

# ITC MIE-APQ 2: «Almacenamiento de óxido de etileno»

**REAL DECRETO 379/2001, de 6 de abril por el que se aprueba el Reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias MIE-APQ-1, MIE-APQ-2, MIE-APQ-3, MIE-APQ-4, MIE-APQ-5, MIE-APQ-6 y MIE-APQ-7. BOE núm. 112 de 10 de mayo de 2001**

Departamento emisor: Ministerio de Ciencia y Tecnología.

## ÍNDICE

### Capítulo I. Generalidades

Artículo 1. Aplicación.

Artículo 2. Objeto.

Artículo 3. Definiciones.

Artículo 4. Propiedades y riesgos del óxido de etileno.

Artículo 5. Estado físico de almacenamiento.

### Capítulo II. Almacenamiento en recipientes fijos

Artículo 6. Situación del almacenamiento.

Artículo 7. Señalización.

Artículo 8. Distancia entre instalaciones fijas de superficie.

Artículo 9. Construcción de recipientes, equipos y tuberías.

Artículo 10. Cubetos de retención.

Artículo 11. Redes de drenaje.

Artículo 12. Instrumentación y dispositivos de seguridad.

Artículo 13. Recepción de la instalación.

Artículo 14. Recipientes y tuberías enterrados.

### Capítulo III. Protección contra los riesgos

Artículo 15. Riesgo de incendio.

Artículo 16. Riesgo de derrames.

Artículo 17. Riesgo de polimerización.

Artículo 18. Riesgo de descomposición.

Artículo 19. Riesgos personales.

Artículo 20. Medidas de seguridad.

Artículo 21. Plan de emergencia.

#### **Capítulo IV. Operación de las instalaciones**

Artículo 22. Sistema de bombeo de óxido de etileno líquido.

Artículo 23. Trasvase a o desde equipos móviles de transporte.

Artículo 24. Toma de muestras.

Artículo 25. Reparaciones.

#### **Capítulo V. Operación, mantenimiento y revisiones periódicas**

Artículo 26. Operación, mantenimiento y revisiones periódicas.

Apéndice 1. Propiedades y riesgos del óxido de etileno

Apéndice 2. Relación de normas UNE citadas

---

### **CAPÍTULO I. Generalidades**

#### **Artículo 1. Aplicación.**

Esta ITC debe aplicarse conjuntamente con la MIE-APQ-1, que será de aplicación en todo lo que no se oponga a la presente ITC. El almacenamiento de óxido de etileno en botellas y botellones se ajustará además a lo dispuesto en la ITC MIE-APQ-5.

#### **Artículo 2. Objeto.**

La presente instrucción tiene por finalidad establecer las prescripciones técnicas a las que han de ajustarse, a efectos de seguridad, las instalaciones de almacenamiento y trasvase de óxido de etileno. La presente ITC no será de aplicación a los almacenamientos integrados en los procesos de fabricación.

### **Artículo 3. Definiciones.**

1. **Almacenamiento.** Es el conjunto de recintos y recipientes de todo tipo que contengan o puedan contener óxido de etileno, incluyendo los recipientes propiamente dichos, sus cubetos de retención, las calles intermedias de circulación y separación, las tuberías de conexión y las zonas e instalaciones de carga, descarga y trasiego anejas y otras instalaciones necesarias para el almacenamiento, siempre que sean exclusivas del mismo.
2. **Capacidad de almacenamiento.** Es la máxima cantidad de producto que puede contener el recipiente o almacenamiento en las condiciones especificadas en la presente ITC.
3. **Cargadero.** Lugar donde se realizan las operaciones de carga y descarga de recipientes y tanques.
4. **Cubeto.** Cavidad capaz de retener los productos contenidos en los elementos de almacenamiento en caso de vertido o fuga de los mismos.
5. **Unidad de proceso.** Es el conjunto de elementos e instalaciones de producción, incluyendo los equipos de proceso y los recipientes de productos intermedios, los de alimentación o los de producto acabado situados dentro de los límites de batería de las unidades de proceso.

### **Artículo 4. Propiedades y riesgos del óxido de etileno.**

En el apéndice 1 se indican las propiedades y riesgos más significativos del óxido de etileno.

El óxido de etileno se considerará un líquido estable cuando se almacene en las condiciones que se establecen en la presente ITC.

### **Artículo 5. Estado físico de almacenamiento.**

El óxido de etileno se almacena en estado líquido, bien como líquido refrigerado o bien como gas comprimido licuado a temperatura ambiente, pero siempre bajo presión de gas inerte (nitrógeno de pureza mínima 99,99 por 100). La presión en el interior de los recipientes se mantendrá constante mediante aporte de gas inerte cuando tienda a bajar o venteando a una instalación de tratamiento o a un sitio alto y seguro cuando tienda a subir. Cuando se use nitrógeno la presión en el interior de los recipientes será tal que el punto de trabajo esté situado en la zona rayada que se indica en la figura 1 para la temperatura de trabajo. En ningún caso el llenado máximo del recipiente superará 0,78 kilogramos de óxido de etileno por decímetro cúbico del recipiente.

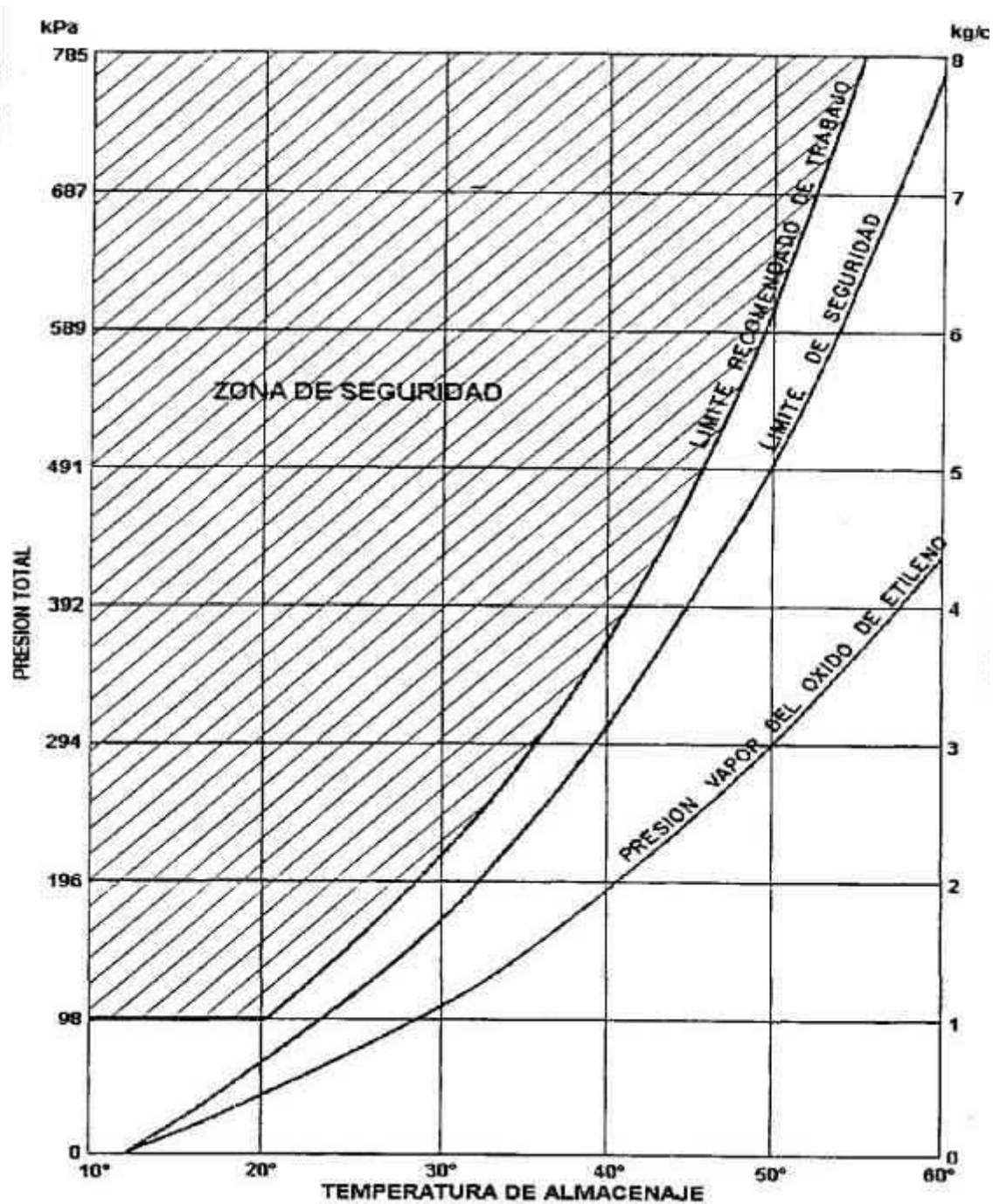


Figura 1.- CONDICIONES DE TRABAJO DEL OXIDO DE ETILENO

Si el óxido de etileno líquido almacenado se mantiene refrigerado por debajo de la temperatura ambiente, el fluido con el cual el óxido de etileno efectúe el intercambio térmico cumplirá con estas condiciones:

1. La presión del fluido será inferior a la del óxido de etileno.
2. El fluido no contendrá productos o aditivos que en las condiciones de trabajo puedan reaccionar con el óxido de etileno polimerizándolo.

Por sus propiedades físicas el óxido de etileno se clasifica en la clase A, según la Instrucción MIE-APQ-1.

## **CAPÍTULO II. Almacenamiento en recipientes fijos**

### **Artículo 6. Situación del almacenamiento.**

Los almacenamientos de óxido de etileno y sus instalaciones anexas deben situarse alejados de las unidades de proceso y de servicios, de oficinas, de los límites de propiedad, de edificios de pública concurrencia, y, en general, de zonas con riesgos de provocar un incendio. El lugar estará suficientemente ventilado de forma natural. En el caso de construirse edificio, éste carecerá de paredes laterales.

Si el almacenamiento está próximo a instalaciones con riesgo de explosión, se estudiarán las medidas necesarias para evitar que pueda verse afectado por cualquier impacto.

Se tendrá en cuenta la proximidad a vías de comunicación pública, construyéndose en caso necesario barreras de protección adecuadas para caso de salida de vehículos de la calzada o de la vía.

El área del almacenamiento y alrededores deben estar libres de materiales combustibles, tales como residuos, grasas o maleza.

### **Artículo 7. Señalización.**

En el almacenamiento y sobre todo en áreas de trasiego se colocarán, bien visibles, señales normalizadas, según establece el Real Decreto 485/1997 sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, que indiquen claramente la presencia de productos inflamables y tóxicos.

### **Artículo 8. Distancia entre instalaciones fijas de superficie.**

Las distancias entre las instalaciones fijas de superficie en los almacenamientos de óxido de etileno se ajustarán a las indicadas en el cuadro II.1 con la reducción aplicable del cuadro II.2.

**CUADRO II. 1**

**Distancias, en metros, entre instalaciones fijas de superficie con capacidad global superior a 950 m<sup>3</sup>**

	<b>Recipientes y bombas de trasvase de óxido de etileno (1)</b>	<b>Carga-descarga de óxido de etileno, incluidas sus bombas</b>
Proceso, hornos, calderas y sus tomas de aire, tomas de aire de compresores	60	60

Bombas de agua contra incendios.	60	30
Bombas de otros productos	30	30
Recipientes y bombas de trasvase de óxido de etileno	(1)	30 (2)
Recipientes con productos inflamables y combustibles (3) y almacenamientos en recipientes a presión o que contengan otros productos peligrosos (4)	(6)	30
Carga-descarga de inflamables y combustibles (3), incluidas sus bombas	30 (2)	30 (5)
Carga-descarga de otros productos peligrosos (4)	25	30 (5)
Edificios administrativos y sociales, laboratorios, talleres, almacenes y otros edificios independientes.	60	40
Vallado de la planta	30	30
Límites de propiedades exteriores en las que pueda edificarse y vías de comunicación pública	60	60
Locales y establecimientos exteriores de pública concurrencia	100	100

- (1) Entre recipientes y bombas, mínimo, cinco metros.
- (2) Mínimo 15 metros.
- (3) Entendiendo portales los así definidos en la ITC MIE-APQ-1.
- (4) Los clasificados como tóxicos, muy tóxicos y comburentes en la reglamentación sobre clasificación, envasado y etiquetado de sustancias peligrosas.
- (5) Solamente se requerirá esta distancia cuando se opere simultáneamente en ambos cargaderos.
- (6) Deberán ser instalaciones independientes según el artículo 17 de la ITC MIE-APQ-1. En este caso no serán de aplicación los coeficientes de reducción del cuadro II-2 de la presente ITC.

## CUADRO II.2

### Coefficientes de reducción por capacidad

Capacidad global de almacenamiento m <sup>3</sup>	Coefficiente de reducción de distancias
Más de 950	1
Más de 630 y hasta 950	0,75
Más de 130 y hasta 630	0,50
Más de 30 y hasta 130	0,25
Hasta 30	0,15

#### Artículo 9. Construcción de recipientes, equipos y tuberías.

Se empleará como material constructivo el acero al carbono o el acero inoxidable. Se admitirá el empleo de otros materiales siempre que en el proyecto se justifique que el material es adecuado para las condiciones de almacenamiento y el producto almacenado. No se podrá emplear la fundición de hierro, ni aleaciones de aquellos metales susceptibles de formar acetiluros, tales como el cobre, el magnesio o el mercurio entre otros.

Las superficies interiores deben quedar exentas de herrumbres, restos de soldadura y cuerpos extraños. La limpieza de los recipientes podrá ser por chorreado, con arena o granalla, de acuerdo con el informe UNE 109.104, o mediante limpieza química (la limpieza química debe aplicarse solamente a equipos y tuberías de nueva construcción). En las tuberías sólo se admite la limpieza química.

Al final de la limpieza debe garantizarse que no queda ningún residuo de la misma, pues existe el riesgo de polimerización posterior del óxido de etileno, catalizado por ácidos o bases.

Para proteger del impacto térmico los sistemas de óxido de etileno puro, todos los recipientes de superficie, equipos y todas las tuberías no enterradas irán protegidas con material aislante térmico e ignífugo donde no pueda embeberse el óxido de etileno en caso de fuga (como por ejemplo vidrio celular), y recubiertas por chapa de acero inoxidable o aluminizado, o por cemento ignífugo. No se usará chapa de aluminio. Los equipos y tuberías que trabajen a temperaturas inferiores a la del ambiente se deberán proteger contra la corrosión por condensación de la humedad exterior.

La construcción de los recipientes para el almacenamiento de óxido de etileno se ajustará a las prescripciones establecidas en el Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Aparatos a Presión y la normativa posterior que lo modifica. Los recipientes se calcularán para una presión de diseño no inferior a 4 bar y su construcción se realizará conforme a un código de reconocida solvencia. La instalación de recipientes al aire libre deberá hacerse sobre soportes adecuados, que no impidan las dilataciones y contracciones térmicas que en ellos puedan producirse.

Se minimizarán las conexiones de tuberías a los recipientes, tratando de reducirlas a tres: las de entrada y salida para el óxido de etileno, y la de fase gas por la parte alta. El diseño de la tubería de entrada de líquido minimizará el riesgo de generación de electricidad estática.

Las instalaciones tales como tuberías o bombas que pueden quedar llenas de óxido de etileno líquido y bloqueadas en operación normal, se deberán proteger adecuadamente contra la dilatación térmica del líquido.

El trazado de las tuberías debe permitir el total drenaje de las mismas por gravedad hacia puntos de recogida. Todas las uniones en las tuberías serán soldadas excepto las necesarias para un desmontaje que permita la limpieza de polímero formado en las tuberías, que serán uniones bridadas. Se proveerán conexiones para soplado con nitrógeno.

Las uniones bridadas entre tuberías lo serán mediante brida metálica con la junta de tipo espirometálica rellena de materiales apropiados o mediante bridas machimbradas con junta de materiales apropiados. Queda prohibido el uso de tuberías roscadas.

Se deben evitar instalaciones con zonas muertas en las que el óxido de etileno pueda quedar confinado, polimerizando y quedando obstruidas. El diámetro mínimo de las tuberías y conexiones será de 25 milímetros.

#### **Artículo 10. Cubetos de retención.**

Los recipientes de almacenamiento de óxido de etileno estarán colocados dentro de un área rodeada por muretes de altura no superior a un metro con salida directa a una canaleta de evacuación, el suelo estará pavimentado y tendrá pendiente hacia uno de los cuatro lados. Este lado será el opuesto al que se encuentren las tuberías y válvulas de entrada y salida del óxido de etileno desde los recipientes, y no será adyacente a áreas de proceso o zonas de fuego abierto. El objeto de esta disposición es que los posibles derrames de óxido de etileno líquido en caso de escape, o el agua procedente de la lluvia o el agua de los sistemas de riego contra incendios, una vez en el suelo y por medio de la pendiente se alejen del área que corresponda a la de la proyección vertical de los recipientes, y sean conducidos por gravedad hacia la canaleta de evacuación. Dicha canaleta conectará con la red de drenaje del almacenamiento, tal como se define en el artículo 11, o bien a un cubeto a distancia, situado a más de 10 m. de los recipientes, cuya capacidad sea superior al 100 por 100 del volumen del recipiente mayor.

Los recipientes estarán separados entre sí por muretes de altura no superior a 30 centímetros para evitar la dispersión de derrames procedentes de uno de ellos hacia los otros. Tanto los muros de cerramiento laterales como los intermedios serán de hormigón u obra de fábrica, no aceptándose el uso de muros de tierra; asimismo el pavimento será de hormigón con sellado de las juntas de dilatación.

#### **Artículo 11. Redes de drenaje.**

Todos los drenajes de óxido de etileno se recogerán mediante conducciones apropiadas, y se llevarán a una instalación de dilución con agua hasta garantizar que la concentración de óxido de etileno no sobrepasa al uno por ciento en peso en ningún



punto y así evitar atmósferas explosivas. La canaleta de recogida de las aguas superficiales de la zona de recipientes también estará conectada a dicha instalación de dilución.

Los vertidos al exterior se ajustarán a la legislación correspondiente.

Todas las conexiones a un colector de recogidas dispondrán, aguas arriba del injerto, de un sifón en carga permanente que impida el paso de gases desde la instalación de dilución de los drenajes hacia el colector.

## **Artículo 12. Instrumentación y dispositivos de seguridad.**

Todas las conexiones para instrumentos, que para su revisión requieren ser aislados del recipiente, estarán dotadas de las válvulas de bloqueo necesarias.

Los instrumentos y dispositivos de seguridad utilizados se construirán con materiales apropiados para el óxido de etileno. Las líneas de toma de proceso a los instrumentos tendrán la mínima longitud técnicamente posible y serán de acero inoxidable, con un diámetro mínimo de 12 milímetros. Se recomienda la instalación de diafragmas separadores directamente acoplados a las conexiones de proceso para instrumentación.

Cada recipiente estará provisto, como mínimo, de un medidor de nivel de tipo interno, que llevará asociada una alarma de nivel alto.

Adicionalmente existirá un detector de nivel máximo independiente, con alarma.

Como mínimo existirán dos medidores o registradores de temperatura del líquido independientes con alarma de temperatura alta para seguir la evolución de cambios de temperatura del óxido de etileno almacenado y tomar las medidas adecuadas. Los recipientes con capacidad superior a 35 m<sup>3</sup> estarán provistos de medidores de temperatura del líquido a distintos niveles.

Se instalarán conectados al recipiente un controladorregistrador de presión y las válvulas de control automáticas necesarias para la regulación de la presión en el interior del mismo.

Los recipientes deberán llevar, al menos, dos válvulas de seguridad de forma que la capacidad de descarga, quedando una válvula en reserva, sea suficiente para evacuar la descarga máxima previsible. Estarán conectadas mediante un dispositivo que pueda dejar fuera de servicio a cualquiera de las válvulas, acoplando simultáneamente la otra.

Sólo se instalarán válvulas de resorte como elemento de alivio de sobrepresiones. No se podrán usar discos de ruptura salvo como elementos previos a la válvula de seguridad (y dotados de presostato de alta presión en la cámara intermedia en tal caso). Las válvulas de seguridad estarán calibradas en forma que no permitan en ningún momento que la presión en el interior del recipiente se eleve en más del 10 por 100 sobre la presión de timbre, y cumplirán lo dispuesto en el vigente Reglamento de aparatos a presión. Sus descargas atmosféricas se harán en puntos altos y seguros. Si la tubería de descarga es larga, se recomienda inyectar vapor de agua o nitrógeno en la misma y finalizarla en un equipo corta llamas.

### **Artículo 13. Recepción de la instalación.**

Las pruebas, tanto de recipientes como de tuberías, se efectuarán conforme a lo indicado en el vigente Reglamento de aparatos a presión y en el código de diseño adoptado. La presión de prueba será de 1,5 veces la de diseño, tanto en recipientes como tuberías.

### **Artículo 14. Recipientes y tuberías enterrados.**

La instalación de recipientes enterrados se autorizará solamente en aquellos casos en que concurren circunstancias especiales que deberán justificarse en el proyecto.

Los recipientes enterrados estarán provistos de los mismos accesorios que los instalados al aire libre, pero colocados en su parte superior.

Las tuberías enterradas no requieren aislamiento térmico, pero deberán protegerse contra la corrosión mediante procedimientos adecuados, especialmente cuando exista peligro de formación de hielo o circule líquido a temperatura inferior a la ambiente.

## **CAPÍTULO III. Protección contra los riesgos**

### **Artículo 15. Riesgo de incendio.**

Los recipientes que contengan óxido de etileno deben estar en un área libre de obstáculos con fácil acceso para los equipos móviles de lucha contra incendios.

Las bombas de trasvase de óxido de etileno no se situarán nunca en una cota más baja que la del nivel normal del terreno. Tampoco bajo tuberías y siempre al aire libre con acceso fácil para los equipos móviles de lucha contra incendios.

Los suelos bajo instalaciones de equipos serán impermeables y con pendiente hacia una balsa o red de drenaje a fin de evitar que los derrames penetren en el terreno y facilitar su dilución con abundante agua.

Todos los recipientes, tuberías y equipos estarán aislados térmicamente con materiales aislantes ignífugos donde no pueda embeberse el óxido de etileno en caso de fuga (por ejemplo, vidrio celular), con el fin de proteger el producto, en caso de incendio en los alrededores de los recipientes, contra el riesgo de descomposición explosiva del vapor de óxido de etileno.

Excepto para recipientes enterrados, se dispondrá adicionalmente de instalaciones de protección contra incendios con agua. Se considerarán los siguientes caudales mínimos de agua:

1. Para refrigeración mediante boquillas pulverizadoras de recipientes e intercambiadores:  $1,333 \text{ por } 10^{-4}$  metros cúbicos por segundo (8 litros/min) por cada metro cuadrado de superficie exterior del equipo, se tomará la superficie total en los cilindros de eje horizontal y en las esferas, y la superficie lateral en los cilindros de eje vertical.
2. Para la refrigeración mediante boquillas pulverizadoras de las bombas de trasiego de óxido de etileno:  $6,666 \text{ por } 10^{-4}$  metros cúbicos por segundo (40

l/min) por cada metro cuadrado de superficie del rectángulo que se forma al alejar 1,50 metros los lados del rectángulo proyección de la base de las bombas.

### **Artículo 16. Riesgo de derrames.**

Complementariamente a lo establecido en el artículo 11, se dispondrá de monitores o boquillas pulverizadoras u otros medios con agua abundante, suficiente para diluir el óxido de etileno al 1 por 100 en peso.

### **Artículo 17. Riesgo de polimerización.**

Es esencial que no llegue al óxido de etileno ningún producto de los conocidos como catalizadores de la polimerización. La extrema vigilancia en todo momento y las máximas precauciones en los diseños son fundamentales.

No habrá ninguna posibilidad de que puedan ocurrir flujos de retroceso al interior de los recipientes de óxido de etileno, ni aun cuando se trasvase óxido de etileno desde el almacenaje a las unidades de proceso que lo consuman. Para ello se instalarán en serie dos sistemas automáticos e independientes capaces de detectar el inicio del cambio de las condiciones primitivas de flujo que pueden, en el nuevo sentido opuesto al inicial, llevar los productos contaminantes al interior de los recipientes de óxido de etileno. Cualquiera de estos sistemas de detección, una vez activados, cerrará simultánea y herméticamente dos válvulas de bloqueo instaladas en la conducción principal de suministro de óxido de etileno.

El primero de dichos sistemas deberá activarse ante una diferencia positiva de presión mínima entre la línea de suministro de óxido de etileno y la presión a la entrada de la unidad de proceso de consumo. Deberá incorporar una alarma de temperatura alta y un dispositivo de paro de las bombas.

El segundo sistema deberá activarse ante una diferencia positiva de presión mínima entre la línea de suministro a la unidad de proceso y la presión a la salida del almacenamiento de óxido de etileno. Deberá incorporar también una alarma de temperatura alta.

Las instalaciones para el almacenamiento de óxido de etileno estarán provistas de dispositivos fijos adecuados para evitar la contaminación del óxido de etileno con otros productos químicos reactivos. Estos dispositivos se instalarán en las tuberías de conexión entre los recipientes de almacenamiento y el resto de las instalaciones. Dichos dispositivos de protección serán revisados, al menos, cada tres meses para comprobar su correcto funcionamiento. Los resultados de tales revisiones y de las reparaciones que se hayan efectuado se anotarán y archivarán en un libro abierto al efecto.

En las instalaciones donde el óxido de etileno alimente simultáneamente a varios reactores, se deberá evitar no sólo el retroceso desde éstos a los recipientes del óxido de etileno, sino que también se evitará el posible retroceso entre ellos.

La pureza del gas nitrógeno se mantendrá, en todo momento, dentro de los límites que se señalan en el artículo 5 y, en consecuencia, una vez asegurada una fuente de suministro adecuado, se dispondrá de los medios precisos para asegurar que no se

contamine nunca. En aquellas instalaciones en las que se reciba el gas nitrógeno desde una red compartida por otros servicios en los que intervengan productos químicos reactivos, se extremarán las precauciones y se dispondrá de medios adecuados para:

1. La detección de la presencia de contaminantes, tanto líquidos como gaseosos, en el sistema de conducción de gas nitrógeno a los recipientes de óxido de etileno.
2. Evitar la introducción de estos contaminantes al interior de los recipientes.

Se extremarán las precauciones para asegurar que, durante la descarga de los equipos móviles de transporte, sólo se introduce óxido de etileno en los recipientes de almacenamiento, evitando que se descargue otro producto químico diferente. Para ello se fijarán en los puestos de descarga las instrucciones escritas pertinentes sobre la actuación del personal de servicio.

Para el transporte de óxido de etileno se recomienda utilizar contenedores y cisternas que no se utilicen para el transporte de ningún otro producto. Las botellas y botellones transportables de óxido de etileno no podrán ser utilizados para ningún otro producto.

Deben definirse en el plan de emergencia las actuaciones en el caso, poco probable, de polimerización por contaminación en el recipiente de almacenamiento. El inicio de una polimerización se detectará únicamente por el aumento de temperatura del líquido, por lo cual se precisa la redundancia de medición y alarma de temperatura. La velocidad del incremento depende del tipo y concentración del contaminante, así como de la temperatura inicial y la eficacia de evacuación de calor del recipiente (refrigeración interna, recirculación).

Se dispondrá de sistemas que impidan que se alcancen los 40 °C, ya que a esa temperatura puede acelerarse la reacción («runaway») con posible estallido del recipiente.

Actuaciones válidas para esta emergencia son: rápida conversión del óxido de etileno en la planta de consumo, venteo a lugar seguro del recipiente para reducir la temperatura, uso de refrigeración de emergencia, vaciado del líquido a una balsa procurando limitar la producción de una nube de gas inflamable u otros de suficiente eficacia.

### **Artículo 18. Riesgo de descomposición.**

Se impedirá que acetiluros metálicos entren en contacto con el óxido de etileno, asimismo, se evitará que se produzcan descargas de electricidad estática.

Antes de comenzar la operación de trasvase de óxido de etileno el elemento de transporte móvil, contenedor o cisterna deberá ser conectado a tierra, a fin de eliminar la electricidad estática. La puesta a tierra estará enclavada con el sistema de carga/descarga, interrumpiéndolo automáticamente en caso de fallo. Los recipientes, bombas de transvase, vaporizadores y tuberías metálicas para óxido de etileno deben estar, también, conectados a tierra. Las conexiones a tierra no tendrán una resistencia superior a 5 ohmios.

Para evitar que el óxido de etileno alcance temperaturas que provoquen su descomposición, los equipos y tuberías que lo contengan estarán totalmente

calorifugados y se dispondrá de agua para enfriamiento externo, como se ha indicado anteriormente.

### **Artículo 19. Riesgos personales.**

Medios de protección individual y medidas higiénicas. El personal del almacenamiento dispondrá de ropa de protección que, en ningún caso, pueda generar cargas estáticas, y equipos de protección respiratoria adecuados. Los trajes de protección deben incluir:

1. Botas.
2. Guantes.
3. Visores.
4. Gafas de seguridad contra salpicaduras.
5. Otras ropas resistentes e impermeables.

Se usarán botas adecuadas cuando se esté trabajando en la eliminación de derrames, incluso los diluidos en agua.

Se usarán gafas siempre que se transvase óxido de etileno o haya riesgo de salpicaduras.

Cuando se efectúen trabajos en los que sea inevitable la presencia de óxido de etileno por encima de los límites marcados, el equipo de protección mínimo será el siguiente:

- a. Sólo vapores de óxido de etileno: equipo de respiración autónoma o semiautónoma.
- b. Líquido: equipo respiratorio autónomo completo, botas, guantes, traje de protección.

El mantenimiento y almacenamiento de los equipos de protección se hará teniendo en cuenta lo siguiente:

- que se almacenen de forma adecuada en un lugar determinado;
- que se limpien y se compruebe su buen funcionamiento, si fuese posible con anterioridad y, en todo caso, después de cada utilización;
- que se reparen o sustituyan los equipos defectuosos antes de una nueva utilización.

### **Artículo 20. Medidas de seguridad.**

Formación del personal.-El personal de almacenamiento, en su plan de formación, recibirá instrucciones específicas del titular del almacenamiento sobre:

1. Propiedades del óxido de etileno.
2. Función y uso correcto de los elementos e instalaciones de seguridad y del equipo de protección personal.
3. Consecuencias de un incorrecto funcionamiento o uso de los elementos e instalaciones de seguridad y del equipo de protección personal.
4. Peligro que pueda derivarse de un derrame o fuga de óxido de etileno.
5. Acciones que deban adoptarse en caso de derrame o fuga.

## **Artículo 21. Plan de emergencia.**

En todas las instalaciones en las que se almacene o manipule óxido de etileno se redactará, por el responsable de las mismas, un plan de emergencia en el que se describan las acciones a tomar para mejor control de las situaciones de alarma y para minimizar las consecuencias de un posible accidente sobre las personas y las cosas, tanto de la propia industria como de las ajenas.

Este plan cumplirá lo dispuesto en la legislación vigente y contemplará, al menos, los siguientes extremos:

1. Designación del responsable de la autoprotección y organigrama del servicio.
2. Información sobre los riesgos que comporta la manipulación del óxido de etileno.
3. Definición de las situaciones de alarma, análisis de las secuencias que las desencadenan y fases de ejecución: alerta e intervención.
4. Información sobre el manejo y empleo de los medios materiales de protección de que disponga el establecimiento.
5. Información sobre la actuación del personal en las situaciones de alarma.
6. Enlace y cooperación con los servicios públicos de extinción, policía y sanitarios de urgencia. Cooperación con otros servicios privados.
7. Entrenamiento regular del personal propio. Ejercicios de coordinación con otros servicios externos.
8. Redacción de unas instrucciones resumidas para la actuación del personal en caso de alarma; dicho resumen se fijará de forma que sea fácilmente legible y de manera que quede asegurada su fijación permanente. Se colocará, al menos, un ejemplar en cada dependencia o departamento laboral.
9. Instrucciones para primeros auxilios.

## **CAPÍTULO IV. Operación de las instalaciones**

### **Artículo 22. Sistema de bombeo de óxido de etileno líquido.**

La circulación del óxido de etileno por tuberías en pequeñas cantidades se efectuará preferentemente por presurización con gas nitrógeno. Cuando la circulación se realice mediante bombas, los sistemas de bombeo deberán ser diseñados en forma que no se produzcan nunca aumentos excesivos de temperatura de la bomba.

Todas las bombas estarán equipadas con dispositivos de medición de temperatura del producto, situados en la propia bomba, en la impulsión de la bomba o en el circuito de recirculación, que accionarán el dispositivo de paro automático del equipo motriz cuando el líquido bombeado sufra un incremento de temperatura superior a 10 °C por encima de la temperatura normal de servicio. Las bombas irán dotadas, como mínimo, de un cierre mecánico.

Se evitarán las fuentes de ignición o calentamiento en la bomba que puedan dar lugar a la descomposición del producto.

Se evitará la vaporización, incluso la localizada, de óxido de etileno por bajo de la presión mínima positiva de aspiración de la bomba (NSPH) o que el nitrógeno disuelto

en el óxido de etileno puede desprenderse en la tubería de aspiración de la bomba, cuando el diseño de la bomba comporte circulaciones internas de refrigeración de los mismos, cuyos conductos podrían obstruirse por las burbujas, con el consiguiente riesgo de recalentamiento y vaporización del óxido de etileno. Evitar, en este caso, la aspiración por tubo buzo del recipiente, ya que se generarán burbujas en la tubería al sobrepasar la altura de la superficie libre del líquido en el recipiente, que no se redisolverán.

Sólo se admitirá el uso de equipos de bombeo cuyo motor de accionamiento quede alojado dentro del mismo compartimento en el que están los mecanismos de bombeo, si dispone de protecciones suficientes para prevenir los riesgos derivados del uso de este tipo de bombas, con paro automático, que deberán demostrarse en el proyecto.

### **Artículo 23. Trasvase a/o desde equipos móviles de transporte.**

Los recipientes móviles cumplirán las prescripciones establecidas en el Acuerdo europeo sobre transporte internacional de mercancías peligrosas por carretera (ADR).

En las zonas de almacenaje y en las de carga o descarga de óxido de etileno de equipos móviles de transporte queda terminantemente prohibido fumar o efectuar cualquier operación que implique la formación de chispas o llamas. Queda igualmente prohibida la utilización de herramientas de acero, para reparaciones o conservación, en aquellos puntos donde exista atmósfera explosiva o posibilidad de escape, así como la circulación por dentro de estos lugares con calzado que lleve herrajes, cualquiera que sea su clase.

El recipiente móvil deberá estar conectado a tierra y equipotencial con la instalación, enclavando la operación de trasvase.

Todas las operaciones de transvase deben ser efectuadas por el personal asignado a ellas. Antes de iniciarse las operaciones, este personal se cerciorará de que el producto a trasvasar es únicamente óxido de etileno.

La instalación dispondrá de los medios adecuados que permitan la introducción de gas nitrógeno, de la pureza especificada, en el equipo receptor del óxido de etileno, mangueras, brazos y tuberías que se vayan a emplear en el transvase, para poder renovar, cuando sea necesario, su contenido y dejarlo antes de iniciarse el transvase sólo con gas nitrógeno y exento de aire.

Asimismo, se dispondrá de medios adecuados para introducir gas nitrógeno en el interior del equipo del cual se extrae el óxido de etileno y detectar la presión, con alarma, a fin de mantener, en todo momento, su fase gas diluida dentro de la zona de seguridad de la figura 1 y no sobrepasar nunca en su contenido la composición límite máxima de 65 por 100 en volumen de óxido de etileno gas.

En las instalaciones de llenado con óxido de etileno de equipos móviles de transporte se instalará, intercalado en la conducción de fase de gas, un elemento detector de líquido adecuado, conectado a un sistema de alarma dotado de avisador acústico, para así tener conocimiento del sobrellenado del equipo móvil. Al objeto de evitar derrames o escapes de óxido de etileno a la atmósfera, al desconectar los elementos de acople usados en el

transvase, la instalación dispondrá de medios adecuados para conducir los contenidos de las mangueras o brazos de carga una vez finalizado el transvase a un lugar seguro para su tratamiento.

Las uniones temporales para efectuar el trasvase entre la instalación fija y el equipo móvil de transporte se efectuarán con brazos de carga o con mangueras flexibles cuyos extremos se conectarán a los equipos mediante conexiones que garanticen la estanquidad. Se usarán siempre las mismas y no se emplearán en ningún otro servicio más. Las mangueras podrán ser de acero inoxidable en su totalidad o bien estar recubiertas interiormente de polipropileno o nylon y ser de acero por el exterior. Se calcularán para soportar la presión de diseño del equipo que la tenga más alta. El diámetro de la manguera y de los elementos de conexión en sus extremos, que se empleen para unir las tuberías de la fase líquida entre equipo móvil y fijo, no será el mismo que el de la que se emplee para unir las conducciones de la fase gas.

Los brazos de carga y las mangueras serán sometidos, por lo menos una vez al año, a una prueba hidráulica; la presión de prueba será la de diseño.

En el extremo final de las tuberías de las instalaciones fijas de los recipientes de almacenamiento, que se unen a los equipos móviles de transporte mediante mangueras o brazos de carga, se dispondrá, antes del punto de conexión:

1. Para las instalaciones destinadas a la carga de equipos móviles de transporte: de válvulas automáticas de cierre estanco y rápido telemandadas, para ser accionadas en caso de emergencia por rotura de manguera, brazo de carga o fuga importante de producto durante la operación de carga. Estas válvulas estarán enclavadas con el detector de sobrellenado y con la puesta a tierra del recipiente.
2. Para las instalaciones destinadas a la descarga de equipos móviles: de válvulas de retención que actúen automáticamente en caso de una emergencia.

#### **Artículo 24. Toma de muestras.**

Las muestras de óxido de etileno líquido se tomarán con cilindros metálicos de acero inoxidable dotados de dos válvulas de bloqueo, una en cada extremo, con acoplamientos distintos de los de otras botellas utilizadas en el laboratorio garantizando que su llenado máximo no superará los 0,78 kilogramos de óxido de etileno por decímetro cúbico de capacidad del cilindro. El sistema de toma de muestras evitará los derrames al exterior utilizando circuitos cerrados. Para producto a temperatura inferior a 0°C se permite también usar cilindros al vacío.

Las muestras deben analizarse inmediatamente o mantenerlas frías con hielo o contenedores isotérmicos.

En el laboratorio se manejarán con protección de los ojos y siempre en una vitrina de extracción.

Las botellas de muestras analizadas deberán ser vaciadas lo más pronto posible, destruyendo el contenido por un procedimiento seguro (por ejemplo, con una bomba Venturi de agua), y rellenándolas con un gas inerte.



## **Artículo 25. Reparaciones.**

Antes de comenzar las reparaciones en algún equipo fijo que haya contenido óxido de etileno se vaciará y aislará del resto de la instalación con discos ciegos, lavando con agua, drenando cuidadosamente y comprobando que no existen hidratos o polímeros y que su atmósfera interior no forma mezcla explosiva. Antes de trasladar de lugar (por ejemplo, a un taller) un equipo móvil que ha contenido óxido de etileno, se tomarán idénticas precauciones.

Antes de que el personal penetre en el interior de un recipiente que haya contenido óxido de etileno será necesario vaciarlo y lavarlo con agua, asegurándose que su atmósfera es respirable y no inflamable. El personal usará equipo de respiración autónomo en tanto no se garantice la completa eliminación del óxido de etileno, polímeros o hidratos en cualquier punto del recipiente, tubuladura o tubería asociada. Todas las conexiones del recipiente con las tuberías de entrada y salida se aislarán con discos ciegos. Durante el tiempo que este personal permanezca en el interior será vigilado desde el exterior del recipiente por personas que, en caso de necesidad, puedan retirarlo mediante cuerdas apropiadas a las que se encuentre sujeto. Todo ello sin perjuicio de las normas que el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales dicte en materia de seguridad e higiene en el trabajo.

No se realizarán trabajos en caliente en ningún equipo, aunque esté abierto, aislado y purgado, en tanto no esté certificado por una persona competente que está libre de residuos inflamables y seguro para trabajar en él.

## **CAPÍTULO V. Operación, mantenimiento y revisiones periódicas**

### **Artículo 26. Operación, mantenimiento y revisiones periódicas.**

Se realizarán las que se citan en los correspondientes artículos de la ITC MIE APQ-1, con especial atención a la comprobación de haber pasado las inspecciones periódicas según el vigente Reglamento de Aparatos a Presión, en los equipos que sea aplicable.

## **APÉNDICE 1. Propiedades y riesgos del óxido de etileno**

Llamado también óxido de dimetileno, 1-2 epoxietano y oxirano es un gas licuado bajo presión, incoloro y de olor semejante al característico del éter.

Fórmula:  $C_2H_4O$ .

Peso molecular: 44.

Punto de ebullición: 10,7 °C.

Punto de fusión: -111,3 °C.

Punto de inflamación en vaso abierto («flash point»): -17,8 °C.

Densidad del líquido (4 °C): 890 kg/m<sup>3</sup>.

Densidad del gas (20 °C) (respecto aire): 1,5.

Límites de inflamabilidad en el aire (en volumen):

inferior: 2,6 por 100.

superior: 100 por 100.

Temperatura de autoignición en aire (presión atmosférica): 429 °C.

Temperatura de descomposición en ausencia de aire: 560 °C.

Calor latente de fusión: 117 kJ/kg-28 kcal/kg.

Calor latente de vaporización: 569 kJ/kg-136 kcal/kg.

Calor específico (líquido) a 4 °C: 1,95 kJ/kg.

Calor específico (gas) (1 bar, 34 °C): 1,10 kJ/kg.

Calor de polimerización del líquido: 2.093 kJ/kg-500 kcal/kg.

Calor de descomposición del gas: 1.902 kJ/kg-454 kcal/kg.

Calor de combustión: 29.400 kJ/kg-7.025 kcal/kg.

Conductividad eléctrica de óxido de etileno líquido de alta pureza: 10<sup>6</sup> picosiemens/m.

Energía mínima de ignición en aire: 0,065 mJ.

Es tóxico e inflamable.

Desde el punto de vista de su bajo punto de ebullición y de inflamabilidad, el óxido de etileno es comparable a los GLP.

Es miscible en agua en todas sus proporciones.

Polimeriza violentamente si se contamina con sustancias alcalinas o ácidas o con óxidos metálicos o cloruros.

Con agua forma hidratos sólidos con puntos de fusión entre 0 °C y 11 °C para concentraciones entre el 10 y el 80 por 100 en peso, que flotan sobre el agua y desprenden vapores inflamables.

El vapor de óxido de etileno puro se descompone de forma explosiva si es detonado, encendido o calentado a 560 °C, incluso en ausencia de aire. La reacción es catalizada con la presencia de acetiluros metálicos y otros.

## Riesgos del óxido de etileno

1. **Riesgo de inflamación.**-El óxido de etileno hierve, a presión atmosférica, a 10,7 °C, pero tiene un punto de inflamación de -17,8 °C. Los vapores de óxido de etileno forman mezcla explosiva con el aire desde el 2,6 hasta el 100 por 100 de óxido de etileno (en las altas proporciones la descomposición exotérmica sustituye a la combustión).

El óxido de etileno es totalmente miscible con agua. Las disoluciones por encima del 1 por 100 de óxido de etileno desprenden vapores inflamables a temperatura ambiente (1 por 100 a 31 °C, 2 por 100 a 3 °C). En proporciones entre el 10 y el 80 por 100 de óxido de etileno en agua fría se forman hidratos con punto de fusión entre 0 °C y 11 °C que flotan en el agua y desprenden vapores inflamables.

La temperatura de autoignición del óxido de etileno en aire es de 429 °C, pero su contacto con ciertos materiales porosos empleados para aislamiento la reduce por debajo de los 200 °C.

2. **Riesgo de descomposición.**-El vapor de óxido de etileno puro se descompone explosivamente por detonación, con una fuente de ignición o si se calienta a 560 °C a 1 atmósfera (a 10 atmósferas se descompone a 450 °C, aproximadamente).

En las mezclas de vapores de óxido de etileno con N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> y CH<sub>4</sub> existen proporciones no explosivas (ver figura 1 para inertización con nitrógeno).

La descomposición del óxido de etileno líquido puede producirse como consecuencia de una descomposición explosiva de vapor de óxido de etileno que genere altas presiones (por ejemplo, en tuberías).

3. **Riesgo de polimerización.**-La polimerización del óxido de etileno es fuertemente exotérmica y se autoacelera con la temperatura. Esto puede conducir a la vaporización del óxido de etileno no polimerizado y posterior descomposición explosiva del vapor.

La polimerización térmica se inicia alrededor de los 100 °C, pero la presencia de impurezas de muchos tipos cataliza la polimerización a temperatura ambiente: ácidos, bases, óxidos metálicos, cloruros de hierro, aluminio o estaño. El óxido de hierro es un catalizador suave de la polimerización.

No se usan inhibidores de polimerización de óxido de etileno, por lo que la mejor protección es el almacenamiento refrigerado.

A temperatura ambiente y sin impurezas, se forma un polímero viscoso de bajo peso molecular, térmicamente estable, que puede obstruir válvulas, filtros y puntos muertos.

## **APÉNDICE 2. Relación de normas UNE citadas**

UNE 109.104:1990 Control de la electricidad estática en atmósferas inflamables.  
Tratamiento de superficies metálicas mediante chorro abrasivo.  
Procedimientos prácticos de aplicación.