes químicos: evaluación cualitativa y simplificada del riesgo por inhalación (I). Aspectos generales*. Obtenido de Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo: <https://www.insst.es/documents/94886/326879/935w.pdf/9123bc32-0c16-4264-8d56-1f4a44b1ab5e>
- Palella Stracuzzi, S., & Martins Pestana, F. (2010). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Caracas, Venezuela: FEDUPEL, Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- PREVENCIÓN\_DE\_RIESGOS\_ESPECÍFICOS\_EN\_CENTROS\_EDUCATIVOS. (2017). *Prevención de riesgos en laboratorios*. Prevención\_de\_riesgos\_en\_laboratorios.
- Torbello, J., & Pérez, J. (2004). *Guías para las prácticas de corrosión*. Barquisimeto, Venezuela: Departamento de Ingeniería Metalúrgica de la Universidad Nacional Experimental Politécnica Antonio José de Sucre.