



Guía para el manejo seguro del acetato de vinilo

Noviembre 2025

VINYL ACETATE
COUNCIL
(Consejo del Acetato de Vinilo)

ÍNDICE

RECONOCIMIENTOS	2
PERSPECTIVA GENERAL DE LA GUÍA	3
1.1. Propiedades peligrosas	6
1.1.1. Inflamabilidad	6
1.1.2. Reactividad	6
1.1.3. Efectos en la salud	7
1.1.4. Efectos en el medioambiente	8
1.2. Comunicación de peligros	9
1.2.1. Generalidades	9
1.2.2. Clasificaciones de peligros	10
1.2.3. Hojas de datos de seguridad	13
2. SEGURIDAD EN EL LUGAR DE TRABAJO, EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL Y PRIMEROS AUXILIOS	14
2.1. Higiene industrial	14
2.1.1. Límites de exposición ocupacional	14
2.2. Equipo de protección personal	15
2.2.1. Disponibilidad y uso del equipo de protección personal	15
2.2.2. Protección respiratoria	17
2.2.3. Protección para las manos y la piel	18
2.2.4. Protección para los pies	19
2.2.5. Protección para los ojos	20
2.2.6. Protección para la cabeza	20
2.3. Tratamiento de primeros auxilios	20
3. ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y MANEJO DEL MONÓMERO DE ACETATO DE VINILO	22
3.1. Consideraciones para el almacenamiento	22
3.1.1. Almacenamiento a granel o en tanque	22
3.1.2. Mantenimiento y evaluación de los niveles de inhibidor en el almacenamiento a granel	23
3.1.3. Almacenamiento en tambores y recipientes	25
3.2. Clasificación y reglamentos de embarque	25
3.3. Carga y descarga de embarques a granel transportados en barcazas, vagones tanque de ferrocarril y camiones tanque	26
3.4. Recipientes de embarque que se dañan durante el transporte	30
3.5. Descarga a tanques de almacenamiento	30
3.5.1. Control de ventilación en el tanque de almacenamiento	30
3.5.2. Mangueras	30
3.5.3. Muestreo	31
3.6. Limpieza y reparación de los tanques y el equipo	31
3.6.1. Preparación del personal	31
3.6.2. Preparación de los tanques y el equipo	31

3.7.	Mantenimiento del equipo*	32
3.8.	Control de vapores y desecho de residuos	33
3.8.1.	Control de la contaminación del aire	33
3.8.2.	Descarga en aguas navegables	33
3.8.3.	Desecho de residuos	33
4.	ANÁLISIS DE RIESGOS Y PLANIFICACIÓN PARA EMERGENCIAS EN EL MANEJO DEL MONÓMERO DE ACETATO DE VINILO	35
4.1.	Planificación para emergencias	35
4.2.	Control de riesgos y reglamentos de seguridad de procesos	35
4.3.	Planificación de respuesta a emergencias: Guía de valores para la inhalación aguda	36
5.	CONTROL DE EMERGENCIAS	38
5.1.	Incendios y explosiones	38
5.1.1.	Prevención de incendios	38
5.1.2.	Extinción de incendios	39
5.2.	Polimerización descontrolada	40
5.3.	Control de derrames	41
5.4.	Declaración de emisiones al medioambiente	43
	REFERENCIAS	45
	APÉNDICE I: DISEÑO DEL ALMACENAMIENTO A GRANEL	48
1.	Diseño del edificio	48
2.	Construcción y ubicación de los tanques de almacenamiento	49
3.	Equipo de los tanques de almacenamiento	51
3.1.	Dispositivo medidor de temperatura	51
3.2.	Ventila de emergencia - Dispositivo para la liberación de presión	51
3.3.	Reducción de emisiones de aire	51
3.4.	Consideraciones para el espacio de vapor del tanque	52
3.5.	Parallamas	52
3.6.	Protección contra desbordes	52
3.7.	Medición y control del nivel de líquido	52
3.8.	Bombas	53
3.9.	Tubería	54
3.10.	Válvulas	54
3.11.	Empaques	54
3.12.	Filtro	54
3.13.	Prevención de derrames de las tuberías del tanque de almacenamiento	54
3.14.	Diagrama de un tanque de almacenamiento	56
	APÉNDICE II: CONTACTOS: RESPUESTA EN CASO DE EMERGENCIA, TRANSPORTE Y OTRAS AUTORIDADES REGULATORIAS	57
	APÉNDICE III: SIGLAS Y ABREVIATURAS QUE SE USAN EN LA GUÍA	58
	APÉNDICE IV: PROPIEDADES GENERALES DEL MONÓMERO DE ACETATO DE VINILO	62
	APÉNDICE V: GUÍA 129 DE LA GUÍA DE RESPUESTA A EMERGENCIAS, 2024	63

PRÓLOGO

El monómero de acetato de vinilo (VAM, Vinyl Acetate Monomer) es una sustancia química fundamental usada en la fabricación de acetato de polivinilo o copolímeros de acetato de vinilo. Esos polímeros son la base de muchos productos industriales y comerciales, así como de otros polímeros. Cuando se maneja correctamente, el acetato de vinilo puede almacenarse, transportarse y manejarse con seguridad. Sin embargo, si no se maneja correctamente, puede presentar peligros serios de incendio, de explosión o de salud.

El Consejo del Acetato de Vinilo (VAC, Vinyl Acetate Council) ha elaborado esta Guía para el Manejo Seguro con el fin de promover el uso y el manejo seguro y responsable del acetato de vinilo. Este documento tiene la finalidad principalmente de llegar al lector norteamericano, aunque se incluye información sobre clasificaciones, límites de exposición y reglamentos de transporte pertinentes a varias otras localidades. La información contenida en esta guía fue elaborada de acuerdo con los procedimientos que recomiendan actualmente los miembros del VAC y refleja las mejores prácticas para el manejo, almacenamiento y transporte seguros del acetato de vinilo. Esta última edición de la guía reemplaza todas las ediciones anteriores de la “Guía para el manejo seguro del acetato de vinilo”.

Ésta guía tiene la intención de complementar la capacitación, Hojas de Datos de Seguridad (SDS, Safety Data Sheet) y etiquetas de productos para los trabajadores que manejan, transportan, procesan o pueden tener algún tipo de contacto con el acetato de vinilo, así como para los profesionales de seguridad, ingeniería y salud responsables de la implementación de las prácticas seguras. También existen numerosos reglamentos nacionales, regionales y locales que necesitan acatarse. Deben consultarse estos documentos antes de manejar el acetato de vinilo.

No se ofrece ninguna garantía, expresa ni implícita, con respecto a ninguna parte del contenido de este documento y ni el VAC ni sus miembros asumen ninguna responsabilidad legal. La guía no tiene la intención de ser una declaración de requisitos o recursos legales. Aunque el VAC cree que la información contenida en esta guía es actual y precisa a la fecha de su publicación, SIEMPRE CONSULTE LA HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DEL PROVEEDOR, LA ETIQUETA DEL PRODUCTO Y LAS DEMÁS INSTRUCCIONES DE MANEJO SEGURO PARA OBTENER LAS RECOMENDACIONES MÁS ACTUALES. Es responsabilidad de todas las personas que manejan el acetato de vinilo respetar los derechos de propiedad y acatar todas las leyes existentes. Consulte con un asesor jurídico o las autoridades gubernamentales correspondientes para garantizar el acatamiento a las leyes y los reglamentos locales, regionales, nacionales e internacionales.

Vinyl Acetate Council
1250 Connecticut Avenue, NW,
Suite 700
Washington, DC 20036
www.vinylacetate.org
info@vinylacetate.org

RECONOCIMIENTOS

La Guía de Manejo Seguro del Acetato de Vinilo fue elaborada por el Consejo del Acetato de Vinilo, una asociación sin fines de lucro conformada por fabricantes norteamericanos, procesadores y usuarios del monómero de acetato de vinilo. Las compañías que forman parte actualmente del Consejo del Acetato de Vinilo que fabrican acetato de vinilo se mencionan a continuación. Debe comunicarse con su compañía fabricante para obtener información adicional o aclaraciones sobre el contenido de esta guía. Solicite copias adicionales de esta guía a su proveedor u obtenga una copia electrónica.



Celanese Corporation
Emergencia de transporte: 800-424-9300
Información de productos: 800-835-5235
www.celanese.com



The Dow Chemical Company
Norteamérica: 800-447-4369
Europa: +800-3694-6367
Asia del Pacífico (excepto China): +800-7776-7776
China: +800-600-0015
Otras zonas mundiales: 989-832-1560
www.dow.com



Kuraray America, Inc
+1-800-423-9762
info@kurarayamerica.com
Números de Emergencia – CHEMTREC:
+1-800-424-9300 en EE. UU.
+1-703-527-3887 fuera de EE. UU.
<http://www.kuraray.us.com/>



LyondellBasell Acetyls, LLC
Contacto: 713-309-7299
Número de emergencia de 24 horas: 800-245-4532
www.lyondellbasell.com

PERSPECTIVA GENERAL DE LA GUÍA

Utilización de esta guía

Antes de usar o manejar el monómero de acetato de vinilo (VAM, Vinyl Acetate Monomer), lea la Hoja de Datos de Seguridad (SDS, Safety Data Sheet) y cualquier otro material que le haya entregado su proveedor. Esta guía debe ser utilizada en conjunto con la información del fabricante.

Sección 1. Características del monómero de acetato de vinilo

La sección 1 de la guía contiene una perspectiva general de las propiedades del acetato de vinilo, inclusive sus peligros:

- Es altamente inflamable;
- El vapor puede causar fuego espontáneo que en inglés se nomina Flash Fire;
- Puede polimerizarse espontáneamente si ocurre una contaminación cruzada, si se reduce la concentración del inhibidor de polimerización, o si se expone al calor, la radiación, materiales oxidantes o ácidos o bases fuertes; entonces podría producirse calor, la vaporización rápida del acetato de vinilo y la posible ruptura o explosión del recipiente;
- Puede causar irritación a la piel, a los ojos y a las vías respiratorias;
- Es dañino si se inhala;
- Representa un posible riesgo de cáncer.

Sección 2. Seguridad en el lugar de trabajo, equipo de protección personal y primeros auxilios

La sección 2 trata asuntos relacionados con la capacitación y seguridad en el lugar de trabajo, incluido el equipo de protección personal (EPP) para el manejo del acetato de vinilo y las medidas de primeros auxilios.

El equipo de protección personal para el acetato de vinilo varía según las actividades y las circunstancias de una posible exposición. El uso correcto del equipo de protección personal exige una capacitación adecuada. Cualquier prenda de vestir contaminada con acetato de vinilo debe quitarse de inmediato y ser descontaminada por un servicio de limpieza competente dentro de la propia empresa o por una empresa de limpieza industrial acreditada, o deberá desecharse de manera adecuada. Los artículos de cuero contaminados tales como zapatos, prendas de vestir, cinturones o pulseras de reloj deben desecharse de manera adecuada ya que el cuero no puede descontaminarse por completo.

Primeros auxilios

En caso de inhalación, saque a la persona al aire libre. Si se presentan dificultades para respirar, administre oxígeno. Si se detiene la respiración,

administre respiración artificial y después oxígeno según sea necesario. Comuníquese de inmediato con el personal médico o el médico de emergencias. Puede presentarse irritación a las vías respiratorias, bronquitis, neumonitis o edema pulmonar retardado.

En caso de contacto con la piel, quite de inmediato la ropa y los zapatos contaminados. Lave las partes afectadas con agua y con jabón (si están disponibles) durante por lo menos 15 minutos. Llame al personal médico o médico de emergencias si persiste la irritación y el dolor después de un lavado cuidadoso.

En caso de contacto con los ojos, extraiga los lentes de contacto si se usan. Enjuague de inmediato los ojos con grandes cantidades de agua a temperatura ambiente durante por lo menos 15 minutos. Comuníquese de inmediato con el personal médico o el médico de emergencias.

En caso de ingesta, beba lentamente un vaso de agua o leche (125-250 ml [4 a 8 oz]). No provoque el vómito para evitar que se aspire a los pulmones. Comuníquese de inmediato con el personal médico o el médico de emergencias.

En caso de quemaduras térmicas, enfríe de inmediato la piel afectada durante todo el tiempo que sea posible con agua fría. No quite la ropa si está adherida a la piel. Mantenga a la persona abrigada y tranquila. Comuníquese de inmediato con el personal médico o el médico de emergencias.

Sección 3. Almacenamiento, transporte y manejo del monómero de acetato de vinilo

La sección 3 trata del almacenamiento, transporte y manejo seguro de cantidades a granel de acetato de vinilo, incluidas las condiciones de los tanques de almacenamiento, tales como la temperatura y el monitoreo del nivel de inhibidor, y las operaciones correctas de carga y descarga.

La contaminación cruzada del monómero de acetato de vinilo con otras sustancias químicas, especialmente los materiales de oxidación o los ácidos o las bases fuertes, puede causar la polimerización espontánea e incendio. El acetato de vinilo debe mantenerse alejado del calor, las chispas y las llamas. La exposición prolongada o intensa al calor, a la luz del sol, la luz ultravioleta o la radiación también podría causar la polimerización espontánea.

Sección 4. Análisis de riesgos y planificación de emergencias para el manejo del monómero de acetato de vinilo

La sección 4 trata del análisis de riesgos y los aspectos a tener en cuenta para la planificación de emergencias, incluido el Control de Seguridad del Proceso (PSM, Process Safety Management) y los Planes de Control de Riesgos (RMP, Risk Management Plan).

Sección 5. Control de emergencias

La sección 5 ofrece información sobre el control de emergencias en situaciones que incluyen: derrames, extinción de incendios, reacciones a la polimerización descontrolada e informes sobre emisiones.

En caso de derrames, elimine las fuentes de ignición. Con excepción del personal capacitado adecuadamente y bien equipado para responder a emergencias, retire del lugar a todo el personal que no tenga protección. Proporcione ventilación adecuada hasta que el lugar esté limpio.

En caso de incendio, use CO₂ o una sustancia química seca para combatir los incendios pequeños (por ejemplo, los incendios que pueden extinguirse mediante el uso de un extintor portátil). Use una espuma que forme una película acuosa, de tipo alcohol, para extinguir los incendios grandes. El riego o niebla de agua puede ser ineficaz para extinguir completamente un incendio de acetato de vinilo, pero puede usarse para enfriar estructuras y recipientes expuestos al fuego. No use chorros de agua de alta velocidad ya que el acetato de vinilo flota en el agua y el chorro puede extender el incendio. Si existe la posibilidad de estar expuesto al humo, los vapores o los productos de combustión, use equipo completo de protección personal y un equipo de aire autónomo (SCBA) con respirador de cara completa de presión a demanda u otra modalidad de presión positiva.

Referencias

Apéndices

Apéndice I: Información para usarse en el diseño de instalaciones y operaciones que manejen y almacenen acetato de vinilo.

Apéndice II: Información de contacto en caso de emergencia.

Apéndice III: Lista de siglas y abreviaturas.

Apéndice IV: Tabla de las propiedades generales del monómero de acetato de vinilo.

Apéndice V: Guía recomendada (Guía 129) para el monómero de acetato de vinilo de la Guía de Respuesta en Caso de Emergencia de 2024 (ERG, Emergency Response Guidebook) elaborada por el Departamento de Transporte (DOT, Department of Transportation) de los Estados Unidos, Transporte de Canadá y la Secretaría de Transporte y Comunicaciones de México. Los lectores deben consultar el sitio de Internet de la ERG para ver si hay disponible una versión más reciente.

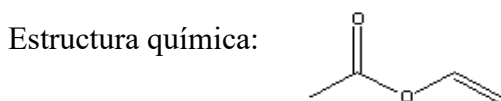
Apéndice VI: Varios métodos de ejemplo para el uso de cromatografía líquida para analizar el nivel de hidroquinona en monómero de acetato de vinilo. Se recomiendan los métodos cromatográficos líquidos (LC) para el análisis del acetato de vinilo que ha sobrepasado el tiempo de almacenaje o cuando se sospecha la presencia de polímero soluble.

1. CARACTERÍSTICAS DEL MONÓMERO DE ACETATO DE VINILO

El monómero de acetato de vinilo (VAM) es un líquido inflamable, reactivo e incoloro parcialmente soluble en agua. Tiene un olor afrutado dulce en cantidades pequeñas, pero el olor puede volverse intenso e irritante a niveles más altos. Generalmente se embarca y almacena en recipientes a granel identificados claramente.

El acetato de vinilo es una sustancia química fundamental que se utiliza en la elaboración de una amplia variedad de copolímeros que se usan en una gama de productos comerciales e industriales. No existe ningún uso directo de acetato de vinilo para el consumidor.

Nombre químico:	Acetato de vinilo
Nombre común:	Acetato de vinilo
Sinónimos:	Éster de vinilo del ácido acético; Éster de etenilo del ácido acético; Monómero de acetato de vinilo (VAM); Acetato de etenilo; 1-acetoxietileno; Éster de etenilo del ácido acético;
Nombre CAS:	Éster de etenilo del ácido acético
No. de registro CAS:	108-05-4
Fórmula química:	CH ₃ COOCH=CH ₂



1.1. Propiedades peligrosas

1.1.1. Inflamabilidad

El monómero de acetato de vinilo tiene un punto de inflamabilidad inferior a 37°C (100°F) y por lo mismo se considera un líquido “inflamable”. Cuando se mezcla con el aire a temperatura ambiente, el acetato de vinilo puede formar un vapor inflamable. Sus vapores son más pesados que el aire y pueden viajar grandes distancias hasta una fuente de ignición tal como flama o una chispa eléctrica o luego generar un retroceso de flama (flash back) (vea la información sobre la clasificación de inflamabilidad en la Sección 1.2.2).

1.1.2. Reactividad

El monómero de acetato de vinilo es una molécula reactiva. A menos que esté inhibido, o si no se cumplen las debidas precauciones de manejo y almacenaje, el acetato de vinilo puede iniciar la polimerización descontrolada. El acetato de vinilo generalmente se embarca con un inhibidor de polimerización, usualmente hidroquinona (HQ). Con la inhibición correcta, el acetato de vinilo es estable bajo las condiciones recomendadas para su almacenamiento. La exposición prolongada o intensa al calor, a la luz del sol, la luz ultravioleta o la radiación podría causar la

polimerización. La polimerización espontánea también puede provenir de la exposición a aminas, ácidos fuertes, agentes alcalinos, sílices, oxidantes (por ejemplo, peróxidos, hidroperóxidos, peróxido de hidrógeno) o iniciadores de polimerización. El calor y la presión generados durante dicha polimerización pueden romper los recipientes que no tengan ventilación suficiente, ocasionando derrames de líquido, producción de vapor y un posible incendio.

Vea la sección 3 para obtener información sobre las condiciones de almacenamiento y los niveles de inhibidor para el acetato de vinilo.

El acetato de vinilo se hidroliza en agua. Esta reacción generalmente no es de índole violenta y como tal, no se considera una reacción peligrosa. Aunque el acetato de vinilo tiene una clasificación de inestabilidad de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA, National Fire Protection Association) de 2 (sección amarilla del diamante NFPA – vea la Sección 1.2.2), debido a su habilidad para polimerizarse y para reaccionar con otras sustancias químicas, esta clasificación y las advertencias relacionadas no son aplicables a la mezcla del acetato de vinilo y agua.

1.1.3. Efectos en la salud

Al igual que con todas las sustancias químicas, los efectos en la salud que se asocian a la exposición del acetato de vinilo dependen en gran manera del nivel y la duración de la exposición. El acetato de vinilo es irritante para las vías respiratorias superiores, la piel y los ojos, por ello debe evitarse el contacto con vapores y líquidos. Se ha publicado que el umbral de detección del olor es de alrededor de 0.5 ppm. Si el acetato de vinilo entra en contacto con los ojos, puede causar irritación, enrojecimiento e hinchazón. Se ha publicado que los vapores del acetato de vinilo son intolerablemente irritantes en los ojos a 21 ppm, pero no así a aproximadamente 5 a 10 ppm. No se considera que el acetato de vinilo sea sensibilizador para la piel.

De acuerdo con estudios en animales de laboratorio, se considera que el acetato de vinilo tiene una potencial toxicidad aguda baja por todos los medios de exposición: la dosis oral LD50 en ratas se estima en aproximadamente 2,920 mg/kg; la inhalación LC50 en ratas durante 4 horas es de aproximadamente 4000 ppm (14 mg/L); y la dérmica LD50 en conejos es de >2000 mg/kg. La exposición a la inhalación de altos niveles de acetato de vinilo en animales causa la muerte por edema pulmonar. En concentraciones inferiores a las mortales, la exposición individual o repetida al acetato de vinilo puede producir irritación o lesión de los tejidos en las vías respiratorias superiores. En estudios de dosis repetidas, no se observaron efectos perjudiciales cuando las concentraciones estuvieron por debajo de 50ppm en ratones y de 200ppm en ratas.

El acetato de vinilo no causa toxicidad en la reproducción ni el desarrollo; los niveles a los que no se observaron efectos fueron 1000 ppm en agua potable y 200 ppm en el aire, respectivamente.

El acetato de vinilo causó la aparición de tumores en animales de laboratorio luego de la exposición a concentraciones irritativas a largo plazo. Los tumores se localizaron en tejidos que habían estado en contacto directo con el acetato de vinilo (por ejemplo, la nariz y las vías respiratorias superiores si se inhalaban, o en la boca, el esófago y el estómago si se ingerían). Se cree que existe un mecanismo de tumoración basado en el umbral con un evento clave que implica la conversión enzimática del acetato de vinilo por medio de las enzimas carboxilesterasas en ácido acético y acetaldehído. El acetaldehído está omnipresente en el medioambiente y en el organismo en bajos niveles como producto secundario del metabolismo alimenticio. Si se exceden los niveles del umbral de exposición al acetato de vinilo, el acetaldehído puede acumularse por encima de los niveles de origen. El acetaldehído también causa mutaciones y se cree que actúa en la genotoxicidad asociada con el acetato de vinilo. Sin embargo, el conjunto de todos los datos indica que la carcinogenicidad no se espera que ocurra cuando los niveles de acetato de vinilo (y de acetaldehído) estén por debajo de un umbral de concentración práctica (Unión Europea 2008a; Canadá 2009). Los límites de exposición ocupacional (vea la Sección 2.1.1 Límites de Exposición Ocupacional) están por debajo del nivel del umbral en los tumores de los animales de laboratorio (Unión Europea 2008b). Por lo tanto, los tumores observados a concentraciones altas de exposición no se consideran pertinentes para los humanos en condiciones de uso típico.

La Agencia Internacional de Investigación del Cáncer (IARC, International Agency for Research on Cancer) ha designado al acetato de vinilo como un carcinógeno del Grupo 2B, lo que quiere decir que es “posiblemente carcinogénico para los humanos”, según la clasificación de acetaldehído de la IARC. La clasificación no se ha vuelto a evaluar desde 1995.

1.1.4. Efectos en el medioambiente

Si se libera al medioambiente, el acetato de vinilo se separará en el compartimiento ambiental al cual se libere.

Si se libera al aire, el acetato de vinilo tiende a permanecer en el aire en donde se degrada rápidamente por rutas fotoquímicas. Se ha calculado que la vida media atmosférica del acetato de vinilo es de 0.6 días. Alguna volatilización puede ocurrir después de vertidos de acetato de vinilo en tierra o agua.

Si se vierte en agua, el acetato de vinilo se separa principalmente en el agua en donde experimenta hidrólisis. Se calcula que la vida media hidrolítica del acetato de vinilo es aproximadamente de 7 días a un pH 7 y 25°C (77°F). El ácido acético y el acetaldehído son productos de la hidrólisis del acetato de vinilo. En general, la hidrólisis aumenta en condiciones básicas. No se espera que el acetato de vinilo se absorba en sedimentos o suelos en gran medida.

El acetato de vinilo se biodegrada fácilmente y está sujeto a hidrólisis biótica y abiótica en suelos y sedimentos. Las rutas de biodegradación anaeróbica y aeróbica producen acetaldehído (transitorio) y ácido acético (final). Se obtuvo

vida media de la transformación aeróbica de 12 horas con un aislamiento bacteriano, mientras que se encontró una vida media de 60 horas con la hidrólisis no enzimática del acetato de vinilo en un medio estéril.

Los valores de toxicidad acuática aguda del acetato de vinilo fluctúan entre 12 y 18 mg/L en peces de agua dulce, algas e invertebrados con períodos de exposición de entre 48 y 96 horas. La toxicidad crónica ha sido evaluada en peces de agua dulce con una concentración sin efectos observados (NOEC, No-Observed Effect Concentration) de 0.6 mg/L.

Dada la susceptibilidad del acetato de vinilo a biodegradarse con facilidad y al bajo nivel de toxicidad acuática aguda, no se considera que el acetato de vinilo represente un gran riesgo ecotoxicológico o al medioambiente (Unión Europea 2008a, Canadá 2009).

Es poco probable que ocurra una bioacumulación de acetato de vinilo. La bioacumulación es el aumento en la concentración de sustancias químicas en un organismo relativo a la concentración en el medioambiente bajo condiciones estables. En la Unión Europea (EU) y en Canadá, el acetato de vinilo no está clasificado como un riesgo al medioambiente ni como algo persistente, bioacumulativo o tóxico (PBT, Persistent, Bioaccumulative, or Toxic) para el medioambiente (Unión Europea 2008a, Canadá 2009).

1.2. Comunicación de peligros

1.2.1. Generalidades

Existen requisitos de comunicación de peligros en todo el mundo para que los trabajadores, el personal de respuesta a emergencias y el público estén al tanto de los posibles peligros asociados con las sustancias químicas. En los Estados Unidos, las sustancias químicas están sujetas a los requisitos de etiquetado de la Administración de Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA, Occupational Safety & Health Administration), las Normas de Comunicación de Peligros (Código de Reglamentos Federales, (CFR, Code of Federal Regulations) 29 CFR 1910.1200); el Departamento de Transporte (DOT) exige que se coloquen etiquetas y letreros durante el embarque (DOT, 49 CFR 172.400). Pueden encontrarse requisitos comparables en Canadá (WHMIS, Sistema de Información de Materiales Peligrosos en el Lugar de Trabajo) y en la Unión Europea (Reglamentos de Clasificación, Etiquetado y Empacado (CLP, Classification, Labeling, and Packaging) de Sustancias y Mezclas, EC 1272/2008).

El Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Sustancias Químicas (GHS, Globally Harmonized System) (actualmente en su 11^o Edición, UN 2025) se elaboró para proporcionar una base común para la clasificación y el etiquetado de sustancias químicas en todo el mundo. El sistema GHS se ha implementado en los Estados Unidos, Canadá y en otros lugares del mundo. En la Unión Europea, el sistema GHS se implementa a través del Reglamento EC

1272/2008 (vea anteriormente). Los Estados Unidos también han implementado GHS según se muestra en la Norma de Comunicación de Peligros (OSHA, 2012).

Consulte a su proveedor para obtener la información de etiquetado correspondiente.





1.2.2. Clasificaciones de peligros

Los programas de comunicación de peligros requieren que los riesgos de las sustancias químicas se clasifiquen y que se usen frases de seguridad o símbolos de advertencia específicos. A continuación se proporciona alguna información de clasificación de peligros del monómero de acetato de vinilo para varias regiones, aunque debe consultar sus hojas SDS para obtener información completa.

Clasificación de peligros de los Estados Unidos

El monómero de acetato de vinilo se aborda bajo varios reglamentos de los Estados Unidos (tanto estatales como federales) y programas que abarcan los peligros tóxicos, químicos y de incendio. A continuación se presentan algunas de las clasificaciones de peligro más comunes para el monómero de acetato de vinilo.

La siguiente tabla presenta las clasificaciones generalmente aceptadas por el Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Sustancias Químicas (GHS, Globally Harmonized System) (11.º edición, ONU 2025):

<i>Clasificación</i>	<i>Categoría</i>	<i>Fase de riesgo</i>	<i>Definición</i>	<i>Pictograma</i>
Líquido inflamable	2	H225	Líquido y vapor altamente inflamables	
Toxicidad aguda	4	H332	Perjudicial si se inhala	
STOT, una exposición	3	H335	Puede causar irritación respiratoria	
Carcinogénico	2	H351	Se sospecha que causa cáncer	

Secciones 311 y 312 de la Ley de Planificación de Emergencias y del Derecho a Saber de la Comunidad:

Aguda:	Sí
Crónica:	Sí
Incendio:	Sí
Reactividad:	Sí
Presión:	No

El acetato de vinilo está incluido en los siguientes:

- Ley EPCRA, Sección 313, el Inventario de Emisión o Vertido de Sustancias Tóxicas (TRI, Toxics Release Inventory)
- Ley de Aire Limpio, Sección 112(r)
- Ley de Respuesta, Compensación y Responsabilidad Integral al Medioambiente (CERCLA, Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act) - Sustancias Peligrosas
- Ley EPCRA, Sección 302 Sustancias Extremadamente Peligrosas (EHS)
- California Proposición 65: cáncer

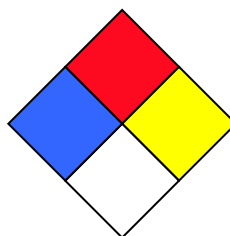
La Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) ha clasificado al acetato de vinilo como un carcinogénico “A3” – comprobado como un carcinogénico en animales con una relación desconocida para los seres humanos.

Los reglamentos del Departamento de Transporte de los Estados Unidos, requieren que los recipientes de acetato de vinilo porten una etiqueta en forma de diamante con un fondo rojo mostrando el símbolo de una llama con las palabras “líquido inflamable” y el número “3”, indicando su designación de líquido inflamable (49 CFR 172.419(a)).



La etiqueta y clasificación para el acetato de vinilo de la Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA) se muestra a continuación:

¡Inflamable!



Advertencia Punto de ignición del líquido inflamable por debajo de 100°F (37.78°C).

Advertencia Puede ser perjudicial si es inhalado o absorbido

Advertencia Cambio químico intenso a temperatura o presión alta

Consulte la Sección 1.1 Propiedades peligrosas para obtener información sobre los peligros específicos del acetato de vinilo.

Clasificación de peligros de Canadá

En la siguiente tabla se muestran las clasificaciones canadienses del acetato de vinilo en virtud de WHMIS. El nivel de divulgación del acetato de vinilo en sustancias es del 0.1 por ciento.





Tabla 1.1: Clasificaciones del acetato de vinilo en Canadá (WHMIS)

Clasificación	Declaración
B2	Líquido inflamable
D1B	Material tóxico que causa efectos tóxicos graves e inmediatos
D2A	Material muy tóxico que causa otros efectos tóxicos
F	Material peligrosamente radioactivo

Clasificación de peligros de la Unión Europea

En la UE, el acetato de vinilo se clasifica según la norma de clasificación GHS CLP (ver la Sección 1.2.1) de la siguiente manera:

Tabla 1.2: Clasificación europea según GHS CLP

<i>Clasificación</i>	<i>Categoría</i>	<i>Fase de riesgo</i>	<i>Definición</i>	<i>Pictograma</i>
Líquido inflamable	2	H225	Líquido y vapor altamente inflamables	
Toxicidad aguda	4	H332	Perjudicial si se inhala	
STOT, una exposición	3	H335	Puede causar irritación respiratoria	
Carcinogénico	2	H351	Se sospecha que causa cáncer	

1.2.3. Hojas de datos de seguridad

Las hojas de datos de seguridad (SDS) ofrecen información detallada sobre los peligros y las precauciones que deben tomarse para manejar sustancias químicas peligrosas. Las hojas SDS son provistas por los proveedores; consulte a su proveedor para obtener las SDS más actualizadas.

2. SEGURIDAD EN EL LUGAR DE TRABAJO, EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL Y PRIMEROS AUXILIOS

Todos los que trabajen con el monómero de acetato de vinilo, o cerca del mismo, deben estar bien enterados de los peligros que presenta e informados de los procedimientos adecuados de manejo seguro y respuesta de emergencia.

Se recomienda que cada lugar de trabajo que maneje acetato de vinilo tenga establecido un plan de respuesta a emergencias antes de tener la sustancia química en el lugar. Todo el personal responsable del manejo del acetato de vinilo debe recibir una rigurosa capacitación con respecto a los requisitos de almacenamiento y manejo, incluidos todos los reglamentos de seguridad, salud y medioambiente. La capacitación deben realizarla personas con conocimiento y experiencia en esas áreas y de conformidad con todos los reglamentos locales, regionales o nacionales correspondientes.

Los trabajadores que participen en el manejo, almacenamiento o transporte del acetato de vinilo deben saber los números de teléfono u otros contactos de emergencia que garanticen la ayuda inmediata en respuesta a un problema con el acetato de vinilo. Los trabajadores también deben estar autorizados para llamar al personal de respuesta de emergencia. Tanto los trabajadores como los supervisores deben conocer todos los requisitos necesarios para informar sobre accidentes y emisiones accidentales a las agencias locales, estatales y federales o nacionales. (En la Sección 4 se encuentra una perspectiva general de estos requisitos.)

2.1. Higiene industrial

El acetato de vinilo es un irritante para los ojos, la piel y las vías respiratorias. Debe advertirse a los trabajadores que eviten el contacto de la piel y los ojos con el acetato de vinilo y que eviten respirar sus vapores.

Deben proporcionarse regaderas de seguridad y lavajojos para enjuagar los ojos en los lugares donde se maneje el acetato de vinilo. Los trabajadores deben recibir capacitación para enjuagar rápidamente con grandes cantidades de agua cualquier parte de la piel que haya sido expuesta al acetato de vinilo. Deben quitarse de inmediato los zapatos y las prendas de vestir contaminadas.

2.1.1. Límites de exposición ocupacional

El acetato de vinilo debe manejarse en lugares bien ventilados o en un sistema completamente cerrado. Debe usarse protección respiratoria adecuada cuando pueda ocurrir una exposición a los vapores o a la neblina que exceda los límites de exposición establecidos. Los trabajadores deben saber dónde está y cómo se maneja el equipo de protección respiratoria, y deben recibir instrucciones para

comunicar de inmediato cualquier incidente que pueda haber causado una exposición al acetato de vinilo que exceda los límites permitidos.

El Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional (NIOSH, National Institute for Occupational Safety and Health), la Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists), las provincias de Canadá, el SCOEL de la Unión Europea y otros organismos reguladores tienen límites de exposición al acetato de vinilo recomendados. Consulte las hojas SDS de su proveedor para obtener los límites de exposición ocupacional al acetato de vinilo correspondientes a su localidad.

Tabla 2.1: Límites de exposición ocupacional al acetato de vinilo

<i>Organización/Agencia</i>	<i>Límite</i>
NIOSH	15 minutos de límite tope de 4 ppm (15 mg/m ³)
ACGIH	8 horas de valor umbral límite (TLV, Threshold Limit Value) Promedio de tiempo ponderado (TWA, Time-Weighted Average) de 10 ppm (35 mg/m ³)
	15 minutos de límite de exposición a corto plazo (STEL, Short-term Exposure Limit) de 15 ppm (53 mg/m ³)
Canadá (Alberta, Columbia Británica, Ontario)	8 horas de promedio de tiempo ponderado (TWA) de 10 ppm (35 mg/m ³)
	15 minutos de límite de exposición a corto plazo (STEL) de 15 ppm (53 mg/m ³)
México	8 horas de promedio de tiempo ponderado (TWA) de 10 ppm (30 mg/m ³)
	15 minutos de límite de exposición a corto plazo (STEL) de 20 ppm (60 mg/m ³)
SCOEL Unión Europea	Límite de exposición a largo plazo de 5 ppm (17.6 mg/m ³); límite de exposición a corto plazo (STEL) de 15 minutos de 10 ppm (35.2 mg/m ³)
China	8 horas de promedio de tiempo ponderado (TWA) de 10 mg/m ³
	15 minutos de límite de exposición a corto plazo (STEL) de 15 mg/m ³

2.2. Equipo de protección personal

2.2.1. Disponibilidad y uso del equipo de protección personal

Debe llevarse a cabo un análisis de riesgos para cada actividad de trabajo para identificar el equipo de protección personal (PPE, Personal Protective Equipment) específico que debe usar todo personal que trabaje con acetato de vinilo.

El equipo de protección personal no sustituye condiciones seguras de trabajo, tales como controles de ingeniería y el seguimiento de los procedimientos de seguridad. Sin embargo, en algunos casos el equipo de protección personal es la

única manera práctica de proteger al trabajador, particularmente en situaciones de emergencia. El uso correcto del equipo de protección personal exige una capacitación adecuada. El equipo de protección personal descrito en las siguientes secciones debe estar listo para usarse cuando existe la posibilidad de exposición al acetato de vinilo.

Para las operaciones de rutina en las cuales la exposición al vapor es inferior a los límites de exposición establecidos, el equipo de protección personal debe consistir en:

- Ropa resistente al fuego, gafas contra salpicaduras, cascos y zapatos de seguridad; y
- También se recomiendan guantes para manejar las mangueras y los tambores.

Para las operaciones de rutina en las que existe la posibilidad de un contacto de menor grado con líquidos (por salpicaduras, goteras y derrames pequeños) y en donde la exposición al vapor sea inferior a los límites establecidos, el equipo de protección personal deberá consistir en:

- Igual que lo anterior, pero use guantes y ropa impermeable, botas y careta de protección; y
- En las secciones de procesamiento, use ropa protectora hecha de materiales resistentes a las sustancias químicas y al fuego. Cuando se necesitan ambas, las ropas resistentes a las sustancias químicas deben usarse encima de la ropa resistente al fuego.

Para las operaciones de rutina con el potencial de exponerse a vapores de hasta 40 ppm, NIOSH recomienda:

- el uso de un respirador de vapor orgánico aprobado de cara completa o un respirador con suministro de aire con piezas de cara completa, gafas de protección y guantes resistentes a las sustancias químicas.

Para derrames, emergencias y actividades donde existe la posibilidad de una exposición de una magnitud considerable o desconocida, use:

- respiradores con suministro de aire con ropa protectora completa, incluso un traje completo resistente a las sustancias químicas y al fuego, guantes y botas impermeables y protección para los ojos, la cabeza y para la respiración.

Para derrames grandes en donde existe la posibilidad de una exposición descontrolada de gran magnitud al vapor del acetato de vinilo, use:

- traje completo de protección que incluya un aparato autónomo de respiración (SCBA, Self-contained Breathing Apparatus) con una careta

completa de presión a demanda u otra modalidad de presión positiva y guantes impermeables.

Las pruebas de impregnación indicaron que los materiales de la Tabla 2.2 pueden ofrecer protección contra la penetración del acetato de vinilo. Otros materiales o productos de otros proveedores podrían ser adecuados para usarse con el acetato de vinilo si los resultados documentados de las pruebas de impregnación están a disposición del usuario. Consulte la hoja SDS de su proveedor o comuníquese con él para obtener información adicional.

2.2.2. Protección respiratoria

La protección respiratoria de acuerdo con OSHA 29 CFR 1910.134/ANSI Z88.2-2015 debe ser un tipo aprobado por NIOSH. Deben seguirse las directrices para el uso de cualquier equipo de protección personal, incluyendo una evaluación y aprobación médica, pruebas de ajuste, capacitación para el uso y el cuidado de los respiradores.

Las exposiciones muy altas al acetato de vinilo pueden ocurrir durante: situaciones de emergencia, limpieza y reparación de equipo, cuando se descontamina un lugar después de un derrame o en caso de fallas de tuberías o equipo que contenga acetato de vinilo. En esas situaciones, los trabajadores necesitan tener un respirador de cara completa aprobado, con protección respiratoria autónoma o con tubo de aire, y trajes completos protectores.

Los niveles de protección respiratoria recomendados por NIOSH son:

- Situaciones en las que la posible exposición sea desconocida o pueda ser de hasta 4,000 ppm: Uso de aparato respirador autónomo (SCBA), el cual permita que el usuario lleve un suministro de aire para respirar en un cilindro o un respirador apropiado con suministro de aire. El aparato respirador autónomo debe tener un respirador de cara completa de presión a demanda u otra modalidad de presión positiva. Un respirador de aire suministrado también es aceptable siempre que tenga un respirador de cara completa de presión a demanda u otra modalidad de presión positiva.

Para el escape: Use un aparato respiratorio autónomo con respirador de cara completa o un respirador aprobado específicamente para el escape.

- Situaciones en donde la posible exposición puede ser hasta 100 ppm: Use respiradores de aire suministrado de cara completa, con flujo continuo o presión positiva o un respirador motorizado para la purificación de aire, con cartucho para vapores orgánicos. El elemento purificador de aire debe tener un indicador de fin de servicio o un calendario definido para su reemplazo.

- Situaciones en donde la posible exposición puede ser hasta 40 ppm: Use respiradores con purificadores de aire (sólo en concentraciones de nivel bajo) con cartucho para vapores orgánicos o respirador con purificador de aire de cara completa y cartucho de vapor orgánico. Se ha observado que ocurre irritación a los ojos en concentraciones de 20 ppm y más altas. El elemento purificador de aire debe tener un indicador de fin de servicio o un calendario definido para su reemplazo. También es aceptable un respirador con suministro de aire.

Los aparatos respiratorios autónomos ofrecen una movilidad y protección máxima en donde se desconocen las concentraciones de exposición. El tiempo que este aparato ofrece protección varía dependiendo de la cantidad de aire que porte y su tasa de consumo. En donde se necesita movilidad, sólo deben usarse los aparatos respiratorios autónomos.

Los respiradores con suministro de aire usan aire de una serie de cilindros de aire comprimido o de otras fuentes confiables de aire respirable. Los compresores de aire convencionales o los sistemas de aire de planta que no estén diseñados específicamente para ofrecer aire respirable pueden introducir contaminantes y no deben usarse como fuentes de aire respirable.

Los respiradores con purificación de aire son convenientes y ofrecen una gran movilidad, pero ofrecen una protección limitada. Sólo deben usarse cuando se sepa que las concentraciones de exposición son de bajo nivel.

Para todo el equipo de protección respiratoria, siga las recomendaciones de uso del fabricante.

2.2.3. Protección para las manos y la piel

Es muy importante evitar el contacto del acetato de vinilo con la piel. Para evitar el contacto con la piel, es esencial usar el equipo de protección personal apropiado y ajustado a la medida de la persona. Los materiales de la ropa y los guantes deben seleccionarse con anterioridad para determinar si son adecuados para la operación en la que se van a emplear, y también deben ponerse correctamente para que sean eficaces. Muchos materiales comunes de ropa y guantes no son adecuados para lugares de trabajo en donde existe la posibilidad de una exposición al acetato de vinilo. En la tabla siguiente se muestran algunos materiales posiblemente adecuados.

Tabla 2.2: Resultados de las pruebas de impregnación con acetato de vinilo para materiales de ropa protectora¹

Material	Usos comunes	Resultados²
Barricade®	Trajes	> 8 horas
Teflon®	Trajes	> 8 horas
Responder®	Trajes	> 4 horas
North Butyl B161 (16 mil) (o equivalente)	Guantes	5 horas
North Butyl B324R (32 mil) (o equivalente)	Guantes	> 8 horas
Ansell Edmont Laminate (2.5 mil) (o equivalente)	Guantes	6 horas
North Silver Shield®/4H® (2.7 mil) (o equivalente)	Guantes	> 8 horas

Si se usan otras sustancias químicas en conjunto con acetato de vinilo, la selección de materiales debe basarse en la protección para **todas** las sustancias químicas presentes. Esas recomendaciones no toman en cuenta las demandas físicas (por ejemplo, pinchaduras o resistencia al calor, flexibilidad) que podría requerirse en la ropa protectora. Los materiales alternativos con duraciones más cortas de deterioro (por ejemplo, Neopreno) también pueden proporcionar una protección aceptable siempre que los datos de las pruebas de impregnación estén disponibles para la finalidad que se proyecta.

Ropa y prendas de vestir contaminadas

Cuando las prendas de vestir se contaminen con acetato de vinilo, deben ser lavadas por un servicio de limpieza industrial que esté familiarizado con el acetato de vinilo o desechadas de manera adecuada. Los artículos de cuero contaminados (por ejemplo, botas, cinturones, guantes) deben desecharse de manera adecuada ya que el cuero contaminado no puede limpiarse por completo. Los demás artículos (por ejemplo, las pulseras de reloj y cinturones que no sean de cuero) pueden ser descontaminados adecuadamente o no serlo; busque un servicio de limpieza profesional que tenga experiencia con ropa contaminada con acetato de vinilo.

2.2.4. Protección para los pies

Para evitar lesiones relacionadas con aplastamiento, se recomienda el uso de zapatos de seguridad con punta de acero de conformidad con (OSHA 29 CFR 1910.136/ASTM F2412-05 y ASTM F2413-05) para la mayoría de las operaciones industriales. Como mayor protección contra el contacto con una sustancia química, debe usarse calzado de seguridad de materiales resistentes a las sustancias químicas encima de los zapatos de seguridad.

¹ Las pruebas se realizaron de acuerdo con el Método de Pruebas Estándar de la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). ASTM F 739-99a. Libro Anual de Normas de ASTM, Vol. 11.03.

² Los resultados se ofrecen como tiempo de resistencia al desgaste después de un contacto continuo.

Todo el calzado contaminado con acetato de vinilo, excepto el que sea resistente químicamente al acetato de vinilo, no debe volver a usarse y debe desecharse de manera adecuada. Los cubrezapatos de seguridad resistentes a las sustancias químicas y las descargas electrostáticas (ESD, electrostatic discharge) deben limpiarse completamente antes de volver a usarse.

2.2.5. Protección para los ojos

Se deben usar gafas de protección ante sustancias químicas como protección mínima para los ojos (OSHA 29 CFR 1910.133/ANSI/ASSE Z87.1-2020), pero estos ofrecen poca protección contra lesiones faciales. Las micas laterales o las gafas de protección contra salpicaduras de sustancias químicas ofrecen una protección adicional. Cuando se maneja acetato de vinilo, se prefiere la protección de la cara y los ojos y se deben incluir caretas (largo completo, 20 cm [8 pulgadas] mínimos) con protección para la frente en adición a gafas de protección resistentes a salpicaduras. Si existe la posibilidad de exponerse al vapor o neblina, los ojos pueden protegerse con un respirador de cara completa usado conjuntamente con protección respiratoria adecuada.

Cada usuario de acetato de vinilo debe determinar los procedimientos adecuados para los empleados que usen lentes de contacto dada la posibilidad de que el acetato de vinilo irrite los ojos.

2.2.6. Protección para la cabeza

Se recomienda usar cascos (OSHA 29 CFR 1910.135/ANSI/ISEA Z89.1-2014) para protegerse contra objetos que puedan caer. Podría requerirse mayor cobertura resistente a las sustancias químicas, para proteger la cabeza contra goteras y salpicaduras de sustancias químicas que caigan de lugares elevados.

2.3. Tratamiento de primeros auxilios

Los siguientes procedimientos de primeros auxilios deben iniciarse de inmediato en caso de que se ingiera o inhale el acetato de vinilo, o que este toque la piel o los ojos del individuo. Los individuos expuestos deben ser derivados al personal médico de emergencia, a quien se le debe comunicar los detalles del incidente, la exposición y los síntomas.

Inhalación (respiración)

- Retire al individuo del área contaminada y colóquelo en un lugar con aire fresco y controle si existe dificultad respiratoria.
- Proporcione oxígeno suplementario si respira con dificultad.
- Inicie respiración artificial si deja de respirar y luego administre oxígeno de ser necesario.
- Si presenta signos de dificultad respiratoria o dificultad para respirar, contacte inmediatamente con el personal médico de emergencia o un médico. (Puede producirse irritación de las vías respiratorias, bronquitis, neumonitis o edema pulmonar retardado).

Contacto con la piel

- Quítese inmediatamente toda la ropa contaminada (por ejemplo, prendas de vestir, guantes, cinturones, pulseras de reloj, zapatos).
- Lave bien la piel expuesta con agua y jabón (si está disponible) durante al menos 15 minutos; de lo contrario, podrían aparecer ampollas entre 24 y 48 horas después.
- Contacte con el personal médico de emergencia o un médico si la irritación y el dolor persisten después de un lavado minucioso.

Contacto con los ojos

- Enjuague inmediatamente los ojos expuestos con abundante agua a temperatura ambiente durante al menos 15 minutos. Quítese los lentes de contacto si usa.
- Mantenga el párpado abierto y alejado del globo ocular durante la irrigación para asegurar que el agua entre en contacto con todos los tejidos del ojo y el párpado.
- Contacte inmediatamente con el personal médico de emergencia o un médico.

Ingestión (tragarlo)

- Beba lentamente un vaso (125-250 ml [4 a 8 oz]) de agua o leche en pequeños sorbos. Grandes cantidades de líquido pueden provocar el vómito.
- No induzca el vómito, ya que el acetato de vinilo puede aspirarse hacia las vías respiratorias y causar síntomas respiratorios graves.
- Contacte inmediatamente con el personal médico de emergencia o un médico.

Quemaduras térmicas

- Enfríe inmediatamente la piel afectada con agua fría durante el mayor tiempo posible.
- No retire la ropa si está adherida a la piel.
- Mantenga a la persona abrigada y tranquila.
- Contacte inmediatamente con el personal médico de emergencia o un médico.

3. ALMACENAMIENTO, TRANSPORTE Y MANEJO DEL MONÓMERO DE ACETATO DE VINILO

El monómero de acetato de vinilo (VAM) puede almacenarse, transportarse y manejarse de manera segura si se tiene un entendimiento pleno de los peligros. Dos principios elementales para el almacenamiento, el transporte y el manejo correcto del acetato de vinilo son el evitar:

- *Situaciones tales como la disminución del inhibidor, el exceso de calor y la contaminación cruzada que puedan causar la polimerización espontánea o descontrolada.*
- *Situaciones que puedan causar emisiones descontroladas (derrames, desbordes, polimerización descontrolada) que puedan crear posibles riesgos de incendio.*

El acetato de vinilo puede estar sujeto a una polimerización espontánea rápida si no hay inhibidor o si ha disminuido durante un período prolongado de almacenamiento. La polimerización espontánea es especialmente probable si ocurre una contaminación cruzada. La estabilidad del acetato de vinilo es finita y depende de la concentración del inhibidor que tenga presente, la temperatura del tanque de almacenamiento y otras condiciones. Para evitar la polimerización, no deje que ocurra contaminación cruzada, y verifique que la temperatura no está aumentando y que la concentración de inhibidor no está disminuyendo por debajo del nivel mínimo de eficacia (3 ppm).

3.1. Consideraciones para el almacenamiento

3.1.1. Almacenamiento a granel o en tanque

Deben evaluarse los sistemas de almacenamiento a granel de acetato de vinilo antes de usarlos para verificar que, de ser necesarios, se encuentren disponibles los sistemas adecuados (por ejemplo, monitores de temperatura y de nivel, sistemas para añadir inhibidor y mezclar el contenido de los tanques).

El almacenamiento a granel de acetato de vinilo a temperatura ambiente constituye una práctica aceptable cuando se tienen establecidos los controles y procedimientos adecuados para evitar la polimerización espontánea o descontrolada. La mayoría del acetato de vinilo que se embarca del fabricante contendrá un inhibidor, generalmente hidroquinona³ (HQ) de 3 a 5 ppm en embarques regionales y hasta 25 ppm en los embarques a larga distancia (por ejemplo, transoceánicos). Los tanques de almacenamiento para el monómero de acetato de vinilo deben estar equipados con dispositivos de medición de

³ La hidroquinona es el principal inhibidor usado para el acetato de vinilo. Existen otros inhibidores conocidos aunque esos no se usan típicamente debido al impacto que tienen en el color de los polímeros con base de monómero de acetato de vinilo/VA.

temperatura para vigilar la polimerización inesperada del acetato de vinilo. Podría ser necesario tener la habilidad para muestrear y analizar el contenido del tanque para verificar la concentración del inhibidor de polimerización y añadir más inhibidor. Vea el Apéndice I para obtener información sobre el diseño del tanque y el equipo de vigilancia y la Figura 1 para ver el diagrama de un sistema típico de descarga y almacenamiento del acetato de vinilo a granel.

3.1.2. Mantenimiento y evaluación de los niveles de inhibidor en el almacenamiento a granel

La velocidad a la cual el inhibidor de polimerización HQ se consume depende de las condiciones de almacenamiento, de las cuales los factores clave son: la temperatura, la concentración de oxígeno y la presencia de contaminantes reactivos. Bajo condiciones normales de almacenamiento y uso, el muestreo de rutina de la concentración de HQ no será necesario siempre que la concentración inicial de inhibidor HQ sea por lo menos de 3 ppm. Las condiciones normales de almacenamiento incluyen:

- Una concentración de HQ de 3 ppm o mayor,
- Una temperatura de almacenamiento recomendada de menos de 30°C (86°F). La temperatura no debe ser mayor de 100°F (38°C). El calentamiento del tanque se debe sólo a los cambios de la temperatura ambiente. No se recomienda calentar el tanque con otros medios de calentamiento.
- Un manto de nitrógeno seco que se recomienda en el espacio libre del tanque.
 - Se puede usar aire seco, pero puede producir como resultado una atmósfera inflamable en el tanque y promueve la formación de peróxidos orgánicos, que son iniciadores de polimerización.
- La ausencia de contaminantes reactivos
- Una rotación del contenido del tanque cada 60 días o menos para acetato de vinilo a 3 ppm de HQ como mínimo; 90 días para acetato de vinilo a 6 ppm como mínimo; y 120 días para acetato de vinilo a 12 ppm como mínimo.
- Un entorno anticorrosivo de almacenamiento

El manto de gas seco es importante porque la presencia de agua inicia una reacción de hidrólisis del acetato de vinilo a ácido acético y acetaldehído. Se recomienda el nitrógeno como manto de gas por dos razones. Primero, minimiza los problemas de inflamabilidad. Segundo, la presencia de oxígeno promueve la formación de peróxidos orgánicos, los cuales son iniciadores de polimerización, lo cual lleva a un agotamiento más rápido de HQ y a una llegada más rápida de la polimerización. Sin embargo, es aceptable el almacenamiento bajo aire seco con una rotación de 60 días o menor.

La rotación del contenido del tanque implica agregar nuevo acetato de vinilo inhibido con suficiente mezclado en el tanque para mantener una concentración de inhibidor HQ uniforme de por lo menos 3 ppm en todo el tanque. Para ajustar

el contenido de inhibidor, se añade hidroquinona (HQ) disuelta previamente en acetato de vinilo. No se recomienda verter inhibidor seco en el espacio de vapor del tanque o recipiente. Al aumentar la temperatura del tanque o recipiente, se producirán cantidades significativas de vapores de acetato de vinilo y existe la posibilidad de que una carga estática encienda una atmósfera de vapores potencialmente inflamable. Para un mezclado uniforme del inhibidor, el tanque o recipiente deberá circularse el tiempo suficiente para proporcionar un mezclado adecuado y garantizar una rotación completa de material. La circulación excesiva puede crear calor que puede causar que la temperatura del tanque aumente. Se puede usar un enfriador para sacar el calor generado en la circulación de la bomba. El contacto con HQ puede ser perjudicial si el personal NO usa equipo de protección personal apropiado (consulte la SDS de HQ para obtener más indicaciones).

Bajo condiciones de laboratorio, los datos experimentales indican que el acetato de vinilo almacenado a una temperatura de 38°C (100°F) con un manto de aire seco y conteniendo un nivel de inhibidor HQ de 3-5 ppm en recipientes de acero carbono es estable por lo menos 7 a 8 meses. Los tiempos de almacenamiento estables cuando se usa un manto de nitrógeno fueron incluso más largos (Levy 1993, Levy e Hinojosa 1992). A pesar de las pruebas de estabilidad durante más de 6 meses sin polimerización, se recomienda un tiempo de rotación de 60 días para el acetato de vinilo con un mínimo de 3 ppm del inhibidor HQ para proporcionar prudencia cuando se tome en cuenta la variación de los tiempos de tránsito y las condiciones de almacenamiento.

Análisis de las concentraciones de inhibidor en almacenamiento a granel

Bajo condiciones que difieran de estas condiciones normales de almacenamiento y uso, puede necesitarse el análisis periódico de la concentración del inhibidor HQ y la vigilancia del tanque para garantizar que no esté ocurriendo polimerización. La concentración de inhibidor HQ debe medirse por lo menos una vez cada 30 días hasta que haya suficientes datos históricos disponibles para definir un programa de muestreo del inhibidor basado en las condiciones reales de almacenamiento.

Un método analítico usado comúnmente para el análisis del inhibidor HQ del acetato de vinilo fresco es un método de valorización establecido por el ASTM – D2193 “Método estándar de prueba para la hidroquinona en el acetato de vinilo” (ASTM 2006). Sin embargo, para el análisis del HQ en acetato de vinilo cuando se sospecha que hay polímero soluble, se recomienda un método de cromatografía líquida (LC). En estas circunstancias es posible que se forme una película de polímero sólido durante la etapa de evaporación incluida en el método ASTM, lo que puede bloquear la hidroquinona y evitar que se disuelva más con agua durante el procedimiento de preparación de muestras (consulte el Apéndice VI para obtener varios métodos analíticos de hidroquinona con cromatografía líquida). Debe consultarse al proveedor para obtener más información sobre el análisis de inhibición.

Precauciones relacionadas con el acetato de vinilo reciclado o recuperado

Deben usarse procedimientos especiales de transferencia y de almacenamiento para el monómero de acetato de vinilo reciclado, tal como el acetato de vinilo sin reaccionar recuperado de un proceso incompleto de polimerización o de la condensación en la ventilación. (Gustin 2002, 2005). El monómero de acetato de vinilo reciclado o recuperado no debe regresarse a un tanque de almacenamiento a menos que se tomen precauciones especiales para garantizar que se hayan añadido los inhibidores de polimerización adecuados y que no ocurra contaminación accidental en los tanques de almacenamiento.

Ha habido eventos de polimerización documentados que han ocurrido en tanques de monómero de acetato de vinilo recuperado. En una circunstancia, el acetato de vinilo recuperado de una operación de polimerización en una planta de polivinilo causó una polimerización violenta y descontrolada, que ocasionó la falla catastrófica del tanque, después de estar almacenado en condiciones de elevadas temperaturas (Gustin 2002, 2005).

3.1.3. Almacenamiento en tambores y recipientes

Los tambores y recipientes pequeños deben almacenarse en lugares bien ventilados, frescos y fuera de la luz directa del sol para evitar una polimerización peligrosa. Use solamente recipientes aprobados por el DOT, Transport Canada u otra autoridad correspondiente). Los tambores de acetato de vinilo deben almacenarse fuera de la luz del sol directa.

Los tambores sellados de acetato de vinilo inhibido con hidroquinona de 14 a 17 ppm pueden ser almacenados a temperaturas de hasta 30°C (86°F) durante aproximadamente un año a partir de la fecha de empaqueo. Los tambores sellados de acetato de vinilo inhibido con hidroquinona de 3 a 5 ppm pueden ser almacenados a temperaturas de hasta 30°C (86°F) durante aproximadamente seis meses a partir de la fecha de empaqueo.

3.1.4 Almacenamiento en barcas, vagones tanque de ferrocarril y camiones tanque

El material almacenado en contenedores de almacenamiento a granel deberá cumplir las mismas pautas que se estipulan respecto del almacenamiento a granel/en tanques en la sección 3.1.2. Si las condiciones de almacenamiento difieren de las indicadas, se recomienda el muestreo de HQ rutinario

3.2. Clasificación y reglamentos de embarque

El acetato de vinilo generalmente se transporta por carretera, ferrocarril y vías fluviales internas. En los Estados Unidos, los reglamentos para desplazar el acetato de vinilo los

establece el Departamento de Transporte. De acuerdo con las Recomendaciones de las Naciones Unidas para el Transporte de Productos Peligrosos, el Departamento de Transporte estableció los Reglamentos para Materiales Peligrosos referentes a los requisitos de comunicación, clasificación y empaçado (<http://phmsa.dot.gov/hazmat/regs>). Las especificaciones de embarque para el monómero de acetato de vinilo se indicaron en la Tabla de Materiales Peligrosos del DOT, 49 CFR 172.101.

Tabla 3.1: Requisitos del Departamento de Transporte de los Estados Unidos, del TDG canadiense y de la Unión Europea para el embarque de acetato de vinilo

	DOT EE.UU.	TDG canadiense	Unión Europea
Nombre de embarque	Acetato de vinilo inhibido	Acetato de vinilo estabilizado	Acetato de vinilo estabilizado
Clase de peligro	3 (líquido inflamable)	3	3
Número de identificación UN/NA	UN 1301	UN 1301	UN 1301
Grupo de empaçado	II	II	II
Cantidad que debe informarse	5,000 lb (2270 kg)	Cualquier cantidad	
Especificación del vagón tanque	111A100W		
Especificación del camión tanque	MC 307, 312, DOT 407, 412		
Especificación de barcaza	Certificado por USCG para acetato de vinilo		
Letrero	Inflamable	Líquido inflamable	Se puede encender
Etiqueta	Líquido inflamable	Líquido inflamable	Líquido y vapor altamente inflamable

3.3. Carga y descarga de embarques a granel transportados en barcazas, vagones tanque de ferrocarril y camiones tanque

Existen reglamentos nacionales y regionales relacionados con las barcazas, los vagones tanque (por ejemplo, los vagones del ferrocarril) y los camiones tanque para el transporte de sustancias químicas como el monómero de acetato de vinilo. Vea la Sección 3.2 para obtener más información.

Se recomienda el uso de vagones tanque de ferrocarril que tengan los accesorios de carga y descarga en la parte de arriba para minimizar la posibilidad de fugas o derrames de todo el contenido de los vagones. Si el vagón tanque no tiene una tubería de succión o un tubo

inmisor⁴ para la descarga superior, puede insertarse uno a través de la boquilla o abertura en la parte superior del vagón tanque o a través del contracielo de acceso (una abertura en el vagón por la que puede entrar al tanque una persona). Sin embargo, solamente deben usarse los accesorios adecuados para la abertura o el contracielo de acceso para minimizar la abertura para la tubería de succión o el tubo inmisor, reduciendo así la oportunidad de que ocurra volatilización del acetato de vinilo a la atmósfera.

Existen dos tipos comunes de camiones tanque para el transporte de acetato de vinilo, los de carga y descarga en el centro y los de carga y descarga posterior; ambos tipos utilizan sistemas cerrados de carga (la carga abierto no es apropiada para el acetato de vinilo por la posibilidad de que se genere vapor). Los camiones tanque deben estar equipados con dos válvulas y con tapas de lavado interior, una de las cuales debe usarse para la recuperación de vapor o el purgado de nitrógeno.

Los vagones tanque de ferrocarril y los camiones tanque deben estar equipados con válvulas de relevo y rompedoras de vacío. Para buques o barcasas que tienen varios compartimientos, debe haber un número suficiente de dispositivos de relevo en cada compartimiento. Estos dispositivos de relevo protegen la integridad de los tanques, los buques o las barcasas en condiciones de presión excesiva.

Los camiones tanque, los vagones tanque de ferrocarril, los buques o las barcasas no deben cargarse ni descargarse durante tormentas eléctricas fuertes.

Los recipientes a granel (camiones, vagones de ferrocarril, isocontenedores, buques o barcasas) que se usan para cargar o transferir acetato de vinilo, deben limpiarse y descontaminarse a fondo para evitar contaminaciones indeseables y posible polimerización. Los procedimientos de limpieza y descontaminación deben elaborarse y revisarse críticamente caso por caso de acuerdo con la sustancia química que se haya cargado o almacenado antes y el riesgo potencial. La experiencia ha mostrado que la contaminación accidental puede ocurrir debido a la limpieza inadecuada de las sustancias químicas que estaban presentes previamente en los recipientes. Por ejemplo, se detectaron altos niveles de benceno en acetato de vinilo en un buque que antes transportó benceno aun cuando se supone que el recipiente se limpió. La limpieza y la descontaminación podrían no ser necesarias, si el recipiente a granel cargó o almacenó antes acetato de vinilo. Se deben tomar precauciones especiales para garantizar que no haya una posible presencia de polímeros. Si se realiza la carga por encima del sobrante de monómero de acetato de vinilo (VAM), se debería muestrear los sobrantes para garantizar la presencia adecuada del inhibidor y su ajuste necesario antes de cargar el material encima de él.

Cada sitio de carga debe estar equipado con un medidor totalizador para medir el volumen que se quiere cargar. Cuando se llegue al volumen deseado, el medidor debe de cerrar automáticamente la válvula de carga. También, debe haber una sonda de nivel de

⁴ Un tubo inmisor o una tubería de succión es una tubería que se extiende desde la parte superior del vagón de ferrocarril en la placa con múltiples empotramientos hasta aproximadamente 3" del fondo del vagón. Éste permite la carga sin causar salpicaduras ni turbulencia que pueda causar que se forme electricidad estática.

respaldo para detectar un alto nivel en el tanque y cerrar automáticamente la válvula en caso de que el medidor falle.

Debe usarse un manto de nitrógeno seco en el espacio superior de todos los contenedores a granel de acetato de vinilo para hacer la transferencia o para proveer succión para una bomba. En recipientes de acetato de vinilo a granel (camiones, vagones de ferrocarril, isocontenedores, buques o barcas) con tiempos largos de tránsito (más de una semana), se debe mantener la concentración de oxígeno por debajo de 8% (incluyendo recipientes exclusivos para el servicio de acetato de vinilo cuando quedan vacíos después de descargarse) para reducir la tasa de agotamiento del inhibidor. La purga por debajo del 8 % también reduce los problemas de inflamabilidad.

Una vez que se llegue al lugar de entrega, el vagón o el camión tanque debe ser inspeccionado para verificar que no tiene fugas ni daños. Si se ha identificado algún problema, notifique al proveedor, al propietario del vagón o camión tanque y a la empresa de camiones o ferrocarriles, incluso si el tanque puede descargarse de manera segura. Siempre garantice que el vagón o el camión tanque esté en condiciones seguras antes de que salga de la propiedad.

Cuando llegue el vagón o el camión tanque:

Lleve a cabo la revisión de seguridad para prepararse a cargar o descargar

- Se recomienda equipo exclusivo, de otra manera es necesario tener cuidado especial para evitar la contaminación.
- Únicamente el personal debidamente capacitado y equipado debe realizar las operaciones de carga y descarga.
- Compare los papeles de embarque contra los letreros, las etiquetas y los sellos, según corresponda, para establecer la identificación adecuada.
- Asegúrese de que el vagón o el camión está estacionado dentro del área de contención designada y que la manguera de transferencia tiene los accesorios correctos y es de la longitud adecuada.
- Revise las ruedas, ponga los frenos y apague el motor del camión.
- Verifique que el chofer del camión tanque esté fuera del camión durante la carga y la descarga.
- Si es necesario usar descarriladores (un dispositivo de bloqueo que se coloca en la vía para evitar el movimiento sin autorización del vagón), garantice que estén puestas en su lugar en las vías del vagón tanque del ferrocarril.
- Coloque señales de advertencia según sea necesario.
- Si se colocan mangueras a través de pasos de vehículos, coloque barricadas de protección.
- Verifique que el equipo de transferencia no contenga nada que contamine el acetato de vinilo, especialmente agentes oxidantes, ácidos o bases.

Verifique y tenga listo el equipo de seguridad necesario

- Conozca los procedimientos de emergencia.

- Antes de abrir alguna cubierta, verifique la disponibilidad y la condición operativa adecuada de agua de emergencia, enjuagues para los ojos y regaderas para enjuagarse. Observe la presión en el vagón tanque y el camión tanque. Póngase el equipo de protección personal adecuado para la tarea.
- El equipo de emergencia debe estar listo y disponible y verificado para confirmar que esté funcionando correctamente.
- Use protectores y conexión a tierra eléctricos para evitar la acumulación de electricidad estática.
- Use bombas conectadas a tierra o nitrógeno seco presurizado (no aire), debidamente regulado para transferir el monómero de acetato de vinilo.
- Tenga disponibles sistemas de control de vapor si los reglamentos lo exigen.
- Se recomienda tener supresor de flama si el tanque está abierto a la atmósfera durante la carga o la descarga.

Procedimientos preliminares

- Antes de abrir la cubierta del contracielo de acceso del vagón tanque, la tapa o el tapón de la válvula de salida, debe liberarse la presión del vagón con la válvula de ventilación.
- Antes de quitar las tapas de las boquillas, confirme que las válvulas estén cerradas. En algunos casos una válvula puede haber tenido fugas, lo cual crea presión entre la válvula y la tapa. Siempre tenga cuidado al quitar las tapas, incluso después de haber ventilado el vagón tanque.
- Confirme que el tanque que recibirá el material tenga espacio suficiente para todo el contenido del camión o el tanque.
- Si se realiza un purgado de muestra, debe usarse un recipiente de metal (no de plástico ni de otro material que no sea conductor) que esté conectado eléctricamente al tubo de muestreo.
- Antes de comenzar la transferencia, verifique que se hayan tomado todas las pruebas necesarias y revise que las válvulas estén bien alineadas del vagón o camión al tanque.

Al hacer la transferencia

- Las transferencias del acetato de vinilo deben estar constantemente atendidas y vigiladas por personal capacitado, equipado con el equipo de protección personal adecuado.
- Haga las transferencias a través de tuberías y a tanques receptores que hayan sido diseñados correctamente para evitar la generación y acumulación de cargas estáticas. Consulte el Apéndice I, Diseño para el almacenamiento a granel.
- No haga transferencias de acetato de vinilo durante tormentas eléctricas.

Puede consultar a su proveedor para que lo oriente en situaciones particulares. Además, la Asociación de Ferrocarriles Americanos ofrece información sobre los métodos de cargar y descargar vagones tanque sin presión en su Panfleto 34 (AAR 2008).

3.4. Recipientes de embarque que se dañan durante el transporte

Debe seguirse el procedimiento siguiente si un embarque a granel que contiene o transporta acetato de vinilo se daña en el camino de manera que no pueda continuar de manera segura hasta su destino:

- Comuníquese con los departamentos locales de policía y bomberos, con el exportador, el proveedor y los centros regionales de emergencia de transporte (por ejemplo, El Centro de Emergencia de Transporte de Sustancias Químicas (CHEMTREC, Chemical Transportation Emergency Center).
- Aleje al público de la zona circundante.
- Evalúe si el recipiente dañado puede moverse a un lugar seguro para transferir el material a otro contenedor.
- Deben existir procedimientos establecidos para determinar si se ha fugado una cantidad que debe ser declarada y si es necesario dar parte a las autoridades pertinentes.

3.5. Descarga a tanques de almacenamiento

3.5.1. Control de ventilación en el tanque de almacenamiento

Cuando se cargan o descargan embarques a granel, el gas que ha sido descargado del tanque puede regresar al tanque de embarque a través de una tubería de retorno de vapor, de uso exclusivo para esto, o puede enviarse a los sistemas de colección o eliminación de vapores, tales como quemadores de venteos, un oxidante térmico o un incinerador. En cada uno de esos casos, la tubería de ventilación debe tener supresores de llama o detonación debidamente instalados y, en algunos casos, puede añadirse gas inerte para convertir el gas descargado en uno no inflamable. Vea en el Apéndice I la Figura 1 para obtener más detalles.

3.5.2. Mangueras

Cuando se descarga monómero de acetato de vinilo, la práctica preferida es usar equipo de uso exclusivo. Las mangueras deben revisarse para verificar que estén limpias y en buen estado antes de usarse. Si las mangueras se usan en múltiples servicios, deben lavarse meticulosamente después de cada uso para evitar la contaminación.

Es necesario tener precaución cuando se purga el monómero de acetato de vinilo de las mangueras para minimizar la exposición al empleado y para minimizar las emisiones al medioambiente de compuestos orgánicos volátiles.

Para ayudar a evitar la acumulación de cargas eléctricas estáticas, deben usarse mangueras de transferencia de sustancias químicas de continuidad eléctrica de uso exclusivo. Los materiales de las mangueras deben ser compatibles para el servicio de monómero de acetato de vinilo (vea la Sección 1 sobre los materiales incompatibles y reactivos con el acetato de vinilo).

Precaución: Esas mangueras no deben considerarse el enlace eléctrico principal; deben usarse cables de enlace y conexión a tierra independientes.

Hay disponibles conexiones de manguera de desconexión en seco, las cuales tienen mecanismos internos que sólo permiten el derrame de unas gotas cuando se desconectan. Éstas también evitan el derrame excesivo si se rompe la conexión durante la transferencia.

3.5.3. Muestreo

La práctica preferida es el uso de un dispositivo de muestreo de “ciclo cerrado” tal como el Dopak™. Si no está disponible el muestreo de ciclo cerrado y se requiere el uso de un método de recolección directa (por ejemplo, por medio de una tubería de purgado), deben usarse procedimientos para garantizar que se tome una muestra limpia y representativa. Debe utilizarse el equipo de protección personal adecuado durante el proceso de recolección de muestras para evitar la inhalación, el contacto con la piel y los ojos, y la contaminación de la ropa.

3.6. Limpieza y reparación de los tanques y el equipo

A continuación se encuentran directrices y sugerencias generales para la preparación y la limpieza de los tanques y el equipo de monómero de acetato de vinilo antes de entrar en ellos para llevar a cabo inspecciones y reparaciones. Estas directrices no tienen la intención de reemplazar los procedimientos detallados por escrito para trabajos y situaciones específicas.

3.6.1. Preparación del personal

La limpieza de los tanques y el equipo debe llevarla a cabo personal capacitado que esté familiarizado con todos los peligros y las medidas preventivas que son necesarias para desempeñar de manera segura el trabajo. Deben revisarse y entenderse todas las precauciones referentes a la instrucción, equipo de protección y peligros de salud e incendio, según se detallan en otras partes de esta guía y en las directrices y planes de respuesta de la compañía.

Debe escribirse y usarse un procedimiento paso a paso que trate todas las tareas pertinentes para capacitar a todo el personal involucrado en el trabajo. El procedimiento debe incluir instrucciones específicas relacionadas con los posibles peligros, y describir los procedimientos de seguridad y el equipo de protección para controlar esos peligros.

3.6.2. Preparación de los tanques y el equipo

El tanque, el equipo y las tuberías relacionadas que se limpiarán primero deben conectarse a tierra y después extraérseles todo el líquido. En el caso de los tanques grandes, es imprescindible que los sistemas de ventilación y compensación estén en buenas condiciones de trabajo para evitar que el tanque se sobre presione o se colapse.

Debe transferirse la mayor parte del líquido a otro tanque (para su recuperación o reprocesamiento, si es necesario) de manera que se minimice cualquier sobrante en el fondo. El sobrante debe vaciarse a un recipiente adecuado para volver a usarse o desecharse correctamente. En el caso de los tanques de almacenamiento grandes, podría ser útil añadir 15 centímetros (seis pulgadas) de agua al tanque para recoger el acetato de vinilo que quede en los rincones de la parte inferior del tanque. Todos los líquidos deben desecharse de manera adecuada.

Precaución: El espacio de vapor encima de las soluciones diluidas sedimentadas de acetato de vinilo aun puede ser inflamable.

El tanque y las tuberías que se limpiarán deben aislarse de todos los demás sistemas, cerrando las válvulas correspondientes. Lave y enjuague el equipo tres o cuatro veces con agua caliente desmineralizada (de preferencia 49-66°C [120-150°F]). Los contaminantes como el cloro en el agua sin tratar pueden depositarse en grietas corroídas y funcionar como iniciador para la polimerización. El agua sucia de lavado debe recolectarse en un pozo o en otro tanque adecuado para desecharse de manera adecuada, tomando en cuenta los posibles efectos al medioambiente. Puede usarse vapor para remover los últimos residuos de acetato de vinilo. Siempre que no haya acetato de vinilo presente, puede usarse un detergente sedimentario fuerte o una solución cáustica para ayudar a soltar y remover los residuos de polímero. El material de construcción del tanque debe revisarse para ver si es compatible con la solución de limpieza para proteger la integridad mecánica del tanque. Todos los líquidos deben desecharse de manera adecuada.

Precaución: No use soluciones cáusticas ni detergentes alcalinos cuando haya acetato de vinilo presente ni con equipo de aluminio.

Las tuberías de entrada y salida del tanque o del equipo deben estar desconectadas y conectadas a tierra para poder entrar. Nota: Incluso si el equipo se ha enjuagado con agua, debe usarse el equipo de protección personal adecuado cuando se abran bridas. Antes de permitir que el personal entre, el equipo debe purgarse con aire puro y deben hacerse pruebas de aire para detectar el contenido de vapor de acetato de vinilo y de oxígeno, mediante un método aprobado. La entrada al tanque está regida por la norma OSHA para Entrada a Espacios Confinados, 29 CFR 1910.146 y la Regla de Bloqueo y Etiquetado para el Control de Energía Peligrosa, 29 CFR 1910.147.

3.7. Mantenimiento del equipo*

El mantenimiento de rutina es vital para garantizar que el equipo funcione como fue diseñado y construido. Debe establecerse un programa y una agenda de mantenimiento de

conformidad con el equipo utilizado en la instalación y los reglamentos locales, regionales y nacionales correspondientes.

Además de las inspecciones reglamentarias, se aconseja implementar un programa de mantenimiento preventivo para detectar posible formación de polímeros dentro de los tanques de almacenamiento para limpiarlos y quitarlos. La frecuencia debe determinarse tomando en cuenta los resultados de las inspecciones previas y el diseño del tanque. Para tanques de techo flotante, se recomienda realizar pruebas de NVR mensuales para monitorear la posible formación de polímeros. Para tanques de techo fijo, se recomienda realizar pruebas de NVR de acuerdo con la frecuencia histórica de incidentes de polimerización.

Para los «tanques tipo pontón», se sugieren inspecciones anuales, cuya frecuencia puede variar en virtud de las pruebas NVR realizadas al menos una vez al mes.

Los intervalos de inspección para techos flotantes tipo «pan» pueden configurarse razonablemente a más de 5 años, siempre que se realicen pruebas de NVR al menos una vez al mes. Los intervalos de inspección para techos fijos sin «dedos fríos» pueden configurarse razonablemente a más de 5 años, de acuerdo con el historial de inspección de polímeros. Se recomienda realizar pruebas de NVR de acuerdo con la frecuencia histórica de incidentes de polimerización.

3.8. Control de vapores y desecho de residuos

El monómero de acetato de vinilo es volátil y puede emitir vapores que tienen un olor intenso. Por lo tanto, debe enfatizarse la prevención de fugas y derrames por medio de un diseño cuidadoso y buenos procedimientos de operación. Debido al bajo umbral de olor (aproximadamente 0.5 ppm), las fugas y los derrames pueden provocar quejas de los trabajadores y los vecinos que se encuentren hacia donde sople el viento.

Si ocurre un derrame, solamente el personal de respuesta debidamente capacitado y equipado debe permanecer en la zona para realizar la limpieza. El monómero de acetato de vinilo derramado debe recolectarse y desecharse de manera adecuada (vea la Sección 5.3 para obtener orientación de respuesta a derrames).

3.8.1. Control de la contaminación del aire

Las emisiones atmosféricas del acetato de vinilo están sujetas a los reglamentos locales, regionales y nacionales.

3.8.2. Descarga en aguas navegables

La descarga de contaminantes en cualquier masa de agua está sujeta a los reglamentos locales, regionales y nacionales.

3.8.3. Desecho de residuos

Los residuos que contengan acetato de vinilo deben tratarse o desecharse en un centro autorizado. Como líquido, este material no puede desecharse directamente

en los vertederos de desechos peligrosos. La práctica de control recomendada para los residuos de acetato de vinilo es la incineración o quema para la recuperación de energía.

Los caudales típicos de residuos sedimentados de acetato de vinilo procesados en plantas, pueden tratarse en los sistemas de tratamiento de aguas residuales de la planta. Los sistemas de tratamiento de aguas residuales de las plantas deben estar diseñados adecuadamente para poder tratar el volumen y la concentración de los caudales de residuos procesados de acetato de vinilo.

Aunque la dilución adecuada de los residuos concentrados puede reducir los problemas de olores y peligros de incendio, no es adecuado el desecho directo de los residuos diluidos a sistemas municipales de tratamiento de aguas residuales. Debe tomarse en cuenta el método de tratamiento y el efecto que tendrá en los sedimentos de drenaje.

4. ANÁLISIS DE RIESGOS Y PLANIFICACIÓN PARA EMERGENCIAS EN EL MANEJO DEL MONÓMERO DE ACETATO DE VINILO

Debe revisarse cada paso en el manejo y el uso del monómero de acetato de vinilo para detectar posibles peligros. La revisión debe incluir la idoneidad del equipo y los procedimientos correctos para el uso del equipo. El equipo de revisión debe incluir personal que esté directamente involucrado en todas las actividades pertinentes, así como especialistas técnicos y de seguridad. La revisión de seguridad debe cumplir con los requisitos de los reglamentos gubernamentales, y puede incluir evaluaciones de:

- *Diseño y controles de proceso*
- *Equipo de seguridad operacional tal como dispositivos de ventilación, liberación de presión, de conexión a tierra, etc.*
- *Prevención de fuentes de contaminación cruzada ya que pueden causar la polimerización espontánea*

4.1. Planificación para emergencias

Lo más probable es que las instalaciones que manejan grandes cantidades de monómero de acetato de vinilo tendrán que elaborar un plan para emergencias de manera que puedan responder a situaciones tales como: incendios, fugas al medioambiente, incidentes fuera del lugar, desastres naturales, emergencias médicas, pérdida de servicios públicos, etc. Los elementos fundamentales de un plan para emergencias incluyen:

- Cada centro o instalación debe mantener un plan para emergencias por escrito delineando los procedimientos de respuesta a los incidentes.
- Se definen las responsabilidades para los recursos internos y externos y se proporciona la capacitación adecuada.
- Los procedimientos para emergencias se prueban en base regular, y se enmiendan según sea necesario para mantener una respuesta eficaz.
- El plan para emergencias se comunica con regularidad a los empleados y contratistas y a los funcionarios responsables de la comunidad local.
- El equipo de respuesta a emergencias es operado por individuos calificados y está disponible en la instalación o a nivel local.

4.2. Control de riesgos y reglamentos de seguridad de procesos

Dependiendo de dónde esté situada la instalación, puede haber reglamentos para determinar los elementos específicos necesarios que se deben incluir en el plan para emergencias. Algunos ejemplos de posibles reglamentos que deben tomarse en cuenta son:

- Ley de aire limpio de la EPA de los Estados Unidos, Sección 112(r) – Plan de Control de Riesgos; 40 CFR 68.130

- Control de seguridad de procesos para sustancias químicas altamente peligrosas (HHC) de OSHA, Estados Unidos; 29 CFR 1910.119(n)
- Plan de medidas de emergencia de OSHA, Estados Unidos; 29 CFR 1910.38
- Operaciones de desechos peligrosos y respuesta de emergencia, OSHA, Estados Unidos; 29 CFR 1910.120
- Europa: SEVESO II 2003/105/EC, 12/2003 y 96/82/EC, 1/1997
- México: NOMO-028

Algunos de esos reglamentos incluyen "cantidades umbral" específicas de monómero de acetato de vinilo que activan los requisitos regulatorios. Para la ley de aire limpio US EPA CAA 112(r) RMP, la cantidad umbral del acetato de vinilo es 15,000 libras. Para el reglamento del Control de Seguridad de Procesos US OSHA, la cantidad umbral de acetato de vinilo es 10,000 libras. Puede encontrarse información adicional sobre los reglamentos CAA 112(r) y otros programas de la EPA diseñados para evitar y responder a emergencias en <http://www.epa.gov/emergencies/index.htm><http://www.osha.gov/SLTC/processsafetymanagement/index.html>. Puede obtenerse más información sobre la norma del Control de Seguridad de Procesos de OSHA en <http://www.osha.gov/SLTC/processsafetymanagement/index.html>.

4.3. Planificación de respuesta a emergencias: Guía de valores para la inhalación aguda

En la planificación de emergencias, la guía de valores para la inhalación aguda se usa para determinar los niveles de efectos adversos a la salud en poblaciones que podrían ser afectadas por una emisión de emergencia. Las Directrices de planificación de respuesta a emergencias⁵ (ERPG, Emergency Response Planning Guidelines) de la Asociación Americana de Higiene Industrial y los Niveles Directrices de Exposición Aguda (AEGL, Acute Exposure Guideline Levels) de la EPA de los Estados Unidos, se indican en la Tabla 4.1 En el caso de que una emisión accidental o no planificada cause la exposición de la comunidad a esos niveles, podría ser necesario tener que tomar medidas para ofrecer refugio, evacuación u otras medidas.

Tabla 4.1: Valores de las directrices de planificación de respuesta a emergencias y de los niveles directrices de exposición aguda del monómero de acetato de vinilo

<i>AEGL/ ERPG</i>	<i>Valor</i>
ERPG-1	5 ppm (1 hora) Umbral para que ocurran efectos adversos leves de salud, pasajeros
AEGL-1	6.7 ppm (hasta por 8 horas) Umbral para causar irritación
ERPG-2	75 ppm (1 hora) Umbral para que ocurran efectos irreversibles de salud e impedimento para escapar
AEGL-2	36 ppm (1 hora)
ERPG-3	500 ppm (1 hora) Umbral de mortalidad
AEGL-3	180 ppm (1 hora)

⁵ Las Directrices de Planificación de Respuesta a Emergencias son los valores del umbral basado en la salud que se usan para ayudar a los profesionales de la salud y la seguridad a elaborar estrategias de respuesta a emergencias para la protección de los empleados y el público en general en contra de los efectos perjudiciales de sustancias químicas específicas. Éstas representan la concentración a la que pueden estar expuestos casi todos los individuos por hasta una hora sin que experimenten o sufran el efecto indicado.

5. CONTROL DE EMERGENCIAS

Un componente esencial del Control de Emergencias es la prevención de incidentes. Muchas de las consecuencias de una emergencia pueden reducirse o evitarse por completo mediante un diseño adecuado de las instalaciones, prácticas seguras de almacenamiento y manejo, capacitación del personal y planeación previa de desastres.

En caso de una emisión considerable de monómero de acetato de vinilo, debe evacuarse de inmediato la zona de acuerdo con el plan de control de riesgos (RMP) u otro plan de respuesta a emergencias del centro. Sólo el personal capacitado y equipado con el equipo de seguridad adecuado debe entrar a la zona. Debe usarse el equipo completo de protección personal (Sección 2.2) cuando sea necesario trabajar en un entorno que contenga acetato de vinilo en donde pueda ocurrir la exposición a niveles que sobrepasen los límites permitidos.

Como parte del plan de respuesta a emergencias, se exhorta a mantener una comunicación regular o realizar sesiones de capacitación sobre desastres con los departamentos locales y municipales de bomberos, como prevención de incendios, derrames o emergencias.

Las secciones siguientes describen los materiales y los procedimientos que deben usarse en el caso de situaciones de emergencia que impliquen monómero de acetato de vinilo, incluyendo incendios, derrames o requisitos de primeros auxilios. Mucha de esta información proviene de la Guía de Respuesta a Emergencias de 2020 (ERG 2020), la cual puede obtenerse del Departamento de Transporte de los EE. UU. o en Transport Canada. La Guía 129 trata específicamente del monómero de acetato de vinilo (vea el Apéndice V).

5.1. Incendios y explosiones

5.1.1. Prevención de incendios

Como los vapores del acetato de vinilo son más pesados que el aire, pueden concentrarse y recorrer a lo largo del suelo algunas distancias hasta llegar a una fuente de ignición y encenderse a lo largo de la trayectoria de regreso. Por lo tanto, deben tomarse todas las precauciones para evitar la exposición a las llamas, chispas u otras fuentes de ignición. A continuación se encuentran unas directrices generales para evitar incendios de acetato de vinilo (vea la Sección 3 para obtener información más detallada para el manejo):

- Coloque el almacenamiento, el equipo de manejo y procesamiento del acetato de vinilo al aire libre o en un edificio no combustible o a prueba de incendios.
- No permita que materiales combustibles tales como maleza o hierbas se acumulen alrededor de los tanques o los tambores de almacenamiento.
- Proporcione ventilación adecuada para situaciones de emergencia en los recipientes que se usen para almacenar, manejar o procesar. (Según se describe en otros lugares, los dispositivos de relevo de seguridad deben ser del tamaño que indiquen los cálculos de ingeniería.)
- Proporcione el equipo eléctrico adecuado y la conexión a tierra adecuada para descargar la electricidad estática.
- Durante el llenado, circule o agite el acetato de vinilo en el tanque de almacenamiento, debe tenerse cuidado para no agitar vigorosamente la superficie del líquido (lo que causa una carga estática).
- Inspeccione con regularidad el equipo y las instalaciones de almacenamiento para detectar corrosión y fugas, especialmente en las ventilas y los supresores de flama.
- Repare de inmediato las fugas del equipo.
- Proporcione un escape local adecuado y ventilación general en el lugar de trabajo y realice pruebas con regularidad con un indicador de gas combustible en las zonas en donde podrían acumularse los vapores.
- Proporcione las instalaciones adecuadas para manejar cualquier derrame accidental.
- Proporcione el equipo de extinción de incendios adecuado, inclusive aspersores automáticos en las secciones de almacenamiento y trabajo.

5.1.2. Extinción de incendios

En caso de que ocurra un incendio con monómero de acetato de vinilo, deben usarse los siguientes materiales y seguirse los procedimientos de extinción:

Materiales de extinción

- Use extinguidores de dióxido de carbono o de sustancias químicas secas en los incendios pequeños.⁶
- Use espuma de sustancias químicas secas o de tipo alcohol en los incendios grandes. Cuando no se tengan a la mano esos materiales de extinción, el incendio puede combatirse con rocío de agua, especialmente para mantener frías las estructuras y los recipientes expuestos al fuego para reducir la vaporización. Sin embargo, los rocíos de agua pueden no ser totalmente eficaces para extinguir por completo el incendio porque el acetato de vinilo flota en el agua.
- Debe evitarse el uso de chorros de agua a alta velocidad para prevenir la diseminación del monómero incendiado o la acumulación de agua con la que se combate el incendio. Dado que el monómero de acetato de vinilo es más liviano que el agua y no se mezcla mucho con ésta, flotará en el agua y diseminará el incendio.

⁶ Un «incendio pequeño» es un incendio que puede extinguirse usando un extinguidor portátil.

Procedimientos

- Los individuos que combatan el incendio deben usar aparatos respiratorios autónomos y equipo de protección personal (PPE) completo para obtener protección contra el humo, los gases o la descomposición peligrosa de productos (vea la Sección 2 para obtener más información sobre el equipo de protección personal).
- Use rocío de agua para enfriar las estructuras y los recipientes expuestos al incendio.
- Use rocío de agua para disipar la nube de vapor si ya no hay incendio y para enjuagar derrames.
- Los bomberos deben mantenerse bastante alejados de los tanques involucrados ya que podría ocurrir una explosión.
- Los tambores o recipientes de acetato de vinilo expuestos al incendio deben mantenerse fríos, rociándoles agua para evitar la polimerización descontrolada, lo que a su vez puede causar una autoignición y una explosión.
- Si el tanque de almacenamiento de acetato de vinilo involucrado ya no se está venteando, aun puede ser peligroso. A menos que la ventila esté obviamente sin obstrucciones, deben tomarse en cuenta otros indicadores tales como la presión, las temperaturas y la falta de los sonidos normales de ventilación, para evitar un aumento de presión no detectado y la posible ruptura del recipiente.
- Tenga listas las hojas de datos de seguridad (SDS) apropiadas para el personal municipal que responde a la emergencia junto con las instrucciones del Comandante de Incidente (IC) en la escena.
- En el caso de un incendio masivo, use un portamanguera autónomo o boquillas sensoras. Si eso es imposible, retírese de la zona y deje que el incendio siga su curso (ERG 2024).

Evacuación

- Si el tanque, el vagón tanque o el camión tanque está involucrado en un incendio, el Departamento de Transporte de los Estados Unidos (ERG 2024) recomienda que el lugar se desocupe a una distancia de 800 metros (1/2 milla) en todas direcciones.

5.2. Polimerización descontrolada

Como se trató en la Sección 3, el monómero de acetato de vinilo generalmente se inhibe con hidroquinona y es estable bajo las condiciones recomendadas de almacenamiento (vea la Sección 1.1.2 sobre peligros de polimerización).

La polimerización del acetato de vinilo es altamente exotérmica y una liberación rápida de calor puede causar el aumento rápido de presión, produciéndose una emisión descontrolada y la ruptura del tanque. El único método confiable para detener la polimerización descontrolada es añadir y mezclar correctamente un inhibidor. Rociar agua fría en el exterior del tanque de almacenamiento para eliminar el calor retardará, pero no contendrá, la polimerización sin control. A medida que aumenta la conversión, el aumento de viscosidad del contenido del tanque puede impedir que se añada y distribuya

eficazmente el inhibidor y puede limitar la transferencia de calor. Además, deben tomarse en cuenta en el plan de respuesta los peligros de acercarse a un recipiente o tanque de acetato de vinilo que está experimentando una polimerización descontrolada.

Una indicación de que puede estar ocurriendo la polimerización del acetato de vinilo es un aumento anormal y continuo de la temperatura en el tanque de almacenamiento (por ejemplo, 2.5°C en 30 minutos o 9°C sobre la temperatura ambiente. En esta situación, debe añadirse de inmediato más inhibidor de polimerización al tanque. La cantidad específica de inhibidor que debe añadirse dependerá de su situación específica. En donde la tasa de polimerización es baja y la temperatura va aumentando gradualmente, debe añadirse suficiente inhibidor HQ para subir la concentración del tanque a 5 ppm para reemplazar el HQ que se ha consumido. Podría usarse un enfriador o un monitor contra incendios para enfriar rápidamente el contenido del tanque y desacelerar la reacción. En donde haya una polimerización más rápida y continua y aumento de temperatura, puede ser necesario añadir más inhibidor inicialmente hasta parar la polimerización, según lo indique la estabilización de la temperatura en el tanque. Cuando ya comenzó la polimerización rápida, es aceptable un inhibidor de eliminación de radicales de carbono como PBQ, PTZ o Tempo. Hasta que la temperatura del tanque de almacenamiento regrese a condiciones normales, se recomienda la vigilancia más frecuente de la temperatura del tanque y de la concentración de inhibidor, dado que hay mayor probabilidad de que recurra la polimerización debido al agotamiento de inhibidor a temperaturas más altas. Es vital que se tenga la habilidad para mezclar el inhibidor con **todo el contenido** del tanque y debe tomarse en cuenta durante el diseño de los tanques de almacenamiento y del equipo de apoyo. El sistema para añadir el inhibidor debe estar diseñado para evitar la exposición del personal al inhibidor y a los vapores del acetato de vinilo. Se recomienda agregar el inhibidor a través de un sistema de circuito cerrado, como un tubo de inmersión o una válvula de fondo, para evitar riesgos de inflamabilidad.

5.3. Control de derrames

Solamente el personal capacitado profesionalmente y provisto con equipo de protección personal completo debe participar en la respuesta y la limpieza de un derrame de acetato de vinilo. Deben seguirse los procedimientos siguientes para la limpieza de derrames de acetato de vinilo:

Respuesta inicial

- Llame al número de teléfono para respuestas de emergencia provisto por la planta, el proveedor, las hojas SDS, el papel de embarque u otra fuente.
- Como medida de precaución inmediata, desocupe la zona del derrame o fuga hasta 50 metros (150 pies) en todas direcciones (ERG 2024). Los derrames mayores probablemente necesitarán el aislamiento de zonas más grandes o la posibilidad de tener que evacuar a las personas que se encuentren en las zonas que están en la dirección del viento.
- Evacue al personal que no sea profesional y que no tenga protección de la zona afectada.
- Mantenga alejado al personal que no sea de respuesta de emergencia.
- Manténgase en una zona que esté en contra del viento.

- Mantenga al personal fuera de las zonas bajas, en donde podría acumularse el acetato de vinilo.
- Apague o retire de inmediato todas las posibles fuentes de ignición.
- Verifique que los recipientes y las tuberías de transferencia estén conectados a tierra durante la carga y la descarga.
- Establezca la evacuación inicial en las zonas que estén en la dirección del viento de acuerdo con el análisis de consecuencias de emisiones accidentales catastróficas en el plan de control de riesgos. La Guía de Respuesta de Emergencias de 2016 recomienda una zona de evacuación de por lo menos 300 metros (1,000 pies) en la dirección del viento, aunque esta recomendación se expande a 800 metros (2,600 pies; 1/2 milla) en todas direcciones si hay un incendio involucrado (vea la Sección 5.1.2 de Combate y evacuación de incendios).
- Proporcione la ventilación adecuada hasta que la zona esté limpia.
- Evite que el acetato de vinilo toque peróxidos, hidroperóxidos, peróxido de hidrógeno, compuestos de azo y otros iniciadores de polimerización, así como ácidos fuertes, agentes alcalinos y oxidantes.

Contención y control de derrames pequeños

- Coloque los recipientes con fugas en lugares bien ventilados con contención de derrame.
- Cubra el acetato de vinilo con un material absorbente no inflamable (por ejemplo, tierra diatomácea, almohadillas absorbentes) y déjelo absorber el material derramado.
- Para los derrames pequeños se sugieren los conjuntos de limpieza para derrames disponibles comercialmente. La elección del estuche de limpieza para derrames debe ser adecuada para la cantidad de acetato de vinilo que se maneje, el tamaño de los recipientes y las condiciones del lugar.
- Si persisten los problemas con el olor después de un derrame pequeño que se ha limpiado meticulosamente, puede usarse cal u otro material alcalino para desodorizar el lugar.

Contención y control de derrames grandes

- Encuentre y corrija la fuente de derrame o fuga, si es posible hacerlo de manera segura.
- Contenga el derrame en una zona cercada de ser posible.
- Cubra el líquido con una espuma de tipo alcohol para reducir la vaporización y la posibilidad de que se encienda. Debe usarse agua rociada para reducir los vapores.
- Mantenga el material fuera de los drenajes (por peligro de explosión) y las masas de agua. En caso de que el derrame accidental llegue a las superficies de agua o al sistema de drenaje municipal, notifique a las respectivas agencias de suministro de agua y control de contaminación.
- En donde exista la posibilidad de que ocurran derrames a las aguas, deben mantenerse a la mano barreras flotantes para arrastrar el monómero flotante a un lugar más pequeño en donde se pueda extraer.

- Determine si la emisión debe ser declarada según las leyes y los reglamentos correspondientes y notifique a las autoridades pertinentes.

Desecho

- Deseche el material derramado mediante oxidación biológica si la concentración inicial de acetato de vinilo está por debajo de los niveles tóxicos para los microorganismos, de otro modo deséchelo mediante incineración controlada.
- Deseche de manera adecuada la tierra contaminada o el material absorbente conforme a los reglamentos locales, regionales o nacionales de desecho.
- No enjuague el derrame o la fuga hacia el sistema de drenaje. Evite que se derrame a los drenajes pluviales y los diques que llevan a vías fluviales naturales.

5.4. Declaración de emisiones al medioambiente

Según la Ley Federal de Respuesta, Compensación y Responsabilidad Integral al Medioambiente (CERCLA, Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act) de 1980 de los Estados Unidos y EPCRA, para las sustancias enumeradas, deben declararse las emisiones no autorizadas al medioambiente por encima de su “cantidad que debe declararse” (RQ). Los derrames durante el transporte que sean mayores que la cantidad que debe declararse también tienen que declararse. En los Estados Unidos la cantidad que debe declararse para el acetato de vinilo está establecida en 5,000 libras. Como tal, cualquier emisión individual no autorizada que esté por encima de 5,000 libras debe declararse de inmediato a las autoridades correspondientes. Las instalaciones que tienen en su poder más de 1,000 libras de acetato de vinilo están sujetas a este requisito de información. Los informes deben presentarse ante el Centro Nacional de Respuesta, a la Comisión Estatal de Respuesta a Emergencias (SERC, State Emergency Response Commission) y al Comité Local de Planificación para Emergencias (LEPC, Local Emergency Planning Committee).

Algunas autoridades estatales o regionales han establecido sus propios programas de declaración medioambiental que pueden ser más estrictos que los requisitos nacionales. Por lo cual, las instalaciones que manejan acetato de vinilo deben estar familiarizadas con todos los requisitos reguladores.

En Canadá, de acuerdo con los reglamentos de Transporte Canadiense de Productos Peligrosos (TDG, Transportation of Dangerous Goods), la cantidad que debe declararse para las sustancias de Clase 3, Categoría II, tales como el acetato de vinilo, es cualquier cantidad. En el caso de una emisión accidental de esa cantidad o más, se requiere que se haya un “informe inmediato” a las siguientes entidades:

- La autoridad provincial correspondiente
- Al empleador de la persona que está en poder de los productos peligrosos
- Al consignador de los productos peligrosos
- Para un vehículo por carretera, al propietario, al arrendatario o a quien fletó el vehículo
- Para los vehículos férreos, al Centro Canadiense de Emergencias de Transporte del Departamento de Transporte (CANUTEC, Canadian Transport Emergency

Centre of the Department of Transport)

- Para embarcaciones, a CANUTEC, el Centro de Servicio de Tráfico de Embarcaciones o la estación de radio de la Guardia Costera Canadiense
- Para los aviones, un aeródromo o un centro de carga aérea, a CANUTEC y la Oficina Regional de Aviación Civil más cercana del Departamento de Transporte y, si el aeródromo es un aeropuerto, al operador del aeropuerto
- Para una emisión accidental de un cilindro que haya sufrido una falla catastrófica, a CANUTEC

Pueden tener que presentarse informes de seguimiento tanto en los Estados Unidos como en Canadá después de la notificación inicial de una emisión. Algunos gobiernos estatales y locales en los Estados Unidos tienen requisitos adicionales.

REFERENCIAS

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). (2007). Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Operation and Maintenance. Available for purchase at <http://www.acgih.org/>
- American Industrial Hygiene Association (AIHA). (1992). Emergency Response Planning Guidelines (ERPG), Vinyl Acetate. AIHA Press, Fairfax, VA.
- American Institute of Chemical Engineers (AIChE). <http://www.aiche.org/>
AIChE Center for Chemical Process Safety <http://www.aiche.org/ccps/>
AIChE Design Institute for Emergency Relief Systems
<http://www.aiche.org/TechnicalSocieties/DIERS/index.aspx>
AIChE Design Institute for Physical Properties (DIPPR®): www.aiche.org/DIPPR/
- American National Standards Institute (ANSI). (2015). Z88.2: Practices for Respiratory Protection.
- American National Standards Institute (ANSI)/American Society of Safety Engineers (ASSE). (2020). ANSI Z87.1-2020: American National Standard For Occupational And Educational Personal Eye And Face Protection Devices.
- American National Standards Institute (ANSI)/International Safety Equipment Association (ISEA). (2009). Z89.1-2009: American National Standard for Industrial Head Protection.
- American Petroleum Institute (API). (2002, February). API 620: Design and Construction of Large, Welded, Low-Pressure Storage Tanks. Tenth Edition.
- American Petroleum Institute (API). (2001). API 650: Welded Steel Tanks for Oil Storage. Tenth Edition, November 1998. Addendum 1, January 2000. Addendum 2, November 2001.
- Association of American Railroads (AAR). (2023). Pamphlet 34: Recommended Methods for the Safe Loading and Unloading of Non-Pressure (General Service) and Pressure Tank Cars. <https://www.aar.org/wp-content/uploads/2023/03/Pamphlet-34-3.1.23-Final.pdf> .
- ASTM International. (2005). F 2412-05 Test Methods for Foot Protection.
- ASTM International. (2005). F 2413-05 Specification for Performance Requirements for Protective Footwear.
- ASTM International. (2006). ASTM D2193 - 06 Standard Test Method for Hydroquinone in Vinyl Acetate.
- Canada. (2009). Screening Assessment for the Challenge: Acetic Acid Ethenyl Ester (Vinyl Acetate Monomer). Environment Canada, Health Canada.*
- Canada (Transport Canada). Transportation of Dangerous Goods Regulations*
<http://www.tc.gc.ca/eng/tdg/clear-tofc-211.htm>

Emergency Response Guidebook (ERG). (2024)

<https://www.phmsa.dot.gov/training/hazmat/erg/emergency-response-guidebook-erg>

ECHA 2020 Substance Evaluation report.

EU (European Union). Regulation on Classification, Labeling and Packaging of Substances and Mixtures. EC No. 1272/2008.

[EU \(European Union\). Directive 94/9/EC on Equipment and Protective Systems Intended for Use in Potentially Explosive Atmospheres \(ATEX 95\).](#)

[EU \(European Union\). Directive 99/92/EC on Minimum Requirements for Improving the Safety and Health Protection of Workers Potentially at Risk from Explosive Atmospheres \(ATEX 137\).](#)

[EU \(European Union\). \(2008a.\) Risk Assessment Report \(RAR\) of Vinyl Acetate. May 2008.](#)

EU (European Union). (2008b). European Commission Directorate-General for Health and Consumers. Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER). Risk Assessment Report on Vinyl acetate: Human Health Part. November 2008.

Gustin, Jean-Louis. (2002). "Influences of Trace Impurities on Chemical Reaction Hazards." Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 15(2002): 37-48.

Gustin, Jean-Louis. (2005). "Understanding vinyl acetate polymerization accidents." Chemical Health & Safety, November/December 2005, pp 36-46.

IEEE 81: IEEE Guide for Measuring Earth Resistivity, Ground Impedance, and Earth Surface Potentials of a Ground System, 1983 edition.

IEEE 142: IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems. (Color Book Series - Green Book), 2007 edition.

International Agency for Research on Cancer (IARC). (1995). IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, vol. 63, p. 443. World Health Organization. Lyon, France. <http://www.inchem.org/documents/iarc/vol63/vinyl-acetate.html>

Levy, L.B. and Hinojosa, L. (1992). "Effect of Oxygen on Vinyl Acetate Polymerization." Journal of Applied Polymer Science, Vol. 45, 1537-1544 (1992).

Levy, L.B. (1993). "Vinyl Acetate Shelf Life." Celanese Internal Company Memo. Hoechst Celanese Corporation, Chemical Group. LBL-0908-93. January 21, 1993.

NFPA 30: Flammable and Combustible Liquids Code, 2008 edition.

NFPA 68: Standard on Explosion Protection by Deflagration Venting, 2007 edition.

NFPA 70: National Electrical Code®, 2008 edition.

NFPA 70b: Recommended Practice for Electrical Equipment Maintenance, 2006 edition.

NFPA 77: Recommended Practice on Static Electricity, 2007 edition.

NFPA 101: Life Safety Code®, 2009 edition.

NIOSH. (2007, September). Pocket Guide to Chemical Hazards. US Department of Health and Human Services, Publication No. 2005-149. <https://www.cdc.gov/niosh/npg/>

OECD. Test No. 301. Guideline for the Testing of Chemicals: Ready Biodegradability.

OSHA (Occupational Safety and Health Administration). 2012. Hazard Communication Standard: 29 CFR 1910.1200. <https://www.osha.gov/dsg/hazcom/>

United Nations (UN). (2025). Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS). Eleventh Revised Edition. <https://unece.org/about-ghs>

United Nations (UN) Recommendations on the Transport of Dangerous Goods.

Workplace Hazardous Material Information System (WHMIS) (Canada). <http://www.hc-sc.gc.ca/ewh-semt/occup-travail/whmis-simdut/index-eng.php>

APÉNDICE I: DISEÑO DEL ALMACENAMIENTO A GRANEL

1. Diseño del edificio

El equipo y los tanques que contengan acetato de vinilo (VAM) deben estar aislados de otras instalaciones mediante buenas prácticas de diseño y el uso de materiales resistentes al fuego. Se recomiendan paredes estándar contra incendio para el aislamiento del equipo y los tanques de almacenamiento más grandes, mientras que pueden usarse separaciones de yeso en armazón de metal para aislar el equipo más pequeño del resto de los materiales combustibles.

Deben proporcionarse por lo menos dos vías de salida de cada salón o edificio en el que se almacene o use el acetato de vinilo. Ninguna porción de dicho salón o edificio debe estar a más de 75 pies de la salida más cercana. Deben proporcionarse salidas adicionales dependiendo del número de personas que se encuentren en el edificio (vea NFPA 101). Todas las puertas de salida deben abrirse en la dirección del recorrido y deberán proporcionarse con herrajes contra pánico (por ejemplo, puerta con barra de salida de emergencia). Las puertas de incendio deben ser de un tipo aprobado. En donde se lleven a cabo operaciones peligrosas en los pisos superiores debe proporcionarse un cubo de escalera resistente al fuego con puertas de incendio que se cierren automáticamente.

Las operaciones en donde se usen grandes cantidades de acetato de vinilo deben realizarse de preferencia en estructuras de tipo exterior o en un edificio que esté protegido por sistemas de aspersores automáticos. Pueden usarse ventilas de explosión para reducir los daños de destrucción a edificios, ductos, mezcladoras, licuadoras, secadoras y equipos similares en los cuales es muy probable que se concentren los vapores inflamables del acetato de vinilo. Pueden usarse ventanas, techo y paneles de paredes, tragaluces, ventanas de luz, diafragmas, etc. de ventilación de explosión para minimizar los daños al edificio debidos a una explosión.

Puesto que el área de superficie necesaria para las ventilas de explosión depende de factores como la intensidad de una explosión, la temperatura del vapor, el tipo de la estructura, el tipo de cierre de ventila, etc., la determinación para la capacidad de las ventilas debe ser hecha por ingenieros con experiencia. Deben tomarse en cuenta los sistemas de eliminación de explosión (vea NFPA 68).

La electricidad estática es un problema en particular cuando se manejan materiales inflamables. Por lo tanto, los recipientes de embarque y almacenamiento, los tanques de reacción y las tuberías de transferencia deben estar conectados a tierra y protegidos eléctricamente. NFPA 77: La Práctica Recomendada para la Electricidad Estática da instrucciones para los procedimientos correctos de conexión a tierra. Las instalaciones y los dispositivos eléctricos en áreas en donde se maneja el acetato de vinilo deben ser los indicados para lugares peligrosos de Clase I, Grupo D (según se define en los Artículos 500 y 501 del Código Nacional Eléctrico). Al establecer instalaciones y procedimientos de almacenamiento y manejo, debe tenerse cuidado de que estén de conformidad con los estatutos locales y cualquier reglamento de los aseguradores y las compañías de seguro. Debe tomarse en cuenta la necesidad de segregar los resumideros del piso de los sistemas de drenaje de plomería o procesos, así como la cuestión de las distancias

adecuadas entre los edificios de almacenamiento de sustancias químicas y los demás edificios y el equipo de procesamiento.

Los edificios usados para procesamiento o almacenamiento de acetato de vinilo deben estar bien ventilados para evitar la acumulación de vapores y los efectos de exposición al personal. Los métodos de ventilación incluyen escapes locales y procedimientos generales de dilución. Deben consultarse las normas regionales y los reglamentos que rigen las tasas de intercambio de aire en los edificios que manejan gases tóxicos o inflamables. Los escapes locales son más eficaces cuando los vapores se emiten desde puntos fijos, tales como los puntos de transferencia líquida, las mangueras de las bombas y el área del reactor. La ventilación de la dilución general puede usarse cuando los vapores se emiten en puntos esparcidos por toda una zona. Debido al bajo umbral de olor del acetato de vinilo, el aire ventilado puede necesitar reducción del olor.

2. Construcción y ubicación de los tanques de almacenamiento

Tipo:	Adecuado para líquidos inflamables
Material:	Acero anticorrosivo, acero de forro fenólico de horneado a alta temperatura, acero inoxidable o aluminio
Diseño:	American Petroleum Institute (Instituto Estadounidense del Petróleo) (API 620 y 650)
Accesorios:	Boquillas para los sensores de temperatura, presión y nivel, cubierta de pozo de inspección, sifones invertidos, tubería de ventilación, dispositivos de relevo de presión y vacío, dispositivos de escape de emergencia, indicador de nivel de manómetro, alarma o mecanismo de trabado de nivel alto, derrame, llenado y descarga.

Otros materiales comunes de recubrimiento como el cobre, las aleaciones de cobre (por ejemplo, el latón y la aleación de cobre, cinc y estaño), el cinc y el acero galvanizado **no** deben estar en contacto con el acetato de vinilo porque éstos pueden tener efectos perjudiciales en usos finales.

Un tanque de acero de carbono recién construido debe prepararse para el servicio con una limpieza a chorro de arena y aspirado. Si el tanque limpio no se llenará de inmediato con monómero, debe cerrarse y cubrirse con una capa de aire seco o gas inerte para retardar la corrosión.

El acetato de vinilo generalmente se almacena en un tanque vertical sobre tierra (diseño API 620 o 650). Puede haber reglamentos locales que exijan aspectos adicionales de diseño (por ejemplo, techos internos flotantes). El diseño seleccionado debe permitir que el contenido se mezcle con entregas nuevas o cuando se añada más inhibidor para poder lograr la distribución uniforme del inhibidor. El tanque debe colocarse sobre una plancha de concreto dentro de un dique de concreto con suficiente capacidad para mantener cuando menos el contenido entero del tanque. No deben colocarse tanques de almacenamiento que contengan materiales que sean incompatibles con el acetato de vinilo en el mismo dique. Un pozo de tanque con una tubería de drenaje inferior a través de la plancha del tanque, proporcionará un drenaje completo del tanque.

En el caso de tanques de techo flotante para acetato de vinilo, se sugiere un diseño estilo «pan» en lugar de «pontón», ya que el estilo «pan» tiene mayor resistencia a la acumulación de polímero que el estilo «pontón».

Los tanques normalmente usados para el almacenamiento de acetato de vinilo pueden estar recubiertos con una capa reflectora de luz o calor (por ejemplo, pintura blanca o reflectiva) para poder minimizar la absorción del calor y reducir posibles emisiones al aire.

Los tanques deben estar conectados a tierra eléctricamente para evitar la acumulación de electricidad estática, la cual podría descargarse y encender los vapores inflamables de acetato de vinilo. El diseño, las pruebas y el mantenimiento de los sistemas de conexión a tierra están fuera del alcance de este documento. Consulte los reglamentos correspondientes y las normas de diseño (por ejemplo, NFPA 70, 70B y 77, normas IEEE 81 y 142).

Cuando llene, circule o agite el monómero de acetato de vinilo en el tanque de almacenamiento, debe tenerse cuidado para no agitar vigorosamente la superficie del líquido, lo que causará la generación y acumulación de una carga estática dentro del líquido. Esto se aplica incluso cuando el espacio de vapor del tanque está inerte con nitrógeno. Si el acetato de vinilo se vierte en un tanque de almacenamiento a través de un sifón invertido, el sifón tiene que estar conectado a tierra para evitar la acumulación de una carga eléctrica estática.

Los equipos como las ventilas y la instrumentación de emergencia que están sujetadas al tanque de almacenamiento de acetato de vinilo deben estar diseñados para evitar la acumulación y la polimerización del acetato de vinilo. Los vapores del acetato de vinilo pueden condensarse en el equipo como las ventilas de emergencia, los interruptores de vacío, la tubería de los instrumentos, las boquillas y los tubos.

Precaución: Es vital notar que la condensación no contendrá ningún inhibidor de polimerización y puede comenzar a polimerizarse.

La polimerización ocurrirá y podría afectar el desempeño de los dispositivos vitales de seguridad y operación. Por lo tanto, el equipo que esté sujetado al tanque debe ser diseñado de tal manera que toda la condensación se drene al tanque. En el caso de la tubería de los instrumentos, los vapores del acetato de vinilo pueden mantenerse fuera de la tubería con un pequeño purgado de nitrógeno. Los tanques de almacenamiento y el equipo de apoyo del acetato de vinilo (por ejemplo, las tuberías, las bombas y las válvulas) deben estar diseñados y ser operados para evitar lugares de estancamiento en donde el acetato de vinilo pudiera permanecer durante largo tiempo y causar la polimerización.

3. Equipo de los tanques de almacenamiento

3.1. Dispositivo medidor de temperatura

El aumento inusual de temperatura puede ser una indicación de polimerización del acetato de vinilo. Por lo tanto, la vigilancia continua de la temperatura con la habilidad de observar las tendencias en las temperaturas del tanque, es una valiosa herramienta para la detección temprana de la polimerización. Debe colocarse un elemento sensor de temperatura cerca del fondo del tanque para garantizar que siempre esté dentro del líquido. En los tanques de almacenamiento grandes, deben instalarse elementos sensores adicionales a elevaciones diferentes en el tanque dado que la polimerización localizada puede ocurrir en los tanques que no se mezclan bien. Además, debe instalarse una alarma de temperatura alta para advertir la polimerización. Debe activarse a una temperatura de aproximadamente 5°C por encima de la temperatura normal máxima del líquido almacenado. Sin embargo, este valor puede modificarse de acuerdo con la experiencia histórica y según sea necesario para reflejar las condiciones ambientales y del proceso. Consulte la Sección 5.2 sobre adición de inhibidor si la temperatura del tanque sobrepasa el nivel de alarma.

3.2. Ventila de emergencia - Dispositivo para la liberación de presión

Los tanques de almacenamiento que contienen monómero de acetato de vinilo deben estar equipados con una o más ventilas de emergencia del tamaño necesario de acuerdo con los reglamentos locales, regionales o nacionales (por ejemplo, NFPA 30 o ATEX 95). Debe observarse que aun cuando se acaten las normas de ingeniería, dichos dispositivos podrían no ofrecer suficiente alivio de presión en caso de que ocurra polimerización sin control o desenfrenada. La polimerización desenfrenada puede evitarse manteniendo la concentración adecuada del inhibidor de polimerización y evitando la exposición a temperaturas altas y contaminantes reactivos. Se requiere una válvula de alivio del vacío para evitar el derrumbe o la ruptura del tanque en caso de que falle el sistema de control de presión del tanque durante la extracción de líquido. Se recomienda diseñar el tanque en vacío completo. Al inducirse aire ambiental en el tanque por medio del interruptor de vacío, la humedad y otros contaminantes pueden entrar en el tanque y conducir a consecuencias indeseables.

Para obtener orientación adicional sobre los diseños de dispositivos de alivio de presión de emergencia, comuníquese con organizaciones tales como AIChE Design Institute for Emergency Relief Systems (DIERS) o el AIChE Center for Chemical Process Safety (CCPS).

3.3. Reducción de emisiones de aire

Las emisiones de monómero de acetato de vinilo de puntos fijos pueden reducirse mediante sistemas de recuperación de vapor que recapturen el monómero o dispositivos de control de emisión tales como quemadores de venteos o incineradores. Esos (u otros) sistemas de reducción de emisiones deben

instalarse solamente después de haber consultado con los expertos técnicos y de regulación correspondientes.

3.4. Consideraciones para el espacio de vapor del tanque

Se recomienda tener un manto seco de nitrógeno en el espacio de vapor del tanque.

Puede usarse aire, pero produce una atmósfera inflamable en el tanque, y el oxígeno fomenta la formación de peróxidos orgánicos que son iniciadores de la polimerización.

En casos en los que se use aire en lugar de nitrógeno en el espacio de vapor del tanque, el aire debe estar seco. Pueden usarse agentes de secado (típicamente, cribas moleculares o cloruro de calcio). Debe renovarse el agente de secado según se necesite para mantener seco el espacio de vapor. No se recomienda el uso de sílice ni alúmina debido a la incompatibilidad que tienen con el monómero de acetato de vinilo.

3.5. Parallamas

Deben usarse parallamas en las tuberías de ventilación de los tanques que contengan líquidos inflamables y con frecuencia los reglamentos los exigen. No se usan en las ventilas de emergencia que ventilen directamente a la atmósfera. Los parallamas deben inspeccionarse con regularidad para detectar obstrucciones de depósitos de polímero de acetato de vinilo. La frecuencia inicial de inspecciones debe ser por lo menos cada 6 a 12 meses y después puede modificarse de acuerdo con la experiencia y el historial de desempeño. Cuando se use descarga de circuito cerrado, debe instalarse un parallamas adicional en la tubería de retorno de vapor.

3.6. Protección contra desbordes

Deben usarse medidas preventivas, tales como interbloques de alto nivel u otros sistemas para evitar el desborde del tanque. Si se excede la capacidad del tanque durante la transferencia del monómero del vehículo de entrega, el monómero excedente debe fluir a través de un sistema de protección contra derrames debidamente diseñado, tal como una ventila de desborde, vaso de sellado o anillo de sellado (dispositivos de recolección conectados al tanque) a un receptor adecuado.

3.7. Medición y control del nivel de líquido

El método preferido es el transmisor de presión diferencial para medir el nivel de líquido. La toma del transmisor al espacio de vapor del tanque debe purgarse usando nitrógeno seco para evitar la condensación del acetato de vinilo en la toma, lo cual podría causar la medición errónea del nivel. El uso de un transmisor de presión diferencial también ofrece una lectura continua del nivel de líquido hasta lugares remotos (por ejemplo, la sala de control).

Debe usarse un interruptor independiente de alto nivel o un transmisor de presión diferencial para activar el cierre del flujo al tanque en casos en donde el desborde del tanque pueda crear consecuencias inseguras (por ejemplo, derrame) o indeseado (por ejemplo, daños al tanque). El dispositivo de medición que se use para el cierre del nivel alto no debe ser el mismo dispositivo que se use para controlar el nivel del tanque para que ambas funciones de control y cierre no queden fuera de servicio por la falla de un solo instrumento. El sensor de nivel alto debe fijarse de acuerdo con la capacidad del tanque, la tasa de llenado y el tiempo que se requiera para la intervención manual en el caso de que falle el cierre automático (por ejemplo, cierre al 90 por ciento del nivel máximo de líquido del tanque). Una alarma de nivel alto (por ejemplo, nivel de 85 por ciento) puede proporcionar una advertencia de que se está llegando al nivel de cierre. Aunque los niveles de alarma pueden variar de esos valores, los usuarios son responsables de determinar los niveles máximos seguros para el tanque y los ajustes de la alarma conforme a las condiciones seguras de operación.

3.8. Bombas

Generalmente se usan los sellos dobles mecánicos como mecanismos de sellado en las bombas de proceso del monómero de acetato de vinilo. Los sellos dobles mecánicos, específicamente el depósito estanco del fluido barrera, proporcionan la contención del monómero de acetato de vinilo en caso de que un sello falle. También son aceptables las bombas sin sello (por ejemplo, MAG-drive) o encapsuladas. Si se descargarán los vagones tanque o los camiones tanque por la parte superior, se recomienda una bomba centrífuga autocebante. Consulte a su proveedor de bombas para coordinar la compatibilidad de materiales con el monómero de acetato de vinilo.

Precaución: Si se usan bombas sin sello o encapsuladas, la generación de calor puede causar la polimerización de la bomba si se detiene el flujo.

Debe tenerse cuidado para evitar el uso de las bombas de manera improductiva (por ejemplo, usar una bomba con una tubería de descarga obstruida) de cualquier bomba que se use con monómero de acetato de vinilo. La tubería de descarga y todos sus componentes asociados deben tener la capacidad para manejar la presión máxima cuando la bomba está sin carga, o puede proporcionarse una protección adecuada contra la presión excesiva (por ejemplo, la descarga de una válvula de alivio a un lugar seguro). Para evitar la acumulación de calor, no debe permitirse que una bomba circule a través de la válvula de alivio ni ninguna otra tubería de recirculación durante períodos prolongados. El funcionamiento sin carga de la bomba o la circulación continuada sin enfriamiento adecuado puede, con el tiempo, causar la polimerización del monómero de acetato de vinilo. Operar la bomba sin carga podría causar fugas en el sello, fallo de la bomba, pérdida de la contención y posiblemente un incendio. Debe considerarse un sistema automático de cierre de

bomba cuando la operación sin carga de la bomba pueda causar problemas de seguridad y de calidad del material.

3.9. Tubería

La tubería de acero debe limpiarse para eliminar toda la grasa y el sarro adherido a las paredes internas. Todas las tuberías deben estar pintadas de blanco o protegidas de otra manera contra el calor de la luz solar directa. Todas las tuberías deben inclinarse para drenarse y no retener monómero de acetato de vinilo que pueda posteriormente polimerizarse. Las tuberías y los sistemas asociados que estarán inactivos deben drenarse y limpiarse ya que cualquier monómero de acetato de vinilo que quede en las tuberías podría polimerizarse. Debe usarse nitrógeno para soplar las tuberías para limpiarlas, debido al potencial que existe de que se generen vapores inflamables y cargas estáticas.

3.10. Válvulas

Tipo: Válvulas de flotador de politetrafluoroetileno (PTFE), válvula de compuerta, válvula de bola, válvula de globo.

Material: Acero de carbono, hierro dúctil o acero inoxidable

Las válvulas de bola con sellos de PTFE se recomiendan para el servicio intermitente.

3.11. Empaques

Consulte a su proveedor de empaques para garantizar la compatibilidad de los materiales.

Nota: El efecto del calor proveniente de incendios externos podría afectar la integridad de los empaques y debe tomarse en cuenta la inflamabilidad del acetato de vinilo al seleccionar los empaques.

3.12. Filtro

Las partículas de óxido u otro material particulado pueden eliminarse casi completamente del acetato de vinilo con un filtro de cartucho.

Tipo: Filtro de cartucho en serie

Material: Fibra de algodón blanco o bobinado de polipropileno en núcleo inoxidable o malla de acero inoxidable.

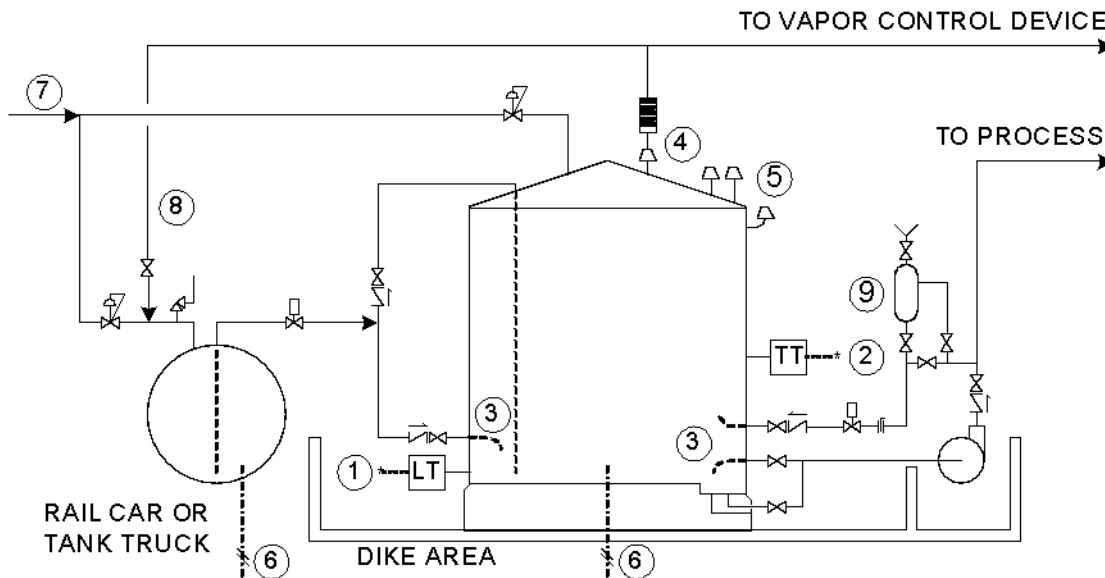
3.13. Prevención de derrames de las tuberías del tanque de almacenamiento

Los diseñadores y los operadores de tanques de almacenamiento de monómero de acetato de vinilo deben tomar en cuenta la posibilidad que existe de emisiones grandes de líquido debido a la falla de las tuberías conectadas a los tanques. Pueden usarse válvulas de retención en las tuberías de entrada y válvulas remotas de cierre en las tuberías de salida para minimizar el riesgo del vaciado de los tanques debido al fallo de la tubería. Algunas localidades pueden exigir la

instalación de válvulas de eslabón fusible para detener el flujo del monómero de los tanques de almacenamiento, en caso de que ocurra un incendio cerca del tanque. Las válvulas usadas para evitar emisiones de acetato de vinilo de los tanques de almacenamiento deben colocarse cerca de los tanques para minimizar la cantidad de tubería sin protección que hay entre las válvulas y los tanques. Otras consideraciones incluyen el diseño adecuado, la instalación y la inspección de las tuberías y la adopción de prácticas de trabajo seguro para evitar daños a la tubería.

3.14. Diagrama de un tanque de almacenamiento

Figura 1 – Instalaciones típicas de descarga y almacenamiento de monómero de acetato de vinilo



- ① Level transmitter(s) providing level indication in control room . High level alarm(s) and automated shutoff(s) of liquid feeds to prevent overfilling tank . Low level alarm(s) and automated shutoff(s) of liquid flow to internal mixing nozzle to prevent generation of static electricity due to spray above liquid surface . Separate transmitters may be required for level control and safety shutoff(s).
- ② Temperature transmitter at bottom of tank providing temperature indication and high temperature alarm (s) in control room . Multiple measurements at different tank elevations may be needed for large tanks .
- ③ Typical options for liquid feeds with internal dip tubes and mixing nozzles .
- ④ Pressure control device and detonation arrestor in vent to control device .
- ⑤ Emergency vent (s), vacuum vent with flame arrestor , and overflow vent .
- ⑥ Grounding systems .
- ⑦ Dry nitrogen (preferred) or dry air supply for maintaining positive pressure in head space of tank .
- ⑧ Vapor return line from tank to shipping container .
- ⑨ Inhibitor addition tank .

APÉNDICE II: CONTACTOS: RESPUESTA EN CASO DE EMERGENCIA, TRANSPORTE Y OTRAS AUTORIDADES REGULATORIAS

América del Norte

- CHEMTREC: 800-424-9300 o <http://www.chemtrec.com/Chemtrec/>

Canadá

- CANUTEC: 613-996-6666

Estados Unidos

- National Response Center: 800-424-8802 o <http://www.nrc.uscg.mil/nrchp.html>
- State Emergency Response Commission (SERC): puede obtener los contactos individuales en:
http://www.epa.gov/emergencies/content/epcra/serc_contacts.htm
- Local Emergency Planning Committee (LEPC): puede obtener los contactos en:
<http://yosemite.epa.gov/oswer/LEPCDb.nsf/HomePage?Openform>
- Federal Emergency Management Act (FEMA) State Offices and Agencies of Emergency Management: puede obtener información de contacto en:
<http://home.fema.gov/about/contact/index.shtm>
- National Emergency Management Association (NEMA):
<http://www.nemaweb.org/home.aspx>

Unión Europea

- ICE – European Emergency Response Network
<http://www.cefic.org/Templates/shwStory.asp?NID=492&HID=379>

APÉNDICE III: SIGLAS Y ABREVIATURAS QUE SE USAN EN LA GUÍA

AAR	Association of American Railroads (Asociación de Ferrocarriles Estadounidenses)
ACGIH	American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales)
AEGL	Acute Exposure Guideline Level (Niveles Directrices de Exposición Aguda)
AIChE	American Institute of Chemical Engineers (Instituto Estadounidense de Ingenieros Químicos)
AIHA	American Industrial Hygiene Association (Asociación Estadounidense de Higiene Industrial)
ANSI	American National Standards Institute (Instituto Estadounidense de Normas Nacionales)
API	American Petroleum Institute (Instituto Estadounidense del Petróleo)
ASTM	American Society for Testing and Materials (Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales)
ATEX	ATmósfera EXplosiva; ATEX 95 es una Directriz de la Unión Europea sobre sistemas protectores y de equipo que tengan la intención de usarse en atmósferas potencialmente explosivas; ATEX 137 es una Directiva de la Unión Europea sobre los requisitos mínimos para el mejoramiento de la protección de seguridad y salud de los trabajadores que tengan el riesgo potencial en atmósferas explosivas
CAA	Clean Air Act (Ley de Aire Limpio)
CANUTEC	Canadian Transport Emergency Centre of the Department of Transport (Centro canadiense de transporte de emergencia del Departamento de Transporte)
CCPS	Center for Chemical Process Safety (Centro para la Seguridad de Procesos Químicos)
CERCLA	Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act (also commonly known as “Superfund”) [Ley de Respuesta, Compensación y Responsabilidad Integral al Medioambiente (también conocida como “Superfondo”)]
CFR	Code of Federal Regulations (Código de Reglamentos Federales)

CHEMTREC	Chemical Transportation Emergency Center (Centro de Emergencia de Transporte de Sustancias Químicas)
DIERS	Design Institute for Emergency Relief Systems (Instituto de Diseño de Sistemas de Alivio de Emergencias)
DIPPR	Design Institute for Physical Properties® (Instituto de Diseño de Propiedades Físicas)
DOT	Department of Transportation (Departamento de Transporte)
EHS	Extremely Hazardous Substances (Sustancias extremadamente peligrosas)
EPA	Environmental Protection Agency (Agencia de Protección al Medioambiente)
EPCRA	Emergency Planning and Community Right-to-Know Act (also commonly known as “Superfund Amendments and Reauthorization Act (SARA) Title III”) [Ley de derecho a estar enterado de la comunidad y la planificación de emergencias y derecho de la comunidad a la información (también conocida como “Ley de Enmiendas y Reautorización de Superfondo (SARA), Título III”]
ERG	Emergency Response Guidebook (Guía de Respuesta en Caso de Emergencia)
ERPG	Emergency Response Planning Guidelines (Directrices de Planificación de Respuesta en Caso de Emergencia)
EU	European Union (Unión Europea)
FEMA	Federal Emergency Management Act (Ley Federal de Control de Emergencias)
GHS	Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (Sistema Globalmente armonizado de Clasificación y Etiquetado de Sistemas Químicas)
HHC	Highly Hazardous Chemicals (Sustancias químicas altamente peligrosas)
HQ	Hydroquinone (hidroquinona)
IARC	International Agency for Research on Cancer (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer)
IC	Incident Commander (Comandante de incidentes)
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, Inc.)

LC50	Median Lethal Concentration (Concentración media mortal)
LD50	Median Lethal Dose (Dosis media mortal)
LEPC	Local Emergency Planning Committee (Comité Local de Planificación para Emergencias)
NA	North America (Norteamérica)
NEMA	National Emergency Management Association (Asociación Nacional de Control de Emergencias)
NFPA	National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección contra Incendios)
NIOSH	The National Institute for Occupational Safety and Health (Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud Ocupacional)
OECD	Organisation for Economic Co-Operation and Development (Organización para el Desarrollo y la Cooperación Económica)
OEL	Occupational Exposure Limit (Límite de exposición ocupacional)
OSHA	Occupational Safety & Health Administration (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional)
PPE	Personal Protective Equipment (Equipo de Protección Personal)
PPM	Parts Per Million (partes por millón)
PSM	Process Safety Management (Control de seguridad de proceso)
PTFE	Polytetrafluoroethylene (Politetrafluoroetileno)
RCRA	Resource Conservation and Recovery Act (Ley de Conservación y Recuperación de Recursos)
RMP	Risk Management Plan (Plan de Control de Riesgos)
RQ	Reportable Quantity (Cantidad a informar)
SCBA	Self-Contained Breathing Apparatus (Aparato respirador autónomo)
SCOEL	Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (Comité científico de límites de exposición ocupacional)
SDS	Safety Data Sheet (Hoja de datos de seguridad)

SERC	State Emergency Response Commission (Comisión Estatal de Respuesta a Emergencias)
STEL	Short Term Exposure Limit (Límite de exposición a corto plazo)
STOT	Specific Target Organ Toxicity (Toxicidad a órganos específicos)
TDG	Transportation of Dangerous Goods (Transporte de bienes peligrosos)
TLV	Threshold Limit Value (Valores umbral límite)
TRI	Toxics Release Inventory (Inventario de emisiones tóxicas)
TWA	Time-Weighted Average (Promedio de tiempo ponderado)
UN	United Nations (Naciones Unidas)
VAC	Vinyl Acetate Council (Consejo del Acetato de Vinilo)
VAM	Vinyl Acetate Monomer (Monómero de acetato de vinilo)
WHMIS	Workplace Hazardous Material Information System (Canada) [Sistema de información de materiales peligrosos en el lugar de trabajo (Canadá)]

APÉNDICE IV: PROPIEDADES GENERALES DEL MONÓMERO DE ACETATO DE VINILO

PROPIEDADES	VALOR
Peso de la fórmula	86.09
Temperatura crítica	246°C (474.8°F)
Presión crítica	574.0 psia (39.0 atm)
Punto normal de ebullición	@ 760 mm Hg = 72.7°C (162.9°F)
Calor normal de formación	Líquido @ 25°C = -83.5 Kcal/mole
Calor de combustión	@ 25°C = -495 Kcal/mole
Índice de refracción	(n_D^{20}) 1.3953
Punto de inflamabilidad	Método Tagliabue de vaso cerrado = -8°C (18°F); Método Tagliabue de vaso abierto = -4°C (25°F)
Temperatura de auto ignición	385-426.9°C (725-800°F)
Estado físico	Líquido
Tasa de evaporación relativa (n-acetato de butilo = 1)	8.9
Presión de vapor @ 60°C	487.4 mm Hg
Presión de vapor @ 40°C	222.1 mm Hg
Presión de vapor @ 20°C	89.1 mm Hg
Ecuación de Antoine	Log P = A - [B/(T+C)] - Log = Base 10 - T = °C - P = mm Hg - Rango = 10 a 83°C
Coefficiente de ecuación	- A = 7.51868 - B = 1452.058 - C = 240.588

PROPIEDADES	VALOR
Color	Claro y sin color
Gravedad específica (20/20°C)	0.934
Densidad del vapor (Aire = 1.00)	2.97
Viscosidad @ 20°C	0.43 cps
Punto de derretimiento	-92.8°C (-135°F)
Calor de vaporización (1 atm)	87.6 cal/g
Calor de polimerización	21.3 Kcal/mole
Calor específico @ 20°C (liq.)	0.46 cal/g °C
Olor	No desagradable, olor dulzón en pequeñas cantidades
Umbral de olor	Aprox. 0.25-0.5 ppm
Reactividad	Reactivo con sí mismo y con una variedad de otras sustancias químicas. Es estable cuando está almacenado e inhibido adecuadamente.
Solubilidad en el agua:	
- AV en agua @ 20°C	2.3% por peso
- AV en agua @ 20°C	1% por peso
Sensibilidad a la luz	La luz promueve la polimerización
Conductividad eléctrica @ 23°C	2.6 x 10 ⁴ pS/m (1 S = 1 mho)
Tensión de la superficie (20°C)	23.6 dynes/cm
Coefficiente de expansión cúbica	0.00137 per °C at 20°C
Límite superior de inflamabilidad	13.4 vol% en aire
Límite inferior de inflamabilidad	2.6 vol% en aire

Los datos presentados fueron extraídos en gran parte del Instituto de Diseño para Propiedades Físicas (DIPPR®) del Instituto Estadounidense de Ingenieros Químicos (www.aiche.org/DIPPR/) y también del Informe de Evaluación de Riesgos de la Unión Europea para el Monómero de acetato de vinilo (EU 2008a) y el informe de Evaluación de Sustancia de la UE (ECHA 2020).

APÉNDICE V: GUÍA 129 DE LA GUÍA DE RESPUESTA A EMERGENCIAS, 2024

**GUÍA
129****LÍQUIDOS INFLAMABLES
(MEZCLABLES CON AGUA / NOCIVO)****PELIGROS POTENCIALES****INCENDIO O EXPLOSIÓN**

- **ALTAMENTE INFLAMABLE:** Se puede incendiar fácilmente por calor, chispas o llamas.
- Los vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire.
- Los vapores pueden viajar a una fuente de encendido y regresar en llamas.
- La mayoría de los vapores son más pesados que el aire, éstos se dispersarán a nivel del suelo y se concentrarán en las áreas bajas o confinadas (alcantarillas, sótanos, tanques, etc.).
- Peligro de explosión de vapor en interiores, exteriores o en alcantarillas.
- Aquellas sustancias designadas con una (P) pueden polimerizar explosivamente cuando se calientan o están involucradas en un incendio.
- Las fugas resultantes cayendo a las alcantarillas pueden crear incendio o peligro de explosión.
- Los contenedores pueden explotar cuando se calientan.
- Muchos líquidos flotarán en el agua.

A LA SALUD

- Puede causar efectos tóxicos si se inhala o absorbe por la piel.
- La inhalación o el contacto con el material puede irritar o quemar la piel y los ojos.
- El fuego producirá gases irritantes, corrosivos y/o tóxicos.
- Los vapores pueden causar mareos o asfixia, especialmente en lugares cerrados o espacios confinados.
- Las fugas resultantes del control del incendio o de la dilución con agua, pueden causar contaminación ambiental.

SEGURIDAD PÚBLICA

- **LLAME AL 911.** Luego llame al número de teléfono de respuesta a emergencias en los documentos de embarque. Si los documentos de embarque no están disponibles o no hay respuesta, consulte el número de teléfono apropiado que figura en el interior de la contraportada.
- Mantener alejado al personal no autorizado.
- Manténgase con viento a favor, en zonas altas y/o corriente arriba.
- Ventile los espacios cerrados antes de ingresar, pero solo si está adecuadamente capacitado y equipado.

ROPA PROTECTORA

- Use el equipo de respiración autónoma (ERA) de presión positiva.
- La ropa de protección para incendios estructurales provee protección térmica **pero solo protección química limitada.**

EVACUACIÓN**Acción inmediata de precaución**

- Aisle el área del derrame o escape como mínimo 50 metros (150 pies) en todas las direcciones.

Derrame Grande

- Considere la evacuación inicial a favor del viento de por lo menos 300 metros (1000 pies).

Incendio

- Si un tanque, vagón de ferrocarril o autotank está involucrado en un incendio, AISLE 800 metros (1/2 milla) a la redonda; también, considere la evacuación inicial a la redonda a 800 metros (1/2 milla).

LÍQUIDOS INFLAMABLES (MEZCLABLES CON AGUA / NOCIVO)

GUÍA 129

RESPUESTA DE EMERGENCIA

FUEGO

PRECAUCIÓN: La mayoría de estos productos tienen un punto de inflamación muy bajo. El uso de rocío de agua en el combate de fuego puede ser ineficaz.

Incendio Pequeño

- Polvos químicos secos, CO₂, rocío de agua o espuma resistente al alcohol.
- **No usar extintores de productos químicos secos, para controlar fuegos que involucren nitrometano (UN1261) o nitroetano (UN2842).**

Incendio Grande

- Usar rocío de agua, niebla o espuma resistente al alcohol.
- Evite apuntar chorros directos o sólidos directamente al producto.
- Si se puede hacer de manera segura, aleje los contenedores no dañados del área alrededor del fuego.

Incendio que involucra tanques, vagones de ferrocarril o autotanques

- Combata el incendio desde una distancia máxima o utilice los dispositivos de chorro maestro o las boquillas de monitores.
- Enfríe los contenedores con cantidades abundantes de agua hasta mucho después de que el fuego se haya extinguido.
- Retírese inmediatamente si sale un sonido creciente de los mecanismos de seguridad de las ventilas, o si el tanque se empieza a decolorar.
- Manténgase SIEMPRE alejado de los tanques que estén en contacto directo con las llamas.
- Para incendio masivo, utilizar los dispositivos de chorro maestro o las boquillas de monitores; si esto es imposible, retirarse del área y dejar que arda.

DERRAME O FUGA

- ELIMINAR todas las fuentes de ignición (no fumar, no usar bengalas, chispas o llamas) cercanas al área.
- Todo el equipo utilizado al manipular del producto debe estar conectado a tierra.
- No tocar ni caminar sobre el material derramado.
- Detenga la fuga, en caso de poder hacerlo sin riesgo.
- Prevenga la entrada hacia vías navegables, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas.
- Se puede usar una espuma supresora de vapor para reducir vapores.
- Absorber con tierra seca, arena u otro material absorbente no combustible y transferirlo a contenedores.
- Usar herramientas limpias a prueba de chispas para recolectar el material absorbido.

Derrame Grande

- Construir un dique más adelante del derrame líquido para su posterior eliminación.
- El rocío de agua puede reducir el vapor; pero puede no prevenir la ignición en espacios cerrados.

PRIMEROS AUXILIOS

Consulte la sección "Primeros auxilios generales".

Primeros Auxilios Específicos:

- Lave la piel con agua y jabón.
- En caso de quemaduras, inmediatamente enfríe la piel afectada todo el tiempo que pueda con agua fría. No remueva la ropa que está adherida a la piel.



En Canadá, para este producto puede requerirse un plan ERAP. Consulte la sección "ERAP".

APÉNDICE VI: EJEMPLOS DE MÉTODOS DE CROMATOGRAFÍA LÍQUIDA PARA HIDROQUINONA EN MONÓMERO DE ACETATO DE VINILO

Método de cromatografía líquida para hidroquinona en acetato de vinilo: Ejemplo 1

ALCANCE:

Este método describe el procedimiento para determinar la concentración de hidroquinona (HQ) en monómero de acetato de vinilo (VAM) por medio de cromatografía líquida.

SEGURIDAD

Todos los agentes reactivos utilizados en este método son peligrosos. Consulte la hoja de datos de seguridad de los agentes reactivos enumerados para obtener información sobre peligros.

APARATO

1. Columna de HPLC: Phenomenex Synergi Polar-RP, 250 mm x 4.6 mm, número de catálogo 00G-4336-E0

AGENTES REACTIVOS

1. Fase móvil A: 0.1% v/v de ácido fosfórico en agua nanopura (1 ml de H₃PO₄ en 1L de agua nanopura).
2. Fase móvil B: Acetonitrilo de grado HPLC.
3. Hidroquinona (HQ)
4. Monómero de acetato de vinilo, 99% + de pureza
5. Ácido orto-fosfórico, 85% de pureza
6. Acetonitrilo, grado de HPLC
7. Agua, purificada por el sistema de purificación de agua Barnstead Nanopure o equivalente.

CONDICIONES DEL INSTRUMENTO

Bomba cuaternaria HP 1100

Control

Flujo: 1.000 ml/min
 Tiempo de parada: 20.00 min
 Tiempo de inicio: 3.00 min

Solventes

Solvente A: 80.0% (H₂O, 0.1% H₃PO₄)
 Solvente B: 20.0% (Acetonitrilo)

Límites de presión

Presión mínima: 20 bar
 Presión máxima: 400 bar

Programa

Tiempo	Solv. B (%)	Flujo
0.00	20.0	1.000
3.00	20.0	1.000
15.00	95.0	1.000

20.00 20.0 1.000

Detector de longitud de onda variable HP 1100

Señal

Longitud de onda: 294 nm
Ancho pico: > 0.1 min

Tiempo

Tiempo de parada: Como bomba
Tiempo de inicio: Apagado

Balanceo automático

Balanceo previo a la ejecución: Sí
Balanceo posterior a la ejecución: No

Inyector automático HP 1100

Modo de inyección: Estándar
Volumen del inyector: 7.0 µl

TiempoRet (min) Nombre

4.932 HQ

CALIBRACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN

Como el componente de hidroquinona en el estándar no es muy estable, la calibración debe realizarse inmediatamente después de que el estándar se haya preparado a partir de un estándar de suministro recién preparado.

Prepare 100 ppm de HQ en monómero de acetato de vinilo.

1. Pese con precisión 0.05 g de hidroquinona en un matraz estándar de 1000 ml.
2. Agregue con precisión el monómero de acetato de vinilo para llegar al peso final de 500 g.
3. Tape y agite el contenido del matraz estándar para garantizar que la hidroquinona se mezcle debidamente.

Prepare 3 ppm de HQ en monómero de acetato de vinilo.

1. Pese 3 g del estándar de 100 ppm en una botella de vidrio. (Registre el peso)
2. Agregue 97 g de monómero de acetato de vinilo. (Registre el peso total).

Prepare 8 ppm de HQ en monómero de acetato de vinilo.

1. Pese 8 g del estándar de 100 ppm en una botella de vidrio. (Registre el peso)
2. Agregue 92 g de monómero de acetato de vinilo. (Registre el peso total).

Determine las concentraciones de HQ en el blanco de monómero de acetato de vinilo mediante adición de estándar.

1. Analice el blanco de monómero de acetato de vinilo, estándar de 3 ppm y estándar de 8 ppm.
2. Grafique el área pico contra 0, 3, 8 ppm.
3. Use la ecuación obtenida de la gráfica para calcular la concentración de hidroquinona en el blanco de monómero de acetato de vinilo.

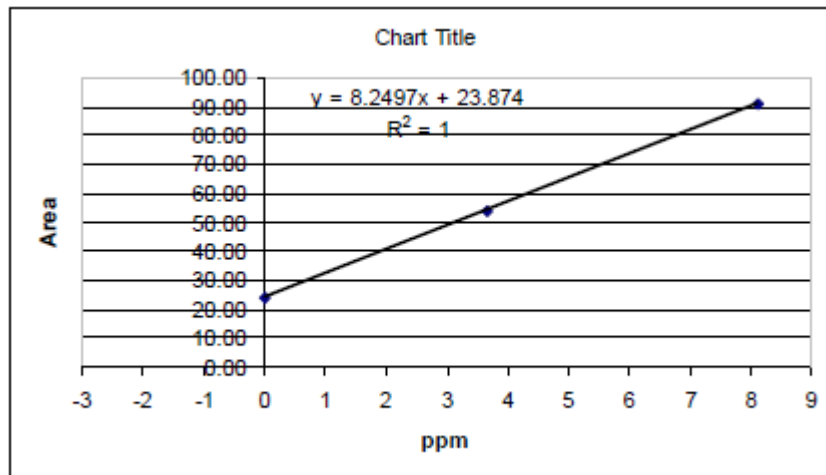
4. Calcule la concentración final de hidroquinona en los estándares agregando la concentración en el blanco a la concentración de hidroquinona enriquecida.

	Blanco	Estándar 1	Estándar 2
	HQ	HQ	HQ
Concentración enriquecida	0	3.670	8.132
Área pico	23.87	54.15	90.96
Concentración final	2.894	6.564	11.026

La concentración de HQ (x) en el blanco de monómero de acetato de vinilo se calcula a partir de la ecuación:

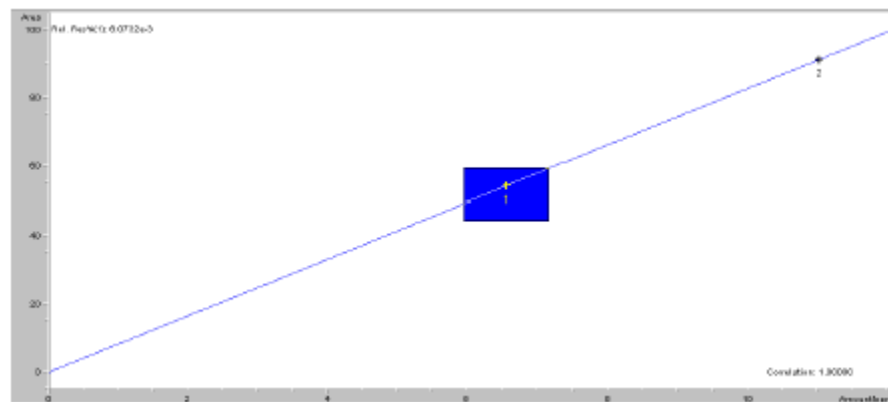
$$y = 8.2497x + 23.874$$

$$x = -23.874 / 8.2497 = -2.894 \text{ ppm}$$

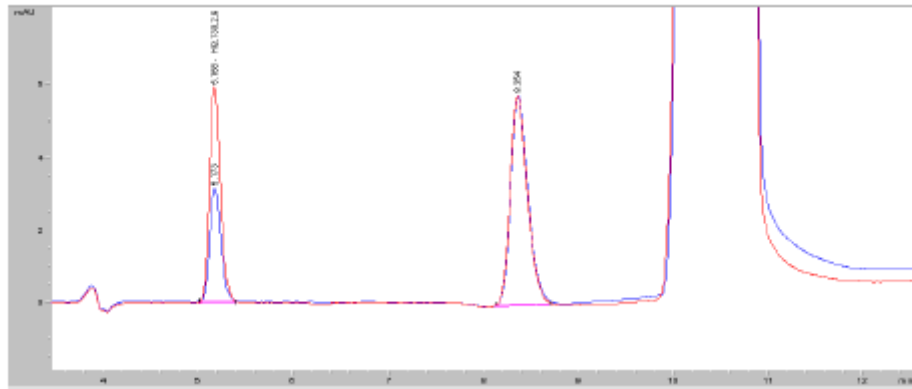


Establezca la curva de calibración.

Grafique el área pico en comparación con la concentración final en los estándares anteriores para obtener la curva de calibración externa.



CROMATOGRAMAS DE HIDROQUINONA TÍPICOS. El rastro rojo está enriquecido con hidroquinona.



ANÁLISIS DE LA MUESTRA

1. Coloque la muestra en la posición correspondiente de la bandeja del inyector automático.
2. Cuando finalice la ejecución de la muestra, la computadora imprimirá la hoja de datos con el resultado.

INFORMES

Informe el contenido de hidroquinona en partes por millón, ppm.

Método de cromatografía líquida para hidroquinona en acetato de vinilo: Ejemplo 2**HIDROQUINONA (HQ)**

a) Analice una parte de la muestra utilizando el siguiente procedimiento de

cromatografía líquida de alta presión por fase inversa.

b) Parámetros del instrumento

Instrumento	Hewlett Packard High Pressure Pressure Liquid Chromatograph, Modelo 1090 o su equivalente.
Columna	Merck LiChrospher Reverse Phase High Pressure Liquid Chromatographic Column, LiChrospher 100 RP 18. 12.5 cm x 4.0 mm con 5 µm de partículas esféricas. Disponible de VWR Scientific.
Eluyente (A)	Ácido fosfórico (0.01%) en agua.
Eluyente (B)	Acetonitrilo.
Programa de gradiente	90% A: 10% B por 4 minutos; programado a 50% A: 50% B a 12 minutos; programado al 100% B en 19 minutos. Mantener a 100% B por 6 minutos.
Tiempo total de ejecución	25 minutos.
Tiempo de equilibración del instrumento (entre análisis)	5 minutos.
Temperatura de la columna	40°C.
Detectores	Detector ultravioleta/visible operado a 285 nm.
Tamaño de muestra	20 µL.
Gas para llenar	Helio.

NOTA: El monómero de acetato de vinilo refinado no debe ser filtrado debido a la posibilidad de contaminación a causa del filtro.

- c) Procedimiento: Analice una porción de la muestra según los parámetros descritos en el párrafo 6b.
- d) Antes de ejecutar una secuencia de muestras de acetato de vinilo, o si el instrumento no se ha utilizado por más de 2 horas, realice una secuencia de lavado del inyector.
- e) Si la lámpara UV ha estado apagada por un período de tiempo, enciéndala y permita unos 15 minutos para el calentamiento y el equilibrio.
- f) Calibración: Los estándares de hidroquinona se preparan pesando aproximadamente 0.2500 g de HQ en aproximadamente 26 g de acetato de vinilo refinado. Esto da una solución que contiene alrededor de 0.9 de porcentaje de inhibidor en peso. La dilución secuencial de este material con acetato de etilo se hace para obtener una serie de estándares que contienen aproximadamente 0.45, 0.10, 0.015, 0.01, 0.001 y 0.0005 por ciento de Inhibidor en peso.
- g) Analice los estándares según los parámetros mostrados en el párrafo 6b.
- h) En papel de gráfica, grafique el porcentaje de inhibidor en peso conocido (eje de y) en comparación con el conteo de área pico. El factor de calibración para hidroquinona es la pendiente de su curva de calibración dada (y/x o porcentaje en peso/conteo del área pico).
- i) Cálculo: Calcule la concentración de inhibidor en la muestra utilizando la siguiente ecuación:

Porcentaje de inhibidor en peso, $i = \text{Pendiente } i \times \text{conteo de área pico } i \times 100$

En la que la

pendiente $i =$ pendiente de la curva de calibración para hidroquinona, generada en el párrafo 6h.
 conteo de área pico $i =$ área pico de hidroquinona tomada del cromatograma de la muestra.

Método alternativo

- j) Sulfato cérico, solución estándar de 0.002 N, agente reactivo número 29M12.2:
 Disuelva 1.096 g de nitrato de amonio cérico $(\text{NH}_4)_2\text{Ce}_3(\text{NO}_3)_6$, en 28.0 mL de ácido sulfúrico concentrado. Con agitación, lentamente vierta la solución cérica en 200 mL de agua destilada contenida en un vaso de precipitación de 600 mL. Cuando la solución esté completa, transfírela a un matraz de 1 litro y diluya hasta la marca con agua destilada.
- k) Indicador de difenilamina, número de agente reactivo B7C3.2: Disuelva 0.1 g de difenilamina en 100 mL de ácido sulfúrico concentrado. Almacénelo en una botella marrón.
- l) Estándar de hidroquinona: Pese 0.2000 g de hidroquinona al 0.1 mg más cercano. Disuelva y diluya con agua destilada hasta exactamente 1000 mL en un matraz volumétrico. Esta es una solución inestable. La hidroquinona se oxida lentamente a benzoquinona que es inerte al agente reactivo, por lo tanto, la solución debe desecharse al cabo de una semana de uso normal.
- m) Estandarización de agentes reactivos: Pipetee porciones de 10 ml de la solución de hidroquinona en cada uno de los dos matraces de 100 ml. Agregue 3 gotas del indicador de difenilamina y titule con el agente reactivo de sulfato cérico hasta un punto final azul claro, utilizando una bureta de 25 ml. Las titulaciones deben ser de aproximadamente 20 ml y deben coincidir dentro de 0.5 mL. Promedie los dos valores y use en los cálculos.
- n) Procedimiento: Pipetee 50 ml de la muestra a un matraz de 250 ml.
- o) Evapore la muestra a temperatura ambiente pasando una corriente de gas nitrógeno o aire limpio por el matraz. El aire de la bomba de flujo debe pasar a través de un filtro de fibra de vidrio antes de ingresar al matraz con la muestra. Mantenga el flujo de aire justo por debajo de un nivel que cause salpicadura de la muestra. La parte del tubo de entrega en el matraz debe ser de metal, vidrio o plástico inerte, como polietileno o teflón.
- p) Después de la evaporación completa, que requiere de 45 a 60 minutos, retire la corriente de gas y disuelva la hidroquinona en 25 ml de agua destilada.
- q) Agregue 3 gotas de indicador de difenilamina, usando el mismo gotero que usó la estandarización del agente reactivo, y titule con la solución de sulfato cérico hasta un punto final azul claro, permanente durante 15 segundos. Al nivel de 4 ppm, esto requiere aproximadamente 2 ml de titulación.
- r) Cálculo:

$$[(V \times F)/(S)] \times 1000 = \text{ppm de hidroquinona en la muestra}$$

$V =$ mL $\text{Ce}(\text{HSO}_4)_4$ agente reactivo requerido para titular la muestra, del párrafo 6r.

$F =$ factor = (mg HQ en una alícuota de 10 ml, párrafo 6m) ÷ (promedio mL $\text{Ce}(\text{HSO}_4)_4$ de agente reactivo, párrafo 6n).

$S = \text{gramos de muestra usados} = 50 \times \text{gravedad específica}$

s) Referencia: Método ASTM D 2193.

VINYL ACETATE COUNCIL

(Consejo del Acetato de Vinilo)

1250 Connecticut Avenue, NW
Suite 700
Washington, DC 20036
USA
www.vinylacetate.org