

Ficha de Datos de Seguridad (SDS)

2,3,3,3-tetrafluoropropeno (R1234yf / HFO-1234yf)

N.º CAS: 754-12-1 N.º ONU: 3161 Fecha de emisión: Aug 29, 2026 Versión: 1.0

1 Identificación

1.1 Identificador del producto

Nombre químico	2,3,3,3-tetrafluoropropeno
Nombres comunes / sinónimos	R1234yf, HFO-1234yf, HFO1234yf, tetrafluoropropeno, Opteon YF
Número CAS	754-12-1
Número ONU	3161 (gas licuado inflamable)
Código de mercancías peligrosas	Clase 2.1 Gas inflamable
Fórmula molecular	CF ₃ CF=CH ₂ (C ₃ H ₂ F ₄)
Peso molecular	114.04 g/mol
Uso recomendado	Refrigerante HFO de cuarta generación; se utiliza principalmente en sistemas de aire acondicionado de automóviles como sustituto del R134a; también se emplea en aire acondicionado residencial/comercial y enfriadores

1.2 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Nombre del proveedor	Hangzhou Wula Químico Co., Ltd.
Dirección	Calle Longtan N.º 7, Distrito de Yuhang, Hangzhou, Provincia de Zhejiang, China
Código postal	311100
Teléfono	+86-571-87024025
Fax	+86-571-87024025
Correo electrónico	safety@wulachem.cn

1.3 Número de teléfono de emergencia

Línea directa nacional de emergencias químicas (China): +86-532-83889090 (24 horas)

Contacto de emergencia del proveedor: +86-571-87024025

2 Identificación de peligros

2.1 Clasificación GHS

Clasificación de peligrosidad:

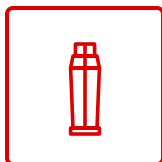
- Gas inflamable (Peligro físico) — Categoría 2 (inflamabilidad inferior, clase A2L)
- Gas comprimido (Peligro físico) — Gas licuado
- Lesiones oculares graves/irritación ocular (Peligro para la salud) — Categoría 2B

Nota: El R1234yf es un gas levemente inflamable de clase A2L según ASHRAE. Los límites de inflamabilidad son 6.2%–12.3% (vol en aire); la velocidad de combustión es muy baja y la energía de ignición relativamente alta. En la mayoría de las condiciones prácticas de uso es difícil de inflamar, pero debe gestionarse igualmente como un gas inflamable. GWP < 1 (~0.3); es un refrigerante HFO de cuarta generación con GWP ultrabajo.

2.2 Elementos de la etiqueta GHS



GHS02 Llama



GHS04 Bombona de gas



GHS07 Signo de exclamación

Palabra de advertencia: **ATENCIÓN**

Indicaciones de peligro:

- H221** Gas inflamable.
- H280** Contiene gas a presión; puede explotar si se calienta.
- H316** Provoca una ligera irritación cutánea.
- H320** Provoca irritación ocular.

Consejos prudentes:

- P102** Lea y comprenda todas las precauciones de seguridad antes de la manipulación.
- P210** Mantener alejado de calor, superficies calientes, chispas, llamas abiertas y otras fuentes de ignición. No fumar.
- P271** Utilizar únicamente en exteriores o en un lugar bien ventilado.

P280 Llevar guantes/prendas/gafas/máscara de protección.

P305+P351+P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P377 Fuga de gas en llamas: No apagar, salvo si la fuga puede detenerse sin peligro.

P381 En caso de fuga, eliminar todas las fuentes de ignición.

P403 Almacenar en un lugar bien ventilado.

P410+P403 Proteger de la luz solar. Almacenar en un lugar bien ventilado.

P405 Guardar bajo llave.

2.3 Otros peligros

- El vapor es más pesado que el aire (densidad de vapor ~3.9, aire = 1) y puede extenderse largas distancias por el suelo; puede retroceder en forma de llama hasta la fuente de ignición.
- Se descompone a altas temperaturas produciendo gases tóxicos y corrosivos (fluoruro de hidrógeno, monóxido de carbono, fluoruro de carbonilo, etc.).
- Las botellas pueden romperse o estallar al calentarse debido al aumento de la presión interna.
- Gas levemente inflamable A2L: velocidad de combustión muy baja, energía de ignición relativamente alta, pero sigue presentando un riesgo de incendio/explosión en ambientes confinados o enriquecidos con oxígeno.
- Vida atmosférica muy corta (~11 días); degradación rápida; baja persistencia ambiental.

3 Composición/información sobre los ingredientes

3.1 Sustancia/mezcla

Este producto es una sustancia pura.

3.2 Información sobre la composición

Nombre del componente	CAS N.º	Concentración (en masa)
2,3,3,3-tetrafluoropropeno	754-12-1	≥99.5% (grado superior ≥99.9%)

3.3 Información sobre impurezas

Impureza	Límite de especificación
Acidez (como HCl)	≤1 ppm

Humedad	≤ 10 ppm
Residuo por evaporación	≤ 100 ppm
Gas no condensable (25°C, vol%)	$\leq 1.5\%$
Cloruro	Apta

4 Medidas de primeros auxilios

4.1 Descripción de las medidas de primeros auxilios necesarias

Consejos generales: Retire a la víctima del área contaminada de inmediato. Manténgala abrigada y en reposo. Muestre esta FDS al médico que la atienda.

Inhalación:

- Mover a la víctima al aire fresco inmediatamente. Mantener la vía aérea despejada.
- Administrar oxígeno si la respiración es difícil.
- Si no respira, practique respiración artificial (preferiblemente con mascarilla de válvula-ballón o mascarilla de bolsillo; evite la boca a boca).
- Si no hay pulso, iniciar reanimación cardiopulmonar (RCP) inmediatamente.
- Mantener a la víctima abrigada y en reposo. Vigilar estrechamente su estado.
- Buscar atención médica inmediatamente.

Contacto cutáneo (congelación):

- Enjuagar inmediatamente la zona afectada con grandes cantidades de agua tibia (37–40°C) para favorecer el recalentamiento.
- NO utilizar agua caliente (>40°C) ni calor directo (p. ej., calentadores eléctricos).
- No frotar ni masajear la zona congelada; esto puede empeorar el daño tisular.
- Quitar con cuidado la ropa congelada. Si la ropa se pega a la piel, no tirar de ella; cortar alrededor.
- Cubrir con apósito estéril.
- Si aparecen síntomas de irritación o la congelación es grave, busque atención médica de inmediato.

Contacto con los ojos:

- Mantener inmediatamente los párpados abiertos y enjuagar abundantemente con agua o suero fisiológico durante al menos 15 minutos.
- Asegurar el lavado completo de todas las superficies oculares levantando los párpados superior e inferior.
- Quitar las lentes de contacto si están puestas y se retiran fácilmente.
- Buscar atención médica inmediatamente, preferiblemente de un oftalmólogo.

Ingestión:

No procede. Esta sustancia es un gas a temperatura ambiente; no se prevé exposición por ingestión.

4.2 Síntomas y efectos más importantes, tanto agudos como retardados

- Inhalación aguda: mareo, somnolencia, dolor de cabeza, náuseas, ataxia, pérdida de conocimiento, arritmia cardíaca.
- Contacto con la piel (líquido): congelación (piel pálida, dura, dolor, ampollas); puede causar irritación cutánea leve.
- Contacto con los ojos (líquido): congelación grave, daño corneal, deterioro visual; puede causar irritación ocular.
- Exposición por combustión: si se produce combustión, la inhalación de productos de descomposición térmica (HF, etc.) puede causar quemaduras respiratorias graves y edema pulmonar.

4.3 Indicación de cualquier atención médica inmediata y tratamiento especial necesario

Notas para los médicos:

- Terapia sintomática y de soporte. Mantener la vía aérea; administrar oxígeno si es necesario.
- Vigilar la función cardíaca; la exposición a alta concentración puede causar arritmias.
- Evite los fármacos catecolaminérgicos (p. ej., epinefrina/adrenalina) — pueden aumentar la sensibilidad miocárdica a los hidrocarburos fluorados y precipitar fibrilación ventricular.
- Tratar la congelación según protocolos estándar: recalentamiento con agua tibia (37–40°C). NO utilizar calor seco ni masajes.
- Si se sospecha inhalación de HF u otros productos de descomposición térmica, vigile estrechamente las vías respiratorias y el edema pulmonar; administre tratamiento con calcio/gluconato según sea necesario.

5 Medidas de lucha contra incendios

Alerta de inflamabilidad: El R1234yf es un gas levemente inflamable de clase A2L. Los límites de inflamabilidad son 6.2%–12.3% (vol en aire). Aunque la velocidad de combustión es muy baja y la energía de ignición relativamente alta, aún puede arder o explotar en ambientes confinados o enriquecidos con oxígeno en presencia de una fuente de ignición. Debe gestionarse como un gas inflamable para la lucha contra incendios.

5.1 Medios de extinción

Agentes extintores adecuados: Utilice un agente extintor adecuado para el fuego circundante. Son aceptables polvo seco, dióxido de carbono, niebla de agua y espuma.

Agentes extintores no adecuados: Dirija un chorro de agua potente directamente sobre el gas licuado que escapa (aceleración la evaporación y la dispersión).

5.2 Peligros especiales derivados de la sustancia o mezcla

- El R1234yf es un gas inflamable; límites de inflamabilidad 6.2%–12.3% (vol en aire).
- El vapor es más pesado que el aire y puede acumularse en zonas bajas; puede retroceder en forma de llama hasta la fuente de ignición.
- La descomposición térmica a altas temperaturas produce gases tóxicos y corrosivos: fluoruro de hidrógeno, monóxido de carbono, fluoruro de carbonilo, etc.
- Las botellas pueden romperse o estallar al calentarse. Si un incendio de gas fugitivo no puede detenerse en la fuente, no lo extinga.

5.3 Productos de combustión peligrosos

Fluoruro de hidrógeno (HF), monóxido de carbono (CO), fluoruro de carbonilo (COF₂), y otros compuestos fluorados.

5.4 Consejos para los bomberos

- Los bomberos deben usar equipo de respiración autónomo de presión positiva (SCBA) y ropa protectora ignífuga completa.
- Si la fuente de gas fugitivo ya está en llamas y no puede cerrarse, NO la extinga — deje que el gas continúe ardiendo mientras se enfrían los recipientes circundantes (principio de «no extinguir si la fuente no puede cerrarse»).
- Si la fuente puede cerrarse con seguridad, ciérrela y luego extinga.
- Si es posible, mover los recipientes del área de incendio a un lugar seguro.
- Enfriar los recipientes con pulverización de agua desde una distancia segura hasta que se extinga el incendio.
- Evacuar inmediatamente si los recipientes muestran decoloración o si los dispositivos de alivio de presión empiezan a ventilar.
- Aisle el área; mantenga alejado al personal no autorizado; elimine todas las fuentes de ignición.

6 Medidas en caso de liberación accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

- Evacuar inmediatamente al personal de la zona de fuga a ubicaciones de barlovento. Establecer un perímetro y restringir el acceso.

- Elimine todas las fuentes de ignición (llama abierta, chispas, electricidad estática); prohíba el uso de equipos y herramientas que generen chispas.
- Los socorristas deben llevar SCBA, ropa ignífuga antiestática, guantes criogénicos y protección ocular.
- Entrar desde la dirección de barlovento.
- Detenga la fuga si puede hacerlo sin peligro.
- No tocar ni caminar a través del material derramado.
- Mantenga personal de contacto de emergencia para apoyo externo.

6.2 Precauciones ambientales

- Evite que el gas penetre en alcantarillado, sótanos o espacios confinados (la acumulación de gas inflamable supone un riesgo de explosión).
- Ventilar la zona para acelerar la dispersión.
- El R1234yf tiene un GWP extremadamente bajo (<1); las liberaciones masivas tienen un impacto climático mínimo, pero se prefiere la recuperación.
- Evitar la liberación a cursos de agua y suelo.

6.3 Métodos y materiales de contención y limpieza

- **Fuga pequeña:** Aumente la ventilación para acelerar la dispersión del gas. Vigile la concentración de gas inflamable y los niveles de oxígeno para prevenir incendios y asfixia.
- **Fuga grande:**
 - Cierre la válvula de la fuente si es seguro hacerlo; elimine las fuentes de ignición cercanas.
 - Recupere con equipo dedicado de recuperación de gas.
 - Si no es posible la recuperación, utilice niebla de agua para diluir (evite la contaminación del agua).
 - Si la válvula de la botella no puede cerrarse, traslade la botella a un área ventilada y segura y ventee lentamente.
- **Fuga de bombona:** Traslade la botella a un área segura bien ventilada y ventee lentamente. Si la válvula no puede cerrarse, contacte al proveedor para su manejo profesional.

6.4 Referencia

Véase la sección 8 (Controles de exposición/protección personal) y la sección 13 (Consideraciones relativas a la eliminación).

Peligro crítico: El vapor de R1234yf es aproximadamente 3.9 veces más pesado que el aire y se acumulará en zonas bajas y confinadas, creando tanto una atmósfera deficiente en oxígeno como un riesgo de incendio/explosión. Compruebe siempre los niveles de oxígeno (deben ser $\geq 19.5\%$) y la concentración de gas inflamable (por debajo del 10% del LEL) y utilice el sistema de compañero antes de entrar en espacios confinados o zonas bajas; nunca introduzca fuentes de ignición en tales áreas.

7.1 Precauciones para una manipulación segura

- Manipular en sistemas cerrados con ventilación natural adecuada o extracción localizada.
- El personal debe estar especialmente capacitado y seguir estrictamente los procedimientos operativos. Solo personal certificado.
- Evitar fugas de gas a la atmósfera del lugar de trabajo.
- **Gestión de gas inflamable:** Mantenga alejado del fuego y de fuentes de calor; no fume en las áreas de trabajo; utilice sistemas y equipos de ventilación a prueba de explosiones; evite la acumulación de electricidad estática, asegure que el equipo y la tubería estén conectados a tierra de forma fiable.
- Evite el contacto con metales reactivos y agentes oxidantes fuertes.
- Maneje las botellas con cuidado; no las deje caer, deslice, ruede ni golpee. Utilice equipo de elevación adecuado.
- Equipe el área con equipo de respuesta ante fugas de emergencia.
- Usar guantes aislantes y protección ocular/facial al manipular líquido para evitar congelación.
- Inspeccione periódicamente botellas, válvulas y tuberías en busca de fugas.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas las incompatibilidades

- Almacene en un almacén fresco, seco y bien ventilado para gases inflamables; almacene por separado de gases oxidantes y oxidantes.
- La temperatura de almacenamiento no debe superar los 45°C. Mantenga alejado del fuego, fuentes de calor y luz solar directa.
- Almacene por separado de oxidantes, metales reactivos, halógenos, etc. No almacene junto con materiales incompatibles.
- El área de almacenamiento debe estar equipada con equipo de respuesta ante fugas de emergencia y equipo de extinción de incendios adecuado.
- Las bombonas deben almacenarse en posición vertical con tapones de válvula y anillos de seguridad en su lugar, debidamente aseguradas para evitar caídas.
- Utilice sistemas de iluminación y ventilación a prueba de explosiones.
- Prohibir el uso de equipos y herramientas que puedan generar chispas.
- El área de almacenamiento debe estar equipada con alarmas de detección de gas inflamable y señales de advertencia de seguridad claras.
- Implementar sistema de recepción/expedición de dos personas y custodia de dos personas.

7.3 Usos finales específicos

Solo para uso industrial. Se utiliza principalmente en sistemas de aire acondicionado de automóviles (como sustituto del R134a) y aire acondicionado residencial/comercial, enfriadores, etc. El personal debe estar profesionalmente formado. No lo utilice para contacto directo con alimentos, inhalación médica u otras

aplicaciones no aprobadas. Los sistemas que utilicen R1234yf deben tener en cuenta su leve inflamabilidad e incorporar medidas adecuadas de protección a prueba de explosiones y detección de fugas.

8 Controles de exposición/protección personal

8.1 Parámetros de control

OEL de China (límite de exposición ocupacional)	Sin límite legal establecido. Referencia recomendada: WEEL 500 ppm (TWA, 8 hr)
AIHA WEEL-TWA (EE. UU.)	500 ppm (aprox. 2280 mg/m ³), promedio ponderado en el tiempo de 8 horas
OSHA PEL-TWA (EE. UU.)	Sin límite específico establecido (consulte WEEL)
Valor límite biológico	No establecido

Nota: Según GBZ 2.1-2019, esta sustancia no figura actualmente en la tabla china de OEL. Se recomienda utilizar normas internacionales como referencia.

8.2 Métodos de control de la exposición

Cromatografía de gases con detección por ionización de llama (GC-FID) o espectrometría de masas (GC-MS); detectores de gas combustible (tipo infrarrojo o de combustión catalítica) para la vigilancia de la concentración de gas inflamable en el lugar de trabajo.

8.3 Controles de ingeniería apropiados

- Diseño de proceso cerrado con ventilación general o extracción localizada.
- Proporcionar ducha de seguridad y estación de lavado de ojos.
- Instale alarmas de detección de gas inflamable en las zonas donde puedan producirse fugas, interbloqueadas con los sistemas de ventilación.
- Utilice equipos eléctricos a prueba de explosiones; todo el equipo y la tubería deben estar conectados a tierra de forma fiable para la protección contra la electricidad estática.

8.4 Medidas de protección individual

Protección respiratoria:

- Condiciones normales (por debajo del límite de exposición): no se requiere protección especial.
- Concentraciones elevadas: se recomienda media mascarilla con cartucho de vapor orgánico.
- Concentración alta o rescate/evacuación de emergencia: debe llevarse un aparato de respiración autónomo de presión positiva (SCBA).

Protección ocular/facial:

- Manejo general: gafas de seguridad química.

- Al manipular líquido o exposición potencial a líquido: deben usarse gafas/pantalla facial para prevenir la congelación.

Protección de la piel:

- Protección de las manos: guantes antiestáticos para el manejo normal; guantes aislantes criogénicos (p. ej., guantes de hielo seco, guantes de cuero para frío) para el contacto con líquido.
- Protección del cuerpo: ropa de trabajo ignífuga antiestática; ropa resistente al frío para el contacto con líquido.
- Otros: no fume en las áreas de trabajo; evite la inhalación a alta concentración; utilice el sistema de compañero al entrar en tanques, espacios confinados u otras áreas de alta concentración; utilice herramientas a prueba de explosiones.

8.5 Medidas de higiene

- Retire la ropa contaminada y lave la piel a fondo tras el trabajo.
- Mantener una buena higiene personal.
- Asegurarse de que haya lavaojos y ducha de emergencia disponibles en el lugar de trabajo.

9 Propiedades físicas y químicas

9.1 Propiedades físico-químicas básicas

Aspecto y olor	Gas incoloro con un leve olor etéreo; gaseoso a temperatura y presión ambientales; líquido transparente incoloro bajo presión
Umbral de olor	No disponible (leve olor tipo éter)
pH	No aplicable (gas)
Punto de fusión / Punto de congelación	-149.7 °C
Punto de ebullición / Rango de ebullición (101.3 kPa)	-29.4 °C
Punto de inflamación	Ninguno (gas inflamable; el concepto de punto de inflamación no es aplicable)
Velocidad de evaporación	No disponible
Inflamabilidad (gas)	Inflamable (clase A2L, inflamabilidad inferior)
Límites explosivos (superior/inferior, % vol en aire)	Superior 12.3% / Inferior 6.2%

Velocidad de combustión	~0.015 m/s (muy baja, velocidad de combustión laminar)
Energía mínima de ignición	Alta (> 10,000 mJ, muy por encima de los gases inflamables comunes)
Presión de vapor (25°C)	580 kPa
Densidad de vapor (aire = 1)	~3.9 (más pesado que el aire)
Densidad relativa (líquido, 25°C)	1.147 g/cm ³
Solubilidad	Ligeramente soluble en agua; soluble en etanol, éter y otros disolventes orgánicos
Coeficiente de reparto octanol/agua (log P)	~2.04
Temperatura de autoignición	~405 °C
Temperatura de descomposición	Descomposición térmica a altas temperaturas

9.2 Propiedades termodinámicas

Temperatura crítica	94.7 °C
Presión crítica	3382 kPa (3.38 MPa)
Densidad crítica	0.473 g/cm ³
Calor de vaporización (en el punto de ebullición)	~181 kJ/kg
Calor específico del líquido (25°C)	~1.51 kJ/(kg·°C)

9.3 Otros datos de seguridad

Grupo de seguridad ASHRAE	A2L (baja toxicidad, inflamabilidad inferior)
Potencial de agotamiento del ozono (PAO)	0 (no agota la capa de ozono; véase la Sección 12.6)
Potencial de calentamiento global (PCA, 100-yr)	<1 (~0.3, GWP ultrabajo; véase la Sección 12.6)

10 Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Químicamente estable en condiciones normales de temperatura y presión; no es fácilmente reactivo. Sin embargo, presenta un rango inflamable en aire (6.2%–12.3%) y puede arder con una fuente de ignición.

10.2 Estabilidad química

Estable en condiciones normales de temperatura y presión. Dentro del rango de concentración inflamable, puede arder con una fuente de ignición (levemente inflamable A2L; velocidad de combustión muy baja). Contiene un doble enlace carbono-carbono pero no polimeriza fácilmente a temperatura ambiente.

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

- En aire (6.2%–12.3% en volumen), puede arder con una fuente de ignición (llama abierta, calor intenso, chispa eléctrica). La velocidad de combustión es muy baja y la energía de ignición relativamente alta.
- La descomposición térmica a altas temperaturas produce fluoruro de hidrógeno tóxico, monóxido de carbono y fluoruro de carbonilo.
- Puede reaccionar con metales alcalinos, metales alcalinotérreos y polvo de aluminio a alta temperatura o en condiciones específicas.
- Puede someterse a reacciones de oxidación-reducción con agentes oxidantes fuertes.

10.4 Condiciones a evitar

Alta temperatura, llama abierta, fuentes de ignición (chispas eléctricas, electricidad estática), fuentes de calor directo, sobrepresión de la botella

10.5 Materiales incompatibles

Metales reactivos (sodio, potasio, calcio, polvo de aluminio, polvo de magnesio, etc.), agentes oxidantes fuertes, halógenos

10.6 Productos de descomposición peligrosos

Fluoruro de hidrógeno (HF), monóxido de carbono (CO), fluoruro de carbonilo (COF₂), y otros compuestos fluorados

10.7 Polimerización peligrosa

No ocurrirá en condiciones normales de almacenamiento y uso.

11 Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad aguda:

Rata, inhalación CL ₅₀ (4 h)	> 500,000 ppm (concentración más alta ensayada; baja toxicidad)
Ratón, inhalación CL ₅₀ (4 h)	> 500,000 ppm
LD cutánea en conejo ₅₀	No disponible (sustancia gaseosa)

11.2 Irritación/corrosión cutánea

El contacto con el líquido puede causar congelación (lesión física). Clasificación GHS: irritación cutánea leve (Categoría 2B, H316). No es un corrosivo químico.

11.3 Irritación/corrosión ocular

El contacto con el líquido puede causar congelación grave y daño corneal. Clasificación GHS: Lesiones oculares graves/irritación ocular Categoría 2B (H320), causa irritación ocular.

11.4 Sensibilización respiratoria o cutánea

No se ha reportado sensibilización. Los datos disponibles de pruebas en animales y de epidemiología humana no muestran efecto de sensibilización.

11.5 Mutagenicidad en células germinales

Las pruebas in vitro e in vivo (test de Ames, test de aberración cromosómica, test de micronúcleos en ratón, etc.) no muestran efecto mutágeno.

11.6 Carcinogenicidad

Evidencia insuficiente de carcinogenicidad.

- IARC (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer): No incluido
- ACGIH (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales): Categoría A4 (No clasificable como carcinógeno humano)
- EPA (Agencia de Protección Ambiental de EE. UU.): Grupo D (No clasificable en cuanto a carcinogenicidad humana)

11.7 Toxicidad reproductiva

Los estudios en animales muestran una NOAEL de inhalación subcrónica de 50,000 ppm, sin toxicidad reproductiva o del desarrollo significativa. No hay datos de toxicidad reproductiva humana disponibles.

11.8 Toxicidad sistémica específica de órganos - exposición única

- Efectos cardíacos: la exposición a alta concentración puede causar arritmia cardíaca, especialmente bajo estrés o ejercicio (sensibilización por catecolaminas).

- La inhalación a alta concentración puede causar leve depresión del sistema nervioso central (mareo, somnolencia).

11.9 Toxicidad sistémica específica de órganos - exposición repetida

Los estudios de inhalación subcrónica (28 y 90 días) no muestran toxicidad significativa en órganos diana por debajo de la NOAEL de 50,000 ppm. La exposición repetida a baja concentración no muestra daño orgánico claro.

11.10 Peligro de aspiración

No se espera que cause neumonía por aspiración en forma gaseosa. Sin embargo, la inhalación a alta concentración puede causar depresión del SNC y sensibilización cardíaca. Si se produce combustión, la inhalación de productos de descomposición térmica (HF) puede causar quemaduras respiratorias graves y edema pulmonar.

12

Información ecológica

12.1 Ecotoxicidad

Toxicidad aguda para peces (CL ₅₀ , 96 h)	> 100 mg/L (baja toxicidad para peces)
Toxicidad aguda para dafnias (CE ₅₀ , 48 h)	> 100 mg/L
Inhibición del crecimiento de algas (CE ₅₀ , 72 h)	> 100 mg/L
Toxicidad bacteriana	No disponible

12.2 Persistencia y degradabilidad

- Degradación atmosférica: degradado principalmente por reacción con radicales hidroxilo; vida atmosférica muy corta de ~11 días; degradación rápida; baja persistencia ambiental.
- Biodegradabilidad: datos de biodegradabilidad limitados disponibles, pero baja persistencia ambiental debido a la rápida degradación atmosférica.
- Hidrólisis: No se hidroliza fácilmente a temperatura ambiente.
- Fotodegradación: degradado fotoquímicamente rápidamente en la atmósfera.

12.3 Potencial de bioacumulación

log P = 2.04. Potencial de bioacumulación relativamente bajo (por debajo del umbral de bioconcentración de log P = 4.5).

12.4 Movilidad en el suelo

Altamente volátil en forma gaseosa. Baja solubilidad en agua. Alta movilidad. Se volatiliza fácilmente hacia la atmósfera y se degrada rápidamente al liberarse al suelo.

12.5 Resultados de la evaluación PBT y vPvB

No cumple los criterios PBT (persistente, bioacumulativo y tóxico) / vPvB (muy persistente y muy bioacumulativo). Vida atmosférica corta; no es una sustancia persistente.

12.6 Otros efectos adversos

- **Potencial de agotamiento del ozono (PAO):** 0 (no agota la capa de ozono; sustancia no ODS de clase HFO)
- **Potencial de calentamiento global (PCA, horizonte temporal de 100 años):** <1 (~0.3, en relación con $\text{CO}_2 = 1$, GWP ultrabajo)
- El R1234yf es un refrigerante HFO de cuarta generación con GWP ultrabajo (<1) y vida atmosférica corta (~11 días); impacto climático mínimo; un sustituto preferido para refrigerantes de alto GWP como el R134a.
- No es una sustancia controlada en virtud del Protocolo de Montreal; debido a su GWP ultrabajo, no es un gas de efecto invernadero primario controlado en virtud del Protocolo de Kioto.
- Los productos de degradación pueden incluir ácido trifluoroacético (TFA), que puede acumularse en masas de agua locales, pero la investigación actual indica un impacto limitado en los ecosistemas acuáticos.

13

Consideraciones sobre la eliminación

13.1 Métodos de tratamiento de residuos

Producto/residuos:

- La recuperación y reciclaje (purificación y reutilización) es el enfoque preferido.
- El R1234yf tiene un GWP extremadamente bajo, pero como gas inflamable no debe liberarse a la atmósfera arbitrariamente.
- Si la recuperación no es factible, elimínelo a través de una instalación de tratamiento de residuos peligrosos autorizada.
- La incineración a alta temperatura con un lavador alcalino para la eliminación de fluoruro es un método aceptable. La incineración debe asegurar una combustión completa y abordar los riesgos de gas inflamable.
- No descargue en alcantarillado, cursos de agua ni suelo.

Envase contaminado:

- Las bombonas vacías deben devolverse al proveedor o a una instalación cualificada para su eliminación. No desechar ni cortar bombonas vacías.
- Las botellas vacías con presión residual se gestionan como residuos peligrosos. El gas inflamable residual debe ventearse de forma segura bajo ventilación antes de su eliminación.

13.2 Precauciones especiales para la eliminación

- Consultar las normativas nacionales y locales antes de la eliminación (p. ej., Ley de Prevención y Control de la Contaminación por Residuos Sólidos, Normas de Control de la Contaminación por el Almacenamiento de Residuos Peligrosos, etc.).
- El personal debe usar el equipo de protección personal adecuado (véase la sección 8).
- Asegure una buena ventilación para prevenir la asfixia y la acumulación de gas inflamable. No haya fuentes de ignición en el lugar de eliminación.
- La eliminación debe ser realizada por una instalación cualificada y con licencia.
- Se deben mantener registros de eliminación.

14

Información sobre el transporte

14.1 Número ONU

3161 (2,3,3,3-tetrafluoropropeno, gas licuado inflamable)

14.2 Nombre oficial de transporte de la ONU

2,3,3,3-TETRAFLUOROPROPENO

14.3 Clase(s) de peligro para el transporte

Clase 2.1 Gas inflamable

14.4 Grupo de embalaje

No aplicable (a los gases de la clase 2 no se les asigna un grupo de embalaje)

14.5 Marca de embalaje / Etiqueta de peligro

- Etiqueta de peligro principal: Gas inflamable (rojo, Clase 2.1)
- Etiqueta de peligro secundario: Ninguna

14.6 Métodos y materiales de contención y embalaje

- Botellas de acero sin costuras. Las botellas deben cumplir las normas nacionales aplicables (p. ej., GB 5099).
- Tamaños de envase comunes: botellas de 5 kg, 10 kg, 13.6 kg, 50 kg, 100 kg, y contenedores de tanque ISO.
- Dirección de la rosca de salida de la válvula de la bombona: rosca izquierda para gases inflamables.

14.7 Requisitos especiales para los diferentes modos de transporte

Transporte por carretera (GB/T 12268 / ADR):

- Los vehículos deben tener licencia de transporte de carga peligrosa y estar equipados con arrestallamas.
- Las bombonas deben tener tapones de válvula y anillos de seguridad en su lugar.
- Las bombonas generalmente se colocan planas con las válvulas apuntando en la misma dirección; No apilar en cruz. La altura no debe exceder la barandilla del vehículo.

- Transportar durante la mañana/tarde temprana en verano para evitar la luz solar directa.
- Seguir rutas designadas; No detenerse en zonas residenciales o densamente pobladas.
- El vehículo debe estar equipado con equipo de extinción de incendios y equipo de respuesta ante fugas.

Transporte por ferrocarril (RID):

- Prohibido el montaje por gravedad (sin clasificación de rodadura libre).
- Transportar en vagones cerrados; bombonas en posición vertical o colocadas planas y aseguradas.

Transporte marítimo (Código IMDG):

- ONU 3161, Clase 2.1
- Contaminante marino: No
- Categoría de estiba: D (solo en cubierta)
- Mantenga alejado de fuentes de calor; aíse de las fuentes de ignición

Transporte aéreo (OACI/IATA DGR):

- ONU 3161, Clase 2.1
- Gas licuado inflamable
- Prohibido en aviones de pasajeros (solo avión de carga, sujeto a límites de cantidad)

14.8 Precauciones especiales para el usuario

- No transporte junto con oxidantes, metales reactivos, halógenos o productos alimentarios/pienso.
- Los vehículos deben estar equipados con equipo de extinción de incendios adecuado y equipo de respuesta de emergencia ante fugas.
- El personal de transporte debe estar especialmente capacitado y certificado.
- Proteger de la luz solar, la lluvia y las altas temperaturas durante el tránsito.
- Al detenerse en ruta, mantenerse alejado del fuego, fuentes de calor y zonas de alta temperatura.
- Los tubos de escape de los vehículos que transportan este producto deben estar equipados con apagachispas.
- Cargue y descargue con cuidado para evitar daños a las botellas y accesorios; utilice herramientas a prueba de explosiones y evite la acumulación de electricidad estática.

15 Información reglamentaria

15.1 Reglamentos/legislación de seguridad, salud y medio ambiente específicos para la sustancia o mezcla

Reglamentos chinos:

- Reglamento sobre la Gestión de la Seguridad de los Productos Químicos Peligrosos (Decreto N.º 591 del Consejo de Estado)
- Catálogo de Productos Químicos Peligrosos (edición 2015): componentes relevantes incluidos

- Serie GB 30000 (Reglas para la clasificación y el etiquetado de productos químicos)
- GB/T 16483-2008 (Contenido y orden de las secciones de la ficha de datos de seguridad para productos químicos)
- Reglamento sobre el Uso Seguro de Productos Químicos en el Lugar de Trabajo (Ministerio de Trabajo, 1996)
- GBZ 2.1-2019 (Límites de exposición ocupacional para agentes peligrosos en el lugar de trabajo — Parte 1: Agentes químicos)
- TSG 23-2021 (Reglamento Técnico de Seguridad para Botellas de Gas)
- Reglamento sobre el Transporte por Carretera de Mercancías Peligrosas
- Ley de la República Popular China sobre la Seguridad en el Trabajo
- Ley de la República Popular China sobre la Prevención y el Control de la Contaminación Atmosférica
- Ley de la República Popular China sobre la Prevención y el Control de la Contaminación Ambiental por Residuos Sólidos
- Reglamento sobre Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono: no es una sustancia controlada (ODP = 0)

Reglamentos internacionales:

- **ONU GHS (Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos):** 8ª edición revisada
 - **Protocolo de Montreal:** No es una sustancia controlada agotadora de la capa de ozono (ODP = 0)
 - **Protocolo de Kioto / Acuerdo de París:** Debido a su GWP ultrabajo (<1), no es un gas de efecto invernadero controlado primario
 - **EU REACH Reglamento (EC 1907/2006):** Sustancia registrada
 - **EU CLP Reglamento (EC 1272/2008):** Reglamento de clasificación, etiquetado y embalaje
 - **Reglamento de Gases Fluorados de la UE (CE 517/2014):** Controles de gases fluorados de efecto invernadero; el R1234yf se beneficia de un trato favorable debido a su bajo GWP
 - **Directiva EU MAC:** Aprobado para su uso en aire acondicionado de vehículos (exige que los vehículos nuevos utilicen refrigerantes con GWP < 150)
 - **Programa SNAP de la US EPA:** Aprobado para aire acondicionado de automóviles y otras aplicaciones de refrigeración
 - **US OSHA HCS 2012:** Norma de Comunicación de Peligros
 - **US DOT 49 CFR:** Reglamentos para el Transporte de Materiales Peligrosos
 - **ADR/RID:** Acuerdo Europeo sobre el Transporte Internacional de Mercancías Peligrosas por Carretera/Ferrocarril
 - **Código IMDG:** Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas
 - **IATA DGR:** Reglamento de Mercancías Peligrosas de la Asociación de Transporte Aéreo Internacional
-

16.1 Referencias

- Guía de Bolsillo NIOSH de Peligros Químicos
- Base de datos NOAA CAMEO Chemicals
- Base de datos de compuestos PubChem (CID 5326064)
- Manual ASHRAE - Sistemas y Aplicaciones de Refrigeración
- Norma ASHRAE 34 - Designación y Clasificación de Seguridad de Refrigerantes
- SAE J2845 - Evaluación de Riesgos para Refrigerantes Inflamables
- GB/T 16483-2008 (Contenido y orden de las secciones de la ficha de datos de seguridad para productos químicos)
- Serie GB 30000 (Reglas para la clasificación y el etiquetado de productos químicos)
- GHS de las Naciones Unidas (Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos), 8ª edición revisada
- Norma de Comunicación de Peligros de OSHA (29 CFR 1910.1200)

16.2 Abreviaturas

Abreviatura	Término completo
FDS / MSDS	Ficha de Datos de Seguridad / Ficha de Datos de Seguridad de Materiales
GHS	Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos
CAS	Servicio de Resúmenes Químicos (número de registro)
UN	Naciones Unidas (número de mercancías peligrosas)
PAO	Potencial de agotamiento del ozono
PCA	Potencial de calentamiento global
CL ₅₀	Concentración Letal, 50%
DL ₅₀	Dosis Letal, 50%
TLV-TWA	Valor Límite Umbral - Promedio Ponderado en el Tiempo
WEEL	Nivel de Exposición Ambiental en el Lugar de Trabajo

SCBA	Equipo de respiración autónomo
PBT	Persistente, Bioacumulable y Tóxico
HFC	Hidrofluorocarburo
HFO	Hidrofluoroolefina (refrigerante de cuarta generación)
STOT	Específico toxicidad en órganos diana
A2L	Clasificación de seguridad ASHRAE: toxicidad inferior, inflamabilidad inferior
NOAEL	Nivel Sin Efectos Adversos Observados
LEL / UEL	Límite Explosivo Inferior / Límite Explosivo Superior
IARC	Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer
ACGIH	Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales

16.3 Aviso legal

Esta Ficha de Datos de Seguridad (FDS) se ha preparado de conformidad con la norma ONU GHS y los requisitos reglamentarios aplicables. La información aquí contenida se basa en bases de datos químicas de acceso público, literatura técnica y normas nacionales, y se considera exacta y completa a la fecha de emisión. No obstante, no se otorga ninguna garantía, expresa o implícita, respecto a la exactitud, integridad o fiabilidad absoluta de la información. Los usuarios deben verificar la aplicabilidad de la información para sus condiciones de uso específicas y consultar la FDS oficial proporcionada por el fabricante/proveedor a efectos de cumplimiento. La información de este documento puede actualizarse a medida que surjan nuevos hallazgos de investigación y cambios reglamentarios; se recomienda la revisión periódica de la última versión.