



METHANOL INSTITUTE

Manual de manipulación segura del metanol

Enero, 2013

www.methanol.org

SINGAPORE	10 Anson Road #32-10 International Plaza, Singapore 079903	+65.6325.6300
WASHINGTON DC	124 South West Street, Suite 203, Alexandria, VA 22314	+01.703.248.3636
BRUSSELS	Avenue Jules Bordet, 142, 1140 Brussels, Belgium	+32.276.116.59

Índice

1	Introducción.....	1
1.1	Propósito del manual.....	1
1.2	Cadena de valor del metanol	2
1.3	Políticas de tutela de productos del Methanol Institute.....	2
1.4	Información de contacto del Methanol Institute.....	3
1.5	Acerca de los autores.....	3
1.6	Descargo de responsabilidad.....	3
2	Información general sobre el metanol	5
2.1	¿Qué es el metanol?	5
2.2	Ciclo de vida del metanol (cadena de valor)	7
2.2.1	Producción de metanol	8
2.2.2	Producción sostenible.....	10
2.2.2.1	Reciclado.....	11
2.2.2.2	Reutilización	11
2.2.2.3	Manipulación de desechos.....	11
2.3	Usos del metanol.....	11
2.3.1	Productos químicos intermedios.....	12
2.3.2	Aplicaciones como combustible.....	12
2.3.3	Producción de combustible biodiesel.....	14
2.4	Usos de emergencia del metanol.....	16
2.4.1	Desnitrificación de aguas residuales	17
2.4.2	Celdas de combustible de metanol directas	18
2.4.3	Motores de turbina	20
2.4.4	Plataformas petrolíferas marinas	22
2.4.5	Especificaciones del metanol.....	23
3	Transporte y almacenamiento de metanol	25
3.1	Transporte de metanol	25
3.1.1	Transporte transoceánico	25
3.1.2	Transporte por ferrocarril	26
3.1.3	Transporte en camiones cisterna.....	26
3.2	Almacenamiento de metanol.....	26
3.2.1	Muelles y terminales marítimos.....	27
3.2.2	Zonas de tanques	27
3.2.3	Contenedores portátiles (cajas y barriles)	27

3.2.4	Clasificación eléctrica.....	29
3.2.5	Conexión a tierra y puesta a masa	29
4	Salud y seguridad	33
4.1	Exposición al metanol.....	33
4.1.1	Fuentes comunes de exposición	33
4.1.2	Fuentes accidentales de exposición	34
4.1.3	Rutas de exposición.....	35
4.1.4	Metabolismo del metanol	35
4.1.5	Efectos de la exposición	36
4.1.5.1	Síntomas generales.....	36
4.1.5.2	Efectos agudos.....	36
4.1.5.3	Efectos crónicos	37
4.2	Control de exposición	38
4.2.1	Controles de ingeniería	38
4.2.1.1	Ventilación	38
4.2.2	Supervisión de la exposición.....	38
4.2.3	Equipos de protección personal.....	39
4.2.4	Protección del aparato respiratorio	40
4.2.5	Ropa y materiales resistentes a productos químicos	40
4.3	Precauciones de seguridad	41
4.3.1	Operaciones rutinarias	41
4.3.2	Operaciones especiales o de alto riesgo	42
4.3.2.1	Entrada en espacios confinados	42
4.3.2.2	Trabajo en caliente	42
4.4	Medidas de primeros auxilios	43
4.4.1	Inhalación.....	43
4.4.2	Contacto con la piel.....	44
4.4.3	Contacto con los ojos.....	44
4.4.4	Ingestión accidental	44

5	Gestión segura del metanol: Seguridad del proceso	45
5.1	Participación de los empleados.....	47
5.2	Información de seguridad del proceso	48
5.3	Análisis de peligros del proceso.....	48
5.4	Procedimientos operativos	49
5.5	Capacitación.....	49
5.6	Contratistas	49
5.7	Revisión de la seguridad antes de la puesta en servicio	50
5.8	Integridad mecánica	51
5.9	Permisos para trabajos peligrosos	51
5.10	Gestión de cambio.....	51
5.11	Planificación y respuesta de emergencia.....	52
5.12	Investigación de incidentes	53
5.13	Auditorías de seguridad del proceso.....	53
5.14	Secretos comerciales	54
5.15	Implementación de seguridad del proceso	54
5.15.1	¿Qué es un “peligro”?	55
5.15.2	¿Qué es un “riesgo”?	55
5.15.3	Métodos de identificación de peligros y evaluación de riesgos	56
5.15.4	Documentación de evaluación de peligros de proceso	56
6	Seguridad contra incendios	57
6.1	Detección y protección contra incendios.....	58
6.1.1	Control de vapor.....	59
6.1.1.1	Características de seguridad en los tanques de almacenamiento.....	60
6.1.1.2	Sistemas de alivio de presión.....	60
6.1.2	Detección de calor	61
6.1.3	Fumar, acceso de vehículos y diversas fuentes de inflamación.....	61
6.2	Control de incendios.....	61
6.2.1	Incendios y explosiones	62
6.2.2	Materiales de extinción	62
6.3	Seguridad contra incendios en el terreno.....	62
6.3.1	Incendios en espacios estrechos	62
6.3.2	Brigadas contra incendios.....	62
6.3.2.1	Respuesta exterior contra incendios	63
6.3.2.2	Equipos de protección personal	63

6.3.2.3	Capacitación para personal de respuesta a incendios	63
6.4	Seguridad contra incendios de mezclas combustibles de metanol y gasolina ..	63
6.4.1	Propiedades de las mezclas combustibles de metanol y gasolina.....	64
6.4.2	Incendios de mezclas combustibles de metanol y gasolina	65
6.4.3	Respuesta a los incendios de mezclas combustibles de metanol y gasolina	65
7	Respuesta ante emergencias	67
7.1	Prevención de derrames	67
7.2	Respuesta antes los derrames.....	69
7.3	Contención de fugas.....	69
7.3.1	Zonas de control de sitios	70
7.4	Limpieza y corrección de derrames	71
7.5	Notificación y elaboración de informes sobre derrames	71
7.6	Investigación y mantenimiento de registros de incidentes.....	72
7.7	Estructura del coordinador de incidentes.....	72
7.7.1	Comunicaciones.....	72
8	Incidentes y protecciones referentes al metanol	75
8.1	Generalidades sobre los incidentes con metanol	75
8.1.1	Causas comunes de los incidentes	77
8.1.2	Operaciones y mantenimiento de rutina	77
8.1.3	Actividades de transporte.....	77
8.1.4	Incidentes de tuberías.....	77
8.2	Averiguaciones clave.....	78
8.3	Conclusiones	79
8.4	Protecciones.....	79
8.4.1	Gestión de seguridad del proceso	80
8.4.2	Prevención de la corrosión.....	80
8.4.3	Programas de permisos para trabajos en caliente	80
8.4.4	Prevención y respuesta ante incendios	81
8.4.5	Capacitación de empleados.....	81

9	Protección medioambiental.....	83
9.1	Destino y transporte en el medio ambiente.....	83
9.2	Emisiones en el aire	84
9.3	Efectos en las aguas subterráneas	84
9.4	Impacto en el agua potable	85
9.5	Efectos biológicos.....	85
9.6	Efectos meteorológicos	86
9.7	Tratamiento y desecho de desperdicios.....	86
10	Tutela y sostenibilidad del producto	87
10.1	Tutela y cuidado responsable del producto	87
10.2	Sistema de gestión de tutela del producto	88
10.3	Prácticas de tutela del producto	88
10.3.1	PCP 1: Liderazgo y responsabilidad.....	89
10.3.2	PCP 2: Información del medio ambiente, de salud y de seguridad.....	89
10.3.3	PCP 3: Selección y compra de materias primas.....	90
10.3.4	PCP 4: Evaluación de riesgos del producto.....	90
10.3.5	PCP 5: Seguridad del producto	90
10.3.6	PCP 6: Gestión de riesgos.....	90
10.3.7	PCP 7: Adiestramiento y educación de empleados.....	90
10.3.8	PCP 8: Venta	90
10.3.9	PCP 9: Problemas y asuntos públicos.....	91
10.3.10	PCP 10: Indicadores de rendimiento	91
10.4	Distribución responsable	91
10.5	Sostenibilidad	92
10.5.1	Compendio de sostenibilidad.....	92
10.5.2	Energía alternativa	93

11	Comunicación de riesgos.....	95
11.1	¿Qué es la comunicación de riesgos?	95
11.2	¿Por qué es importante la comunicación de riesgos?	96
11.3	Fundamentos de la comunicación de riesgos	96
11.4	Comunicación de información compleja, técnica y científica	97
11.5	Cómo comprender la percepción de riesgos del público	98
11.6	Cómo ganar confianza y credibilidad	98
11.7	En busca de oportunidades para transmitir su mensaje	99
12	Glosario	101
12.1	Términos, abreviaturas y siglas.....	101
13	Bibliografía	117
13.1	Lista de bibliografía	117
A	Información de seguridad del proceso.....	123
A.1	Tecnología del proceso	123
A.2	Equipos.....	124
B	Propiedades del metanol / alcohol metílico	125
B.1	Propiedades físicas	125
B.1.1	Estado sólido	125
B.1.2	Estado líquido	125
B.1.3	Vapor	126
B.2	Propiedades químicas	127
B.2.1	Reactividad	127
B.2.2	Descomposición	127
B.2.3	Incompatibilidades	127
B.3	Corrosión de metales, aleaciones, empaquetaduras y plástico.....	128
B.4	Estructura y propiedades	131
B.5	Propiedades de combustión e inflamación	131
B.5.1	Medios de extinción de incendios.....	132

B.6	Propiedades termodinámicas	132
C	Información normativa, de salud y seguridad del metanol	135
C.1	Reglamentos y códigos de los Estados Unidos	135
C.2	Reglamentos, normas y directrices internacionales.....	137
C.3	Información sobre materiales peligrosos, salud y seguridad	141
D	Base de datos de incidentes relacionados con el metanol (1998-2011).....	143
D.1	Incidentes con metanol por sector, ubicación y causa.....	143
D.2	Descripción de incidentes y referencia o fuente	150

Marcas registradas y jurisdicciones

Responsible Care[®] es una marca registrada de servicio del American Chemistry Council (Consejo Estadounidense de Química) en Estados Unidos y varias entidades de otros países.

Responsible Care[®] es una marca registrada de la Canadian Chemical Producers' Association (Asociación de Productores Químicos de Canadá).

Responsible Distribution[®] es una marca registrada de la Canadian Association of Chemical Distributors (Asociación de Canadiense de Distribuidores de Productos Químicos).

1 Introducción

Este capítulo explica el propósito de este manual y presenta una introducción a la cadena de valor del metanol. También se incluyen las políticas de tutela de productos del Methanol Institute y la información de contacto.

1.1 Propósito del manual

El Methanol Institute ofrece este manual como documento guía para distribuidores y usuarios de metanol como usted. El propósito del manual es fomentar la manipulación segura del metanol para proteger su salud y la de sus compañeros de trabajo, del medio ambiente y de su comunidad.

Quizá usted sea un operador de una planta de tratamiento de aguas residuales en India, o bien un gerente de planta de biodiesel en Canadá, un coordinador de salud y seguridad en una planta de formaldehído en México, un conductor de un camión cisterna de un almacén de productos químicos en Argelia, un ingeniero de investigación que está desarrollando una celda de combustible en Nueva Zelanda, un supervisor de producción de anticongelantes en el este de Siberia o un gerente de terminales de embarque en China. Usted y sus colegas de la cadena mundial de suministro de metanol hablan docenas de idiomas y se encuentran en prácticamente todos de los países del mundo.

Este manual está diseñado para ser una fuente de información sobre el metanol, específicamente para los encargados de su manipulación segura. Presenta información actualizada sobre las propiedades del metanol, los peligros potenciales para el medio ambiente, la seguridad y la salud, las prácticas de manipulación segura, los procedimientos de respuesta de emergencia, la tutela y la distribución de los productos, y la comunicación de riesgos.

La organización del manual en capítulos y su contenido tienen el fin de ofrecerle un acceso cómodo a información práctica. El texto resalta factores clave y bibliografía útiles. En los apéndices se pueden encontrar datos técnicos adicionales como propiedades químicas, físicas y termodinámicas del metanol. La sección de bibliografía contiene una lista de recursos científicos y técnicos para investigaciones más detalladas.

Para mayor comodidad hemos incluido un glosario de siglas y términos científicos comúnmente usados, para ayudarle a comprender el lenguaje normativo y técnico.

Además del manual, disponemos de hojas de datos sobre una serie de temas relacionados con la manipulación segura del metanol. Entre estos se incluye el metanol como combustible, respuesta de emergencia, tutela de productos y efectos en la salud.

1.2 Cadena de valor del metanol

El metanol es un producto con muchas características útiles que le permiten servir como combustible o aditivo para combustibles y también como materia prima para la industria química, disolvente, refrigerante y componente o intermediario en muchos bienes de consumo. El metanol también es un producto químico peligroso con propiedades tóxicas, inflamables y reactivas, que también puede producir impactos nocivos en los seres humanos y en el medio ambiente si no se manipula debidamente.

Entre las fuentes naturales de metanol se incluyen gases volcánicos, vegetación, microbios e insectos, y también se fabrica a partir de una variedad de fuentes inorgánicas y orgánicas. La mayor parte del metanol se produce a partir de gas natural en grandes plantas integradas de fabricación de productos químicos ubicadas en regiones donde los hidrocarburos son abundantes, como el Golfo Pérsico, el Caribe, Sudamérica, África y Rusia. En China, en particular, la mayor parte del metanol se produce a partir de carbón. Aunque el metanol se consume en todo el mundo, los usuarios más importantes se encuentran en regiones con alto desarrollo industrial, como por ejemplo Europa Occidental, Norteamérica y Asia (Japón, China, Taiwán y Corea del Sur). El consumo mundial en 2010 se estimó en 45.198.000 toneladas métricas.

Debido a la distancia geográfica entre los centros de fabricación más importantes y los usuarios principales, hasta el 80% de la producción anual mundial de metanol se transporta entre continentes por medio de embarques transoceánicos. El metanol se recibe y se almacena en terminales marítimas y se transporta por medio de camiones, trenes y barcas a las instalaciones de producción química y a distribuidores de materiales a granel, donde se almacena en zonas de tanques y se envasa en recipientes de menor volumen. La red de distribución se completa mediante camiones cisterna y remolques que suministran metanol a la amplia variedad de usuarios finales de la cadena de valor del metanol. Entre los usos industriales más recientemente desarrollados del metanol figuran su aplicación como agente de desnitrificación en las plantas de tratamiento de aguas residuales, y como reactivo y disolvente en las instalaciones de producción de biodiesel. Con las innovaciones tecnológicas surgen nuevas aplicaciones para el metanol como celdas de combustible para vehículos y productos electrónicos para consumidores.

El metanol puede reciclarse al eliminar impurezas por medio de procesos de destilación e introducir el material recuperado de nuevo en el proceso. El metanol ya usado tiene un alto valor calórico y puede utilizarse para recuperar energía por medio de procesos térmicos destructivos que generan calor para alimentar otras reacciones.

1.3 Políticas de tutela de productos del Methanol Institute

Ya que somos la asociación comercial global de la industria del metanol, ponemos atención prioritaria en los principios de tutela de productos.

El Comité de Tutela de Productos del Methanol Institute es responsable de las iniciativas de salud y seguridad del metanol, las cuales incluyen la evaluación de los riesgos que representa el producto, los riesgos de exposición en toda la cadena de suministro, la educación y el adiestramiento en la manipulación adecuada del metanol. Las herramientas de tutela de productos desarrolladas por el comité y sus miembros individuales beneficiarán a la industria global del metanol. El comité trabajará en colaboración con otros comités activos para proporcionar el apoyo máximo a las iniciativas del Methanol Institute.

1.4 Información de contacto del Methanol Institute

La sede del Methanol Institute está ubicada en Singapur, y las oficinas de EE. UU. están cerca de Washington, D.C. Para obtener información adicional o más información acerca del instituto y de sus programas, póngase en contacto con:

Mr. Gregory Dolan
Executive Director Americas/Europe
Methanol Institute
4100 North Fairfax Drive, Suite 740
Arlington, VA 22203
(703) 248-3636
gdolan@methanol.org
www.methanol.org

1.5 Acerca de los autores

El Comité de Tutela de Productos del Methanol Institute encargó a los autores del manual original, Alliance Consulting International, la preparación de esta segunda edición. Es una compañía de servicios profesionales medioambientales y de salud y seguridad con sede en San Diego, California. El equipo del proyecto está compuesto por Enrique Medina (MS, CIH, especialista medioambiental, editor y director de proyecto) y Robert R. Roberts (MS, MBA, ingeniería de proceso y especialista de fiabilidad). Si desea obtener información adicional sobre Alliance Consulting International, póngase en contacto con:

Mr. Enrique Medina, MS, CIH
Presidente
Alliance Consulting International
3361 28th Street
San Diego, California 92104
(619) 297-1469
(619) 297-1023 (fax)
emedina@pulse-point.com
www.pulse-point.com

1.6 Descargo de responsabilidad

El Methanol Institute elaboró este manual como parte de su compromiso con la tutela de productos de metanol. Nuestra intención es aumentar los conocimientos de las prácticas medioambientales buenas y seguras de la manipulación del metanol a lo largo de toda la cadena de distribución global. Los procedimientos de información, las recomendaciones y los datos presentados en este manual sólo tienen fines informativos, y el manual fue diseñado únicamente como guía general. El Methanol Institute y los autores de los informes no asumen responsabilidad alguna con respecto a la precisión y totalidad de la información, los procedimientos, las recomendaciones y los datos presentados en este manual, y descargan toda responsabilidad que surja del uso de tales informaciones, procedimientos, recomendaciones y datos. Todos los usuarios de este manual deben seguir usando su opinión independiente y discreción para asegurarse de que manipulen el metanol de forma segura y se comuniquen de la forma debida. Al hacer esto, debemos desarrollar los sistemas específicos que se adapten mejor a su estructura de gestión, gamas de productos, ubicación y otros factores que son exclusivos del usuario. Le recomendamos investigar los códigos y los reglamentos municipales que pudieran aplicarse a la manipulación de materiales inflamables y peligrosos como el metanol. Este manual no tiene el propósito de sustituir a las leyes y a los reglamentos que correspondan, ni altera la obligación del usuario a cumplir completamente con las leyes federales, estatales y municipales.

2 Información general sobre el metanol

Este capítulo resume el carácter del metanol como compuesto químico, su ciclo de vida (o cadena de valor) y los usos del metanol tanto establecidos como emergentes.

2.1 ¿Qué es el metanol?

El metanol es un alcohol incoloro, higroscópico y completamente miscible con agua, pero mucho más ligero (peso específico de $0,8 \text{ g/cm}^3$). Es un buen disolvente, pero muy tóxico e inflamable. Este alcohol de un sólo átomo de carbono es un disolvente volátil y un combustible ligero.

El metanol, también conocido como alcohol metílico o de madera, es un líquido orgánico incoloro a una temperatura y una presión normales (NTP: 72 °F y 1 atmósfera). Aunque esta descripción es correcta, es sólo una pequeña parte de lo que debe saber y comprender alguien que manipule metanol para transportarlo, almacenarlo y usarlo sin peligro.

El metanol es un material extraordinariamente útil que significa distintas cosas para distintos usuarios. Para algunos, el metanol es un combustible; para otros, es un aditivo de combustible, una materia prima para la industria química, un disolvente, un refrigerante o un componente de anticongelantes. Las aplicaciones emergentes del metanol incluyen su uso como fuente de protones para la tecnología directa de celdas de combustible de metanol y como combustible de turbinas para la generación de energía eléctrica.

Los peligros particulares del metanol que importan más para su instalación dependen en gran parte sobre la forma en que se recibe y almacena el metanol, cómo se usa, dónde se usa y cuánto se almacena y usa en un cierto tiempo. No controlar los peligros relacionados con una pequeña cantidad de metanol podría resultar problemático sin apenas ninguna consecuencia pero la pérdida de control de una cantidad grande puede ser catastrófica. La Sección 2 del manual proporciona información general sobre el metanol, tanto para los manipuladores, transportadores y usuarios de grandes cantidades como de pequeñas cantidades.

Hay cinco consideraciones importantes al manipular el metanol:

1. El metanol es un líquido fácilmente inflamable que arde y a veces estalla en el aire.
2. El peso molecular del vapor de metanol es marginalmente mayor (más denso) que el del aire (32 frente a 28 gramos por mol). Como consecuencia de eso, y dependiendo de las circunstancias de una fuga o un derrame, el metanol líquido se acumulará y el vapor puede migrar a espacios cerca del suelo y acumularse en áreas estrechas y bajas. Se espera que el vapor de metanol, al estar cerca de la flotabilidad neutral, se disipará inmediatamente de los lugares ventilados. No espere que se disipe de lugares sin ventilar como alcantarillas y espacios cerrados. Si se inflama, la llama del vapor de metanol puede retroceder hasta su fuente.

3. En ciertas circunstancias específicas, el vapor de metanol puede estallar en vez de arder al inflamarse. Los recipientes de metanol están sujetos a una explosión de vapores en expansión de líquidos en ebullición (BLEVE) al calentarse externamente.
4. El metanol es una toxina; la ingestión de una pequeña cantidad (entre unos 30 y 60 mililitros) puede causar la muerte; se sabe que cantidades menores causan ceguera irreversible. El equipo del proyecto está compuesto por Enrique Medina (MS, CIH, especialista medioambiental, editor y director de proyecto) y Robert R. Roberts (MS, MBA, ingeniería de proceso y especialista de fiabilidad). El metanol se absorbe por la piel y otros tejidos pasando directamente a la corriente sanguínea.
5. El metanol es totalmente miscible con agua y retiene su inflamabilidad incluso a concentraciones de agua muy altas. Una solución del 75% de agua y 25% de metanol en volumen se considera un líquido inflamable. Esto tiene consecuencias importantes para la lucha contra incendios.¹ El metanol es un disolvente químico, que tiene implicaciones importantes para la selección de materiales y también para la lucha contra incendios.

La molécula de metanol contiene un sólo átomo de carbono y es, por lo tanto, el alcohol más sencillo que puede derivarse de hidrocarburos saturados normales, es decir, metano (CH₄), etano (C₂H₆) y propano (C₃H₈). Los alcoholes de dos y tres átomos de carbono son el etanol y el propanol, respectivamente. Los nombres químicos de los alcoholes se basan en los nombres de sus correspondientes grupos de hidrocarburos. Al convertirse en alcoholes, se les agrega una “l” al nombre. Los alcoholes comunes —el metanol (CH₃OH), el etanol (C₂H₅OH) y el propanol (C₃H₇OH)— tienen propiedades físicas y químicas similares, pero peligros de toxicidad muy diferentes. A medida que aumenta el número de átomos de carbono que componen las moléculas del alcohol, aumenta la longitud de la cadena recta de átomos de carbono, aumenta el peso molecular de la molécula del alcohol, disminuye la temperatura del punto de congelación y aumenta la temperatura del punto de ebullición.

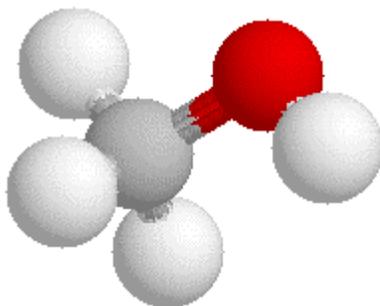


Figura 1. Metanol CH₃OH

Los alcoholes son estructuralmente similares al agua. Algunas propiedades de los alcoholes, específicamente del metanol, se asemejan a las propiedades del agua. Tanto el agua como el metanol son moléculas polares. REF indica las fórmulas estructurales, los nombres científicos, los nombres comunes y las temperaturas de fusión y ebullición de tres alcoholes representativos.

¹ Consulte el Boletín Técnico de Manipulación Segura del Methanol Institute “Uso de las propiedades físicas y químicas para administrar peligros de líquidos inflamables: Partes 1A, 1B, 2 y 3”.

Tabla 1. Tres alcoholes representativos derivados de los alcanos

Estructura molecular	Nombre científico	Nombre común	Punto de congelación	Punto de ebullición
CH ₃ OH	Metanol	Alcohol metílico; alcohol de madera ²	-97 °C	65 °C
CH ₃ CH ₂ OH	Etanol	Alcohol etílico; alcohol de cereales ³	-115°C	78 °C
(CH ₃) ₂ CHOH	2-propanol (Isopropanol)	Alcohol isopropílico	-126 °C	97 °C

Si no se manipula bien, el metanol puede poner en peligro la vida. Es inflamable, tóxico, reactivo con los metales alcalinos y oxidantes fuertes, y 100% miscible en el agua. Estas propiedades requieren medidas específicas de manipulación y almacenamiento, según se trata con más detalle en las siguientes secciones.

2.2 Ciclo de vida del metanol (cadena de valor)

El metanol se produce, almacena y transporta en enormes cantidades. Como consecuencia de la crisis económica mundial, la oferta y la demanda han seguido siendo más o menos iguales; no obstante, se han construido y se han puesto en servicio una serie de plantas grandes a fines de 2009 y en el primer trimestre de 2010, que ha añadido 4,0 millones de toneladas de metanol derivado del gas natural.

Tabla 2. Resumen de las adiciones de capacidades estimadas de metanol en 2010 (sin incluir China) en toneladas anuales

Región	Importación	Capacidad adicional	Capacidad total	Producción	Exportación
Caribe	0	0	8.153	7.541	7.012
Oriente Próximo /Golfo Pérsico (Brunei=0,9; Egipto=1,3; Omán=1,0)	1	3,2	8.063,2	7.759,2	5.931,2
Sudamérica (Chile y Argentina; Venezuela = 0,9)	0	0,9	4.281	3.567	3.332
África	0	0	1.758	1.475	1.447
Nueva Zelanda	1	0	530	404	267
Norteamérica (EE. UU. y Canadá)	7.112	0	1.715	1.606	514
Europa Occidental	8.062	0	3.310	3.176	3.119
Asia (Japón, China, Taiwán y Corea del Sur)	5.427	0	9.931	7.623	206

² Antes de 1926, al metanol se le denominaba “alcohol de madera”. Durante este período, el metanol era producido por la destilación destructora de la madera.

³ El alcohol de grano, o etanol, se produce por fermentación del grano. Normalmente, se producen pequeñas cantidades de metanol junto con el etanol. Como el metanol es un veneno potente, es necesario separar el metanol antes de consumir el etanol.

2.2.1 Producción de metanol

Los productores de metanol generalmente están ubicados en regiones del mundo que producen un exceso de gas natural, áreas que extraen grandes cantidades de carbón, o en países industrializados que pueden tener acceso a gas natural en grandes cantidades a costes de transporte relativamente bajos. Las reservas de gas natural están aumentando como consecuencia de las nuevas tecnologías de perforación y fractura hidráulica, que permiten el desarrollo de reservas de bajo coste previamente sin reconocer. Estas reservas adicionales, cuando se añaden a las reservas convencionales, están cambiando la disponibilidad de gas natural. Esto ha resultado en la construcción de plantas de procesamiento de gas a líquido en Asia y Oriente Próximo. En los Emiratos Árabes Unidos, el producto líquido es un queroseno de alta calidad, que se usa como sustitutivo del combustible de aviación derivado del petróleo.

Otra tendencia del mercado se debe al coste de producción de metanol a partir de gas natural en comparación con otras fuentes como el carbón. Como es más económico producir metanol a partir de gas que de carbón, los productores de carbón a metanol de coste elevado están limitando la producción, en particular en China, a fin de aprovecharse del menor coste del metanol importado (Arabia Saudita, Nueva Zelanda, Malasia e Indonesia).

Como muestra la Tabla 2, hay más regiones exportadoras e importadoras y la producción es menor que la capacidad. Antes de la reciente crisis económica, Norteamérica exportaba aproximadamente el 33% de lo que producía. El consumo era de algo más de 8 millones de toneladas en 2006, pero bajó sustancialmente en 2010. Europa Occidental exporta la mayor parte de su producción; el consumo era de unos 5 millones de toneladas, pero también ha disminuido. El consumo en Europa Occidental y Norteamérica ha disminuido como consecuencia de la desaceleración en la nueva construcción y en la producción de automóviles. El Caribe, el Golfo Pérsico, Sudamérica y África son exportadores netos y la mayoría proviene de las regiones del Caribe y del Golfo Pérsico. En 2007 China se convirtió en el mayor productor y consumidor de metanol en el mundo, con una demanda promedio anual de cerca de 10 millones de toneladas. Esto parece marcar un punto de inflexión en la oferta y la demanda globales. También marca un punto en el que el precio del metanol empezó a seguir de cerca el coste del petróleo crudo. El precio del metanol de 310 dólares/tonelada es equivalente aproximadamente al coste de petróleo crudo de 80 dólares/barril de petróleo equivalente.

Tabla 3: Balance de oferta y demanda de metanol global de MMSA, 2005-2010E

www.methanolmsa.com

	2005	2006	2007	2008	2009	2010E	AAGR 05-10E
Oferta de metanol							
Capacidad nominal	43.349	46.061	52.089	59.117	65.475	73.104	11,0
Ajustes	--	--	--	--	--	(1.250)	
Capacidad total	43.349	46.061	52.089	59.117	65.475	71.854	10,6
Porcentaje de operación macro	82,5%	78,7%	74,9%	68,1%	64,3%	62,9%	
Producción	35.773	36.267	39.034	40.276	42.106	45.198	4,8
Importaciones	18.943	19.387	19.279	20.231	22.503	22.331	3,3
Oferta total	54.716	55.654	58.313	60.507	64.609	67.528	
Demanda de metanol							
Formaldehído	13.714	14.481	15.086	15.160	14.193	14.800	1,5
Ácido acético	3.588	3.849	4.003	4.278	4.244	4.585	5,0
Metil terc-butiléter (MTBE)	8.671	7.056	7.094	7.001	6.738	6.943	-4,3
Metacrilato de metilo	1.201	1.249	1.329	1.328	1.261	1.322	1,9
Tereftalato de dimetilo (DMT)	603	537	488	487	467	468	-4,9
Metanotiol (metil mercaptano)	373	394	416	432	425	439	3,3
Metilaminas	1.065	1.099	1.140	1.167	1.132	1.201	2,4
Cloruro de metilo (clorometano)	1.525	1.572	1.686	1.713	1.692	1.764	3,0
Combustibles alternativos							
Mezclas de gasolina y combustión	1.075	2.244	2.799	3.091	4.903	5.775	40,0
Biodiesel	264	410	817	909	832	998	30,5
DME	176	327	932	1.824	3.338	3.428	81,2
Celdas de combustible	5	5	7	10	5	5	0,5
Metanol a olefinas	0	3	5	7	7	302	0,0
Otros	3.499	3.059	3.169	3.038	2.834	3.167	-2
Total	35.759	55.673	58.251	40.445	42.072	45.198	4,8
Exportaciones	18.943	19.387	19.279	20.231	22.503	22.331	3,3
Demanda total de los países	54.701	55.673	58.251	60.676	64.575	67.528	
Neta	14	(19)	62	(168)	34	--	

El mercado global de metanol en 2010 y el previsible futuro serán impulsados por la oferta y la demanda en China, a medida que las fuentes de elevado coste a base de carbón de China

se pongan fuera de servicio, y por aplicaciones relacionadas con la energía en el sector del transporte y en el sector energético. El metanol está experimentando una mayor aplicación como sustitutivo de la gasolina en China, en taxis y transporte público como autobuses. Esto está empezando a ocurrir para los automóviles personales, aunque con más lentitud.

La demanda de combustibles oxigenados como metil terc-butiléter (MTBE) y TAME no aumenta, como tampoco lo hace la demanda de formaldehído y ácido acético. Los aumentos de demanda parecen provenir del mayor uso de metanol como sustitutivo de la gasolina, para biodiesel y dimetiléter (DME), un combustible líquido similar al gas licuado del petróleo (LPG).

La mayor demanda de DME se debe con más probabilidad al uso en el sector de generación de energía, como material de mezcla con LPG y como alternativa al combustible diesel.

El metanol se producía originalmente por medio de una destilación destructiva de la madera; hoy en día se deriva principalmente del gas natural en grandes plantas integradas de producción química. En algunas regiones —particularmente, en China— el metanol se produce a partir de la gasificación de carbón. Debido a la dependencia del mundo occidental de los combustibles de hidrocarburos y la producción de productos derivados, el metanol se produce en regiones en las que la materia prima es abundante (Golfo Pérsico, Caribe, Sudamérica, África y Nueva Zelanda). El metanol se consume en regiones con un alto nivel de desarrollo industrial. En contraste, el metanol combustible y los aditivos de combustible tienen una alta demanda en regiones con economías en vías de desarrollo. Norteamérica, Europa Occidental y algunos países asiáticos (Japón, China, Taiwán y Corea del Sur) consumen metanol como materia prima, y en el caso de China, como combustible de sustitución. Estas regiones fabrican productos derivados: formaldehído, resinas, metilaminas, cloruros de metilo, siliconas, tereftalato de dimetilo (DMT), ácido tereftálico (TPA) y metacrilatos de metilo.

La tecnología de producción de metanol probablemente continuará evolucionando en este siglo a medida que cambien las materias primas, mejoren los catalizadores de baja presión y baja temperatura, cambien las aplicaciones de metanol y aumente la demanda en el mercado. Se esperan mejoras tecnológicas continuas en la eficiencia de los catalizadores y en la tolerancia de los catalizadores de impurezas en la materia prima. El desarrollo de mejores catalizadores podría aumentar la variedad de materia prima que pueda usarse para producir metanol y así se reducirían las necesidades de energía del proceso de fabricación.

2.2.2 Producción sostenible

La producción sostenible de metanol se deriva de tres características químicas específicas:

1. El metanol comprende los grupos metilo e hidroxilo, que son muy abundantes y casi omnipresentes.
2. El metanol tiene una estructura química sencilla y se sintetiza rápidamente a partir de una variedad de materiales que contienen carbón, aunque la producción de algunos de estos materiales es más costosa que la de otros, como gas natural.
3. El metanol es un bloque fundamental para una amplia variedad de materiales útiles: combustibles, pegamentos, plásticos, disolvente, anticongelante y otros.

En pequeñas cantidades y a bajas concentraciones, el metanol es un material que se manifiesta de manera natural. Es un producto secundario natural de la mayoría de los ciclos de descomposición biológica iniciados por bacterias. Las plantas químicas tienen la habilidad de replicar y acelerar estos procesos naturales. Como consecuencia, el metanol —o mejor dicho, el biometanol— puede producirse a partir de materiales naturales, incluso con más facilidad y eficiencia que el etanol (la siguiente molécula más grande de alcohol), y también a partir de materia primas no alimentarias y más económicas.

2.2.2.1 Reciclado

El metanol es un material que se puede reciclar. Como disolvente, puede separarse fácilmente de los contaminantes mediante la destilación. De la misma manera, el reactivo excedente puede recuperarse al final de un proceso, refinado y reciclado de nuevo en el proceso.

2.2.2.2 Reutilización

Debido a que el metanol es un bloque fundamental básico en un gran número de productos químicos más complejos, como plásticos, es posible recuperarlo de estos materiales mediante procesos químicos destructivos que descomponen más moléculas inorgánicas complejas en sus componentes más sencillos.

2.2.2.3 Manipulación de desechos

El metanol es un disolvente comúnmente usado en muchas reacciones orgánicas, y el metanol agotado resultante se considera como un desecho peligroso en Estados Unidos. La destilación del disolvente agotado, con el fin de recuperar metanol para reciclarlo, es un proceso normal. Sin embargo, es posible que sea muy difícil, peligroso o costoso eliminar algunos contaminantes. En algunos casos, los desechos de metanol agotado podrían usarse como combustible secundario para recuperar energía.

En el futuro se usarán nuevos procesos con nuevos catalizadores para recobrar materiales orgánicos de los desechos. Al igual que en la aplicación de desnitrificación en las plantas de tratamiento de aguas residuales, que se describe en una sección subsiguiente, el metanol se usará para reducir desechos de los procesos actuales y reutilizar desechos de otras corrientes de desechos.

2.3 Usos del metanol

Los mercados de metanol han cambiado durante el transcurso de los últimos 15 años, a medida que sigue cambiando el uso y las pautas de demanda. Las realidades económicas, energéticas y medioambientales globales en evolución continuarán estimulando el mercado de metanol en el futuro.

Durante el primer trimestre de 2008 los precios del petróleo crudo subieron a más de 140 dólares por barril. Al mismo tiempo, los precios del gas natural (metano), en Estados Unidos en particular, se quedaron atrás con respecto a los precios del petróleo crudo. Se ha culpado al uso de cultivos de alimentos para producir etanol de afectar a la oferta y la demanda de algunos alimentos básicos. Estas circunstancias proporcionan un mayor incentivo para usar metanol como sustituto del etanol como aditivo directo al combustible de motor para reducir las emisiones de aire, y quizás, con el tiempo, como alternativa de la gasolina en automóviles. Esto se puede convertir en un factor principal de oferta y demanda tanto en los países desarrollados como en los países en vías de desarrollo, particularmente en Asia.

Están surgiendo otras nuevas aplicaciones para el metanol, por ejemplo, motores de turbinas que usan metanol como combustible, biodiesel y celdas de combustible de metanol directas. Además, otras aplicaciones como el tratamiento de aguas residuales usan mayores cantidades de metanol para la desnitrificación.

Globalmente, la fabricación de formaldehído es responsable de aproximadamente el 40% de la demanda de metanol para la producción de formaldehído de urea y resinas de fenol formaldehído, pegamentos y adhesivos. Estos se usan ampliamente como agentes de unión en tableros de partículas, madera contrachapada y paneles de madera fibrosa. La demanda de estos materiales de construcción ha disminuido significativamente debido a un giro negativo en el mercado de la nueva construcción. En el presente, la distribución de la demanda de metanol está cambiando de forma radical. Se espera que esta tendencia continúe durante la década siguiente.

2.3.1 Productos químicos intermedios

El metanol es un bloque fundamental básico de síntesis química y es, por lo tanto, el punto inicial de derivados primarios, secundarios y terciarios. El uso principal es la producción de formaldehído, seguida por la producción de ácido acético. La figura 2 resume el papel del metanol en la producción de materias primas químicas intermedias.



Figura 2. El metanol como materia prima química intermedia

2.3.2 Aplicaciones como combustible

El complemento y el reemplazo, con el tiempo, de los combustibles convencionales de motor por metanol recibieron una amplia atención durante las subidas de los precios del petróleo crudo de los años 70. En la década de los 80, también se generó nuevamente interés en las fuentes alternativas de energía y específicamente en combustibles de motor alternativos.

El metanol fue reconocido en ese momento como un sustitutivo potencial de la gasolina derivada del petróleo crudo. Durante los años entre el alza de precios de 1970 y el más reciente de 2010, varias agencias y organizaciones han evaluado los peligros, desafíos y beneficios de usar metanol como combustible para motores. Un estudio realizado por la United States Environmental Protection Agency (EPA, Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos) [63] concluyó que el metanol es un combustible para motores más seguro que la gasolina. Otros estudios han concluido que los peligros que presenta el uso de metanol en motores son mayores que los que presenta la gasolina. Un factor importante — que con frecuencia no se considera— es la proporción de metanol usado en una mezcla combustible. Las mezclas de combustible previstas para vehículos van del 5%-15% al 70%-85% de metanol, no 100% metanol puro. A medida que aumente la disponibilidad del metanol como combustible para motores, se tendrán que resolver estas diferencias.

La cuestión de seguridad pública sobre el uso de metanol como combustible para vehículos se centra en su potencial de causar incendios en vehículos, en comparación con el potencial de la gasolina. Según el estudio reciente de la National Fire Protection Association (NFPA, Asociación Nacional de Protección contra Incendios) [43], la incidencia de incendios de vehículos en Estados Unidos ha disminuido en un 45% entre 1980 y 2006 al mínimo nivel en 20 años. Los incendios de vehículos se identificaron como responsables del 15% de todas las muertes civiles y del 12% de todas las pérdidas materiales. Es de hacer notar que sólo el 3% de los incendios de vehículos estuvieron relacionados con colisiones, y estos últimos representaron más de la mitad de las muertes. Más de la mitad de los incendios se debió a averías de componentes de vehículos como fugas del sistema de combustible, cables sueltos o aislantes agrietados. El tipo de combustible no es el factor más importante en la incidencia de incendios de vehículos. Según la NFPA, la mejor forma de evitar incendios es realizar el mantenimiento apropiado a los vehículos.

El automovilismo profesional tiene considerable experiencia práctica en la selección y uso de combustibles para motores entre los que se cuentan varias mezclas de metanol, etanol y gasolina. En las carreras de automóviles, el combustible más apropiado depende del tipo de carrera, y el tipo de carrera determina las características del automóvil. Por ejemplo, antes de 2006, los motores de NASCAR usaban gasolina con plomo de 110 octanos, un combustible que es muy diferente al usado en automóviles legales para circular por las calles, que usan gasolina sin plomo de 87 a 93 octanos. En 2006, NASCAR cambió a gasolina SUNOCO 260 GTX como combustible de carreras sancionado. El combustible de SUNOCO no contiene plomo y tiene un octanaje de 99. Los aditivos oxidantes están prohibidos. El combustible de SUNOCO, autorizado por NASCAR, es totalmente derivado del petróleo y funciona a relaciones de compresión de 12:1.

En comparación, los automóviles de la carrera de Indianápolis 500 (Indy) usaban metanol puro antes de 2006, y a partir de ese año el combustible cambió a una mezcla de 90% metanol/10% etanol y luego a una mezcla de 98% etanol/2% gasolina en 2007. Las mezclas disponibles comerciales de gasolina-metanol y gasolina-etanol contienen del 10% al 30% de metanol o etanol. Cada combustible se selecciona con un propósito específico y tiene ventajas y desventajas con respecto a otras opciones posibles.

Los combustibles de metanol —y, subsiguientemente, de etanol— usados en automóviles de Indy tienen la ventaja de permitir que los motores funcionen a relaciones de compresión muy altas, lo que produce más potencia para un volumen dado de cilindrada del motor que en un motor de NASCAR. Como ventaja adicional y como incentivo para su elección como combustible preferido, el metanol y su reemplazo actual, el etanol, tienen múltiples características deseables de seguridad:

- La llama producida por el metanol es de baja temperatura y no es luminosa; por lo tanto, los incendios de metanol generan sustancialmente menos calor radiante que los incendios provocados por la gasolina, que tiene una temperatura de llama más alta y produce llamas luminosas.
- Debido a la baja generación de calor radiante, los incendios de metanol se propagan más lentamente que los incendios de gasolina. Asimismo, la distancia de acercamiento permisible es más próxima, por lo que se pueden usar extintores portátiles con mayor efectividad para extinguir el fuego. Cuando no se usa un extintor portátil, es necesario apuntar a la base de las llamas, no a las llamas mismas.
- La concentración de metanol en el aire que es necesaria para que se produzca la combustión es aproximadamente cuatro veces mayor que la necesaria en el caso de la gasolina. Además, la presión de vapor del metanol a una temperatura especificada es inferior. A una temperatura predeterminada, el metanol desprende menos vapor que la gasolina. En otras palabras, el metanol debe elevarse a mayores temperaturas para generar las concentraciones de vapor (> 6% en volumen) necesarias para que se pueda mantener la combustión en el aire.
- El vapor de metanol está cerca de la flotación neutral; por lo tanto, es más probable que los vapores se disipen y menos probable que circulen a lo largo del terreno y se acumulen en áreas bajas que los de gasolina. No obstante, a veces se informa que el vapor de metanol se acumula en áreas bajas.
- Los grandes incendios de metanol acumulado se extinguen mejor con espuma resistente al alcohol; sin embargo, los incendios menores se pueden apagar con extintores portátiles o con aspersión de agua, siempre y cuando el volumen de agua sea por lo menos cuatro veces (preferiblemente cinco) mayor que el volumen del metanol acumulado. La contención secundaria debe poder retener un volumen 4 a 5 veces mayor que el de la acumulación de metanol.

Estas consideraciones también se aplican a modalidades de transporte normal y especialmente a incendios en automóviles. Al escapar de un incendio de gasolina en un automóvil, los factores de tiempo para escapar, temperatura, distancia segura para esperar, velocidad de propagación del incendio y facilidad de supresión de llamas son consideraciones críticas de seguridad para la supervivencia. Esto es particularmente cierto en las mezclas combustibles de metanol y gasolina. Las consideraciones para zonas de tanques y terminales de combustible deben ser aún más detalladas.

Los organizadores de las carreras de Indy decidieron reemplazar la gasolina por metanol (y posteriormente por etanol) para aumentar la seguridad de los conductores y los mecánicos. Los conductores, en general, pueden usar metanol o mezclas de metanol como alternativas económicas del uso de gasolina. Se prevé que este cambio tendrá ventajas y desventajas. Una ventaja anticipada es que se aumentará la seguridad del conductor y de los ocupantes. Otra posible ventaja es reducir la probabilidad, ya baja, de reducir los incendios en gasolineras. Una desventaja es que aumentará la complejidad de responder a incendios de camiones cisterna, vagones cisterna e instalaciones de distribución de combustible. Las personas que responden deben estar mejor adiestradas, mejor dirigidas y equipadas con espuma de película acuosa resistente al alcohol (AR-AFFF), que no está disponible en todas las circunstancias.

Un reciente estudio [49] identifica la abundancia del gas metano y la variedad de fuentes de obtención del mismo como una fuerza fundamental para cambiar de gasolina a metanol para conducir. Una dificultad para hacer esta transición es la alta cantidad de energía necesaria para generar el gas hidrógeno que se requiere para la síntesis del metanol con la tecnología actual. La viabilidad técnica de usar metanol como combustible fue estudiada por el Methanol Conversion Group (Grupo de Conversión de Metanol) [67]. Una de las conclusiones generales del estudio es que la sustitución directa de la gasolina por el metanol es técnicamente posible.

La situación actual de oferta y demanda mundial de petróleo crudo requiere cambios sustanciales en el consumo de combustibles, la formulación de combustibles y el diseño y el funcionamiento de vehículos. Es muy posible que el metanol sea un factor importante en esos cambios, lo que implicará una mayor responsabilidad para establecer normas aceptables de tutela de productos entre los transportistas, encargados de la manipulación y usuarios del metanol.

2.3.3 Producción de combustible biodiesel

El biodiesel es combustible diesel obtenido de materiales biodegradables, específicamente aceites vegetales, o aceites clarificados, en vez de destilados del petróleo.

Hay muchas razones para producir biodiesel, que van desde ahorrar dinero hasta conservar el medio ambiente. Los precios de combustible diesel siguen subiendo en todo el mundo y se han aproximado recientemente a 5,00 dólares por galón en algunas áreas de Estados Unidos. El biodiesel permite reciclar los materiales de desecho y reemplazar un recurso consumible por un recurso renovable. También diversifica la base de suministro de combustible de los combustibles basados exclusivamente en petróleo. Independientemente de la motivación, la producción de biodiesel implica el uso de alcohol puro (100% puro), habitualmente metanol o etanol.

El biodiesel se produce por medio de la reacción de aceites vegetales y grasa animal ⁴ con metanol puro o etanol puro (200) en presencia de un catalizador de hidróxido sódico o potásico. El proceso químico se conoce como transesterificación. El objetivo es convertir las moléculas de grasa de los aceites en un éster, biodiesel y el resto en glicerol, un producto secundario que puede procesarse para hacer jabón, o desecharse, según las circunstancias. Una vez seco, el glicerol también se puede quemar como combustible o potencialmente usarse como aditivo en alimento de ganado.

Cuando se usa metanol para procesar material biológico de desecho y convertirlo en biodiesel, éste produce un combustible de hidrocarburos con propiedades similares a las del combustible diesel. La conversión se puede hacer en procesos que van desde lotes a pequeña escala en cubas de 30 galones, procesos continuos en operación intermitente, hasta plantas en operación continua con capacidades que van de 15.000 a 378.000 metros cúbicos al año.

Habitualmente, quienes usan metanol para producir biodiesel en aplicaciones de lotes a pequeña escala no son químicos profesionales. Los operadores podrían no conocer los peligros y la necesidad de cumplir con los reglamentos necesarios para producir combustible sin peligro y legalmente. Es posible que estas personas carezcan de la capacitación y la experiencia necesarias para manipular productos químicos peligrosos concentrados como lejía (hidróxido sódico o potásico, Na/KOH) y metanol.

Los operadores de procesos continuos en operación intermitente seguramente están familiarizados con las precauciones y leyes relacionadas con la producción de biodiesel, pero podrían no contar con los equipos apropiados y con la formación y los procedimientos necesarios para protegerse y manipular los productos químicos de manera eficiente.

Los operadores a pequeña escala de procesos continuos posiblemente tengan acceso a personas formadas en química y en seguridad de productos químicos, y probablemente están en comunicación con agencias reguladoras que administran reglamentos de salud, seguridad de procesos, informes de productos químicos y desechos.

El aceite de desecho es ácido. Se agrega una mezcla de hidróxido sódico y potásico a metanol básicamente puro y se mezcla hasta que se completa la conversión a metóxido sódico y potásico, una base muy fuerte. El metóxido se hace reaccionar después con metanol adicional y con aceite vegetal o de desecho en un reactor, hasta que se completa el proceso de esterificación. En ese momento, el reactor contendrá dos productos sin procesar: una capa superior de color claro de ésteres de metilo que flotan por encima de un producto de glicerol más pesado y más oscuro. Se separan los productos de la reacción, ya sea decantando el biodiesel del glicerol o dejando escurrir el glicerol, para separarlo de los ésteres de metilo.

Aproximadamente un 30% en volumen del metanol reactivo original se queda sin reaccionar y puede recuperarse por destilación al vacío y luego reciclarse. Después de la destilación, el biodiesel se lava con agua, se separa del agua de lavado y finalmente se seca para obtener el producto biodiesel terminado.

⁴ Se hace énfasis en usar aceites vegetales debido a la posibilidad de que se descompongan las grasas animales. La descomposición, además de ser desagradable, reduce la producción del proceso de conversión.

Se deben tomar varias precauciones:

- El metanol debe almacenarse en una ubicación especial, donde quede protegido de las fuentes de calor e inflamación. Todos los sistemas eléctricos deben estar completamente cerrados y a prueba de explosión. Para evitar que el metanol absorba humedad, debe almacenarse en un recipiente sellado. Si el recipiente está sellado, debe dejarse espacio para la expansión térmica; de lo contrario, los cambios importantes de temperatura podrían hacer que el metanol se expanda y rompa el recipiente.
- El metanol debe almacenarse en un área bien ventilada provista de una berma, dique o muro de contención de tierra y que, si se diseña según NFPA 30 [45], sea capaz de contener por lo menos 110% del volumen del mayor tanque de almacenamiento del área contenida. La mejor práctica requiere considerablemente más del 110%. Después de una fuga dentro del área de contención, debe cubrirse por completo la acumulación resultante de metanol con espuma resistente al alcohol. Si el área de contención tiene las dimensiones adecuadas, el derrame de metanol podrá diluirse con una proporción de al menos cuatro partes de agua a una parte de metanol para reducir el riesgo de incendios. Una cota de seguridad insuficiente dentro del área con berma podría ocasionar un desbordamiento sobre la berma y un incendio de avance rápido. Los incendios de avance rápido son difíciles de controlar.
- Es conveniente precalentar el aceite de desecho antes de que reaccione con el metóxido. Esto debe hacerse con precaución para evitar que el aceite salpique y se encienda accidentalmente al agregar el hidróxido de metanol reactivo.
- Se debe tener precaución al manipular el metanol, al agregar y mezclar el hidróxido, y luego al introducir el metóxido en el aceite de desecho.
- El control de temperatura es crítico durante todo el proceso para que la operación sea segura y eficiente. Si la temperatura sube demasiado y la agitación es demasiado vigorosa, es posible que se produzcan incendios o explosiones. Si la temperatura es demasiado baja y la agitación demasiado débil, entonces la reacción no llegará a su término.
- El potencial para que se produzcan derrames es constante durante todo el proceso. Es preferible usar un reactor cerrado, ya sea en proceso por lotes o continuo, a usar un reactor abierto a la atmósfera.

2.4 Usos de emergencia del metanol

Las aplicaciones mencionadas anteriormente representan la mayor parte del consumo de metanol mundial actual. Aunque el consumo se ha estabilizado durante la crisis económica mundial reciente, se anticipa un aumento del uso de metanol debido a nuevas aplicaciones en tecnologías emergentes y a una mayor demanda en países en vías de desarrollo durante el período de 2010 a 2020.

A continuación tratamos cuatro de estos nuevos usos:

1. Desnitrificación de efluentes cargados de compuestos orgánicos procedentes de plantas de tratamiento de aguas residuales.
2. Combustible en motores de turbina que utilicen metanol.
3. Combustible en celdas de combustible de metanol directas.
4. La inhibición y la mitigación de hidratos de gas natural en la producción de hidrocarburos en plataformas petrolíferas marinas en aguas intermedias y profundas.

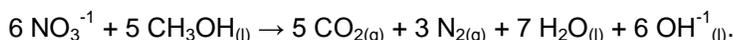
El alza actual en el precio de los combustibles está forzando a los conductores a alterar sus hábitos de conducción y a cambiar los combustibles o los vehículos usados. Es posible que aumente la presión para desarrollar modalidades de transporte y fuentes de energía alternativas, que incluyan celdas de combustible y motores de turbinas impulsados por metanol.

2.4.1 Desnitrificación de aguas residuales

El efluente de aguas residuales recogidas en las plantas de tratamiento de desechos municipales suele contener altos niveles de nitrógeno en forma de nitratos y compuestos de amoníaco (NH₃, amoníaco anhidro; NH₄OH, hidróxido amónico, etc.). El nitrógeno es un fertilizante excelente, que favorece el crecimiento de las plantas en suelos y agua. El crecimiento de plantas excesivamente activas puede dañar los ecosistemas si el efluente se descarga en aguas naturales, como arroyos, ríos, lagos e incluso mares. La desnitrificación del metanol es un método sencillo, efectivo y comparativamente económico, de eliminar el exceso de nitrógeno e inhibir el crecimiento de plantas.

En su sentido más amplio, la desnitrificación es la eliminación de nitrógeno y compuestos de nitrógeno del suelo y del agua. La intención consiste en reducir la cantidad de fertilizante disponible para la vida vegetal y reducir así la velocidad de crecimiento de las algas. Esto es necesario en circunstancias en las que una extensión de agua reciba una combinación de agentes nutritivos orgánicos y nitrogenados en exceso. En esta situación, el crecimiento de las plantas puede hacerse excesivo hasta el punto de agotarse el oxígeno disuelto por debajo de la concentración umbral necesaria para ser compatible con la ecología de la columna de agua. Los efectos medioambientales pueden ser devastadores.

La desnitrificación es un proceso natural, que se produce en aguas superficiales, aguas subterráneas y cerca de suelos superficiales. En el contexto de acondicionamiento de efluentes de aguas residuales, la desnitrificación es una reacción de reducción bioquímica de fase líquida que es facilitada por la presencia de metanol. En condiciones anaerobias (sin oxígeno), los microorganismos tales como las bacterias convierten los compuestos nitrogenados, (por ejemplo, radical amonio (NH₄⁺), amoníaco (NH₃), nitratos (NO₃⁻¹), nitritos (NO₂⁻¹) y nitrógeno orgánico proteínico) en nitrógeno elemental (N₂). La reacción química total es la siguiente



Los átomos de nitrógeno elemental se combinan y forman un gas (N_{2(g)}) que se escapa a la atmósfera, reduciendo así la disponibilidad de nitrógeno en la descarga de aguas residuales. La limitación de la cantidad de nitrógeno disponible como fertilizante reduce la velocidad de crecimiento de las plantas. También disminuye la absorción de oxígeno, y el oxígeno disuelto se hace más disponible en toda la columna de agua.

Si no se trata el efluente, el material orgánico contenido se combina con oxígeno, agotando así el oxígeno disuelto dentro de las aguas naturales donde se descarga el efluente. Sin oxígeno suficiente, la vida animal acuática se asfixia y perece. En resumidas cuentas, se añade metanol al efluente de las plantas de tratamiento de aguas residuales para conservar la ecología natural y proteger el medio ambiente.

La energía metabólica necesaria para que los microorganismos rompan el enlace químico entre el nitrógeno y el oxígeno puede obtenerse de un material de sustrato biodegradable que contiene carbono, como metanol, o de oxígeno disuelto (O_{2(g)}). Al forzar las condiciones anóxicas, se obliga a que se produzca la reacción de conversión de reducción en el enlace nitrógeno-oxígeno, en vez de en el enlace oxígeno-oxígeno, purgando así el nitrógeno y conservando el oxígeno dentro del sistema.

La presencia de cantidades excesivas de compuestos nitrogenados aumenta el crecimiento de las algas y de otras plantas acuáticas y básicamente asfixia incluso grandes extensiones

de agua con materiales de plantas fertilizadas con nitrógeno. El problema de que un crecimiento excesivo de las plantas perturbe la ecología de las vías acuáticas puede ser tan grave, incluso en extensiones grandes de agua, que el efluente de plantas de tratamiento de aguas residuales es una descarga regulada por la U.S. Environmental Protection Agency (EPA, Agencia de Protección del Medio Ambiente de EE. UU.). La adición de metanol, líquido biodegradable soluble en agua, a filtros de desnitrificación de plantas de proceso, puede proporcionar una forma bien dispersa de carbón solubilizado, que es utilizado por un grupo de organismos para desnitrificar el efluente. Cientos de plantas de tratamiento de aguas residuales están usando actualmente la desnitrificación para cumplir los estrictos límites reguladores de la EPA para nitrógeno en efluentes de plantas de tratamiento de desechos con unos resultados excelentes. Esto se puede hacer a un coste considerablemente menor que algunas tecnologías alternativas.

Más de 200 plantas de tratamiento de aguas residuales en Estados Unidos usan actualmente metanol para el proceso de desnitrificación. Una de ellas, la planta Blue Plains Wastewater Treatment Facility en Washington D.C., ha logrado reducir la cantidad de nitratos que entran a la Bahía de Chesapeake (de 20 toneladas al día a 10 toneladas al día), lo que ha producido una disminución del 30% en los niveles de nitrógeno dentro de la bahía. Esto se ha logrado a un coste de 0,50 a 0,60 dólares por libra de nitrógeno eliminado, lo que representa el 12% de los costes previamente comunicados.

2.4.2 Celdas de combustible de metanol directas

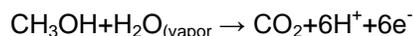
Actualmente, hay aproximadamente una docena de tecnologías de celdas de combustible. Las celdas de combustible de metanol directas se tratan en el presente documento porque constituyen una tecnología emergente que usa metanol como combustible. (2.3.2-1 a 2.3.2-5)

Las celdas de combustible de metanol directas son celdas electroquímicas, que producen electricidad y funcionan como las baterías de automóviles de plomo convencionales, pero con catalizadores exóticos, materiales especiales, tecnología avanzada y unas condiciones de operación de temperatura y presión ligeramente elevadas.

Las celdas de combustible de metanol directas funcionan de manera similar, pero distinta, a la batería de plomo. Usan una membrana de polímero en vez de un electrolito acuoso. La membrana sirve como electrolito y transfiere iones de hidrógeno (H^+) o protones, producidos en el ánodo a la superficie del cátodo. En celdas de combustible de metanol directas, se generan iones de hidrógeno por oxidación directa del metanol (CH_3OH) en un ánodo catalizado. La reacción de oxidación genera iones de hidrógeno, que se difunden por la membrana al cátodo. Los electrones de la reacción de oxidación anódica circulan por un circuito eléctrico externo a medida que se genera corriente y dióxido de carbono (CO_2) en el ánodo en forma de un producto de desecho gaseoso.

Las reacciones de oxidación-reducción necesarias para generar iones de hidrógeno en el ánodo y agua en el cátodo se producen en la fase de vapor o líquido, dependiendo del diseño de las celdas. Se inyecta una mezcla de vapor y metanol a presión y a una temperatura elevada en el compartimiento del ánodo. Un ánodo con un revestimiento catalítico muy especializado aumenta la cinética de una reacción química directa, que rompe los enlaces de carbono-hidrógeno de las moléculas de metanol en iones de hidrógeno y se recombina con carbón y oxígeno para formar dióxido de carbono (CO_2). Una membrana de polímero maciza transporta iones de hidrógeno generados en el ánodo al cátodo. El cátodo, que también es una cámara de gas a presión, contiene aire comprimido. El oxígeno del aire reacciona con los iones de hidrógeno en la superficie catalizada del cátodo para completar la parte de reducción formando vapor de agua. El uso de catalizadores muy avanzados y materiales poliméricos en una celda de combustible de metanol directa quema básicamente metanol en el ánodo y reduce los iones de hidrógeno en el cátodo, generando una corriente eléctrica y formando dióxido de carbono y vapor de agua.

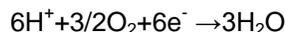
Oxidación catalizada de metal noble en el ánodo (metanol) rxn:



El electrolito polímero transporta H⁺ (protones) del ánodo al cátodo:



Reducción (oxígeno como aire) en el cátodo rxn:



El metanol combustible es un líquido fácilmente manipulado y los productos de la reacción de oxidación-reducción son agua y dióxido de carbono sin los contaminantes NO_x y SO_x.

La temperatura de funcionamiento está comprendida entre 60 °C-130 °C con una temperatura de funcionamiento típica cerca de 120 °C. La presión de funcionamiento puede elevarse de alguna manera y manipularse para lograr un rendimiento óptimo para un cierto conjunto de condiciones. Se espera que la eficiencia de funcionamiento se aproxime al 40%.

Las celdas de combustible de metanol directas se derivan de las celdas de combustible indirectas, que usan hidrógeno (H₂) como combustible en vez de metanol. Las celdas de metanol directas tienen varias ventajas en comparación con las celdas de combustible indirectas. En las celdas de combustible de metanol directas, el combustible es líquido y se almacena y transfiere con facilidad. En las celdas de combustible indirectas, el hidrógeno se usa directamente o se genera reformando la corriente de productos químicos. El almacenamiento de hidrógeno gaseoso es difícil y potencialmente peligroso; la adición de un reformador de vapor aumenta la complejidad de la celda.

Las celdas de combustible de metanol directas e indirectas son básicamente iguales, excepto que el metanol es ahora la fuente de protones, y el ánodo de la celda de combustible de metanol directa es un catalizador de metal noble. Ambos tipos de celdas tienen una membrana de polímero que transfiere protones del ánodo al cátodo y ambas producen agua como material de desecho. Ambas celdas generan también una corriente eléctrica mediante una reacción de oxidación que se produce en el ánodo. El lado del cátodo de la celda de combustible consiste en aire (21% de oxígeno y 79% de nitrógeno en volumen). Los iones de hidrógeno se difunden por una membrana de protones electrolítica y reaccionan con el oxígeno del aire en el cátodo para formar agua.

El número de celdas de combustible de metanol directas aumenta en unas 2000 unidades por año. Actualmente, hay más de 10.000 unidades instaladas. La mayoría de estas unidades es de menos de 1,5 kW. Aproximadamente tres cuartos de éstas se usan en aplicaciones portátiles y el resto se usan en aplicaciones de transporte especializadas en embarcaciones marinas y submarinas, motocicletas, motores y en unidades especializadas en vehículos de transporte. La mayoría de las unidades están instaladas en Norteamérica, Europa y Japón, aunque los países en vías de desarrollo están aplicando esta tecnología cada vez más. Cuando estén completamente desarrollados, el consumo de celdas de combustible de metanol directas puede ser impulsado por componentes electrónicos del consumidor, o posiblemente como una fuente alternativa de energía en automóviles híbridos. En la anterior aplicación, es concebible que tanto la celda de combustible como el motor de combustión interna funcionen con metanol como combustible.

Las configuraciones actuales hacen énfasis en un método modular en el que los componentes de las celdas de combustible y las celdas de combustible completas se pueden intercambiar fácilmente, y el apilamiento de múltiples unidades satisface las necesidades energéticas. Una aplicación que parece aumentar en popularidad es el uso de celdas de combustible de metanol directas para cargar baterías, que a su vez alimentan equipos electrónicos. Este método está siendo probado por las fuerzas armadas para la

operación en el campo de componentes electrónicos, y por Toshiba para componentes electrónicos personales como teléfonos celulares, teléfonos inteligentes, computadoras portátiles y otros componentes electrónicos portátiles.

Los fabricantes están desarrollando configuraciones modularizadas basadas en componentes, que pueden intercambiarse para reabastecer diversos componentes de las celdas a medida que se agotan o desgastan. La International Civil Aviation Organization (Organización Internacional de Aviación Civil) ha aprobado el uso de DMC para alimentar los dispositivos personales de pasajeros, como computadoras portátiles a bordo de aviones. Varias compañías de desarrollo tienen en estos momentos producciones comerciales de celdas de combustible de metanol directas.

Otros obstáculos para una comercialización más amplia parecen ser el paso de metanol del ánodo al cátodo y la actividad catalítica de los materiales de la superficie del ánodo y del cátodo. El paso tiene dos efectos de deterioro en el rendimiento de las celdas. El primero es la polarización del cátodo, que reduce el voltaje efectivo; el segundo es la pérdida de combustible resultante de la capacidad de energía reducida. Se está logrando un mejor entendimiento de los diversos factores como la presión de oxígeno en el lado del cátodo de la celda y parece que está creando resultados más favorables.

Una de las aplicaciones más interesantes de la tecnología de celdas de combustible puede ser el reemplazo de las baterías en los automóviles híbridos. Tanto si esto se logra con celdas de combustible de metanol directas como indirectas, el metanol proporciona la ventaja de que un vehículo completamente eléctrico, híbrido o motorizado que podría usar un solo combustible para impulsar los motores. El reabastecimiento de combustible sería similar al de gasolina y serviría para todos los tipos de automóviles.

2.4.3 Motores de turbina

Las turbinas estacionarias están alimentadas normalmente con gas natural o combustible de aviación destilado, que son productos refinados del petróleo crudo. Estos combustibles contienen azufre y nitrógeno, que causan problemas para cumplir con las normas de calidad. La calidad del aire en Estados Unidos viene regulada por la EPA bajo los auspicios de los distritos de gestión de calidad del aire locales.

En Estados Unidos, las emisiones de óxidos de nitrógeno y azufre (NO_x y SO_x) de fuentes fijas son supervisadas y estrictamente reguladas para controlar la calidad del aire. El coste y las restricciones de operación obligados por estas reglamentaciones son considerables. Las industrias que usan cantidades considerables de equipos de fuego directo, como calentadores, hornos y calderas, tienen el incentivo de encontrar formas alternativas de obtener calor del proceso y energía eléctrica sin incurrir en sanciones relacionadas con contaminantes de combustible y óxidos contaminantes.

Se han instalado quemadores de bajo NO_x y sistemas monitores de aire en la mayoría de los hornos, calentadores y calderas en Estados Unidos. Los quemadores de bajo NO_x pueden constituir un peligro para la seguridad si se aumenta el tamaño de los quemadores de repuesto para aumentar la capacidad de calefacción de equipos de fuego directo.

Los usuarios y fabricantes de turbinas empezaron a investigar la tecnología de combustión, que podría reemplazar el gas natural y los combustibles destilados por metanol, empezando en 1971. El metanol no contiene azufre ni nitrógeno y arde a una menor temperatura, mejorando sustancialmente la calidad del aire del gas de las chimeneas.

Los requisitos de supervisión de aire para turbinas alimentadas por metanol son menores que las turbinas alimentadas por gas natural y combustibles destilados. El control de calidad del aire se ha hecho cada vez más costoso a medida que las normas de calidad de aire se han hecho cada vez más exigentes. Hay múltiples desventajas al quemar combustibles de hidrocarburos refinados: el coste de capital de los equipos de monitorización, el mayor coste

de funcionamiento, el coste de la incertidumbre y las sanciones relacionadas por incumplimiento, el tiempo medio acortado entre averías y el mayor coste del mantenimiento relacionado, la vida útil más corta de los componentes de las turbinas y el mayor coste durante la vida útil relacionado con la indisponibilidad del sistema. El metanol puede tener ventajas económicas y de funcionamiento significativas con respecto a los combustibles convencionales.

Hay consideraciones técnicas y económicas al pasar del gas natural o destilado al metanol. Estas consideraciones son muy parecidas a las relacionadas con el reemplazo de la gasolina por metanol en los motores de combustión interna. Algunas consideraciones se han resuelto con éxito en el caso de los automóviles y presumiblemente pueden resolverse también en el servicio de las turbinas.

Como evidencia de ello, GE ha publicado una indicación escrita de que el uso de metanol como combustible de turbina es viable y, de hecho, ofrece cierta ventaja con respecto al uso de gas natural y combustibles destilados.

A continuación se tratan las consideraciones técnicas principales.

- *El metanol tiene un bajo valor calorífico comparado con el del gas natural y los combustibles destilados para turbinas usados actualmente.* Se debe quemar un mayor volumen de metanol para producir la misma salida de carga de base (potencia al freno) que el gas natural o el combustible destilado. Tal vez haya que modificar el almacenamiento de combustible para turbinas, y los sistemas de transferencia y combustión de forma apropiada para un mayor volumen de combustible. Las pruebas indican que la operabilidad y el rendimiento de la turbina con metanol es equivalente a la del gas natural y destilado; la calidad del aire es superior.
- *El metanol tiene poca lubricidad.* El destilado tiene una lubricidad inherente debido a la naturaleza de las moléculas de carbono e hidrógeno que forman el combustible y a la presencia de pequeñas cantidades de azufre. Hay pruebas en curso para aditivos que aumentarán la lubricidad del metanol.
- *El metanol tiene un punto de inflamación bajo (presión de vapor muy baja a baja temperatura), que afecta el arranque y la operación a bajas temperaturas y la necesidad de protectores contra explosiones.* Los problemas de arranque en tiempo frío pueden evitarse arrancando con combustibles convencionales. El problema de la explosión requiere la modificación de la configuración del motor. Se están haciendo pruebas para varios métodos de resolver el problema de las explosiones.
- *El metanol líquido conduce la electricidad comparado con el gas natural y los combustibles destilados.* La conductividad aumenta la corrosión de las aleaciones usadas comúnmente para manipular gas natural y combustible destilado. Esto es particularmente cierto para aleaciones de aluminio y titanio. Se están probando aditivos para inhibir la corrosión. Alternativamente, los materiales usados comúnmente pueden reemplazarse por materiales resistentes a la corrosión. No se deben usar aleaciones de aluminio y titanio en servicio de metanol o vapor de metanol sin un programa de integridad mecánica riguroso.
- *El metanol es un disolvente que ataca algunos plásticos, resinas y compuestos de fibra de vidrio.* Se dispone de una variedad de materiales compatibles para reemplazar los materiales incompatibles. Se debe tener un cuidado especial en la selección y almacenamiento de empaquetaduras, juntas tóricas y otras piezas que impiden fugas.

- *El metanol absorbe el agua de la atmósfera.* A diferencia de la gasolina, el metanol puro y las mezclas de gasolina y metanol absorben la humedad del aire. La humedad absorbida por el metanol puro es completamente miscible y se retiene como una fase individual que no afecta a la combustión. La humedad absorbida por las mezclas de gasolina y metanol forma una fase inmisible, que se hunde, acumulándose así en el fondo de tanques y puntos bajos de tuberías. Si la cantidad de agua es pequeña, la presencia de una fase inmisible tiene poco efecto o ninguno en las propiedades de combustión de la mezcla combustible. Grandes cantidades de material en fase acuosa interfieren con la combustión y en circunstancias extremas pueden producir llamaradas.

2.4.4 Plataformas petrolíferas marinas

Los productos de petróleo crudo y gas natural de cabeza de pozo constan de una mezcla de hidrocarburos y agua. El agua se deriva de los estratos que contienen hidrocarburos en los fondos de pozo. La llamada “agua producida” es agua que consiste en agua de formación, agua de inyección y vapor de agua condensado. También incluye trazas de aditivos químicos, que realizan una variedad de funciones, como inhibición de formación de hidratos, captura de vapor de agua, prevención de formación de costras, control de la corrosión, prevención de crecimiento de bacterias, descomposición y coagulación de emulsiones de agua en aceite, prevención de la formación de espuma y eliminación de depósitos de parafina. Los aditivos de hidratación y deshidratación se usan principalmente en la producción de gas natural; no obstante, también se usan en la producción de petróleo crudo cuando los hidrocarburos son acompañados por grandes cantidades de gas y agua relacionadas.

En general, la cantidad de agua producida aumenta durante la vida útil del pozo, y la cantidad de hidrocarburos disminuye. En esta circunstancia, la probabilidad de formación de hidratos aumenta y los riesgos relacionados con los hidratos aumentan, además de que el rendimiento de la cabeza de pozo disminuye. En consecuencia, los pozos de gas se cierran normalmente al principio de la aparición de cantidades de agua sustanciales. El uso efectivo del metanol puede reducir el riesgo de los hidratos, prolongando así la vida de producción del pozo. Esto suele ser una decisión económica basada en el punto de inflexión de ingresos de productos y el coste de la producción de hidrocarburos, incluidas grandes cantidades de inhibidor de metanol.

Los costes relacionados con el tratamiento del agua producida son un pequeño porcentaje del coste total de producción de gas natural. No obstante, el tratamiento incorrecto o inadecuado puede afectar negativamente al rendimiento del equipo, aumentando así el coste de operación. Igualmente, el tiempo medio entre averías de equipos disminuye al exponer el producto sin tratar de las cabezas de pozo, con aumentos resultantes del coste de mantenimiento y acortamiento de la duración de los equipos. Lo anterior es particularmente relevante para la formación de hidratos de gas natural o clatratos en tuberías, válvulas y equipos de gas natural submarinos.

El hidrato de metano, el clatrato de metano, el hidrometano, el hielo de metano, el “fire ice” y el gas natural son sinónimos de un compuesto de clatrato sólido que atrapa una gran cantidad de metano dentro de su estructura cristalina de agua congelada, formando así un sólido poroso similar al hielo. Una composición típica de hidrato de clatrato de metano es 1 mol de metano por cada 5,75 moles de agua a una densidad observada de 0,9 g/cm³. Un litro de clatrato de metano contiene 168 litros de gas metano a una temperatura y a una presión normales. Los clatratos contienen cantidades suficientes de metano para inflamarse y quemarse en el aire, de ahí el nombre de “fire ice”.

A alta presión y temperatura moderada, el hidrato forma un sólido que se adhiere a las superficies interiores de tuberías y equipos. Si no se reduce la formación de hidratos,

entonces las tuberías de acumulación y transferencia de caudal submarinas pueden taponarse e interrumpir el paso de fluido. Los pedazos de hidratos que se desprenden de las paredes de las tuberías pueden movilizarse en la corriente de fluido interfiriendo así con la producción, dañando los equipos y en casos extremos causando la rotura catastrófica de tuberías. La rotura de las tuberías puede necesitar el bloqueo de la cabeza del pozo, la pérdida de productos y el desprendimiento de hidrocarburos directamente en la columna de agua.

La formación de hidratos puede controlarse mecánicamente con aislamiento térmico y calentamiento de tuberías para evitar las condiciones de temperatura necesarias para la formación de hidratos, y por medios químicos donde el punto de congelación disminuye por debajo de la temperatura de operación mínima.

Los inhibidores de hidratos químicos tienen la misma función que el anticongelante en un sistema de enfriamiento de motores de automóvil. La adición de etilenglicol (y más comúnmente metanol) en la cabeza del pozo y, en algunos casos, en el pozo reduce la temperatura de descongelación del agua, impidiendo así la formación de una estructura de clatrato. El metanol es el aditivo preferido con más frecuencia debido al mayor coste del etilenglicol. Aproximadamente se requiere la mitad de etilenglicol para lograr el mismo nivel de protección que el proporcionado por el metanol. El etilenglicol permanece en el agua producida, lo que facilita la recuperación y la reutilización. Aproximadamente la mitad del aditivo de metanol se vaporiza en la fase gaseosa y no es recuperable; la otra mitad del metanol permanece disuelta en el agua producida, lo que facilita la recuperación y el reciclado.

Excepto en aguas templadas poco profundas, la producción marina de gas natural requiere el uso de metanol o etilenglicol para evitar la formación de hidratos. El metanol se usa ampliamente en la producción de Gulf Coast intermedio y de alta mar, donde las presiones del flujo deben ser altas y las temperaturas bajas.

2.4.5 Especificaciones del metanol

Se dispone de información y especificaciones adicionales para el metanol en Internet en la International Methanol Producers and Consumers Association (Asociación Internacional de Productores y Consumidores de Metanol) (IMPCA). Los miembros de la IMPCA son una fuente de información excelente.

3 Transporte y almacenamiento de metanol

Este capítulo resume los temas de seguridad relacionados con el almacenamiento y el transporte de metanol desde los centros de producción hasta los usuarios finales.

3.1 Transporte de metanol

La geografía y la demografía del mercado de metanol dependen en gran parte del transporte a fin de poder llevar productos de metanol desde los productores hasta los consumidores. El metanol se produce en varias regiones del mundo y se usa en otras. La falta de proximidad entre la producción y el uso requiere que hasta el 80% del metanol producido anualmente en el mundo deba ser transportado entre continentes. La seguridad, fiabilidad e integridad del transporte transoceánico, la transferencia en muelles y el almacenamiento en muelles y terminales marítimos constituyen una gran parte de la exposición potencial resultante de las fugas accidentales y no mitigadas de la industria del metanol.

3.1.1 Transporte transoceánico

El metanol se bombea de tanques de almacenamiento en el muelle a las bodegas de carga selladas de buques tanque. La entrega a los tanques de almacenamiento en los muelles puede hacerse por tubería, barcaza, ferrocarril o camión.

El transporte transoceánico es similar al de otros hidrocarburos líquidos como petróleo crudo, gasolina, diesel y aditivos de combustible como el MTBE. Los transportistas usan comúnmente embarcaciones o recipientes de doble casco y es muy probable que estos se conviertan en la norma a medida que aumente la producción mundial. Entre las disposiciones especiales para el envío en barcos cisterna se encuentran las siguientes: limpieza (para no contaminar el metanol), detección de fugas de metanol, equipos apropiados para combatir incendios (incluidas espumas resistentes al alcohol) y bombas, tuberías, mangueras y empaquetaduras adecuadas para el servicio del metanol.

Se deben evitar derrames accidentales de metanol en el océano, si bien se considera que presentan menor riesgo para el medio ambiente que las de otros materiales como petróleo crudo, combustible para calderas, gasolina o diesel. El metanol puro (100%) se solubiliza en agua con rapidez y por completo. La dilución reduce la concentración de metanol a un nivel no tóxico para la vida marina en una distancia menor que 1,5 kilómetros, incluso en el caso de fugas catastróficas mayores.

3.1.2 Transporte por ferrocarril

Las precauciones para el transporte por ferrocarril son muy similares a las que se aplican para el etanol, la gasolina, el MTBE, el combustible de aviación (queroseno) y los destilados. Esto incluye la conexión a tierra para su protección contra descargas estáticas.

Hay vagones cisterna especialmente diseñados que están dotados de equipos para aliviar la presión y adaptarse así a la expansión térmica durante el tránsito y el almacenamiento temporal (menos de 30 días) durante las maniobras y los tiempos de retención. El transporte por ferrocarril se considera seguro, siempre y cuando el metanol esté contenido dentro de un vagón cisterna vertical.

En caso de un descarrilamiento, los primeros en responder deben tratar el metanol como una sustancia muy inflamable y tóxica. La edición 2008 del *Emergency Response Guidebook* (ERG2008) (Guía de Respuesta en Caso de Emergencia) [19] recomienda una distancia de aislamiento inmediata de 50 metros en todos los sentidos. Cuando las fugas son de mucho volumen se puede esperar que ocurran los llamados “incendios de avance rápido”. Se puede esperar que se produzca un retorno de llama. Los incendios de avance rápido son particularmente peligrosos si se permite que se propaguen por alcantarillas o desagües. En caso de derrames accidentales como consecuencia de un descarrilamiento o alguna otra circunstancia que ponga en peligro la contención, la guía ERG2008 recomienda que los primeros en responder aislen y consideren la evacuación a una distancia radial de 800 metros en todos los sentidos del derrame. Los primeros en responder deben estar equipados con ropa protectora contra sustancias químicas y un aparato autónomo de respiración (SCBA) como protección en caso de derrames. Los trajes de bomberos utilizados para combatir incendios interiores estructurales no son apropiados para labores contra derrames, ya que los primeros en responder quedarían en contacto con metanol sin contener. Es necesario eliminar las fuentes de inflamación a una distancia de al menos 800 metros.

Se sabe que, en caso de contacto con llamas o altos flujos térmicos radiantes, los vagones cisterna de metanol pueden sufrir BLEVE (expansión explosiva del vapor de un líquido en ebullición, consistente en un fallo instantáneo del tanque y fuga e inflamación catastrófica del vapor).

3.1.3 Transporte en camiones cisterna

Los comentarios relacionados con los vagones cisterna se aplican por igual a camiones tractores de transporte y remolques cisterna remolcados por camiones tractores. El transporte de metanol en camiones cisterna está básicamente sujeto a las mismas precauciones que se aplican de forma rutinaria al transporte de gasolina.

3.2 Almacenamiento de metanol

El almacenamiento de metanol está básicamente sujeto a las mismas disposiciones que el almacenamiento de la gasolina. Por lo general, el metanol se almacena en zonas de tanques que consisten en tanques exteriores con techos flotantes y tanques menores flotantes con deflectores internos. Los tanques deben estar conectados a tierra para evitar los peligros relacionados con las descargas de electricidad estática. El control de inflamación puede ser una atmósfera de nitrógeno, gas natural o por designación de una zona de peligro con control de inflamación.

Ya que el metanol se almacena comúnmente con otros disolventes y materias primas, todas las tuberías y válvulas que puedan estar en contacto con metanol deben etiquetarse sistemáticamente y se debe indicar el sentido del flujo. Todos los materiales de almacenamiento, incluidas las cajas y los barriles, requieren que haya bermas y ventilación

adecuada. Las bermas deben estabilizarse por medio de compactación, usando una tela adecuada resistente al metanol, o con hormigón. Debido a las propiedades disolventes del metanol, los residuos no destilables del petróleo, el asfalto y el aceite para carreteras no son adecuados como cubiertas para bermas ni como materiales de estabilización.

El metanol arde con una llama no luminiscente, que puede ser invisible a la luz solar brillante. El personal de respuesta debe estar equipado con dispositivos infrarrojos que permitan la detección de calor remota y de la temperatura relativa. Es muy recomendable tener esta capacidad en el aire con un helicóptero de respuesta de emergencia, si es posible.

3.2.1 Muelles y terminales marítimos

Las instalaciones de almacenamiento en muelles y terminales marítimos suelen ser tanques con techos flotantes especializados en la manipulación de metanol. Es preferible usar techos flotantes internos para evitar la contaminación. Las instalaciones pueden estar equipadas con detección de fugas y alarmas. La capacidad de supresión de incendios y la respuesta ante derrames es importante y es requerida probablemente por las compañías aseguradoras.

Una fuente principal de problemas son las fugas de tanques que no sean atendidas de inmediato. Se deben consultar los códigos, las normas y las prácticas recomendadas por el American Petroleum Institute (Instituto del Petróleo de EE. UU.) para obtener información específica respecto a la construcción, a la inspección y al mantenimiento de tanques.

3.2.2 Zonas de tanques

Es muy probable que las zonas de tanques en instalaciones como refinerías y plantas de procesos químicos cuenten con sistemas especiales de almacenamiento y manipulación de metanol. Los tanques suelen estar sobre la superficie y las tuberías están tendidas sobre la superficie y en portadores de tuberías. En general, la protección contra incendios para tanques de gasolina es suficiente para los tanques de metanol, siempre y cuando se tengan precauciones adicionales para la detección de fugas, peligros tóxicos y disponibilidad de espuma de supresión de incendios compatible con el alcohol.

3.2.3 Contenedores portátiles (cajas y barriles)

Las cajas y los barriles pueden ser una fuente de problemas. La industria del metanol ha hecho muchos esfuerzos para diseñar cajas adecuadas y para que sea fácil obtenerlas. Debido a que el número de usuarios de cajas y barriles es muy superior al de las instalaciones con sistemas especiales de almacenamiento y manipulación de metanol, este manual hace hincapié en la importancia de la manipulación segura de metanol para contención en cajas y barriles. Se recomienda encarecidamente que quienes manipulen el producto consulten con los proveedores de metanol en lo que respecta a la selección del método de contención. A diferencia de las zonas de tanques, donde el personal rara vez tiene contacto directo, quienes usan cajas y barriles se enfrentan con regularidad a derrames y a la necesidad de obtener una respuesta y una limpieza inmediatas.

Se sugieren las siguientes disposiciones para los usuarios de cajas, barriles y latas:

- El metanol sólo debe comprarse a proveedores o sitios de confianza. El Methanol Institute ofrece un servicio para conectar a clientes y proveedores de metanol. Visite el sitio de Internet del Methanol Institute en www.methanol.org, y haga clic en el enlace "Methanol Source Request" (Solicitud de fuentes de metanol). Complete y envíe este formulario en línea, dando información sobre sus necesidades de metanol, y su información se compartirá con miembros del MI que representan a los productores y distribuidores globales principales de metanol. Estos proveedores se

pondrán en contacto después con usted directamente para hablar de precio y suministro.

- Se debe consultar con los proveedores en lo referente a la aplicación y circunstancias de uso previstas antes de firmar un contrato de ventas. Muchas compañías mercantiles químicas pueden y desean proporcionar sus servicios para garantizar el uso seguro de los productos químicos que venden.
- Después de establecer acuerdos sobre las instalaciones y disposiciones para recibir, almacenar y hacer las transferencias locales, es necesario establecer y capacitar a un equipo local de respuesta acerca las medidas necesarias y prudentes que se deben tomar en caso de producirse un derrame.
- Ciertos aspectos de la manipulación del metanol requieren disposiciones especiales y medidas protectoras. Entre éstas se incluyen los siguientes:
 - En lo posible, el metanol debe almacenarse y usarse en un área especial, específicamente demarcada y correctamente etiquetada. Dicha área debe contar con medidas de seguridad fácilmente disponibles a los empleados que trabajen en ella. El área debe designarse como un área peligrosa y se debe disponer inmediatamente de medidas de protección en el caso de derrames, exposición e inflamación.
 - El área designada para la manipulación del metanol debe estar equipada con una alarma sonora efectiva, que pedirá ayuda de manera oportuna.
 - Utilice identificación positiva de materiales para empaquetaduras, filtros, material para mangueras y artículos similares.
 - Reemplace periódicamente las empaquetaduras, mangueras y juntas tóricas, *antes* de que se espere que se degraden o se rompan.
 - Asegúrese de que haya procedimientos de conexión a tierra definidos y verifique periódicamente las conexiones a tierra.
 - Asegúrese de contar con procedimientos de protección contra la captación y acumulación de agua.
 - Asegúrese que las disposiciones y los procedimientos estén en vigor para impedir que los derrames de metanol se introduzcan en desagües, registros de alcantarillas y espacios estrechos.
 - Asegúrese de contar con procedimientos y disposiciones para evitar que el metanol penetre en el nivel freático del agua o los acuíferos.
 - Asegúrese de contar con procedimientos y equipos de protección para el personal y para reducir la exposición. Esto debe incluir estaciones lavajos y duchas.
 - Asegúrese de contar con procedimientos y equipos para detectar fugas y alarmas.
 - Asegúrese de contar con procedimientos y equipos de respuesta de emergencia en las instalaciones.
 - Asegúrese de contar en las instalaciones con procedimientos y posiblemente equipos especializados para servicios independientes de respuestas de emergencia.
- En los siguientes documentos normativos y de prácticas óptimas se proporcionan directrices y consideraciones sobre la manipulación y el almacenamiento de metanol en tanques pequeños, cajas y barriles:
 - Capítulo 34 de IFC
 - NFPA 30.

- OSHA CFR 49 1910.119 y otras regulaciones sobre materiales peligrosos
- Las políticas y los procedimientos también deben tratar las disposiciones de seguridad que surjan de un HAZOP (estudio de riesgo y funcionalidad) realizado antes de la entrega de la primera carga de un camión cisterna, caja o barril de metanol.
- Manual corporativo de Methanex Corporation: Las mejores prácticas para el llenado de recipientes, Documento CR3RC250.
- ISO 9001: 2000 – Sistemas de gestión de calidad.

3.2.4 Clasificación eléctrica

Los equipos eléctricos en las cercanías de áreas de almacenamiento y manipulación de metanol deben ser a prueba de explosiones para cumplir con los requisitos del National Electrical Code (NEC, Código Eléctrico Nacional) [42]. Es posible que se requiera una presión positiva para garantizar la protección de las áreas libres de metanol como salas de fumadores y sistemas de control y equipos de conmutación eléctricos.

3.2.5 Conexión a tierra y puesta a masa

La conexión a tierra es especialmente importante para proteger al metanol contra la inflamación accidental que puede resultar de descargas de electricidad estática. El metanol es un compuesto polar que conduce la electricidad. En general, no se espera que el almacenamiento de metanol acumule carga estática. No obstante, circunstancias como un tanque con un revestimiento no conductor pueden cambiar la velocidad de acumulación de carga.

Se recomienda que las cintas de conexión a tierra estén equipadas con pinzas de sujeción con punta de carburo, con el fin de asegurar el contacto eléctrico a través de recubrimientos superficiales no conductivos como la pintura. Los tanques y los recipientes de almacenamiento deben tener un sistema de llenado con tubo profundo como protección contra la inflamación accidental provocada por la electricidad estática generada debido a la caída de líquido por el aire.

Se requiere conexión a tierra para los sistemas de alumbrado, portadores de tuberías, bombas, recipientes, filtros y el resto de los equipos que estén cerca y potencialmente dentro del alcance del vapor de metanol. Las torres altas y otros equipos donde puedan caer rayos deben estar equipados con pararrayos.

Las mangueras deben tener una conexión a tierra. En situaciones de carga y descarga de metanol, la posibilidad de que se generen chispas debido a la acumulación de electricidad estática es menor que con materiales como el diesel con bajo contenido de azufre. El metanol no acumula electricidad estática. La conductividad eléctrica del metanol es relativamente alta en comparación con la de la mayoría de los materiales combustibles. Sin embargo, deben establecerse límites de velocidad en operaciones de transferencia donde haya posibilidades de elevadas caídas de presión, impactos hidráulicos y erosión. Consulte las publicaciones de API y NFPA para obtener pautas específicas.

La puesta a masa es una medida que tiene el propósito de disipar electricidad estática generada durante la transferencia de fluidos, a través de materiales conductores o no conductores. Implica hacer una conexión entre un objeto con conexión a tierra y uno que no tenga una conexión a tierra. Las operaciones de transferencia de metanol deben estar conectadas a tierra.

Los recipientes de metal (barriles o cajas) y la bomba de los equipos de llenado relacionados deben estar conectados a tierra juntos durante las operaciones de transferencia de metanol. Las tuberías y las mangueras de llenado deben ser conductoras y estar puestas a masa con el sistema de llenado. La puesta a masa debe hacerse con un cable⁵ pelado (sin forro) de acero inoxidable de 1/8 de pulgada conectado a pinzas de sujeción con puntas de acero endurecido y tornillos o un fuerte resorte que penetre pintura, corrosión y materiales que se hayan acumulado. Instale la pinza de puesta a masa en la campana superior del barril antes de quitar el tapón. Prolongue la tubería a menos de 25 mm de la parte inferior del recipiente. Comience a vaciar lentamente (a menos de un metro por segundo o a una velocidad de llenado del recipiente de menos de 5 cm de elevación de nivel de líquido por minuto) hasta que el contenedor llegue al nivel equivalente de dos diámetros de la tubería hacia arriba del lado de la tubería de llenado.

En años recientes se ha señalado el peligro de usar artículos eléctricos personales tales como teléfonos móviles, computadoras portátiles, etc., en ambientes sometidos a atmósferas potencialmente explosivas, por ejemplo, gasolineras y terminales de llenado de combustible. La energía necesaria para inflamar vapores de gasolina (0,2 mJ en la relación de mezcla óptima para la combustión) es similar a la energía producida por la electricidad estática y por las chispas producidas por dispositivos de bajo voltaje cuando se inflaman. No se recomienda utilizar componentes eléctricos como teléfonos móviles y computadoras portátiles en una atmósfera potencialmente inflamable.

Tenga cuidado con lo siguiente:

- Los teléfonos móviles pueden inflamar vapores de gasolina, etanol, metanol, propano y gas natural comprimido (CNG).
- Los teléfonos móviles que se iluminan cuando se encienden o cuando suenan desprenden suficiente energía como para producir una chispa que pueda inflamar los vapores de hidrocarburos.
- No se deben usar teléfonos móviles (deben mantenerse apagados) en estaciones de llenado de combustible, en terminales de combustible o en embarcaciones, o al reabastecer de combustible recipientes portátiles, cortadoras de césped, etc.
- No se deben usar teléfonos móviles (deben mantenerse apagados) cerca de materiales que generen gases inflamables o explosivos (por ejemplo, disolventes, productos químicos, gases).

Las mismas precauciones se aplican a computadoras portátiles, linternas, faroles a batería y otros dispositivos operados por baterías o pilas que no están clasificados a prueba de explosiones. Por regla general, no se deben usar dispositivos electrónicos a menos de 7 metros de una atmósfera potencialmente explosiva [40]. Esta distancia es suficiente para proporcionar una barrera entre la fuente potencial de gases que se pueden inflamar y el dispositivo. Aumente esta distancia a 17 metros en el caso de gases de líquidos a presión como el propano.

Al distribuir de un recipiente de metal, dicho recipiente y el equipo relacionado de llenado, incluidos los sifones invertidos, las mangueras conductoras y las bombas, deben ponerse a masa entre sí y conectarse a tierra. Los recipientes metálicos recubiertos de plástico con recubrimientos epóxicos o fenólicos de menos de 2 mm de espesor pueden ser tratados como recipientes metálicos. Si el recubrimiento tiene más de 2 mm de espesor, el recipiente

⁵ Se puede usar un cable de bronce flexible sin aislar de ¼" a 3/8" para conexiones de tierra y puesta a masa.

debe tratarse como si fuera no conductor. Al manipular metanol, trate los recipientes no conductores como si el recipiente y el metanol no fueran conductores.

Los recipientes de plástico no se pueden conectar a tierra y no deben usarse para líquidos inflamables Clase I como metanol, sin una revisión por parte de expertos, según se establece en NFPA 30, *Flammable and Combustible Liquids (Código de líquidos inflamables y combustibles)*. Si es necesario usar un recipiente de plástico, siga el mismo procedimiento que en el caso de los recipientes de metal.

Consulte las siguientes normas y bibliografía para obtener información adicional sobre otros asuntos relacionados con la prevención de inflamación.

- ASTM E681 describe un método de prueba normal para determinar los límites de inflamabilidad.
- *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 6.º edición, McGraw-Hill Book Company, San Francisco, Sec. 3, pág. 256-257, 1984.
- NFPA-325, *Guide to Fire Hazard Properties of Flammable Liquids, Gases and Volatile Solids*, 1994.
- Glassman, I., *Combustion*, 2.ª edición, pág. 321-313, pág. 486-489, 1987.
- NFPA 30A, *Code for Motor Fuel Dispensing Facilities and Repair Garages*, 2008.
- UFC, Article 52, *Motor Vehicle Fuel-Dispensing Stations*, 1997.
- NEC, Capítulo 5, Artículos 500-504, 2008. Estos artículos definen los requisitos para dispositivos electrónicos intrínsecamente seguros en ubicaciones peligrosas Clase I, División 1, y Clase 1, División 2.
- ANSI/UL 1203 *Explosion-proof and Dust-Ignition-proof Electrical Equipment for Use in Hazardous (Classified) Locations*.
- ANSI/UL 913 *Intrinsically Safe Apparatus and Associated Apparatus for Use in Class I, II, and III Division 1, Hazardous Locations*.
- UL 1604 *Electrical Equipment for Use in Class I and II, Division 2, and Class III Hazardous (Classified) Locations*.
- DOD-HDBK-263, *Electrostatic Discharge Control Handbook*.
- IEC 60050-426:1990, IEC 60079-4:1975, IEC 60079-4A:1970, IEC 60079-20:199

4 Salud y seguridad

Este capítulo describe las propiedades toxicológicas del metanol, las rutas y los síntomas de exposición, las estrategias efectivas de control, las precauciones de seguridad y los primeros auxilios.

4.1 Exposición al metanol

4.1.1 Fuentes comunes de exposición

Los seres humanos están expuestos al metanol procedente de muchas fuentes. El metanol no sólo existe naturalmente en el cuerpo humano, sino que los seres humanos están expuestos habitualmente al metanol en el aire, el agua y los alimentos. Los alimentos son la fuente principal de exposición para la población en general. Por lo general se considera que las fuentes alimenticias contribuyen a las concentraciones sanguíneas basales de metanol observadas. El metanol es común en pequeñas concentraciones en la dieta de los seres humanos de frutas frescas, verduras, bebidas comerciales como zumos de fruta, cervezas, vinos y bebidas alcohólicas destiladas. Los aditivos de alimentos de aspartamo (un edulcorante artificial) y dicarbonato de dimetilo (DMDC) (un inhibidor de levadura usado en té, bebidas deportivas, bebidas efervescentes de fruta o zumo), así como vinos, desprenden cantidades pequeñas de metanol al metabolizarse en el cuerpo humano. La Tabla 4 indica ejemplos de niveles de metanol en alimentos y bebidas comunes, comparados con los niveles básicos en el cuerpo humano.

Tabla 4. Los niveles de metanol en alimentos y bebidas y en la sangre

Muestra	Nivel de metanol
Zumos frescos o enlatados de frutas (zumos de naranja y pomelo)	1-640 mg/l (promedio de 140 mg/l)
Cerveza	6-27 mg/l
Vinos	96-329 mg/l
Judías	1,5-7,9 mg/kg
Lentejas	4,4 mg/kg
Bebidas carbónicas	~56 mg/l
Nivel básico en el cuerpo humano	0,5 mg/kg (0,73 mg/l en sangre)

La exposición al metanol no relacionada con la dieta (principalmente por inhalación) puede resultar de ciertos productos de consumo popular como pinturas, fluidos de limpiaparabrisas, anticongelantes, desincrustadores de hielo y adhesivos que contienen metanol como disolvente. Los vapores de metanol también pueden estar presentes en el humo de cigarrillos a un nivel de 180 microgramos (μg) por cigarrillo. El metanol también se usa en celdas de combustible que energizan dispositivos electrónicos populares como computadoras portátiles y teléfonos móviles. También es posible que los vehículos accionados con celdas de combustible usen metanol como combustible transportador de hidrógeno. Estos usos relativamente nuevos del metanol podrían ser más comunes en el futuro.

Ciertos estudios han mostrado que la población general de EE.UU. tiene una concentración de metanol en la sangre básica que varía entre 0,025 y 4,7 mg/l en la sangre (miligramos por litro en la sangre). En estudios controlados, las personas que respiran aire que contiene 200 ppm de metanol tenían concentraciones en la sangre menores que 10 mg/l.

La mayoría de las exposiciones medioambientales habituales al vapor de metanol en el aire son significativamente menores que las exposiciones ocupacionales. Las exposiciones típicas medioambientales al metanol del aire en áreas rurales son inferiores a 0,0008 ppm y se acercan a 0,03 ppm en áreas urbanas. El metanol se usa actualmente hasta cierto punto como combustible alternativo, principalmente en una mezcla de 85% metanol y 15% gasolina conocida como M85. El uso propuesto de metanol como sustituto de combustibles derivados del petróleo podría dar lugar a mayores fugas al aire en el medio ambiente a través de emisiones de vehículos y en las gasolineras.

Es probable que la exposición ocupacional (en el lugar de trabajo) cause la mayor exposición diaria al metanol. Las exposiciones ocupacionales típicamente ocurren a través de la inhalación de vapores de metanol durante su producción o uso. Aproximadamente el 70% del metanol producido en Estados Unidos se usa como materia prima para la producción de otros productos químicos orgánicos y de una variedad de productos de consumo popular, incluidos los fluidos limpiaparabrisas. También se usa en el tratamiento de aguas residuales y aguas negras. La exposición ocupacional al metanol puede ocurrir durante su producción, o resultar de su presencia en sistemas de refrigeración y como componente en la producción de formaldehído, MTBE, ácido acético y otros productos químicos industriales. El límite de exposición permisible (PEL) al promedio de ponderación en el tiempo (TWA) al metanol, establecido por la Occupational Safety and Health Administration, (OSHA, Administración de Salud y Seguridad Ocupacional), es de 200 ppm para un día de 8 horas y una semana de 40 horas de trabajo.

Las concentraciones de vapores de metanol medidas en la zona respiratoria de los trabajadores durante el reabastecimiento de autobuses impulsados por metanol es por lo general menor que 10 ppm. Las concentraciones de vapores de metanol medidas en la zona de respiración de mecánicos que cambian filtros de combustibles (procedimiento de 2 minutos) para estos autobuses era un promedio de unas 50 ppm.

4.1.2 Fuentes accidentales de exposición

Entre las situaciones menos comunes que forman parte de la exposición de la población general figuran el uso de combustibles que contienen metanol (como disolventes) y los derrames accidentales. Debemos mencionar otro tipo de exposición accidental potencial al metanol. Todos los años se informa sobre varios miles de casos de ingestión accidental de gasolina en los centros de control de envenenamiento de Estados Unidos. Los análisis de los

datos han determinado que el 39% de las víctimas de ingestiones accidentales son varones adolescentes y adultos jóvenes, mientras que el 36% son niños menores de 6 años de edad. Casi todos los casos anteriores se produjeron al aspirar (por la boca) para transferir gasolina de un recipiente a otro. La mayoría de los últimos casos se produjeron cuando los niños encontraban un recipiente de bebida usado en el que se había guardado gasolina. En lo que se refiere a la gasolina, el principal peligro de toxicidad se basa en la posibilidad de regurgitar el combustible y aspirar el vómito, lo que puede causar neumonitis química. Sin embargo, si el M85 sustituyera a la gasolina en estas situaciones, el metanol aumentaría considerablemente el potencial de enfermedad grave o mortalidad. El contacto de la piel con el metanol también permite la absorción rápida y la presencia de signos de toxicidad. Se han indicado casos de envenenamiento con metanol en niños que han tenido exposición dérmica al mismo.

La siguiente tabla ilustra las vías potenciales de metanol y la carga corporal adicional de metanol esperada debido a la exposición en una persona de 70 kg de peso.

Tabla 5. Carga corporal adicional de metanol [32]

Exposición / Dosis	Carga corporal adicional de metanol
Carga corporal básica en seres humanos	35 mg*
Contacto de la mano con la piel en metanol líquido, 2 min	170 mg
Inhalación, 40 ppm de metanol en 8 horas	170 mg
Inhalación, 150 ppm en 15 minutos	42 mg**
Ingestión de 0,34 litros de bebidas dietéticas edulcoradas con aspartamo	21 mg
Ingestión de 0,2 ml de metanol	170 mg
Ingestión de metanol de 25 a 90 ml	Letal (~21.000 - 70.000 mg)

*Estimado de la carga corporal de metanol de 0,5 mg/kg de peso corporal para una persona de 70 kg

**Suponiendo una absorción del 100% en los pulmones (60%-85% es más probable)

4.1.3 Rutas de exposición

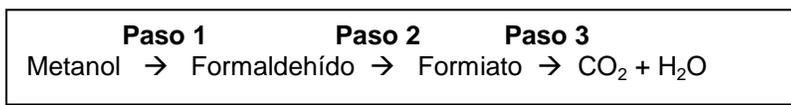
Las rutas principales de entrada de metanol al cuerpo son inhalación, absorción a través de la piel como resultado del contacto, contacto con los ojos e ingestión ya sea al comer o beber.

4.1.4 Metabolismo del metanol

El metanol es absorbido fácil y rápidamente por todas las rutas de exposición y se distribuye rápidamente por todo el cuerpo. Los seres humanos absorben del 60% al 85% del metanol inhalado. Los pulmones y riñones excretan una pequeña cantidad sin metabolizar. La velocidad de metabolismo del metanol en el cuerpo es de 25 mg/kg-h (7 veces más lenta que la del etanol) y es independiente de las concentraciones en la sangre. Los seres humanos metabolizan el metanol en formaldehído como primer paso. El formaldehído se convierte después en formiato, que puede ser tóxico a altas concentraciones y, finalmente,

en dióxido de carbono y agua. La vida media de eliminación del metanol en el aire que se elimina al respirar después de la exposición oral o dérmica es de 1,5 horas. Debido a su capacidad limitada de metabolizar el formiato en dióxido de carbono, los seres humanos acumulan en el cuerpo el formiato resultante de exposiciones a altas dosis de metanol. Si se sigue generando formiato a una velocidad que exceda su velocidad de metabolización, se establecerá la toxicidad del metanol. Los niveles basales de metanol en el cuerpo humano no producen una acumulación de formiato ni efectos adversos a la salud. Algunos estudios han demostrado que la exposición por inhalación de poca duración a 200 ppm de metanol produce concentraciones de metanol en la sangre de menos de 10 mg/l sin que se observe un aumento en la concentración de formiato en la sangre.

Metabolismo humano del metanol:



4.1.5 Efectos de la exposición

El metanol es un veneno. Esto significa que puede causar efectos tóxicos graves y a veces mortales de una sola exposición. La preocupación principal se relaciona con la exposición aguda a través de cualquiera de las rutas principales de entrada. Los indicios y síntomas de exposición al metal no se producen inmediatamente. El tiempo que transcurre entre la exposición y la aparición de los síntomas podría ocasionar diagnósticos equivocados de la causa, particularmente en personas que no sean conscientes de que han estado expuestas, o que desconozcan la naturaleza venenosa del metanol y la diferencia entre el metanol, el etanol y el alcohol isopropílico.

4.1.5.1 Síntomas generales

Sea cual sea la ruta de exposición, la toxicidad del metanol es la misma. Los indicios de efectos tóxicos sistémicos pueden retrasarse de 8 a 36 horas después de la exposición inicial. El metanol irrita los ojos, la piel y el sistema respiratorio. También elimina los aceites y las grasas naturales de la piel, provocando así resequedad y agrietamiento cutáneo. Pueden ocasionarse daños permanentes en el nervio óptico y en el sistema nervioso central y periférico con una sola exposición aguda. Entre otros indicios y síntomas de envenenamiento por metanol figuran dolores de cabeza, mareos, vómitos, fuerte dolor abdominal, dolor de espalda, dificultad para respirar, enfriamiento de las extremidades, letargo y falta de coordinación. La exposición a través de los ojos también puede causar una sensación de quemazón acompañada de lagrimeo, enrojecimiento e inflamación. El contacto directo con el líquido puede causar conjuntivitis y quemaduras en la córnea. La exposición a altas concentraciones puede causar ceguera y muerte.

4.1.5.2 Efectos agudos

Los efectos de una exposición aguda a altas dosis de metanol han sido bien caracterizados en casos de envenenamiento de seres humanos por alcohol y estudios de animales. Generalmente, la persona afectada sufre de un corto periodo de intoxicación con depresión ligera del sistema nervioso central, seguido de un período en que no se notan síntomas de intoxicación ni de toxicidad (comúnmente de 12 a 14 horas). Esto es seguido por síntomas físicos de envenenamiento como dolor de cabeza, náusea, vómito, pérdida de equilibrio, fuerte dolor abdominal y dificultad para respirar. Estos síntomas pueden estar seguidos de estado de coma y la muerte. Otros distintivos de toxicidad aguda del metanol son alteraciones del sistema visual y acumulación de ácido en el cuerpo. La exposición al metanol produce efectos en la visión que van desde excesiva sensibilidad a la luz y visión empañada o borrosa, hasta una disminución drástica de la agudeza visual y ceguera total.

La cantidad de metanol que puede causar una exposición grave es muy pequeña: Suponiendo que se ingiere 100% de combustible de metanol, la dosis letal es menor que una cucharadita (4 ml) para un niño de un año, una cucharadita y media (6 ml) para un niño de 3 años, y menos de dos cucharadas (28 ml) para un adulto.

4.1.5.3 Efectos crónicos

En contraste con los efectos de la exposición aguda de alta concentración, se sabe relativamente poco acerca de los efectos de la exposición crónica de baja concentración al metanol. A partir del número limitado de informes de casos y estudios epidemiológicos, los efectos de la exposición prolongada al metanol son similares a los de la exposición aguda: trastornos del sistema nervioso visual y central. El contacto reiterado directo del metanol con la piel puede causar dermatitis con resequedad y piel agrietada. Entre otros síntomas de exposición crónica cabe mencionar: irritación en los ojos, dolores de cabeza, vértigo, insomnio, problemas gastrointestinales y, especialmente, trastornos de la vista.

Según el conjunto de datos de información de selección de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD), el metanol es un candidato para estudios adicionales sobre los efectos en la salud humana debido a las propiedades potenciales peligrosas, incluidos efectos neurológicos, depresión del sistema nervioso central, efectos oculares, efectos reproductores y de desarrollo y otras toxicidades de órganos. Se observan un metabolismo y una excreción rápidos dependiendo de la dosis.

El metanol no aparece actualmente clasificado como carcinógeno por ninguna organización o agencia gubernamental internacional de consenso (por ejemplo, IARC, NTP, NIOSH, ACGIH u OSHA). El Sistema Integrado de Información de Riesgos (IRIS) de la EPA lleva a cabo una evaluación de peligro para la salud de los seres humanos y respuesta rápida del metanol. Un borrador de la Revisión Toxicológica del Metanol de IRIS publicada para ser revisada por colegas externos en diciembre de 2009 concluyó que el peso de la evidencia es coherente con una determinación de que el metanol es probablemente carcinógeno para los seres humanos. Esto se define como “un agente que ha dado positivo en experimentos animales en más de una especie, sexo, cepa, sitio o ruta de exposición, con o sin evidencia de carcinogenicidad en seres humanos”. En marzo de 2011, la EPA retuvo la revisión externa de colegas del borrador de la Revisión Toxicológica de IRIS, después de un informe del National Toxicology Program (NTP, Programa Nacional de Toxicología), que recomienda una revisión para resolver diferencias de opinión en las diagnósticos de ciertos tumores indicados en un estudio de investigación de metanol completado por el instituto de investigación europea. La EPA y el National Institute of Environmental Health Sciences (Instituto Nacional de Ciencias de Salud Medioambiental) piensan patrocinar conjuntamente una revisión independiente del Pathology Working Group (PWG, Grupo de Trabajo de Patología) de casos seleccionados llevados a cabo en el Instituto.

Según el borrador de la Revisión Toxicológica de IRIS, “no se dispone de información en las publicaciones referentes a la observación de cáncer en seres humanos después de una administración crónica de metanol”. Igualmente, no hay datos en seres humanos que demuestren que exista una relación entre la exposición al metanol y una mayor incidencia de defectos de nacimiento o de peligros para el sistema reproductor. Sin embargo, los datos disponibles en ratones y ratas indican que la inhalación o la exposición oral al metanol a altas dosis es un peligro para el desarrollo. Como los ratones y las ratas metabolizan el metanol de forma diferente a la de los seres humanos, existe una incertidumbre en lo que respecta a un valor de predicción de estos estudios sobre los efectos en la salud humana.

Se piensa que puede haber efectos adversos en el desarrollo de fetos de mujeres embarazadas expuestas al metanol a niveles que produzcan altas concentraciones de

metanol en la sangre, mayores que 10 mg/l. No se esperan concentraciones de metanol en la sangre de 10 mg/l o más como consecuencia de un PEL de metanol normal. No obstante, no se espera que este valor represente la concentración en sangre "segura" más alta.

4.2 Control de exposición

4.2.1 Controles de ingeniería

Siempre que sea posible, bombee automáticamente el metanol líquido de barriles u otros recipientes de almacenamiento a recipientes de procesamiento para mantener el potencial de exposición a un mínimo. El metanol siempre se debe mantener dentro de sistemas cerrados y no se debe dejar abierto a la atmósfera. Consulte las Secciones 3.2 (Almacenamiento de metanol) y el Capítulo 5 (Gestión de seguridad del metanol: seguridad del proceso) para obtener información adicional.

4.2.1.1 Ventilación

El sistema de ventilación del edificio debe proporcionar aire fresco para la operación normal y debe tomar en consideración la posibilidad de una fuga. En algunos casos podría ser adecuada la ventilación natural; en otros, deberán proporcionarse sistemas mecánicos de ventilación. Los requisitos de ventilación deben determinarse según el sitio específico, pero la meta final es asegurarse de que las concentraciones de metanol en el aire se mantengan por debajo de 200 ppm.

Cuando sea posible, encierre las operaciones y utilice ventilación local de escape adecuada en el sitio de transferencia, uso o fugas de metanol. El tipo de ventilación dependerá de factores como espacios de aire muerto, temperatura del proceso de metanol, corrientes de convección y sentido del viento. Se deben considerar estos factores al determinar la ubicación, el tipo y la capacidad de los equipos. Si se usa ventilación mecánica, se deben instalar ventiladores a prueba de chispas.

4.2.2 Supervisión de la exposición

El metanol tiene un ligero olor dulce a alcohol, pero no se nota antes de llegar a una concentración de al menos 2000 ppm, que es diez veces superior al límite seguro de exposición a los seres humanos (200 ppm). Debido a que el olor de metanol en sí es un mal indicador de la concentración, es fundamental determinar una medida cuantitativa de exposición. Esto es necesario para garantizar la seguridad de la salud de los trabajadores y para determinar el cumplimiento de todos los reglamentos aplicables.

Las concentraciones de vapor de metanol pueden medirse por medio de tubos de detección de gas de lectura directa (como los tubos de detección colorimétrica) o con instrumentos electrónicos (como los monitores portátiles de gas). Los monitores de gas pueden proporcionar una lectura continua de concentraciones de metanol y se les pueden especificar alarmas a concentraciones específicas. También se puede medir el promedio de ponderación en el tiempo (TWA) de las concentraciones de exposición personal por medio de una bomba de muestreo de aire con tubos absorbentes de gel de sílice (dióxido de silicio).

**Monitor portátil de gas****Tubos de detección de gas**

(Cortesía de Drägerwerk AG, con permiso)

Actualmente, el límite de exposición permisible (PEL) establecido por OSHA y el valor límite umbral (TLV) establecido por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, Conferencia de Higienistas Industriales Gubernamentales de EE. UU.) para el metanol es de 200 ppm [3]. Ambos valores están basados en una exposición de 8 horas al promedio de ponderación el tiempo (TWA). El límite de exposición a corto plazo establecido por la ACGIH para el metanol es 250 ppm, y se incluye una anotación referente a la piel. El National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH, (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos) también ha establecido el límite de exposición recomendado para 10 horas al TWA de 200 ppm. Los límites PEL establecidos por OSHA tienen el propósito de proteger a los trabajadores contra los efectos en la salud de la exposición a sustancias peligrosas como el metanol. Los PEL son límites normativos de la cantidad o la concentración de una sustancia en el aire que no debe excederse en el lugar de trabajo. También pueden contener una designación para la piel, que sirve como advertencia de que se debe evitar la absorción por la piel para evitar exceder la dosis recibida por inhalación al nivel del PEL. Los valores límite umbral (TLV) establecidos por ACGIH son directrices usadas por higienistas industriales y otros profesionales en salud y seguridad, para tomar decisiones con respecto a los niveles seguros de exposición a distintos productos químicos que se pueden encontrar en el lugar de trabajo. Tanto el PEL como el TLV son los niveles máximos de exposición a los que un trabajador típico puede estar expuesto sin sufrir efectos adversos a la salud.

La ACGIH también publica Biological Exposure Indices (BEI, Índices Biológicos de Exposición) para varios productos químicos. Los factores determinantes de los índices BEI son un índice de la “absorción” de un producto químico por una persona. La mayoría de los índices BEI se basan en una correlación directa con el TLV, aunque algunos se relacionan directamente con efectos adversos para la salud. El índice BEI para el metanol en la orina obtenida al final de un turno de trabajo es de 15 mg/l.

4.2.3 Equipos de protección personal

Siempre que se use o manipule metanol, puede haber exposición al mismo a través de inhalación, absorción por la piel, contacto con los ojos o ingestión. El nivel de riesgo de

exposición al metanol dictará el nivel apropiado de equipos de protección personal requeridos. Como mínimo, se recomienda ponerse protectores laterales o gafas de seguridad con protección a ambos lados, además de guantes apropiados para la tarea que se realice. De acuerdo con la situación, es posible que se requieran otros equipos de protección personal.

4.2.4 Protección del aparato respiratorio

La protección para el aparato respiratorio debe seleccionarse según los peligros presentes y el potencial de exposición. Las máscaras purificadoras de aire con cartuchos de vapor orgánico (OVA) no son protección apropiada contra los vapores de metanol debido a la cortísima vida útil del cartucho OVA. Además, el umbral de olor del metanol puede variar entre 100 y 1500 ppm, así que es posible que el cartucho OVA no proporcione la advertencia adecuada del momento en que los vapores de metanol penetren y la máscara deje de proporcionar protección contra la exposición al metanol. La protección respiratoria recomendada es un equipo respiratorio con tubo de suministro de aire y con careta completa, utilizado en modo de demanda de presión u otro modo de presión positiva. La evaluación del tipo apropiado de equipo respiratorio protector también debe considerar la protección necesaria para los ojos. Siempre que el trabajo específico requiera el uso de protección respiratoria, se deberán realizar pruebas de ajuste y programas de mantenimiento periódicos para el equipo de protección del aparato respiratorio. La siguiente tabla es una guía para determinar la necesidad de usar protección respiratoria cuando se conoce la concentración de metanol en el aire.

Tabla 6. Guía de protección respiratoria

Concentración de metanol en el aire	Protección respiratoria
<200 ppm	No se requiere protección. Tal vez sea necesario proteger la piel y los ojos.
200 ppm o mayor	Protección requerida si se excede la exposición de promedio de ponderación en el tiempo (TWA) diaria o si hay rutas adicionales de exposición (piel, ojos, ingestión). Si es necesario contar con protección, se debe usar un sistema de suministro de aire.
>200 ppm sostenido	Se debe usar un sistema de suministro de aire (por ejemplo, un [SCBA] de presión positiva).

4.2.5 Ropa y materiales resistentes a productos químicos

Es necesario usar ropa y materiales resistentes a productos químicos si se espera tener contacto repetido o prolongado con metanol en la piel. Ejemplos de dichos materiales son botas de caucho, guantes resistentes y ropa impermeable y resistente. Entre los materiales resistentes a sustancias químicas figuran el caucho butílico y el caucho de nitrilo. Use gafas adecuadas para productos químicos cuando exista la posibilidad de que el metanol (incluido el vapor) haga contacto con los ojos. Puede usarse una mascarilla completa sobre las gafas para obtener una protección adicional, pero no como sustitutiva de las gafas.

La Tabla 7 es una guía de los equipos de protección personal adecuados, según la situación.

Tabla 7. Selección de equipos de protección personales

Bajo riesgo de vapor / bajo riesgo de salpicaduras en volumen	Alto riesgo de vapor / bajo riesgo de salpicaduras en volumen	Alto riesgo de vapor / alto riesgo de salpicaduras en volumen
Ropa ignífuga	Traje completo resistente a los productos químicos	Traje completo impermeable resistente a los productos químicos
Guantes (Silvershield o desechables de nitrilo)	Guantes de caucho resistentes a productos químicos	Guantes de caucho resistentes a productos químicos
Gafas con protectores laterales	Respirador de aire suministrado de máscara completa	SCBA o aparato de respiración de aire comprimido (CABA)
Cubierta completa de botas	Botas de caucho resistentes a los productos químicos	Botas de caucho resistentes a los productos químicos

4.3 Precauciones de seguridad

4.3.1 Operaciones rutinarias

La electricidad estática puede inflamar el vapor de metanol debido a su inflamabilidad. Por lo tanto, siempre se debe hacer una conexión a tierra y poner a masa cuando exista el potencial de que haya electricidad estática y se requiere hacerlo para todos los equipos. Generalmente se usan pinzas de sujeción con puntas de carburo (para garantizar un buen contacto a través de pintura) y sistemas de llenado con tubo profundo para proteger contra el encendido producido por la electricidad estática.

La siguiente es una lista de precauciones adicionales de seguridad que se deben tomar. Es posible que las operaciones especiales o de alto peligro exijan precauciones adicionales, que se tratarán en la siguiente sección.

- Se debe prohibir fumar.
- Debe haber control estricto del acceso de vehículos.
- Debe haber suficiente ventilación para hacer frente a los niveles máximos de vapor que se espera tener en el edificio.
- Es posible que se requiera presión positiva en áreas que no puedan contener metanol, por ejemplo: salas de control, de equipos de conmutación y de fumadores.
- Es necesario determinar el tamaño de los respiraderos de los tanques de almacenamiento para el desprendimiento de emergencia de vapor calentado por un incendio.
- Los equipos eléctricos deben ser a prueba de explosiones, para cumplir con los requisitos del Código Eléctrico Nacional.
- Se recomienda usar espuma formadora de película acuosa resistente al alcohol (AR-AFFF) con equipos de suministro de espuma al 6% (con agua) en incendios de metanol.

- Debe haber extintores secos de productos químicos para casos de incendios pequeños. Se debe disponer de un número adecuado de extintores de mano y sobre ruedas.
- Las bocas de incendio deben estar estratégicamente colocadas y contar con mangueras adecuadas.
- Los derrames pequeños deben resolverse con arena, tierra u otro material incombustible absorbente, y luego el área se debe enjuagar con agua. Los derrames mayores deben diluirse con agua y contenerse en diques para luego desecharlos.
- El sistema de iluminación debe estar conectado a tierra. Las estructuras y recipientes altos deben tener conductores de pararrayos bien conectados a tierra.

4.3.2 Operaciones especiales o de alto riesgo

4.3.2.1 Entrada en espacios confinados

Muchos lugares de trabajo contienen espacios estrechos porque limitan las actividades de las personas que deben entrar en ellos, trabajar en ellos y salir de ellos. Los espacios estrechos tienen medios limitados de entrada o salida y no están diseñados para que los trabajadores estén en ellos continuamente. Algunos ejemplos de espacios estrechos son, entre otros: bóvedas subterráneas, tanques, tolvas de almacenamiento, registros o bocas de inspección, fosos, silos, recipientes de procesos y tuberías. Además, los espacios estrechos generalmente contienen atmósferas pobres en oxígeno, tóxicas y combustibles, por lo que deben clasificarse como zonas de “permiso requerido” para entrar, según los requisitos de la OSHA. Se han producido muertes en espacios estrechos en los lugares de trabajo porque la atmósfera dentro del espacio estrecho no se analizó antes de entrar ni fue supervisada continuamente. *Los procedimientos de entrada en espacios estrechos deben cumplir con todos los códigos y reglamentos federales y municipales.*

Además del potencial de una atmósfera pobre en oxígeno, la acumulación de vapores de metanol en espacios estrechos podría producir explosiones si llega a inflamarse. El límite explosivo inferior (LEL) del metanol es del 6% (60.000 ppm) en volumen, lo que es 10 veces la concentración IDLH (inmediatamente peligrosa para la vida y la salud), y el límite de inflamabilidad superior (UEL) es del 36% (360.000 ppm) en volumen. A concentraciones en el aire inferiores al LEL, no hay suficiente vapor de metanol para propagar la llama. A concentraciones en el aire superiores al UEL, hay demasiado metanol y no hay suficiente oxígeno para propagar la llama. El LEL y el UEL del metanol corresponden a una gama de temperaturas de 54 °F a 106 °F (12 °C a 41 °C). El metanol arderá a esta gama de temperaturas. Como las concentraciones de vapor de metanol en la gama explosiva son tóxicas, mantener la concentración de aire en la gama segura también evita que se incendie. Sin embargo, evitar incendios no evita necesariamente los peligros de respirarlo.

En espacios estrechos tal vez sea necesario contar con sistemas de ventilación para mantener las concentraciones de metanol en suspensión en el aire por debajo del LEL y de los límites de exposición permisibles. Antes de entrar en espacios estrechos en los que pueda haber metanol, verifique que no existan concentraciones a niveles explosivos.

4.3.2.2 Trabajo en caliente

Trabajo en caliente es cualquier actividad que produzca calor, llamas, chispas o humo. Algunos ejemplos de trabajo en caliente son, entre otros: soldar, soldadura fuerte, soldar con aleaciones de estaño y plomo, cortar, termotratar, rectificar y usar herramientas motorizadas. El metanol es muy inflamable y tiene el potencial de inflamarse cuando se realiza trabajo en caliente cerca de las fuentes de metanol.

La NFPA y OSHA definen el metanol como un líquido inflamable de Clase 1B, o por las Naciones Unidas como líquido inflamable (Clase de peligro 3 de Naciones Unidas). Desprende vapores a temperaturas ambiente o inferiores. Cuando se mezcla con aire, el metanol puede arder al aire libre. El peso específico del vapor de metanol sin mezclar es 1,1 comparado con el del aire que es 1,0. Los vapores de metanol son marginalmente más pesados que el aire y pueden desplazarse distancias cortas (unos cuantos metros) a nivel del terreno antes de llegar a un punto de inflamación e inflamarse. La distancia de desplazamiento depende de las circunstancias del desprendimiento. El desprendimiento turbulento estimula la mezcla rápida con aire, mientras que el desprendimiento no turbulento retrasa la mezcla con aire.

El metanol puro tiene un punto de inflamación bajo de 54 °F (12 °C) y una amplia gama de inflamabilidad (6% a 36 % en volumen). El punto de inflamación se define como la temperatura mínima a la cual la presión de vapor de un líquido es suficiente para formar una mezcla que se puede inflamar con aire cerca de la superficie del líquido. La gama de inflamabilidad es la gama de concentraciones en la que puede inflamarse una mezcla de aire y vapor de metanol, lo cual produce una fuente de inflamación. El alcance de la gama de inflamabilidad significa que el vapor de metanol puede inflamarse en una gama amplia de concentraciones en el aire [33]. La energía de inflamación mínima para el metanol en aire es ligeramente inferior a la de la gasolina. Los puntos calientes locales pueden exceder el punto de inflamación y el metanol puede inflamarse. Cuando se inflama el metanol, arde con una llama azul clara que es muy difícil ver a la luz del sol brillante. El metanol podría estar ardiendo y es posible que uno no se dé cuenta del peligro del incendio si se busca una llama.

Los peligros relacionados con el trabajo en caliente se pueden reducir al poner en práctica un programa efectivo de trabajo en caliente que incluya obtener autorización anticipada para realizar el trabajo, seguir prácticas seguras al soldar y establecer prácticas de cuidados contra incendios.

4.4 Medidas de primeros auxilios

Los primeros auxilios son el tratamiento temporal inmediato que se le da a una persona que ha estado expuesta antes de obtener los servicios o recomendaciones de un profesional en medicina. Las acciones inmediatas son básicas. Si es necesario, se debe obtener asistencia médica tan pronto como sea posible. Se debe revisar la Hoja de Datos de Seguridad del Material (MSDS) para el metanol o para materiales que contengan metanol, a fin de obtener información acerca de las medidas de primeros auxilios.

4.4.1 Inhalación

En caso de inhalación de vapores de metanol, lo primero que hay que hacer es sacar a la víctima al aire fresco (si es posible hacerlo sin correr peligro); evite que la persona se enfríe y manténgala en reposo. Vigile si hay trastornos respiratorios. Determine si la persona tiene problemas para respirar; si es así, o si la persona deja de respirar, debe hacerse la respiración artificial o resucitación cardiopulmonar (CPR) de inmediato y buscar atención médica. Si está capacitado, administre oxígeno complementario con ventilación asistida, según se requiera.

4.4.2 Contacto con la piel

En caso de que haya contacto con la piel, lávese de inmediato en un sistema de lavado de ojos de emergencia o una ducha de seguridad y enjuague el área expuesta con copiosas cantidades de agua tibia durante al menos 15 minutos. La ropa y el calzado contaminados se deben quitar bajo el agua de la ducha. Lave el área por completo con agua y jabón. Consiga atención médica si persiste la irritación o el dolor o si se presentan síntomas de toxicidad. Lave la ropa y el calzado contaminados antes de volver a ponérselos.

4.4.3 Contacto con los ojos

En caso de contacto con los ojos, irríquelos de inmediato con copiosas cantidades de agua tibia durante al menos 15 minutos. Los párpados deben mantenerse abiertos durante el enjuague para asegurarse de que todos los tejidos accesibles de los ojos y los párpados estén en contacto con el agua. Consiga atención médica.

4.4.4 Ingestión accidental

La ingestión de metanol puede ser mortal. Es posible que la aparición de los síntomas se retrase de 18 a 24 horas después de la ingestión. No provoque el vómito. Obtenga atención médica de inmediato. La víctima debe permanecer bajo atención médica y en observación durante varios días.

El tratamiento de envenenamiento por metanol está bien establecido: administre álcali, etanol y hemodiálisis. El álcali se administra para combatir la acumulación de formiato en la sangre. El etanol se administra porque este compite con el metanol por la enzima que metaboliza el metanol para convertirlo en formiato. Cuando hay etanol y metanol presentes al mismo tiempo, la enzima metaboliza primero el etanol. Se aplica diálisis para mejorar la eliminación del metanol y de sus productos tóxicos de la sangre. También hay disponible un antídoto (en forma de inyección) para tratar el envenenamiento con metanol.

5 Gestión segura del metanol: Seguridad del proceso

Este capítulo resume el sistema de “Gestión de seguridad del proceso” de administrar materiales muy peligrosos. Según las disposiciones establecidas en 49 CFR 1910.119, la llamada “Norma de gestión de seguridad del proceso de OSHA” [60], el metanol está clasificado como un material muy peligroso si está relacionado con el proceso y consiste al menos en 10.000 lb (1.508 galones). Éste no es, ni mucho menos, el único sistema usado con éxito para administrar peligros químicos; sin embargo, ha demostrado ser efectivo en los 20 años durante los que ha estado en efecto, siempre y cuando se apliquen los principios con diligencia e inteligencia. Se puede obtener una copia gratuita de la norma en Internet, en el sitio web de la OSHA de EE. UU.

La International Electrotechnical Commission (IEC, Comisión Electrotécnica Internacional) proporciona normas excelentes y detalladas de seguridad funcional que pueden ser usadas para complementar las guías de OSHA. También se puede obtener información pertinente en el documento *Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness, and Response* [50] de la Organization for Economic Cooperation and Development (OECD, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), la directiva europea *Control of Major-Accident Hazards Involving Dangerous Substances* (Control de peligros de accidentes graves relacionados con sustancias peligrosas) (Directiva 96/82/EC), así como en las siguientes entidades: Association Française de Normalisation (AFNOR, Asociación Francesa de Normalización), Deutsches Institut für Normung E.V. (DIN, Instituto Alemán de Normativa), International Organization for Standardization (ISO, Organización Internacional de Normativa), American Petroleum Institute (API, Instituto del Petróleo de EE. UU.) y la American Society of Mechanical Engineers (ASME, Sociedad de Ingenieros Mecánicos de EE. UU.). La norma de gestión de seguridad del proceso de OSHA fue seleccionada como modelo, ya que representa una perspectiva general de las responsabilidades y los deberes administrativos que deben implementarse de una u otra forma para mantener una industria de procesamiento segura y económicamente robusta.

Independientemente de dónde se encuentre usted en la cadena de producción y distribución del metanol, éste habrá sido transportado una gran distancia y habrá sido administrado por muchas manos. Un gran número de esas manos se ha enfocado en la producción, el almacenamiento y el transporte seguros de su metanol, desde la etapa de gas metano como materia prima hasta las instalaciones de empaque que llenaron y entregaron el tanque, la caja, el tambor o el contenedor donde se encuentra su metanol.

Literalmente, se han invertido millones de dólares para evitar la fuga accidental dentro de cada uno de los aspectos del proceso de manufactura y en cada paso de la cadena de distribución. Se ha hecho ese esfuerzo para proteger la seguridad de la vida, la calidad del

medio ambiente y los bienes de capital. La exposición directa a los peligros inherentes del metanol puede ocasionar deterioro, degradación y daños.

Un aspecto de su responsabilidad como usuario de este producto químico es utilizarla de manera responsable y segura. Se espera que usted continúe esta cadena de tutela —aparte de que la ley de la mayoría de los países así lo impone— aplicando las prácticas óptimas de ingeniería y administración en todos los aspectos de cuidado y tutela.

La gestión de seguridad de procesos se basa en un enfoque de mando y control descriptivo en vez de prescriptivo para regular materiales peligrosos. Esto se eligió para dar a los operadores de proceso y a los encargados de la manipulación de productos químicos autonomía máxima para determinar cómo operar y mantener mejor sus usos respectivos de manera segura, responsable y eficiente. Desde la perspectiva de este manual, no es de consecuencia si sus instalaciones están o no reguladas por las disposiciones de las normas de OSHA. Lo importante no es la regulación, sino la responsabilidad. Se ha demostrado que la estructura básica definida en las normas de gestión de seguridad del proceso proporciona una estructura efectiva para la producción, el almacenamiento y el uso seguros de productos químicos peligrosos. Se le anima a hacer un buen uso de los principios establecidos en la norma.

La seguridad del proceso se basa en el principio de que saber es poder; que el poder permite el control, y que el control es una función fundamental de la gestión. El objetivo de la gestión de seguridad de procesos (PSM) es saber, comprender y controlar los peligros de los productos químicos, la tecnología del proceso y los equipos, grandes y pequeños, usados en actividades relacionadas con productos químicos.

La PSM consta de 14 elementos de gestión. Cada elemento se concentra en un aspecto particular del proceso de manipulación de productos químicos. Cada uno de los elementos es autónomo, pero también se proyecta en los demás elementos y los refuerza. Como se muestra en la Tabla 8, los elementos pueden dividirse en siete grupos: saber, hacer, responder, recuperar, aprender, verificar y proteger. Los elementos se organizan dentro de los grupos según la premisa de que para realizar y efectuar el mantenimiento seguro de un activo de procesamiento químico, ya sea un laboratorio de dos personas, una planta de tratamiento de agua o una planta de síntesis de gran volumen, es necesario: (1) saber lo que se va a hacer antes de hacerlo, (2) hacerlo, (3) responder a contingencias y recuperarse de ellas, (4) aprender de los errores, (5) verificar que los controles de gestión estén funcionando como están previstos, y (6) proteger la propiedad de marca.

Tabla 8. La organización de seguridad del proceso

Grupo	Elemento de PSM	Grupo	Elemento de PSM
Saber		Responder y recuperar	
	Participación de los empleados		Planificación y respuesta de emergencia
	Información de seguridad del proceso	Aprender	
	Análisis de peligros del proceso		Investigación de incidentes
	Procedimientos operativos	Verificar	
	Adiestramiento		Auditorías de seguridad del proceso
Hacer		Proteger	
	Contratistas		Secretos comerciales
	Revisión de la seguridad antes de la puesta en servicio		
	Integridad mecánica		
	Permisos de trabajo peligroso		
	Gestión de cambio		

Cada uno de los elementos de la PSM se aplica repetidamente, al paso del tiempo, en una secuencia en serie que opera en ciclos de cinco años. En cada ciclo sucesivo, la gerencia y el personal de las instalaciones deben adaptarse mejor a establecer las rutinas y mejorar las operaciones de las instalaciones.

El resto de este capítulo resume el objetivo de cada uno de los elementos de las normas.

5.1 Participación de los empleados

Con respecto a la participación de los empleados, el principio guía es que ellos son quienes deben saber más y con el máximo nivel de detalle sobre el proceso, para que así puedan operar y efectuar el mantenimiento de los equipos del sistema de forma segura y eficaz. Con relación a la participación de los empleados encargados de administrar el proceso con seguridad, la PSM especifica tres medidas para administrar las instalaciones:

1. Los empleadores deben desarrollar un plan por escrito de participación de los empleados.
2. Los empleadores deben conversar con sus empleados sobre la implementación de todos los elementos y los aspectos de la seguridad del proceso.
3. Los empleadores deben dar acceso completo a toda la información desarrollada, con el propósito de administrar la seguridad del proceso.

En efecto, todos los aspectos de un programa de seguridad de proceso pertenecen a los empleados de las instalaciones; los empleadores tienen la responsabilidad y el deber de crear, apoyar y financiar el programa y verificar que este funcione como se supone que debe

funcionar y que produzca los resultados previstos. Los empleados no saben lo que no saben. El empleador tiene la responsabilidad de informar a todos los empleados de los peligros y riesgos relacionados con el metanol y cómo controlar efectivamente esos riesgos. Cuando se producen accidentes, y es probable que se produzcan, normalmente es porque los individuos que manipulan el metanol o realizan trabajo cerca de las áreas de almacenamiento y manipulación de metanol no son conscientes de los riesgos. Los accidentes indican lapsos de control de gestión en la capacitación y la supervisión debidas de los empleados.

5.2 Información de seguridad del proceso

Es necesario tener información específica, exacta y detallada sobre el proceso a todos los niveles de la organización para entender la forma en que los productos químicos se comportan dentro de los límites de control y condiciones anormales para un proceso. Es necesario obtener, organizar y poner a disposición de los empleados tres tipos de información:

1. Información relacionada con los peligros de los productos químicos en el proceso.
2. Información relacionada con la tecnología del proceso (incluidos los límites seguros de los parámetros de control), e
3. Información relacionada con los equipos utilizados en el proceso.

El propósito de insistir en que los empleados se familiaricen con esta información es garantizar que los operadores, el personal de mantenimiento y sus supervisores:

- Conozcan y comprendan las propiedades y el comportamiento de los productos químicos del proceso en todas las circunstancias potenciales de operación, entre otras, transitorias, desviaciones, variaciones, alteraciones, puestas en servicio, paradas de emergencia y paradas normales;
- Entiendan la forma en que la tecnología del proceso impulsa desviaciones del proceso en condiciones de operación anormales causadas por la interrupción de tuberías de servicio, fallas de equipos, errores humanos y eventos climatológicos y geológicos externos como terremotos, tsunamis, inundaciones y huracanes.
- Sepan y respondan a los límites de presión, temperatura y contención de los equipos durante condiciones anormales; y
- Verifiquen que el diseño y la construcción de los equipos cumplan con las "prácticas de ingeniería reconocidas y generalmente aceptadas".
- Verifiquen que los trabajadores y los equipos estén preparados para el servicio continuado.

5.3 Análisis de peligros del proceso

Es necesario realizar análisis de peligros del proceso (PHA) (también conocidos como evaluaciones de peligros, evaluación de riesgos o técnicas de identificación de peligros), ya que las circunstancias y percepciones cambian con el tiempo. Los PHA se llevan a cabo periódicamente para verificar que hay suficientes protectores colocados para proteger contra las condiciones de operación anormales y evitar el derrame accidental de materiales del proceso en el lugar de trabajo, las comunidades adyacentes y el medio ambiente.

Este elemento de las normas de OSHA estipula que se deben realizar PHA en todos los aspectos del proceso usando una técnica de análisis apropiada a la complejidad del proceso. El PHA identifica, evalúa y verifica que todos los peligros que surgen del proceso y de

inventarios de productos químicos peligrosos conectados al proceso, estén controlados en la envolvente de operación prevista. También asegura que las circunstancias anormales que surgen como consecuencia de las averías de los equipos o de errores humanos no pongan en peligro la salud de trabajadores y contratistas ni causen daños en las instalaciones o en el medio ambiente. El equipo de personas de PHA verifica que cada una de las circunstancias potenciales esté plenamente salvaguardada por una serie de niveles de protección, de manera que se mitigue el alivio accidental al medio ambiente y que la respuesta de emergencia en el caso de alivio accidental sea rápida, apropiada y efectiva. Si se considera que cualquiera de estos niveles de protección es inadecuado debido a ausencias, poca fiabilidad o mal diseño, entonces se recomiendan alternativas para corregir las deficiencias identificadas. La corrección debe hacerse de manera oportuna.

5.4 Procedimientos operativos

Para mantener la seguridad de las operaciones, los operadores deben conocer los límites entre las condiciones de operación seguras y peligrosas. Igualmente, deben saber cómo y cuándo realizar tareas específicas relacionadas con la operación de equipos y control del proceso durante operaciones normales, así como en el caso de circunstancias anormales.

Los empleadores deben proporcionar instrucciones de operación por escrito que guíen a los operadores a través de los pasos necesarios para arrancar, operar, apagar y detener en caso de emergencia el proceso en condiciones de operación normales y anormales. Los procedimientos deben indicar claramente los límites de operación segura máximos y mínimos de temperatura, presión, nivel, caudal de fluidos, encendido de calentadores, composición del gas de chimeneas de calentadores, volumen de tanques y recipientes y otras condiciones medioambientales importantes.

Se debe hacer una revisión de los procedimientos de operación siempre que se hagan cambios alternativos o de sustitución en el proceso. Se debe hacer una actualización y una verificación anuales de los procedimientos.

5.5 Capacitación

El personal de operación debe recibir cursos de capacitación para aprender a interpretar y aplicar los procedimientos de operación que tienen por escrito. Como método práctico, la capacitación debe incluir tanto clases como capacitación práctica individual en el trabajo. En el caso de procesos muy complejos se pueden usar simuladores electrónicos de control de procesos, de la misma forma que se usan simuladores electrónicos de sistemas hidráulicos para el adiestramiento de pilotos de aeronaves. En el caso de procesos sencillos, la capacitación de los operadores puede incluir ejercicios de escritorio.

La capacitación se debe repetir cuando se haga algún cambio, no en especie, dentro del proceso. Cada tres años se deben dar cursos de actualización.

Los empleadores deben mantener un registro de capacitación de cada uno de los empleados, además de un comprobante de que cada uno de esos empleados no sólo haya asistido a, sino que también haya comprendido la capacitación a un nivel mínimo que se considere que demuestre la comprensión y los conocimientos del funcionamiento. Igualmente, los empleadores deben poner en práctica controles que aseguren a los operadores que están “listos para el trabajo” siempre que estén de servicio en la planta.

5.6 Contratistas

La experiencia demuestra que los empleados de contratistas que se encuentran en una planta durante períodos cortos sin regularidad para realizar servicios especializados como

paradas de plantas tienen índices de accidentes anormalmente altos. Algunos incidentes afectan sólo a contratistas, mientras que otros afectan tanto a contratistas como a empleados de la instalación. En un laboratorio químico, por ejemplo, podría afectar a un fontanero o un electricista. Durante un período de inspección general de una planta de producción química, podrían resultar afectados varios cientos de trabajadores empleados por contratistas. Las circunstancias son las mismas para ambos casos. Los trabajadores que no estén familiarizados con los peligros en su lugar de trabajo tienen tendencia a cometer errores que causan lesiones o la fuga accidental de productos químicos peligrosos.

La PSM estipula que la administración de la planta trate esta situación en varios niveles. Primero, evalúa cuidadosamente a los contratistas antes de permitirles trabajar en la planta. Si un contratista tiene un mal historial de seguridad en trabajos anteriores, se debe considerar la identificación de contratistas que tengan un buen historial de seguridad. Una vez que un contratista haya sido evaluado y seleccionado, los empleados del contratista reciben adiestramiento de seguridad con respecto a peligros que son específicos de la instalación y de los productos químicos presentes. También se requiere que el contratista realice ciertas actividades diarias dirigidas a la seguridad con los miembros de las cuadrillas de trabajadores. Entre éstas se incluyen adiestramiento de empleados, reuniones de seguridad diarias, mantenimiento de registros, notificación de trabajos de contratos peligrosos, preparación de tarjetas de trabajo e información e investigación de incidentes. Estas medidas son particularmente importantes para trabajadores que realicen trabajos en caliente o entren en espacios estrechos cerca del metanol.

5.7 Revisión de la seguridad antes de la puesta en servicio

Si una unidad o equipo de proceso requiere reparaciones, y la unidad o el equipo del proceso está fuera de servicio mientras se efectúa la reparación, entonces la administración de seguridad del proceso requiere que se haga una revisión para verificar que tanto los equipos como la organización estén listos en condiciones de operación. Es necesario hacer una revisión de seguridad antes del arranque siempre que se haya hecho alguna modificación en los productos químicos del proceso, tecnología o equipo, que requiera actualizar la información de seguridad del proceso.

Antes de “volver a poner en servicio”, lo que se define como la “introducción de algún producto químico de alto riesgo”, el empleador debe confirmar lo siguiente:

- Las tareas de construcción deben haberse completado y las actividades de construcción deben haber terminado;
- Los equipos deben cumplir con las especificaciones de diseño;
- La información del proceso debe haberse actualizado;
- Los procedimientos de seguridad, operación, mantenimiento y emergencia deben ponerse en servicio y ser adecuados;
- Se debe haber realizado un análisis de peligros del proceso, que sea adecuado a la complejidad y modificación del proceso; además, las recomendaciones resultantes deben haberse resuelto e implementado;
- Los requisitos de gestión de cambios deben haberse satisfecho;
- Cada uno de los empleados relacionados con la operación y el mantenimiento del proceso debe haber sido adiestrado sobre el cambio.

5.8 Integridad mecánica

El elemento de integridad mecánica de la seguridad del proceso se enfoca en la función de mantenimiento (inspección del equipo, pruebas y reparación) en lo que se refiere a “idoneidad de servicio” o “idoneidad de servicio continuado”. En consecuencia, este elemento establece criterios para preparar procedimientos por escrito de mantenimiento, adiestrar a empleados de mantenimiento, documentar resultados del adiestramiento a los empleados y realizar la inspección, pruebas y corrección de deficiencias.

Entre las disposiciones de este elemento figura el almacenamiento de piezas de repuesto y materiales de reemplazo. El empleador debe asegurarse que los materiales de mantenimiento, las piezas de reposición y los equipos sean adecuados para la aplicación del proceso en que serán usados. Esto podría conllevar la identificación positiva de materiales y verificación de que las especificaciones hayan sido satisfechas y de que cumplan con los requisitos de diseño.

En una planta de producción química, este elemento está relacionado con los deberes de las funciones de compra, almacenamiento, inspección y mantenimiento. Las disposiciones dentro de este elemento se aplican generalmente a todos los tipos de equipos: recipientes a presión, tanques de almacenamiento, sistemas de tuberías, sistemas de alivio y ventilación, sistemas de parada de emergencia, sistemas de control, bombas y otros equipos, como compresores, motores de turbina, turbogeneradores, etc.

5.9 Permisos para trabajos peligrosos

Para realizar el mantenimiento, la inspección y las pruebas, tal vez sea necesario que los propios trabajadores de la planta y los del contratista trabajen en condiciones que pueden ser consideradas peligrosas. Dentro del contexto de seguridad del proceso, una circunstancia peligrosa abarca peligros inmediatos y próximos relacionados con el entorno de trabajo, entrada en espacios estrechos, bloqueo/etiquetado de fuentes de energía, trabajos elevados, trabajos bajo la superficie, rotura de tuberías, derivación de tuberías a presión, trabajo en caliente, levantamientos superiores, reubicación de grúas y otras tareas que requieren protectores para impedir lesiones.

Las prácticas de seguridad de proceso exigen que los empleadores y empleados estén informados de la ubicación y los peligros relacionados con todas las áreas relacionadas con la inspección, las pruebas y el mantenimiento de los equipos. Por lo tanto, el trabajo debe programarse, y debe obtenerse permiso para el mismo, antes de realizarlo. Tanto la programación como los permisos deben establecer un registro por escrito de lo que se va a realizar, dónde y cuándo se va a realizar, cómo se está haciendo, quién está haciendo el trabajo y los peligros relacionados con la tarea y con el entorno de trabajo. Los permisos para realizar trabajos peligrosos aseguran tanto al empleador como a los empleados que se han tomado todas las medidas razonables para proteger a los trabajadores asignados a realizarlos.

5.10 Gestión de cambio

La gestión de cambio trata del asunto de gestión de la configuración. Ocasionalmente es necesario modificar la configuración de un sistema del proceso para mejorar su rendimiento, fiabilidad o eficiencia. En el contexto de seguridad del proceso, actividades de mantenimiento y reparación asumen uno de dos estados específicos del reemplazo del artículo o componente: (1) reemplazo en especie y (2) reemplazo no en especie.

El reemplazo en especie es cualquier reparación que sustituya a otra pieza, componente, o artículo de equipo por un artículo existente que cumpla o exceda las bases de diseño y las

especificaciones de fabricación de la pieza, del componente o del artículo original. Ya que este estado no cambia ni afecta de ninguna forma la base de diseño ni la capacidad de rendimiento del sistema en que se instala, esto no constituye un “cambio”.

El reemplazo no en especie es cualquier reparación o reemplazo que sustituya una pieza, un componente o un artículo de equipo que no cumple ni excede las bases de diseño y las especificaciones de fabricación de la pieza, del componente o del artículo original.

El procedimiento de gestión de cambio desarrollado para satisfacer este elemento de seguridad de proceso trata de las siguientes consideraciones:

- La base técnica para el cambio propuesto;
- El impacto del cambio en la seguridad y la salud;
- Modificaciones de los procedimientos de operación.
- El período durante el que el cambio estará en vigor (temporal o permanente);
- Los requisitos de autorización del cambio propuesto.

Se deben tomar las medidas siguientes:

- Actualizar la información de seguridad del proceso según se requiera;
- Actualizar los procedimientos de operación, mantenimiento, inspección y pruebas, según se requiera;
- Informar y adiestrar a los empleados y contratistas de operaciones, mantenimiento, inspección y pruebas acerca de los procedimientos modificados, y
- Mantener un registro por escrito de todo lo anterior.

5.11 Planificación y respuesta de emergencia

Es importante planificar, preparar, adiestrar y responder a las emergencias de las instalaciones. Esto incluye accidentes, lesiones, fugas accidentales de productos químicos muy peligrosos, incendios y explosiones subsiguientes, y otros derrames e incidentes que causen daños y exposición. Durante la planificación, determine qué podría ocurrir, y dónde y cómo podría ocurrir. Instale detectores apropiados y dispositivos de advertencia temprana. También querrá establecer procedimientos de evacuación, puntos de reunión y procedimientos de recuento de personas. Es importante incluir en su plan medidas de mitigación, como monitores de fuego fijos, sistemas de aspersores, sistema de inundación, sistemas de aislamiento automático, muros contra explosiones y medidas similares. Estas medidas ayudan a contener, controlar y localizar daños. Asegúrese de inspeccionar y probar alarmas, medidas de mitigación y sistemas de seguridad de forma regular, según lo recomiendan los proveedores.

La planificación y la respuesta se facilitan cuando se establece un centro de mando y control, así como las capacidades de comunicación necesarias para evaluar la situación, coordinar a las personas que responden, llamar a reservas y dar prioridad de atención médica de emergencia y primeros auxilios.

Es muy útil trabajar con los primeros en responder locales (policía, bomberos, atención médica de emergencia y posiblemente el ejército) para que estén enterados de la planificación para casos de emergencia y de los procedimientos de respuesta establecidos, para que puedan darle su opinión. A los cuerpos de bomberos les interesa participar en simulacros de incendio en fábricas de productos químicos, para que los bomberos adquieran experiencia y entiendan mejor la instalación. Si la primera vez que un coche de bomberos se para junto a una instalación es para responder a una emergencia real, el personal puede

perder un tiempo precioso en conducir hasta el lugar del incidente y en entender la situación en cuestión. Hacer participar a los primeros en responder en simulacros de incendio ayuda a familiarizarlos con el sitio y sus operaciones, lo que podría salvar vidas y bienes materiales.

5.12 Investigación de incidentes

A pesar de las mejores intenciones, esfuerzos de prevención diligente, mitigación apropiada y respuesta de emergencia efectiva, se producirán accidentes. Las personas resultarán lesionadas; se contaminarán el aire, suelo y agua; y se dañarán y destruirán equipos. Las prácticas y los procedimientos defendidos por el departamento de seguridad del proceso pueden reducir considerablemente el número y la gravedad de los accidentes. No obstante, es poco probable que estas prácticas impidan que se produzcan posibles incidentes.

Dadas estas expectativas, es importante aprender de los errores anteriores. De ahí que la investigación de incidentes sea un elemento esencial de un sistema efectivo de gestión de seguridad de procesos. Los empleadores deben contar con la disponibilidad de personal adiestrado para investigar accidentes (por ejemplo: fugas, fugas tóxicas, derrames, incendios, explosiones y especialmente incidentes o situaciones menores que hayan sido descubiertos antes de que ocurriera un accidente (“cuasi accidentes”).

Los accidentes deben dividirse en categorías basándose en la gravedad y la respuesta. Se debe poner en práctica una investigación de incidentes estructurada y proceso de análisis de causas principales para todos los accidentes excepto los menos dañinos. Se deben desarrollar acciones correctivas que traten dichas causas principales y que estén dirigidas a evitar que vuelva a ocurrir el incidente.

Para investigar incidentes se recomienda hacer lo siguiente:

1. Inicie una investigación lo más rápido posible, definitivamente antes de que transcurran 48 horas.
2. Incluya los siguientes miembros en el equipo de investigación, según corresponda:
 - Personas con conocimientos del proceso;
 - Empleados del contratista, si el incidente afectó a un contratista;
 - Personas adiestradas en investigación forense;
 - Personas adiestradas para hacer entrevistas; y
 - Personas o consultores adiestrados en modelos de dispersión, modelos de incendio, modelos de explosión y análisis de fallos.
3. Prepare un informe de investigación por escrito con recomendaciones.
4. Establezca un equipo para que se enfoque en los hallazgos y resolver o implementar las recomendaciones.
5. Revise el informe con empleados y contratistas cuyos trabajos estén relacionados con los hallazgos.
6. Informe a los empleados y a los contratistas acerca de las lecciones aprendidas.
7. Conserve el informe y archívelo después.

5.13 Auditorías de seguridad del proceso

Al menos cada tres años, o con más frecuencia, lleve a cabo una auditoría en toda la planta para determinar que los procedimientos, las estipulaciones y las prácticas de seguridad del proceso estén en vigor. Estas prácticas no deben ser conocidas y entendidas solamente por empleados, sino que también deben ser adecuadas, funcionales, eficaces y eficientes. La

auditoría debe programarla y realizarla un equipo de empleados, contratistas y consultores que deben estar capacitados en lo siguiente:

- Conocimientos técnicos del proceso;
- Conocimientos y familiaridad con la planta, con la organización de la gerencia y con las tareas y las responsabilidades de los departamentos funcionales.
- Conocimientos y experiencia en auditorías de seguridad.

El equipo de auditoría debe entregar un informe por escrito de la auditoría para el empleador, en el que se evalúen los puntos fuertes y débiles de los distintos elementos de los programas. El empleador debe responder con prontitud a cada uno de los resultados de la auditoría, corregir las deficiencias y documentar que han sido corregidas. Los informes de auditoría deben guardarse y archivers.

5.14 Secretos comerciales

No debe impedirse que los secretos comerciales y la información patentada que se consideren propiedad intelectual del empleador se incluyan en el programa de seguridad del proceso. Tampoco es dicha inclusión una revocación de los derechos y privilegios a mantenerlos en secreto.

El empleador debe identificar claramente por escrito los secretos comerciales y la información considerados como propiedad. La propiedad intelectual debe quedar protegida por medio de un acuerdo de confidencialidad entre el empleador y los empleados y el personal de los contratistas que deban tener conocimientos de dicha información y usarla en sus deberes para implementar varios elementos de un programa de seguridad del proceso. Esto se aplica específicamente a personas responsables de:

- Realizar análisis de peligros del proceso;
- Preparar procedimientos de operación;
- Desarrollar procedimientos de mantenimiento, inspección y pruebas;
- Realizar investigaciones de incidentes;
- Llevar a cabo una planificación y una respuesta de emergencia; y
- Realizar auditorías de seguridad del proceso.

Como se mencionó anteriormente, la seguridad del proceso se basa en el principio de que el conocimiento da poder. Un aspecto de su responsabilidad como usuario de metanol es utilizarlo de manera responsable y segura. Se recomienda a los lectores hacer buen uso de este conocimiento.

5.15 Implementación de seguridad del proceso

Un paso clave en la gestión de seguridad es identificar los riesgos planteados por la fabricación, transferencia, transporte e inventario de metanol. Esto permite diseñar la seguridad en el proceso. La evaluación del riesgo puede hacerse como parte de un PHA. Esta sección describe los pasos principales para realizar un PHA. En las secciones de glosario y apéndice se presenta información adicional para llevar a cabo un PHA para el metanol.

Como ejemplo de una muy sencilla evaluación de riesgos, comparemos las propiedades peligrosas del metanol con las del combustible más usado, la gasolina, que es también volátil e inflamable.

Las propiedades físicas y químicas del metanol proporcionan a los usuarios varias ventajas de seguridad contra incendios comparado con la gasolina. El metanol tiene menor volatilidad, menor densidad de vapor, menor índice de desprendimiento de calor y un menor límite de inflamabilidad que la gasolina. La EPA federal de Estados Unidos indica que: “La combinación de estas propiedades hace que el metanol sea inherentemente más difícil de inflamar que la gasolina y es menos probable que cause la muerte o incendios dañinos en caso de que se llegara a inflamar”.

Se deben reconocer otras diferencias importantes. El metanol puede inflamarse a temperaturas ambientales en espacios cerrados, como tanques de combustible. Esto es en contraste con la gasolina, que produce un volumen tan grande de vapor que la concentración puede exceder inmediatamente el límite superior de inflamabilidad. Este peligro en particular se tendría que tratar necesariamente en el diseño y la ubicación de los tanques de combustible, para garantizar que el tanque quede aislado de todas las fuentes de inflamación previsible. La toxicidad es otra consideración del metanol. El umbral de olor para el metanol es superior al límite de exposición permisible. Esto significa que la concentración de metanol puede estar a un nivel tóxico o superior al tóxico antes de que la mayoría de la gente detecte el olor.

5.15.1 ¿Qué es un “peligro”?

La palabra “peligro” es de uso común. Dentro del contexto de evaluación de riesgos, este término tiene un significado específico. Según se usa en este manual, un peligro es una amenaza que presenta un producto como característica física o química inherente de dicha sustancia. Normalmente, los peligros se clasifican por tipo. Los peligros químicos se clasifican por la naturaleza de la amenaza planteada por la presencia del producto químico: *incendio* si el producto químico es un líquido inflamable, *toxicidad* si se sabe que el producto químico es venenoso, *reactividad* si hay otros productos químicos que reaccionan violentamente con el material en cuestión, *inestabilidad química o térmica* si se sabe que el producto químico se descompone espontáneamente en ciertas circunstancias, e *incompatibilidad química* si se mezcla el producto químico con otro producto químico aumenta un peligro conocido o se manifiesta como un peligro adicional. Por ejemplo, el metanol se clasifica como inflamable y tóxico. Las personas que manipulan, usan o almacenan metanol deben tomar precauciones para protegerse a sí mismos y a otros de estos peligros. También es necesario proteger el metanol contra la exposición a fuentes de inflamación y llevar equipos de protección personal (PPE) al manipular o trabajar cerca de inventarios de metanol.

Debido a que un peligro es una propiedad de una sustancia que es característico de esa sustancia, se elimina el peligro cuando la sustancia ya no esté presente.

5.15.2 ¿Qué es un “riesgo”?

El término “riesgo” se usa comúnmente y está sujeto a interpretaciones erróneas. Según se usa en esta guía, el término “riesgo” tiene un significado muy específico: la frecuencia, la posibilidad o la probabilidad de una secuencia de eventos que terminan en una consecuencia negativa o dañina. Una consecuencia es una manifestación de un peligro químico. Matemáticamente, el *riesgo* se calcula como el producto de una *frecuencia de eventos* (o probabilidad) multiplicada por una medida de la *gravedad de la consecuencia*.

El riesgo de una consecuencia particular, como una explosión, es la probabilidad de una explosión (por ejemplo 10% en un período de 10 años, que es igual a una probabilidad del 1% por año natural), multiplicado por la gravedad de la consecuencia, por ejemplo, U\$20 millones por vez. En este ejemplo el riesgo que corre la instalación como pérdida esperada es de 200.000 dólares por año (20 millones de dólares x 0,01), menos cualquier cantidad cubierta por el seguro.

Si la gestión decide que un riesgo de 200.000 dólares por año es demasiado alto, entonces el riesgo se puede reducir implementando políticas protectoras adicionales que reduzcan la frecuencia probable de ese incidente en particular. Si la instalación efectúa una PHA e identifica situaciones de explosión adicionales, el riesgo de explosión de algunas situaciones debe reducirse con protectores adicionales. La opción de qué situaciones proteger se basa en la relación coste beneficio. La cuestión es, “¿Qué situaciones proporcionan la máxima reducción en riesgo para el mínimo gasto?”

5.15.3 Métodos de identificación de peligros y evaluación de riesgos

El primer paso para realizar una revisión de peligros es reunir y revisar información referente a los materiales, sus peligros, la tecnología el proceso y la base de diseño, y la condición de los equipos.

El segundo paso es determinar qué metodología de análisis de peligros usar. Existe una variedad de métodos de identificación de peligros y evaluación de riesgos, que van desde la evaluación “Qué sucedería si”, que implica a un grupo de personas familiarizadas con la circunstancia, hasta un riguroso análisis cuantitativo estructurado de niveles de protección o análisis de árbol de fallos.

El tercer paso es llevar a cabo la revisión, hacer recomendaciones para añadir protecciones según sea necesario y apropiado a fin de satisfacer los criterios de gestión. Todos los aspectos del análisis de peligros deben documentarse, incluida la lista de recomendaciones.

A continuación se prepara un informe y las recomendaciones se implementan o se tratan de forma adicional; después de un posible debate adicional, las recomendaciones se revisan o se rechazan. El riesgo de una consecuencia en particular se evalúa antes y después de implementar la recomendación. En general, las protecciones de ingeniería son costosas y fiables. Las protecciones administrativas son económicas; no obstante, están sujetas a una fiabilidad mucho menor, especialmente con el tiempo.

El Apéndice B proporciona información detallada relacionada con las propiedades físicas, químicas y termodinámicas del metanol, su reactividad y manifestaciones relacionadas (estabilidad térmica, estabilidad química, incompatibilidad y corrosividad). Incluye una lista de los tipos de documentos que contienen información importante referente a la tecnología y a los equipos del proceso.

En todo el mundo se usan muchos sistemas de etiquetado de peligros. Algunos de los sistemas más comunes incluyen el sistema de las Naciones Unidas, el sistema de NFPA, el sistema del Ministerio de Transporte de los Estados Unidos y otros de la Comunidad Europea.

5.15.4 Documentación de evaluación de peligros de proceso

Se deben documentar las evaluaciones de peligros del proceso. Se debe conservar la documentación durante la vida útil de la instalación. En términos generales, la documentación debe indicar qué información se revisó, qué preguntas se hicieron, qué peligros fueron salvaguardados, cómo se desarrolló la situación, en qué consistió la situación del accidente, qué acción correctiva se seleccionó, y la eficacia, fiabilidad, capacidad de mantenimiento, disponibilidad y beneficio/coste de la acción correctora.

6 Seguridad contra incendios

Esta sección proporciona información acerca de características de inflamabilidad peculiares del metanol y diferentes de otros combustibles comunes como gasolina, diesel y combustible de aviación (queroseno hidrotratado).

Es muy difícil extinguir incendios donde haya gasolina o combustible diesel cuando estén en presencia de metanol. Este debate se enfoca en controlar y extinguir los incendios de metanol, aunque también se aplica a incendios de metanol en presencia de gasolina o diesel. En el Apéndice B se presenta información adicional acerca de las propiedades del metanol relacionadas con la seguridad contra incendios.

El tetraedro de un incendio



Los cuatro elementos requeridos para un incendio son:

1. Fuente de inflamación (como calor o chispas).
2. Combustible (por ejemplo, metanol).
3. Oxígeno (el aire es una fuente de oxígeno).
4. Reacción química en cadena (combustión que proporciona energía para mantener el incendio).

Prevención de incendios: Rompa el tetraedro eliminando uno de los elementos (especialmente la fuente de inflamación).

6.1 Detección y protección contra incendios

En términos generales, todos los incendios tienen algo en común: Empiezan siendo pequeños y crecen. Los objetivos de protección contra incendios son contener, controlar y extinguir incendios mientras sigan siendo pequeños. La mejor forma de tener éxito es usar tres aspectos de la respuesta de incendios: (1) detección temprana, (2) respuesta inmediata y (3) acción apropiada.

Todos los incendios desprenden calor; en la mayoría de los incendios de combustible aparecen llamas y se genera humo. Los incendios con metanol puro no son como la mayoría de los incendios comunes. Los incendios de metanol producen menos calor (tienen una baja temperatura de llama); transfieren menos calor a los alrededores (las llamas no son luminosas); son difíciles de ver (las llamas son casi invisibles a simple vista durante el día, y hay poco humo o ninguno); pueden iniciarse en circunstancias inesperadas (los límites de inflamabilidad están comprendidos entre el 6% y 36% de volumen en el aire); son difíciles de extinguir con agua (100% miscibles); y son inflamables con el 75% de agua en volumen.

La detección temprana de los incendios de metanol requiere tecnología distinta a la detección temprana de los incendios de gasolina y diesel. Si la inflamación del metanol se produce durante las horas del día, es poco probable que se detecte el incendio visualmente hasta que se propague a materiales adyacentes que emiten llamas luminosas o un penacho de humo visible. Se dispone de dos tecnologías de instrumentación para la detección temprana de un incendio con metanol. Lo primero es la detección de vapor. Si una fuente de metanol emite grandes cantidades de vapor, es sólo cuestión de tiempo antes de que se produzca la inflamación y el retorno de llama. Con suerte, la fuente de vapor puede aislarse y mitigarse antes de que se inflamen los vapores. La segunda tecnología es la formación de imágenes térmicas, que se han usado durante muchos años para identificar puntos calientes y conexiones sueltas en sistemas eléctricos. Funciona bien en incendios de metanol. Un vídeo de un incendio de un camión cisterna de metanol y una explosión de vapores en expansión de líquido en ebullición (BLEVE) proporciona una demostración excelente de la utilidad de la técnica de formación de imágenes térmicas para proteger la seguridad de la vida del personal de tierra de lucha contra incendios.

(<http://www.firefighternation.com/videos/methanol-tank-truck-fire>)

La respuesta inmediata es el segundo objetivo. El metanol tiene una baja temperatura de llama, que, en combinación con llamas no luminosas, reduce sustancialmente el índice de flujo térmico radiante. La baja temperatura de llama combinada con un bajo flujo térmico radiante permite a los bomberos aproximarse más al incendio que lo que sería posible con un incendio de gasolina o diesel. Este hecho proporciona ventajas y desventajas.

La ventaja es que los incendios pequeños pueden atacarse con extintores portátiles. Las desventajas son que puede ser difícil determinar la ubicación y la intensidad (índice de combustión) del incendio. Para hacer una determinación razonable, es necesario usar un dispositivo de formación de imágenes térmicas. Cuando la ubicación del incendio no pueda determinarse con un alto grado de confianza, es posible localizar la primera línea de defensa demasiado cerca de la fuente de combustible. Las incertidumbres relacionadas con la localización y caracterización de incendios de metanol y mezclas de metanol-gasolina requieren un método lento y deliberado. Esto es particularmente cierto si existe cualquier posibilidad de un BLEVE, o vuelco inducido térmicamente del contenido de un tanque de almacenamiento. Es muy recomendable determinar un plan de ataque a simple vista del incendio con un dispositivo de formación de imágenes térmica. La capacidad de formación de imágenes desde el aire salvará vidas al luchar contra incendios de metanol y metanol y gasolina.

El tercer objetivo, “medida apropiada”, es particularmente importante al luchar contra incendios de metanol. Los incendios de metanol requieren procedimientos especiales:

- El metanol es 100% miscible en agua; una mezcla de 75% de agua y 25% de metanol es un líquido inflamable capaz de mantener la combustión.
- El metanol tiene una mayor afinidad por el agua que la gasolina. En presencia de agua, el metanol en los combustibles de mezcla de metanol y gasolina se separa de la gasolina en una fase pesada de metanol y agua, que se forma debajo de la gasolina. Esta situación puede ser muy traicionera en un tanque de almacenamiento. Las mezclas de metanol requieren medidas especiales para evitar el vuelco térmicamente inducido del tanque y una subsiguiente explosión del tanque. No use agua como supresor en incendios de combustibles con metanol. Use solamente espuma compatible con el alcohol resistente a las altas temperaturas, como espuma de fluoroproteína formadora de una película, específicamente una espuma acuosa formadora de película resistente al alcohol (AR-FFFP). Además, deje una distancia sustancial con respecto al incendio y siga aplicando espuma mucho después de que parezca que se ha extinguido el incendio. Se sabe que los incendios de metanol vuelven a empezar si la supresión de espuma cesa demasiado pronto.
- Para pequeños incendios con metanol puro o casi puro, se puede usar agua como supresor. No obstante, el agua debe aplicarse en forma de neblina o rociado de gotas finas, y debe haber un espacio libre suficiente para aumentar el volumen de la solución de metanol y agua por un factor de cuatro. De lo contrario, el volumen del agua necesaria para suprimir el incendio puede hacer que se propague el incendio.
- Si se usa la espuma como supresora, entonces la espuma debe ser una espuma compatible con alcohol (AR-AFFFP). De lo contrario, la propiedad disolvente del metanol atacará y destruirá la espuma.
- El metanol es un disolvente polar fuerte. Muchos plásticos y telas sintéticas se ablandan y se degradan rápidamente cuando se ponen en contacto con el metanol.
- Por último, el metanol es un veneno, que no debe ingerirse, inhalarse o ponerse en contacto con la piel. El metanol se absorbe por la piel. Los equipos respiratorios de SCBA que se llevan con trajes de bomberos convencionales no proporcionan una protección suficiente contra la toxicidad del metanol, las soluciones acuosas de metanol o el vapor de metanol. Tal vez sea necesario en muchos casos un SCBA con un traje resistente a los productos químicos de nivel “B” para impedir la absorción por la piel.

En resumen, como transportador, usuario o encargado de manipular el metanol, es necesario hacer planes especiales para responder a los derrames accidentales. Los peligros del metanol son la inflamabilidad y la toxicidad. No obstante, son las características físicas las que determinan lo que constituye una respuesta apropiada. Las propiedades físicas y químicas del metanol y de las mezclas combustibles de metanol son distintas entre sí. Una respuesta apropiada al incendio de metanol no será una respuesta apropiada a un incendio de metanol y gasolina.

6.1.1 Control de vapor

La primera medida de la detección temprana de incendios de metanol depende de la presencia de vapor de metanol. Si hay presente vapor de metanol en concentraciones aproximadas al límite de inflamabilidad o menores (6% en volumen), entonces debe asegurarse que la inflamación sea posible. Una vez que se produzca la inflamación, se producirá la combustión bien sea en forma de incendio o explosión. La ruta por la que se manifiesta la inflamación depende de la temperatura ambiente, de la energía de la fuente de inflamación, de si el vapor se ha desplazado como un gas denso con una flotabilidad casi

neutral y de si el vapor acumulado está encerrado o sin encerrar. Si la temperatura ambiente es superior al punto de inflamación, y si hay mucho espacio con vapor en un recipiente, tanque, habitación, edificio o recinto, entonces es más probable que se produzca un retorno de llama y una explosión. Las probabilidades de que se produzca una explosión disminuirán si la temperatura ambiente es inferior al punto de inflamación, si las fuentes potenciales de inflamación tienen poca energía y si el vapor puede disiparse fácilmente a la atmósfera.

Para controlar si la consecuencia es un incendio o una explosión, es necesario controlar la concentración de vapor y la ventilación del vapor. Para controlar el vapor, es necesario controlar el líquido, o la disponibilidad de oxígeno en el espacio del vapor por encima del líquido.

6.1.1.1 Características de seguridad en los tanques de almacenamiento

La mejor práctica para el almacenamiento de metanol en tanques en grandes volúmenes hace uso de techos flotantes internos para minimizar el espacio de vapor de metanol dentro del tanque a fin de reducir la cantidad de aire disponible para mezclarse con el vapor. También es necesario controlar los vapores emitidos desde el tanque. Si el espacio del vapor del tanque no tiene una atmósfera de gas inerte, entonces los puntos de ventilación del tanque deben estar equipados con apagallamas. Verifique que los componentes del apagallamas no estén hechos de aleación de aluminio. El metanol corroe las aleaciones de aluminio. Existe un caso de un incendio de un tanque que se produjo como consecuencia de un escape de vapor excesivo de un tanque. El apagallamas tenía componentes de aleación de aluminio que se degradaron y fallaron en un período de 13 años. Claramente, el mantenimiento preventivo de la instalación era insuficiente. La atmósfera de gas inerte añade un nivel adicional de protección contra la inflamación dentro del espacio de vapor del tanque. Como el gas nitrógeno ($N_2(g)$) es un gas asfixiante, se deben tomar precauciones especiales para tener acceso al techo del tanque y entrar en tanques purgados.

La atmósfera de nitrógeno tiene la ventaja adicional de preservar la pureza del metanol. El nitrógeno seco es el gas preferido para formar una atmósfera de gas inerte. El gas inerte no debe contener dióxido de carbono, para así evitar la corrosión en presencia de aire húmedo y evitar la contaminación del producto, la cual podría aumentar la acidez y corrosividad del metanol.

Se recomienda además controlar estrictamente las fuentes de inflamación dentro de la proximidad del almacenamiento de metanol, tanto si la contención es con tanques como recipientes portátiles. El exterior de los tanques de metanol debe pintarse con pintura reflectante del calor. Esta medida reduce las pérdidas de vapor de los tanques.

6.1.1.2 Sistemas de alivio de presión

La presión interna del tanque puede controlarse por medio de válvulas de alivio de presión y vacío. Los respiraderos pueden configurarse con o sin apagallamas, dependiendo de las circunstancias específicas. No obstante se prefiere la configuración con apagallamas.

El tamaño de las válvulas de alivio de presión se determina según el incendio y, de ser posible, deben estar conectadas con tuberías para aliviar la presión a un quemador de gases residuales. Si el objetivo es aliviar la presión a la atmósfera, se recomienda encarecidamente que las válvulas de seguridad del proceso (PSV) se configuren para descargarse a la atmósfera por medio de apagallamas. Además de la seguridad contra incendios, al configurar respiraderos de tanques y dispositivos de alivio de presión se recomienda tener en cuenta los reglamentos municipales de limitación de emisiones de hidrocarburos.

No se recomienda usar tuberías de rebose. Se sabe que cuando la temperatura ambiente es inferior a la temperatura de almacenamiento, el metanol líquido se acumula y gotea de las tuberías de rebose. Cualquier acumulación de metanol líquido condensado en el área de las bermas crea un peligro de incendio y puede considerarse un derrame medioambiental.

6.1.2 Detección de calor

La segunda medida de detección temprana de un incendio de metanol es la detección temprana del calor. Al tratar con metanol, el dicho “donde hay humo, hay fuego” debe modificarse a “donde hay calor, hay fuego”. Hay varias tecnologías disponibles para determinar si hay alta temperatura. Considere investigarlas y ponerlas a prueba según sus necesidades específicas.

6.1.3 Fumar, acceso de vehículos y diversas fuentes de inflamación

- Fumar debe quedar restringido a lugares designados donde no haya posibilidades de presencia de vapor de metanol.
- Debe haber control estricto del acceso de vehículos.
- Se recomienda encarecidamente usar herramientas que no produzcan chispas.
- Los aparatos de radio, los teléfonos, la instrumentación portátil, las computadoras, las calculadoras y otros tipos de equipos electrónicos deben estar clasificados a prueba de explosiones antes de que puedan usarse en áreas de contención de metanol.
- Por regla general, deje un perímetro de unos 7 metros “sin fuentes de inflamación” alrededor de las áreas de almacenamiento donde haya contenedores individuales de bajo volumen de metanol (por ejemplo, latas, cubos, barriles y cajas). Deje por lo menos un perímetro de 17 metros “sin fuentes de inflamación” alrededor de las áreas de almacenamiento o logística que contengan o manejen volúmenes mayores de metanol (por ejemplo, camiones cisterna individuales, vagones cisterna y pequeños tanques de almacenamiento). Deje un perímetro mínimo de 70 metros “sin fuentes de inflamación” alrededor de terminales de logística que carguen o descarguen simultáneamente varios camiones, múltiples vagones cisterna, barcas, barcos y tanques de almacenamiento de gran volumen.
- En el caso de que un camión cisterna, vagón cisterna o tanque de almacenamiento se esté incendiando, evacue la zona a una distancia de por lo menos 850 metros en todas direcciones. El metanol es tóxico; por lo tanto, la ropa protectora de los bomberos estructurales no ofrece una protección efectiva para responder a derrames e incendios de metanol.⁶ Sepa que el umbral a olor del metanol está muy por encima del límite de exposición tóxico.
- Los recipientes portátiles, camiones cisterna, vagones cisterna y tanques de almacenamiento están todos sujetos a BLEVE. Establezca precauciones de seguridad que tengan en cuenta el exceso de presión, el flujo térmico radiante y los peligros de exposición tóxica.

6.2 Control de incendios

Los elementos de protección son la respuesta inmediata y apropiada, además de mantener el incendio bajo control.

⁶ Consulte la 2008 Emergency Response Guidebook (Guía de Respuesta en Caso de Emergencia, año 2008) donde encontrará información adicional.

6.2.1 Incendios y explosiones

Los incendios, aunque indeseables, son preferibles a las explosiones. El análisis de consecuencia de situaciones de accidentes, relacionado con el análisis de peligros del proceso y la evaluación de riesgos, debe considerar qué es lo más probable en cada circunstancia: un incendio o una explosión. Si se piensa que hay mayor probabilidad de que ocurra una explosión, entonces se debe considerar el cambio de circunstancias o las condiciones o la configuración del proceso, para que un incendio sea la consecuencia más probable de la inflamación. Si esto no fuera posible, entonces será obligatorio eliminar toda fuente potencial de inflamación y prohibir la entrada de fuentes móviles de inflamación al área. Se sabe que el vapor de metanol produce llamas hasta la fuente. Verifique que los perímetros de la zona de peligro sean adecuados. Al evaluar la gravedad de las consecuencias de la situación, es necesario tener en cuenta la exposición al exceso de presión y al flujo térmico radiante.

6.2.2 Materiales de extinción

Si una parte de una instalación se ve rodeada por llamas, entonces se pueden usar chorros de agua para enfriar los equipos de proceso adyacentes. La espuma de supresión de incendios de formación de una película acuosa (AFFF) normal no es apropiada para incendios con alcohol. Las propiedades disolventes del metanol ocasionan la degradación de la espuma normal contra incendios. Los incendios de metanol deben atacarse con AR-AFFF.

Para incendios pequeños en un espacio contenido, considere la aplicación automatizada de materiales de extinción como polvo seco o dióxido de carbono. Si esto no es práctico, entonces considere la aplicación automática de aspersión fina de agua o niebla. El metanol es 100% miscible en agua. Las soluciones acuosas de metanol y los aerosoles son inflamables en agua hasta un 75% en volumen. Se requiere un mayor volumen de agua – al menos cuatro veces mayor que el volumen de metanol – para extinguir un incendio de metanol. Si se escoge agua como la primera respuesta del medio de supresión de incendios, entonces se deben tomar medidas para impedir que la solución acuosa de metanol resultante (1) entre en desagües y registros de alcantarilla y (2) se propague y transporte el incendio a otras partes de la instalación.

6.3 Seguridad contra incendios en el terreno

El grupo de mando del incendio en el terreno debe vigilar para evitar que los equipos de prevención de incendios queden rodeados o parcialmente sumergidos en soluciones inflamables de metanol en agua. Como el metanol no produce llamas visibles durante el día puede representar un peligro oculto que podría amenazar la vida.

6.3.1 Incendios en espacios estrechos

Debe evitarse que las soluciones inflamables de metanol y agua entren en espacios estrechos como alcantarillas y desagües. También debe evitarse que las soluciones inflamables de metanol y agua que no estén inflamadas hagan contacto con fuentes de inflamación y equipos calientes que podrían inflamarlas.

Las soluciones acuosas de metanol, en combustión o no, deben mantenerse alejadas de fuentes de combustibles como vehículos.

6.3.2 Brigadas contra incendios

Aunque la composición y las habilidades de una brigada contra incendios están fuera del alcance de este manual, esta sección cubre algunos de los asuntos clave que las brigadas contra incendios deben tener en mente al responder a incendios de metanol.

6.3.2.1 Respuesta exterior contra incendios

La mayoría de las instalaciones que siguen las indicaciones de este manual no tienen su propia brigada contra incendios y dependen de fuentes externas para apagar sus incendios. Esto de ninguna forma pone en riesgo la efectividad de la respuesta, siempre y cuando haya medidas de detección temprana, alarma, llamada rápida e instrumentos, así como evaluación visual de incendios. La respuesta exterior debe ser la siguiente: deben saber que están respondiendo a un incendio de metanol y deben estar capacitados y equipados de la misma forma que lo estaría una brigada contra incendios de la misma planta. Se recomienda que los operadores de la planta se pongan en contacto con los primeros en responder de carácter local, y que organicen visitas y simulacros de incendio para aumentar su familiaridad con la planta.

La respuesta exterior se beneficiará de tener una capacidad de formación de imágenes térmicas área y sobre el terreno. La respuesta exterior debe aportar su propia espuma o recibir su espuma de supresión de incendios compatible con el alcohol AR-AFFF.

6.3.2.2 Equipos de protección personal

El personal de respuesta contra incendios debe llevar puestos los siguientes equipos de protección personal (PPE), como mínimo:

- Trajes de bomberos compatibles con metanol (uniforme ignífugo) con casco, guantes y botas.
- Aparato autónomo de respiración (SCBA) de presión positiva que cubra toda la cara.
- Equipos de comunicación.

6.3.2.3 Capacitación para personal de respuesta a incendios

El personal de respuesta a incendios debe recibir capacitación y contar con los equipos adecuados para combatir incendios de metanol. Para combatir un incendio con metanol, es básico usar una espuma resistente al alcohol directamente en un incendio, que la espuma se aplique durante un período sustancial después de apagar el incendio y que el agua se use de forma inteligente. Si se usa demasiada agua para enfriar los equipos del área, y si el agua derramada se mezcla con metanol en combustión, entonces la dilución puede crear lo que se conoce como un "incendio de avance rápido". La aplicación de agua en el interior de un tanque no suprimirá un incendio de metanol y es más probable que exponga a los bomberos de respuesta rápida a la explosión de un tanque resultante de un vuelco inducido térmicamente y a la expansión del contenido del tanque.

Quizá sea necesario tomar disposiciones especiales para adaptar la respuesta de grupos independientes. Esto se debe determinar y adaptar antes de introducir metanol en la planta.

La respuesta exterior debe disponer de equipos de formación de imágenes térmicas portátiles para usar en el terreno del incendio y en el aire sobre el terreno del incendio. Los bomberos de respuesta externa deben estar adiestrados en el uso de instrumentación, y el coordinador de incidentes debe estar adiestrado para aprovecharse de las capacidades de formación de imágenes térmicas.

6.4 Seguridad contra incendios de mezclas combustibles de metanol y gasolina

Los alcoholes (etanol y metanol) han reemplazado el MTBE como el compuesto oxigenado en combustibles de motor en grandes centros metropolitanos en Estados Unidos que estén sujetos a restricciones de calidad de aire. El estado de California permite mezclas entre el

7% y el 10% de etanol en volumen. En Europa, la Directiva de Energía Renovable requiere biocombustibles B7, E5 y E10. La mayoría de los terminales de combustible metropolitanos usarán esta tecnología de mezcla en serie para añadir metanol a la gasolina. Las operaciones menores en áreas suburbanas y rurales pueden usar una “mezcla splash”. A la vista de esto, es probable que los camiones de transporte cisterna de 38.000 litros de capacidad de mezclas de combustible sean los más grandes encontrados por los bomberos de respuesta externa en Estados Unidos y Europa en estos momentos. Se espera que esto cambie durante los próximos tres a cinco años si se eliminan los subsidios de producción del etanol biocombustible.

El siguiente debate sobre seguridad de incendios de combustibles mezclados con metanol debe revisarse en este contexto a medida que se aplica principalmente a lotes de 10.000 galones y también a combustibles de “mezcla splash” más grande en inventario de tanques y en entornos rurales.

6.4.1 Propiedades de las mezclas combustibles de metanol y gasolina

El metanol es miscible con gasolina y agua. No obstante, su afinidad por el agua es mayor que por la gasolina. Una solución de metanol y agua no es miscible en gasolina. Las soluciones acuosas de metanol forman una fase separada que baja hasta los fondos de tanques, remolques cisterna y contención secundaria de derrames. Esto tiene implicaciones específicas sobre la forma en que los primeros bomberos externos se despliegan en caso de una emergencia con mezclas combustibles de metanol y gasolina.

En el peor de los casos, las mezclas combustibles de metanol y gasolina pueden presentar dos situaciones. La primera es el vuelco inducido térmicamente del contenido de un tanque debido a un calentamiento desigual de capas estratificadas. El otro es una BLEVE. Ambos pueden originar ondas de presión y estar acompañadas por grandes bolas de fuego que tienen un elevado índice de flujo térmico radiante.

Si los incendios con mezclas combustibles de metanol y gasolina se suprimen con agua (incluso pequeños incendios con niebla, neblina o rociado de gotitas finas), entonces el agua contra incendios en contacto con la mezcla combustible empezará inmediatamente a formar una fase separada que extrae el metanol de la mezcla combustible y la concentra en una fase acuosa de metanol que baja hasta el fondo del recinto de la mezcla combustible. El resultado es la estratificación de dos líquidos inflamables: gasolina flotando en una fase de metanol y agua. La estratificación puede causar resultados inesperados y no deseados si la contención es un tanque de metal sometido a flujo térmico de un incendio fuera del tanque o calor de un incendio de gasolina dentro del tanque.

Las capacidades caloríficas de la gasolina y una solución acuosa de metanol son muy diferentes. Por lo tanto, la velocidad a la que aumenta la temperatura en cada capa estratificada será diferente. La temperatura de la capa de gasolina aumentará más rápidamente que la de la capa de agua y metanol porque el agua tiene una capacidad calorífica muy grande comparada con la de la gasolina. Si las corrientes de convección dentro del tanque causadas por el calentamiento desigual de las capas se hacen suficientemente vigorosas, y si el agua en la capa inferior se convierte en vapor, entonces el tanque básicamente experimenta una explosión del vapor acompañada por una bola de fuego gigante que consiste en la mayor parte del líquido inflamable contenido en el tanque. Debido a la gran cantidad de agua que debe añadirse para diluir el metanol fuera de su gama de inflamabilidad, es poco probable que esta cantidad de agua se añada antes del vuelco. De hecho, la adición de agua puede aumentar la probabilidad de vuelco. Por lo tanto, todo el contenido del tanque es un líquido inflamable. En el peor de los casos, la bola de fuego desprenderá súbitamente el calor de la combustión del contenido del tanque.

El segundo peor caso, un BLEVE, se produciría con más probabilidad en el caso de un accidente de transporte de un camión cisterna. En este caso, el exceso de presión y el flujo térmico de la bola de fuego dependen de la cantidad de combustible que permanece en el camión cisterna de BLEVE.

6.4.2 Incendios de mezclas combustibles de metanol y gasolina

Una situación más típica de mezcla combustible puede deberse al llenado excesivo de combustible 15M/85G en la zona de la berma. La gravedad de las consecuencias depende de cuánto combustible se ha derramado, de si la zona de peligro de trabajo en caliente se ha hecho cumplir de forma rigurosa, de la velocidad de respuesta y de si los miembros del equipo de respuesta están debidamente equipados y capacitados para usar imágenes térmicas y aplicar espuma resistente al calor compatible con el alcohol.

La gasolina arde con una llama luminosa; por lo tanto, la parte de gasolina del incendio se reconoce fácilmente. La mezcla combustible 15/85 arde con una llama ligeramente luminosa. La fase acuosa de metanol puede estar debajo de la gasolina, donde se impide que arda, o puede arder cuando se consume la capa flotante de gasolina. La fase acuosa de metanol arderá produciendo una llama invisible no luminosa. Los miembros del equipo de respuesta pueden creer que la aplicación de espuma ha suprimido el incendio; no obstante, los incendios de metanol son persistentes. De hecho es necesario aplicar espuma durante un tiempo prolongado después de apagarse el incendio. Para mantener la supresión del incendio se requiere de dos a tres veces la espuma AR-AFFF necesaria para extinguir inicialmente las llamas. Esto significa que el inventario de espuma debe ser suficiente para cubrir un derrame hasta una profundidad considerable.

Es importante recordar que un incendio con gasolina requiere AFFF convencional para la supresión efectiva del incendio. Por otra parte, un incendio con metanol o agua y metanol requiere AR-AFFF o espuma de fluoroproteína formadora de película (FFFP) para una supresión efectiva. Una mezcla 15M/85G requiere FFFP para combatir la mayor temperatura de un incendio de gasolina y resistir el ataque disolvente del metanol.

Las espumas de AFFF no tienen resistencia al alcohol. Se descomponen inmediatamente al exponerse al alcohol. La espuma AR-AFFF tiene una baja resistencia al calor y a las temperaturas. El AR-AFFF se degrada cuando se expone a las altas temperaturas de un incendio de gasolina.

Si se aplica espuma AFFF a un incendio de metanol, y si la espuma AR-AFFF se aplica a un incendio de gasolina, entonces ambas espumas son ineficaces, y los miembros del equipo de respuesta tendrán que depender del rociado de agua o dejar que el incendio se consuma.

La aplicación de la espuma equivocada en el lugar equivocado puede aumentar la intensidad del incendio, con el resultado de que el vuelco de tanques o BLEVE son posibilidades muy reales. En ese momento, los miembros del equipo de respuesta habrán perdido el control del incendio sobre el terreno y aumentará la probabilidad de que alguien pueda resultar herido a menos que se tome una decisión de aumentar la distancia de separación.

6.4.3 Respuesta a los incendios de mezclas combustibles de metanol y gasolina

La respuesta a incendios de mezclas combustible de metanol y gasolina es complicada. Lo primero que hay que entender es la composición del combustible. Lo segundo es determinar el tamaño del incendio y la probabilidad de propagación. El tercer criterio es disponer de un equipo bien capacitado y preparado con equipos adecuados para luchar contra incendios de metanol y gasolina.

A continuación se indica una lista corta de preguntas que pueden ser útiles para organizar respuestas de práctica.

- ¿Cómo decide el coordinador de incidentes qué monitores y qué cuadrillas de mangueras reciben qué espuma y en qué momentos?
- ¿Qué tipos de espumas son necesarios? ¿Son suficientes los inventarios de espuma?
- ¿Cómo hará el seguimiento de la propagación del incendio el coordinador de incidentes?
- ¿Cómo se identifican los lugares calientes?
- ¿Cómo sabrá el coordinador si un BLEVE o vuelco de un tanque es inminente?
- ¿Durante cuánto tiempo debe el coordinador de incidentes seguir aplicando espuma después de extinguir inicialmente el incendio?
- ¿Cuál es la mejor estrategia: luchar contra el incendio, o retirarse y dejar que el incendio se consuma?
- ¿En qué momento de la respuesta debe tomarse la decisión de retirarse, qué información es necesario hacer y quién lo va a hacer?

7 Respuesta ante emergencias

Las fugas accidentales representan uno de los principales peligros medioambientales, de salud y de seguridad relacionados con el uso, el almacenamiento y la distribución de metanol. Este capítulo trata sobre las seis etapas principales de la respuesta de emergencia (ER) a las fugas de metanol: (1) prevención de derrames, (2) respuesta a los derrames, (3) contención de los derrames, (4) limpieza y corrección, (5) notificación e informes, y (6) mantenimiento de registros de investigación de incidentes.

La respuesta de emergencia efectiva comienza desarrollando un plan de preparación ante emergencias (EPP) que identifique peligros potenciales resultantes de operaciones, siniestros naturales y artificiales, sabotaje y vandalismo, y que puedan impactar las operaciones, vidas humanas o el medio ambiente. Luego se desarrollan medidas apropiadas de respuesta para cada situación, se identifican los recursos internos, personal, capacitación y equipos necesarios, así como la coordinación con agencias de respuesta independientes tales como el cuerpo de bomberos, agencias de reglamentación y contratistas privados.

Una buena ERP incluye simulacros normales (planificados y por sorpresa) y revisiones anuales para asegurarse de que el plan se ponga en práctica por completo y se mantenga actualizado. En una ER, el tiempo es un enemigo. El momento de la alarma, el momento de responder, el momento de desplegarse y el momento de controlar un incidente son hitos importantes para evaluar la eficacia y la eficiencia de la ER. Dentro de este contexto, la “eficacia” es tomar las medidas correctas en el lugar correcto en el momento correcto (lo antes posible). La eficiencia consiste en desempeñarse de forma repetida y eficaz en una variedad de situaciones y circunstancias.

7.1 Prevención de derrames

La prevención de derrames es una parte integral del plan de respuesta de emergencia. La mejor estrategia de prevención de derrames se incorpora en la etapa de diseño de la gestión de seguridad del proceso. Los programas efectivos de prevención de derrames constan de controles de ingeniería de proceso, procedimientos de operación normales, procedimientos de mantenimiento normales, planes de respuesta contra derrames y capacitación periódica al nivel de participación de cada uno de los empleados en las acciones de respuesta.

Entre los controles de ingeniería relacionados con los tanques de almacenamiento de alcohol se incluyen los siguientes: protección contra el exceso de llenado por medios de alarmas de alto nivel visibles y audibles; accionamientos con instrumentos automáticos para detener el flujo antes del llenado excesivo; respiraderos con apagallamas; sistemas de contención secundarios, como diques, retenciones o bermas; detectores y alarmas de vapor; y detectores de gases explosivos para detectar y advertir de peligros de incendios o explosiones en caso de una fuga.

El metanol debe almacenarse en un área bien ventilada con bermas, diques o retenciones. Si se diseña de acuerdo con NFPA 30, el área de almacenamiento debe poder contener al

menos el 110% del volumen del tanque de almacenamiento más grande en el área contenida. En el caso de una fuga dentro del área de contención, el metanol líquido acumulado debe cubrirse idealmente por completo con espuma resistente al alcohol. Si el área de contención tiene las dimensiones adecuadas, el derrame de metanol podrá diluirse con al menos cuatro partes de agua a una parte de metanol para reducir el riesgo de incendios. Estas precauciones deben tomarse sin que importe si el metanol está en combustión. El objetivo es impedir la migración de vapor y el retorno de llama reduciendo la velocidad de las fugas de vapor desde la superficie líquida.

Los procedimientos de operación y mantenimiento para prevenir y detectar fugas y derrames deben incluir inspecciones visuales periódicas (al menos una por turno). Deberán realizarse con regularidad pruebas no destructivas del estado de los tanques, válvulas, tuberías, mangueras y diques, así como el mantenimiento preventivo de los componentes mecánicos, eléctricos y estructurales. Esto incluye los sistemas de detección y alarma. Se debe tener en consideración la especificación del control de nivel y la detección de vapor como no clasificados o como un bucle de instrumentación SIL 1.

Los sistemas de manipulación, contención y control del metanol deben mantenerse para ser "aptos para un servicio continuo". Deben desarrollarse procedimientos por escrito para cargar y transferir metanol, así como los pasos necesarios para paradas de emergencia, y deben reforzarse por medio del adiestramiento del personal de operaciones.

Los trabajadores deben estar capacitados para la manipulación segura del metanol. Se deben implementar sistemas y procedimientos que protejan a los empleados, a la planta y al medio ambiente.

En todas las áreas en las que se manipule, se almacene o se use metanol, se debe disponer de equipos contra derrames. Un juego completo para derrames debe incluir lo siguiente:

- Varios tipos y tamaños de materiales absorbentes (vermiculita o carbón activado, esponjas absorbentes).
- Pala de plástico (que no produzca chispas) para dispersar los materiales absorbentes.
- Cinta de precaución amarilla u otros dispositivos de barrera para aislar el área.
- Barril o recipiente para el material de desecho recogido.
- Dispositivos de comunicación de emergencia como teléfonos móviles o radios transmisoras a prueba de explosiones.

Los equipos de protección personal para los bomberos externos deben incluir lo siguiente como mínimo:

- Gafas y máscaras contra salpicaduras de productos químicos
- Guantes de butilo o nitrilo.
- Botas de caucho.
- Uniformes resistentes a los productos químicos.
- Nunca se deben usar mascarillas antigás para purificar el aire con cartuchos de vapor orgánico como protección contra vapores de metanol.
- Múltiples extintores de incendios
- Botiquines industriales de primeros auxilios.

- Se deben colocar en las proximidades estaciones de duchas de cuerpo completo y lavajos que suministren 15 minutos de agua para descontaminar al personal expuesto.
- Suministro amplio de agua potable para lavarse y beber.
- Vehículos adecuados para transporte de emergencia.

7.2 Respuesta antes los derrames

Las instalaciones que usan, almacenan o distribuyen metanol deben estar preparadas en caso de un derrame, y para ello es necesario desarrollar e implementar planes de respuesta y realizar simulacros programados y de sorpresa por lo menos una vez al año o, a ser posible, con más frecuencia.

Pasos si se produce un derrame

Los primeros pasos en caso de un derrame son:

1. Detenga o reduzca la velocidad de desprendimiento de metanol en el punto de desprendimiento, si se puede hacer con seguridad.
2. Si hay vapores nocivos, evacue, haga sonar la alarma de desprendimiento de vapor y notifique al supervisor o al coordinador de emergencias.
3. Elimine todas las fuentes de inflamación a una separación segura del punto de desprendimiento y acumulación cercana de metanol.
4. Evacúe a todas las personas que no llevan puestos equipos protectores del área del derrame o de fugas hasta que la limpieza se haya completado (esto requiere que se predeterminen los niveles de limpieza).
5. No camine por encima de un producto derramado. Evite el contacto con la piel y la inhalación.
6. Póngase en sentido contrario al viento y no se acerque a áreas bajas donde se pueda acumular vapor.
7. Para derrames e incendios grandes, llame inmediatamente a los bomberos.

7.3 Contención de fugas

Las fugas de metanol pueden variar, desde grandes volúmenes en embarcaciones de doble casco, camiones cisterna y vagones de ferrocarril, grandes derrames de tanques de almacenamiento y roturas en tuberías, derrames medianos durante las operaciones de transferencia, hasta fugas pequeñas de barriles, cajas o mangueras. El plan de respuesta ante derrames debe tomar en cuenta la ubicación y las posibles condiciones de la fuga. La mayoría de las veces, los derrames de metanol son consecuencia de accidentes relacionados con cajas, barriles o mangueras de transferencia.

Siempre que sea posible, debe evitarse que el metanol derramado penetre en alcantarillas o desagües, que comprenden espacios sujetos a explosiones, y donde el líquido podría llegar a arroyos, ríos, lagos o mares. De ser posible, los recipientes que tengan fugas se deben retirar al aire libre o a alguna área aislada y bien ventilada, donde el derrame pueda contenerse y el líquido pueda transferirse sin peligro a un recipiente apropiado. El líquido libre debe acumularse o transferirse únicamente con bombas a prueba de explosiones, recipientes conectados a tierra y puestos a masa, y herramientas resistentes a chispas.

Los derrames en terrenos pavimentados o de tierra deben contenerse rodeando el líquido con barreras mecánicas o químicas como arena, vermiculita, zeolita o diques absorbentes. En el caso de derrames pequeños, se puede usar absorbente para gatos como material absorbente efectivo. La superficie que ocupa el derrame debe cubrirse con los materiales absorbentes o con carbón activado para capturar el metanol derramado. Los materiales absorbentes, ya saturados, o la tierra que contenga metanol deben ser eliminados y empacados para recuperarlos, reciclarlos o desecharlos.

El vapor de metanol es ligeramente más denso que el aire y debe evitarse que fluya a espacios estrechos como sumideros o pozos de bombas, registros o bocas de inspección y túneles de servicios públicos, donde los vapores podrían asentarse y alcanzar concentraciones inflamables. Antes de volver a entrar en estos espacios es necesario verificar que ya no contengan una atmósfera explosiva.

El rociado con agua puede suprimir o rebajar los vapores de metanol, pero es posible que no evite la inflamación en espacios cerrados. Se puede aplicar espuma formadora de película acuosa resistente al alcohol (AR-AFFF) al derrame, para suprimir el vapor y disminuir el peligro de incendio.

Para prevenir incendios o explosiones, las fugas de vapor dentro de edificios o en espacios estrechos deben ser ventiladas para alcanzar menos del 10% del límite inferior de explosividad (LEL) del metanol, que es equivalente a 0,6% o 6.000 ppm, para evitar incendios o explosiones. Sin embargo, a dicho nivel los vapores de metanol siguen siendo considerados "inmediatamente peligrosos para la vida y la salud". El edificio debe evacuarse hasta que el personal de respuesta determine que no existe peligro para volver a entrar, y que las concentraciones de metanol en el aire son inferiores a 200 ppm. Todas las fuentes de inflamación del área inmediata, como cigarrillos, llamaradas, chispas o llamas deben apagarse o eliminarse en un radio de 100 a 200 metros del área del derrame.

Es probable que las fugas de vapores de metanol se dispersen con relativa rapidez. Las medidas de respuesta apropiadas son aislar el área 100 a 200 metros a partir de la fuente del derrame en todos los sentidos y mantenerse contra el sentido del viento de la columna de vapor de la fuga. Si el incidente comprende un camión cisterna o un vagón cisterna, será necesario ampliar el área de aislamiento a 800 metros a partir del origen de la fuga. La finalidad de ampliar el radio del límite de exclusión es proteger al personal contra el exceso de presión, el flujo radiante térmico y la metralla en el caso de BLEVE.

Los derrames de tuberías pueden requerir la preparación de canales o vías de desvío para dirigir el metanol hacia recipientes de recogida naturales o diseñados lejos de áreas ecológicas o extensiones de agua. Esto puede ser necesario incluso después de cerrar las válvulas aguas arriba y abajo o derivar el caudal hasta que se drene el contenido residual.

No es práctico recuperar el metanol de derrames que hayan ocurrido en extensiones de agua naturales como ríos, lagos y mares.

7.3.1 Zonas de control de sitios

El control de sitios es un componente esencial de la implementación del plan de respuesta de emergencia (ERP). Para controlar la propagación de la contaminación y la exposición de los empleados a los peligros químicos y físicos, el área de derrame debe dividirse en tres círculos concéntricos centrados en la zona de exclusión, también conocida como zona caliente, donde se contiene el derrame. Ésta está rodeada por una zona de reducción de contaminantes, que incluye un solo punto de entrada y salida del personal y del equipo de respuesta, así como el corredor de descontaminación para la limpieza del personal y del equipo que sale de la zona de exclusión o caliente. La zona de apoyo se ubica en el perímetro exterior y se usa para preparar el equipo de respuesta y para ubicar el puesto de mando y el centro de comunicaciones. Sólo se permite la entrada de personal autorizado a las zonas de exclusión y de reducción de contaminantes. El coordinador de respuestas ante

emergencias (ERC) debe identificar áreas de trabajo en las que el personal esté autorizado a entrar y debe hacer respetar las medidas de control del sitio.

7.4 Limpieza y corrección de derrames

En el control de derrames de metanol y operaciones de limpieza de metanol deben participar únicamente empleados capacitados y equipados correctamente. En Estados Unidos, los equipos de respuesta de emergencia deben estar capacitados según los reglamentos de respuesta ante emergencias y operaciones con desperdicios peligrosos de la OSHA (Hazardous Waste Operations and Emergency Response - HAZWOPER) que aparecen en la sección 1910.120 del Título 29 del Código de Reglamentos Federales de Estados Unidos [59]. En el caso de derrames de metanol en los que se sospeche que haya o que pueda haber concentraciones explosivas, el personal de respuesta debe usar ropa de protección contra vapores totalmente encapsulada de nivel "A", con protección para el aparato respiratorio con suministro de aire. Los derrames menores podrían requerir ropa de protección contra vapores de nivel "B", y guantes y protección para el aparato respiratorio con suministro de aire. Debido a la rápida saturación del carbón activado con vapores de metanol, no se deben usar nunca máscaras purificadoras de aire con cartuchos de vapor orgánico.

Una vez que se hayan controlado el fuego, la explosión y los peligros para la salud, el objetivo de una operación de limpieza de un derrame de metanol es recuperar todo el material puro o toda la mezcla de metanol y agua que sea posible antes de que se diluya por completo, para maximizar el potencial de reciclar o recuperar el metanol. Los materiales absorbentes saturados con metanol también pueden tener valor calórico como combustible secundario o de incineración. Entre los posibles procesos de tratamiento para las mezclas de metanol recuperado figuran ósmosis inversa, adsorción de carbón, destilación por arrastre de vapor y extracción con aire. Sin embargo, se debe evaluar la relación coste-beneficio en cada caso.

Es posible que el material absorbente contaminado y la tierra afectada deban ser considerados desperdicios peligrosos. Las opciones de tratamiento y desecho dependen de los reglamentos que se apliquen. Dependiendo de la ubicación y del medio afectado, quizás sea necesario aplicar medidas inmediatas de corrección en el sitio de derrame de metanol. El metanol no persiste en el medio ambiente y cuando se descarga en aguas superficiales, tierra y aguas subterráneas, se diluye de inmediato hasta llegar a bajas concentraciones, permitiendo que las bacterias nativas de la tierra o del agua lo degraden biológicamente en un tiempo relativamente corto. Debido a la velocidad relativa de degradación biológica del metanol, se espera que los tiempos de limpieza natural sean más rápidos que los tiempos de limpieza activa. Sin embargo, es posible que los requisitos normativos y las responsabilidades legales posibles requieran un proceso activo de corrección.

7.5 Notificación y elaboración de informes sobre derrames

La United States Emergency Planning and Community Right-To-Know Act (EPCRA, Ley sobre planificación de emergencia y derecho de conocimiento público) requiere notificar inmediatamente al Federal National Response Center (Centro Nacional Federal de Respuesta de los Estados Unidos), a las State Emergency Response Commissions (Comisiones Estatales de Respuesta ante Emergencias) y a los comités locales de planificación de emergencias acerca de los incidentes de fugas de sustancias químicas por encima del umbral. Además, es posible que las agencias gubernamentales estatales y municipales también tengan requisitos de notificación e informes posteriores a derrames de materiales peligrosos. La cantidad notificable de metanol especificada en la lista de

sustancias peligrosas de la United States Comprehensive Emergency Response and Liability Act (CERCLA, Ley de Responsabilidad y Respuesta Completa ante Emergencias de los Estados Unidos) es de 2,2 toneladas métricas, lo que equivale aproximadamente a 2858 litros. En Canadá se debe realizar la notificación con derrames a partir de los 200 litros. En la Unión Europea (UE), el público tendrá acceso a una base de datos electrónica de fugas de contaminantes por medio de la regulación número 166/2006 del European Pollutant Release and Transfer Register (Registro europeo de fugas y transferencias de contaminantes).

La notificación de derrames podría activar requisitos para remediar el área del derrame y la eliminación de cualquier daño al medio ambiente, además de sanciones y multas.

7.6 Investigación y mantenimiento de registros de incidentes

Un componente clave del plan de respuesta ante emergencias es hacer una investigación del incidente para identificar las causas de la fuga y corregir todas las deficiencias en los sistemas de seguridad del proceso y en los procedimientos de operación, así como para mejorar el esfuerzo de respuesta en sí.

La planta debe tener un procedimiento escrito de investigación y seguimiento de incidentes para asegurar que se implementen medidas correctoras apropiadas y que se mantengan todos los archivos y la documentación pertinentes de la investigación.

7.7 Estructura del coordinador de incidentes

Durante un derrame pequeño que pueda ser controlado dentro de la planta, el coordinador de respuesta ante emergencias (ERC) en el sitio tiene la responsabilidad principal de responder a situaciones de emergencia y corregirlas, además de tomar las medidas apropiadas de seguridad del personal de la planta y del público en general. El coordinador de respuesta ante emergencias también es responsable de asegurarse de que se hayan implementado medidas correctoras, que las autoridades apropiadas hayan sido notificadas y que se hayan hecho los informes de seguimiento. Entre las acciones posibles podría incluirse la evacuación del personal del área donde haya ocurrido la fuga. El personal de las instalaciones debe comunicar al coordinador de respuesta ante emergencias todos los derrames, los incendios, las lesiones, las enfermedades y los daños materiales.

En el caso de incidentes mayores que requieran la participación de personal externo de respuesta, como el cuerpo de bomberos o unidades de respuesta ante materiales peligrosos para dar asistencia, el coordinador de respuesta ante emergencias debe pasar las responsabilidades de mando al coordinador de incidentes de la agencia principal, que dirigirá los esfuerzos de respuesta.

Dependiendo del tamaño y de la magnitud del evento, un coordinador de incidentes puede estar formado por una persona o un equipo. El coordinador de incidentes puede ser apoyado por información, seguridad y oficiales de enlace, y también puede requerir personal de apoyo para coordinar las operaciones, la logística, la planificación y las finanzas.

7.7.1 Comunicaciones

En las situaciones de emergencia es esencial que haya una buena comunicación entre los equipos del campo en la zona de exclusión y el personal de la zona de apoyo. Para garantizar la seguridad y una buena comunicación, siempre se debe utilizar un sistema por parejas (equipos de dos personas) durante la investigación en el sitio y las actividades de limpieza en la zona de exclusión. Todo el personal de respuesta ante emergencias debe tener teléfonos móviles “intrínsecamente seguros” (a prueba de explosiones) o radios transmisoras en las áreas en las que no haya servicio de teléfonos móviles. Distintas

agencias de respuesta usan distintas radios y códigos de llamadas. Debe verificarse que las radios sean compatibles con las de los bomberos de respuesta externa, de los que debe depender obligatoriamente una instalación.

8 Incidentes y protecciones referentes al metanol

Este capítulo es un repaso de los tipos y causas principales de los incidentes y accidentes relacionados con el metanol y describe los peligros más comunes experimentados por los usuarios de metanol. También se habla de protecciones efectivas que pueden ayudar a reducir el número y la magnitud de incidentes peligrosos.

8.1 Generalidades sobre los incidentes con metanol

Se ha informado en los medios de comunicación internacionales sobre muchos incidentes importantes como derrames, incendios y explosiones con metanol, y en Internet se dispone de recopilaciones de informes privados y de algunas agencias públicas. No obstante, no se dispone en este momento de una lista completa de incidentes y accidentes con metanol que se hayan producido en toda la cadena de suministro global en una base de datos centralizada. Los usos comunes de metanol a partir de productos químicos intermedios y disolventes como combustibles alternativos hacen que esto sea una tarea compleja.

La tabla siguiente presenta datos de incidentes recopilados de investigaciones en Internet que datan de 1998 a 2011 e incluye incidentes de los que se ha informado en Estados Unidos, Canadá, Brasil, Francia, Italia, Alemania, Suecia, China, India, Malasia, Sudáfrica y Australia. La lista completa de incidentes en las que se basa esta tabla está incluida en el Apéndice D de este manual.

Tabla 9. Muertes y lesiones en incidentes relacionados con metanol por sector de usuario (1998-2011)

Sector	N.º de incidentes	% de incidentes	Incendio o explosión	Derrame	Otro
Biodiesel	23	28%	23		
Industrial	23	28%	21	2	
Transporte	22	27%	12	6	4
Hogar	4	5%	4		
Tuberías	4	5%	1	3	
Escuelas	3	4%	3		
Comercial	1	1%	1		
Tratamiento de agua	1	1%	1		
Total	81		66	11	4
Porcentaje	100%	100%	81%	14%	5%

Esta tabla no es una estadística completa o representativa de la frecuencia relativa o de la magnitud de dichos incidentes. No obstante, puede servir como punto inicial para evaluar los tipos comunes de incidentes con metanol y ayudar a los usuarios a identificar los riesgos y desarrollar medidas de seguridad para impedir siniestros potenciales.

El sector industrial, que incluye la producción de biodiesel, es la categoría principal responsable de la mayoría de los incidentes de metanol, el 56% de todos los casos. La propia fabricación de biodiesel representa la mitad de los 46 incidentes industriales, con 23 incendios o explosiones. En la mayoría de los otros casos industriales también se produjeron incendios o explosiones, más dos derrames.

De los 22 incidentes en el sector de transporte, el 27% de todos los casos, casi la mitad estaba relacionado con el transporte de metanol por carretera y el 36% con ferrocarriles. También se produjeron cuatro incidentes de embarque. Doce de los 22 incidentes fueron consecuencia de un incendio o explosión, seis produjeron derrames y los otros cuatro produjeron colisiones, vuelcos, descarrilamientos y encallamiento de barcos sin pérdidas materiales significativas.

Una revisión de 81 incidentes separados con metanol de 1998 a 2011 indica que los incendios o las explosiones constituyen el 81% de todos los incidentes, y los derrames representan el 14%.

La Tabla 10 siguiente muestra los porcentajes de lesiones y muertes causados por accidentes relacionados con metanol.

Tabla 10. Muertes y lesiones en incidentes con metanol por sector de usuario (1998-2011)

Sector	N.º de incidentes	Muertes	Lesiones	% de todas las muertes	% de todas las lesiones
Transporte	22	14	9	54%	18%
Industrial	23	5	15	19%	31%
Biodiesel	23	4	6	15%	12%
Tratamiento de agua	1	2	1	8%	2%
Comercial	1	1	1	4%	2%
Escuelas	3	0	12	0%	24%
Hogar	4	0	5	0%	10%
Tuberías	4	0	0	0%	0%
Total	81	26	49	100%	100%

Los accidentes relacionados con el transporte produjeron el mayor número de bajas, el 54% de todas las muertes y el 18% de todas las lesiones. Los accidentes industriales que no estén relacionados con el biodiesel dieron lugar al máximo número de lesiones no mortales con un total de 15, así como cinco muertes. En la industria del biodiesel se produjeron cuatro muertes y se lesionaron seis trabajadores. Las lesiones notificadas por incidentes de hogares y escuelas se debieron a quemaduras. No se informó de ninguna muerte en incidentes en hogares, escuelas o tuberías. El único incidente notificado en la planta de tratamiento de aguas residuales (debido a un incidente de soldadura) representa el máximo porcentaje de gravedad con dos muertes y un trabajador lesionado.

Las muertes debidas a envenenamientos por el uso ilegal de metanol en bebidas alcohólicas no se incluyen en este análisis. No obstante, 61 personas sin hogar murieron al consumir bebidas con metanol en solamente un incidente notificado en Jartúm, Sudán, el 24 de junio de 2011. Esta cifra fue más del doble de las muertes totales debidas a todos los incidentes notificados en estas tablas en un período de más de 13 años.

Los usuarios de metanol industrial (incluidos los fabricantes de biodiesel) y el sector del transporte juntos constituyen más de cuatro de cinco incidentes informados y el 88% de todas las instalaciones.

8.1.1 Causas comunes de los incidentes

No siempre es posible determinar la causa principal de los incidentes informados por los medios o en los informes recopilados. Casi un tercio de los incidentes informados tienen una causa desconocida. Otro 10%, u ocho casos, pueden clasificarse como usos “no intencionados” en los que se ven implicados niños y adultos jugando con metanol y fuego, o experimentos en clases de ciencias de la escuela que salen mal.

8.1.2 Operaciones y mantenimiento de rutina

En el sector industrial y biodiesel, los problemas relacionados con el mantenimiento parecen estar relacionados con más de la mitad de los incidentes con causas conocidas. El “trabajo en caliente” como las tareas de soldadura o rectificación en tanques de almacenamiento o recipientes de metanol representa la mitad de los incidentes de mantenimiento, y las instalaciones y los equipos eléctricos, tuberías de transferencia, bombas o válvulas de seguridad defectuosos representan el resto.

Las operaciones de rutina como la mezcla de materiales, las reacciones a altas temperaturas y presiones, y las operaciones de transferencia de materiales parecen ser responsables del 45% de los incendios y explosiones en el sector industrial, aunque no es posible identificar las fuentes específicas de inflamación en estos casos.

La fabricación de biodiesel es responsable de dos tercios de todos los incidentes industriales informados con causas conocidas.

8.1.3 Actividades de transporte

En el sector del transporte, las colisiones por transporte por carretera, vagones de ferrocarril o barcos y barcazas son responsables de más de tres cuartas partes de todos los incidentes con causas conocidas. Los derrames son responsables del resto de los tipos de incidentes.

En gran medida, los accidentes de transporte parece que se han producido durante operaciones de rutina mientras que los vehículos o recipientes que transportan metanol fueron en carretera, ferrocarril o en aguas marinas. Solamente dos incidentes podrían atribuirse directamente a problemas de mantenimiento, aunque las causas probables de los otros accidentes no se conocen. Y lo que es más interesante, no se ha informado de casos de derrames durante las operaciones de transferencia de materiales. Todos los derrames de transporte mencionados aquí se debieron a colisiones o vuelcos, y un incidente de un derrame menor en una de playa de ferrocarriles.

8.1.4 Incidentes de tuberías

De los cuatro incidentes de tuberías reportados (tres derrames y un fuego), todos fueron relacionados con el proceso, y tres ocurrieron durante actividades rutinarias de mantenimiento.

8.2 Averiguaciones clave

Las estadísticas de incidentes anteriores indican que aunque los incendios y las explosiones – resultantes a menudo de un derrame u otras fugas – son las consecuencias más comunes de incidentes con metanol, sus causas pueden variar dependiendo de la actividad que se esté llevando a cabo. Los incidentes de transporte, ya sea por carretera, ferrocarril o agua, parecen ocurrir durante las actividades de rutina. Los incidentes de tuberías e industriales están relacionados con el mantenimiento de los equipos y, en la producción de biodiesel en particular, con las operaciones de rutina.

Una cosa que todos comparten es el elemento humano, que es de importancia clave para evaluar las consecuencias de estos incidentes. Esto subraya la importancia crítica de entender los peligros del metanol y de aprender y practicar los procedimientos para la manipulación segura y responder ante situaciones de emergencia.

Aunque no es posible identificar las contribuciones relativas de los lugares, personas y procesos que resultan de cada evento, podemos beneficiarnos de las lecciones aprendidas en el análisis de incidentes y la gestión de seguridad del proceso de industrias y procesos similares. Entre los factores comunes que contribuyeron a estos incidentes se incluyen los siguientes:

- No entender bien las propiedades físicas, químicas y de inflamabilidad del metanol.
- No haber preservado la integridad de recipientes, mangueras o tuberías.
- Permitir que se acumulen o se desprendan vapores de metanol a concentraciones inflamables.
- Capacidad de contención de derrames inadecuada.
- Fuente de inflamación evidentes, como trabajo en caliente, sin reconocer ni controlar.
- Fuentes de inflamación como la electricidad estática, los arcos eléctricos de equipos o instalaciones que no son a prueba de explosiones, fricción y chispas mecánicas o reacciones químicas exotérmicas sin identificar o difíciles de controlar.
- Mantenimiento inadecuado por los equipos.
- No seguir los procedimientos de operación estándar para las operaciones de rutina o que son inadecuados.
- No están vigentes o no se siguen las medidas de seguridad del proceso.
- No están vigentes los sistemas de prevención de incendios, son inadecuados o no funcionan.
- Planificación, adiestramiento, equipos y supervisión inadecuados de la respuesta de emergencia.
- No se reconoce la magnitud del peligro o del evento en desarrollo y no se toman las medidas de protección de seguridad apropiadas y oportunas.

8.3 Conclusiones

Como sugiere el análisis de incidentes históricos de arriba, los peligros inherentes en el uso, almacenamiento y transporte de metanol pueden provocar accidentes graves y catastróficos. Se pueden producir pérdidas de vidas, lesiones graves y pérdidas materiales significativas cuando no se manipula debidamente este producto químico con las protecciones adecuadas. Las conclusiones siguientes se basan en información reunida de estos incidentes:

- Las condiciones que conducen a accidentes catastróficos existen en todas las fases de la cadena de valores del metanol, incluida la fabricación, el transporte, la distribución, el almacenamiento y los sectores de procesamiento, así como las situaciones educativas, recreativas y residenciales.
- Se pueden producir y se producen incidentes graves debidos al uso, transporte o almacenamiento del metanol en operaciones grandes y pequeñas con amplios niveles diferentes de capacidad técnicas.
- Las capacidades, el adiestramiento y los equipos de respuestas de emergencia y prevención de derrames son elementos básicos de manipulación segura del metanol, ya que muchos derrames son consecuencia de incendios y explosiones.
- La mayoría de los incidentes y muchas muertes se podrían haber prevenido implementado procedimientos apropiados de permisos para trabajos en caliente antes de las tareas de soldadura o rectificación.
- La integridad mecánica y el mantenimiento preventivo apropiado de los equipos para el servicio de metanol es de importancia clave para todos los usuarios de metanol.
- Es básico entender la importancia de las causas y de la prevención de la corrosión en los sistemas de transporte, tuberías y tanques de almacenamiento de servicio de metanol. Esto es importante en terminales marítimos, zonas de tanques, plantas químicas, estantes de carga y para todos los usuarios industriales.
- Se debe hacer hincapié en el reconocimiento, la identificación y el control de las fuentes de inflamación potenciales en todas las situaciones en que esté presente el metanol y se puedan producir fugas. Esto debe incluir fuentes de calor, incendios, fricción, formación de arcos eléctricos, electricidad estática, chispas, reacciones químicas y condiciones físicas del proceso, entre otras cosas.
- Los usuarios industriales de metanol, y la industria de fabricación de biodiesel en particular, se beneficiarán de implementar prácticas y procedimientos de gestión de seguridad del proceso para operaciones rutinarias y especiales, así como de condiciones de emergencia.
- El adiestramiento de operadores acerca de las propiedades físicas, químicas y de inflamabilidad del metanol es un elemento básico en la manipulación segura, en particular para trabajadores industriales y de transporte.

8.4 Protecciones

Los usuarios de metanol, para reducir la probabilidad y las consecuencias de un incidente catastrófico, deben disponer de las herramientas adecuadas para ayudarles a reconocer los peligros particulares del tipo de operación o actividad en los que participan y para identificar las protecciones apropiadas para controlar esos peligros. En la industria química, la mejor forma de lograr esto es mediante un sistema de gestión de seguridad compuesto de tres elementos: personas, equipos y procedimientos. Un concepto clave del método de los sistemas es darse cuenta de que si cambiamos algo en el sistema, estamos cambiando

efectivamente el sistema, y esto permite que se produzcan situaciones inseguras o peligrosas.

Todos los sistemas buenos requieren una planificación, una capacitación de los operadores y una implementación apropiadas. Para que el sistema de gestión de seguridad funcione correctamente, los procedimientos deben ser completos, escritos, actualizarse regularmente y seguirse rigurosamente. El proceso debe tener los equipos adecuados debidamente mantenidos y documentados, y las personas deben estar debidamente formadas sobre los procedimientos y el uso de los equipos y supervisadas para hacer su trabajo de forma segura y efectiva.

A continuación se indican algunos de los elementos clave que deben formar parte de un sistema de gestión de seguridad efectivo para usuarios de metanol. Estos elementos deben ponerse al nivel adecuado dependiendo del tipo de operación, almacenamiento o volumen de producción y las condiciones en que se manipula el metanol.

8.4.1 Gestión de seguridad del proceso

La gestión de seguridad del proceso (PSM) es uno de los sistemas de gestión de seguridad que ha estado en vigor en la industria química durante más de 20 años. En Estados Unidos, la mayor parte de las instalaciones que almacenan, procesan o usan 10.000 lb (1.508 galones) o más de metanol están obligadas por la OSHA en implementar este sistema. El objetivo de la PSM es saber, comprender y controlar los peligros de los productos químicos, la tecnología del proceso y los equipos usados en operaciones y actividades grandes y pequeñas relacionadas con productos químicos. La PSM consiste en 14 elementos de gestión que funcionan juntos de forma sistemática. Cada elemento se concentra en un aspecto particular del proceso de manipulación de productos químicos. No obstante, los elementos de PSM pueden adaptarse a la situación específica de la instalación e implementarse en todas las instalaciones según sea necesario. Hay otros modelos de seguridad del proceso químico utilizados en todo el mundo que pueden ser adoptados de forma efectiva por los usuarios de metanol. El proceso de PSM se describe en detalle en el Capítulo 5 de este manual.

8.4.2 Prevención de la corrosión

El metanol líquido conduce la electricidad comparado con el gas natural y los combustibles destilados. Debido a su elevada conductividad, los recipientes que contienen metanol son más susceptibles a la corrosión galvánica que los recipientes que contienen hidrocarburos como gasolina. La conductividad aumenta la corrosión de las aleaciones usadas comúnmente para manipular gas natural y combustible destilado. Esto es particularmente cierto para aleaciones de aluminio y titanio. Además, el metanol es un disolvente compatible solamente con plásticos y cauchos seleccionados. Los recipientes de plástico usados comúnmente para gasolina pueden perder su integridad estructural cuando se usan para metanol y deben ser reemplazados por materiales más resistentes a la corrosión y a los disolventes. Los sistemas de recipientes de almacenamiento y transporte por tuberías no se deben usar en el servicio de metanol o vapor de metanol sin un programa de integridad mecánica riguroso. La protección contra la corrosión se trata en el Apéndice B de este manual.

8.4.3 Programas de permisos para trabajos en caliente

Los peligros relacionados con los trabajos en caliente pueden reducirse implementando un programa efectivo de permisos para trabajos en caliente. Deben incluir la autorización de trabajo anterior, prácticas seguras de soldadura y vigilancia contra incendios. Vea la Sección 4.3, Precauciones de seguridad de este manual para obtener información adicional.

8.4.4 Prevención y respuesta ante incendios

Los tres aspectos principales de respuesta ante incendios son detección temprana, respuesta inmediata y medidas apropiadas. Aunque la aplicación particular de estos principios pueden variar, un sistema bien planificado y desarrollado depende de la capacitación, de los equipos y de la práctica. Vea información adicional en el Capítulo 6.

8.4.5 Capacitación de empleados

El empleador tiene la responsabilidad de informar a todos los empleados de los peligros y riesgos relacionados con el metanol y de cómo controlar efectivamente esos riesgos. Como muestran los incidentes de arriba, los accidentes se producen normalmente porque los individuos que manipulan metanol o realizan trabajos cerca de áreas de almacenamiento y manipulación de metanol no están al corriente de los riesgos. Los accidentes son una muestra de que la gestión no ha asignado la prioridad correspondiente a empleados debidamente capacitados y supervisados.

El personal de operación debe recibir formación sobre la interpretación y aplicación de procedimientos de operación escritos así como en condiciones inestables y respuestas de emergencia. Como práctica, la formación incluye instrucción en clases y privadas, capacitación en el trabajo, complementada con ejercicios y simulacros, entre los que se pueden incluir eventos simulados completos o ejercicios de mesa sencillos.

La formación es un proceso dinámico que debe repasarse de forma regular. Una formación efectiva incluye lo siguiente:

1. Formación inicial después de la asignación.
2. Formación periódica de repaso.
3. Actualización de la formación. Esta es la más importante y debe llevarse a cabo siempre que se efectúe un cambio en el proceso o cuando se produzca un incidente o cuasi accidente.

Deben llevarse a cabo una formación y una capacitación efectivas de tal manera y a tal nivel que todos los trabajadores las entiendan con claridad, y deben incluir herramientas de evaluación que demuestren un nivel mínimo de entendimiento y capacidades. Es un tema de formación fundamental para todas las personas que trabajen con metanol entender bien la forma en que las propiedades físicas y químicas del metanol afectan a los peligros de inflamabilidad y su gravedad. Consulte la información adicional en los boletines *técnicos del Methanol Institute sobre el uso de propiedades físicas y químicas para gestionar los peligros de líquidos inflamables.*

9 Protección medioambiental

Este capítulo trata de los impactos del metanol en el medio ambiente.

Las propiedades más importantes del metanol que definen sus efectos en el medio ambiente son su solubilidad, volatilidad y toxicidad. Estas determinan la suerte y el transporte de las fugas de metanol al aire, agua y terreno, además de sus efectos en los organismos vivos.

El metanol se encuentra naturalmente en plantas, animales y seres humanos. El metanol del medio ambiente puede provenir de fuentes naturales y actividades humanas. Según los datos de fugas comunicadas al United States Toxics Release Inventory (TRI, Inventario de fugas de sustancias tóxicas de EE. UU.), se libera más metanol en el aire que en ningún otro entorno medioambiental, aunque parte del metanol también se distribuye en el agua.

El metanol atmosférico procede principalmente de fuentes industriales. El metanol se degrada por foto oxidación y sufre degradación aerobia y anaerobia por medio de mecanismos biológicos. Tiene baja toxicidad para la mayoría de los organismos acuáticos, y se considera que no se acumula biológicamente de manera significativa en peces. El programa Screening Information Data Set (SIDS, Conjunto de Datos de Información para la Investigación) de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico [54] ha determinado que el metanol es una sustancia química de baja prioridad, cuyas propiedades no se consideran dañinas para el medio ambiente en circunstancias normales. La EPA ha determinado que el metanol tiene una persistencia limitada en el medio ambiente.

9.1 Destino y transporte en el medio ambiente

Las propiedades físicas y químicas principales del metanol que afectan su destino, transporte, distribución y persistencia en aguas superficiales y subterráneas son su miscibilidad, afinidad por otros materiales (coeficientes de partición) y biodegradación.

El metanol es 100% miscible en agua y tiene un coeficiente de partición agua-octanol bajo, lo que significa que los dos líquidos se mezclan completamente en todas las proporciones. Por lo tanto, si se produce un derrame de metanol en aguas superficiales, éste se disolverá y diluirá a concentraciones muy bajas con relativa rapidez. Aunque el metanol puro es muy volátil en el aire, una vez que se disuelva en agua, se hace muy estable y no dejará de estar disuelto de inmediato. Esto hace que sea difícil recuperar los derrames de metanol en agua. En un derrame de metanol en alta mar, se producirá una rápida dilución hasta concentraciones no tóxicas gracias a la acción natural del oleaje, a la rápida disolución dentro de la columna de agua y a la disponibilidad casi infinita de agua.

El metanol disuelto no tiene demasiada afinidad por superficies minerales o carbón orgánico en el suelo. Sin embargo, una vez que el metanol alcanza bajas concentraciones en el suelo, se degrada biológicamente en un amplio margen de condiciones geoquímicas.

En el caso de una fuga en aguas subterráneas, el metanol, con el tiempo, se disolverá por completo hasta llegar a una concentración relativamente baja. La concentración inicial de dilución depende del tamaño del área del derrame, del contenido de humedad de agua de la tierra y de la profundidad de la capa freática. Después de la dilución y la mezcla inicial de la zona, la concentración final del metanol dependerá del grado de dispersión de la columna de vapor en el ambiente en particular.

La biodegradación (descomposición del metanol en dióxido de carbono y agua por medio de la acción de bacterias) es el mecanismo principal para eliminar el metanol del medio ambiente. Los derrames de metanol en aguas superficiales se pueden biodegradar rápidamente en condiciones aerobias. No obstante, para fugas donde prevalezcan suelos finos, baja conductividad hidráulica, baja concentración de agentes nutritivos y condiciones anaeróbicas, la degradación del metanol en el suelo o en las aguas subterráneas puede ser muy lenta.

Se puede establecer una comunidad activa de microbios degradadores de metanol en unos cuantos días después de una fuga a aguas superficiales. La concentración de oxígeno disuelto en agua es el factor que limita la velocidad de biodegradación. En aguas superficiales, la velocidad típica de degradación es de 10 mg/l al día. A concentraciones inferiores menores de 3000 mg/l, el metanol se degrada fácilmente en una amplia gama de condiciones en el subsuelo. Sin embargo, las concentraciones de metanol superiores a 10.000 mg/l pueden inhibir la población de microbios y disminuir la velocidad de degradación.

9.2 Emisiones en el aire

La presión de vapor relativamente alta del metanol puro hace que éste se volatilice fácilmente en el aire. Si se fuga bajo tierra, se concentrará en gas del suelo dentro de los poros, aunque es fácilmente biodegradable. En la atmósfera, el vapor de metanol reacciona con óxidos de nitrógeno (NOx) para producir nitrato de metilo. El metanol, como compuesto orgánico volátil (VOC), puede contribuir a la formación de aire contaminado de carácter petroquímico. El metanol se descompone a la luz solar y tiene una vida media de 17 a 18 días. Después de 5 días, la eliminación estimada del medio ambiente es del 75% al 82%, y hasta del 95% en 20 días.

Según el TRI de Estados Unidos, en 2009 se desprendieron 53.000 toneladas métricas de metanol dentro y fuera de instalaciones de todas las industrias de Estados Unidos. Aproximadamente el 87% de las emisiones se desprendieron en el aire, y menos del 2,5% en aguas superficiales. La industria de la pulpa y el papel produjo la mayoría de las emisiones en 2009.

El metanol está incluido en la lista de 188 agentes tóxicos del aire de la EPA según las enmiendas a la United States Clean Air Act (Ley de Aire Limpio de Estados Unidos) de 1999, así como en la base de datos del Integrated Risk Information System (IRIS, Sistema Integrado de Información de Riesgos) de contaminantes con efectos potencialmente adversos para la salud.

9.3 Efectos en las aguas subterráneas

El potencial de mezcla, dispersión y dilución es un factor clave para determinar la velocidad de degradación de la columna de metanol. Si el área de infiltración es grande, la biodegradación puede resultar en concentraciones de menos de 3 mg/l en uno a dos años, incluso para desprendimientos de gran volumen. Este período puede prolongarse a cinco o diez años en el caso de desprendimientos menores pero continuos como de fugas de tuberías subterráneas, donde la columna de metanol alcanza la estabilidad con un núcleo de

alta concentración, especialmente donde la capa freática tiene poca profundidad (referencia – Smith, Molson, Maloney).

Esto es importante en instalaciones y terminales de transferencia de combustible con una infraestructura envejecida de tuberías subterráneas. Se pueden producir velocidades de corrosión aceleradas en tuberías de metanol en presencia de incluso pequeñas cantidades de agua.

Los terminales o las tuberías de transferencia de combustible que transfieren mezclas 85/15 de gasolina y metanol se enfrentan a impactos medioambientales potencialmente mayores que en la transferencia de metanol puro. Esto se debe a que el metanol se comporta como un disolvente que contribuye a la dispersión de la gasolina en las aguas subterráneas, y compite con el benceno para capturar bacterias aerobias, lo que hace que las fugas tarden mucho más en biodegradarse. El problema de asegurar la integridad de las tuberías subterráneas puede ser suficientemente grave en terminales de transferencia de combustible en los que haya que reubicar las tuberías a instalaciones exteriores en canales de hormigón.

9.4 Impacto en el agua potable

El metanol no está actualmente incluido en las listas de contaminantes del National Primary Drinking Water Regulation (NPDWR, Reglamento Nacional Primario de Agua Potable de Estados Unidos) de la EPA ni del National Secondary Drinking Water Regulation (NSDWR, Reglamento Secundario de Agua Potable de Estados Unidos) ni tampoco en las Drinking Water Health Advisories (Advertencias de Salud sobre el Agua Potable). El metanol forma parte de la lista “Contaminant Candidate List 3” (CCL-3, Candidatos a ser denominados contaminantes) que publicó la EPA en febrero de 2008.

9.5 Efectos biológicos

La Oficina de Prevención de Contaminación y Sustancias Tóxicas de la EPA determinó que el metanol es esencialmente no tóxico en cuatro especies de peces que fueron evaluadas, según los valores comunicados de las concentraciones letales medias y efectivas. Sin embargo, la biodegradación del metanol resultante de una fuga en aguas superficiales puede agotar el oxígeno del agua, lo que a su vez podría dañar las especies de peces locales.

A concentraciones mucho mayores que 1000 mg/l, y principalmente mayores que 10.000 mg/l, el metanol es tóxico para organismos acuáticos como peces, dafnias y algas. Según la EPA, estos valores indican una toxicidad aguda baja de metanol para peces de agua dulce. La toxicidad del metanol para las plantas acuáticas es variable. Es muy tóxico para las zosteras y cubiertas de algas y tiene una baja toxicidad para las algas verdes.

La toxicidad del metanol para peces de estuario y marinos es similar a la de las especies de agua dulce. Su toxicidad es de baja a moderada para invertebrados de agua dulce (pulgas acuáticas, cochinillas acuáticas) e invertebrados de estuario y marinos (mejillones, artemias). Los efectos tóxicos de la exposición del metanol a corto plazo para la vida marina son temporales y reversibles. El metanol no se acumula biológicamente de forma significativa en animales que ocupan niveles superiores de la cadena alimenticia.

Los datos de los efectos del metanol en mamíferos provienen principalmente de investigaciones con animales de laboratorio con ratones, ratas, gatos, perros y monos. En la naturaleza, el olor particular del metanol probablemente constituye una advertencia para que los animales eviten la zona y su exposición consiguiente. Sin embargo, el metanol es un componente de productos anticongelantes, que pueden ser muy tóxicos en caso de ser consumidos por animales caseros.

Unos estudios de laboratorio sobre la exposición por inhalación, oral y cutánea demuestran que los roedores, conejos y perros sufren pérdida de la coordinación muscular, estado de inconsciencia y coma después de estar expuestos a dosis altas de metanol. Sin embargo, estos animales no manifiestan la acidosis y los cambios oculares típicamente observados en los seres humanos a dosis altas, letales y subletales. Las concentraciones letales en el aire para animales tienden a ser inferiores a las de los seres humanos, mientras que las dosis letales orales son mucho más altas para los animales que para los humanos.

9.6 Efectos meteorológicos

Se produce más metanol a partir del gas natural que de otras fuentes. Una planta de producción de metanol, bien operada y que use gas natural, tiene una eficiencia aproximada del 68%. El límite superior de eficiencia de producción de metanol a partir de materia prima fósil consistente en hasta un 80% de metano y un 20% de algún hidrocarburo mayor como etano, propano, butano y otros, se estima en un 75%. También es posible generar metanol de biomasa o usando energía eléctrica por intermedio de energía hidroeléctrica o eólica, con eficiencias energéticas de solamente el 55% al 60%, en comparación con el proceso convencional de producción de gas natural.

En la década de los 90, una planta típica de producción de metanol emitía aproximadamente de 0,9 a 1,0 toneladas métricas de dióxido de carbono (CO₂) por tonelada métrica producida de metanol. Además de los efectos adversos para el medio ambiente, las grandes emisiones de CO₂ representan ineficiencias operativas en una planta de metanol, ya que el carbono emitido como CO₂ no está disponible para producir moléculas de metanol. Por estas razones, las plantas de metanol comenzaron a concentrarse—y siguen haciéndolo— en mejoras de eficiencia que reduzcan las emisiones de CO₂.

En la última década, las plantas de metanol han podido reducir las emisiones de CO₂ hasta un 40%. Esto se ha logrado mediante la implementación de mejoras de eficiencia y mediante el reemplazo de instalaciones más antiguas con plantas más recientes que usan una tecnología más eficiente. Algunas instalaciones informan sobre emisiones tan bajas como 0,54 toneladas de CO₂ por tonelada de metanol producido. Esto es equivalente a emitir 0,43 kg de CO₂ por litro de metanol.

Según el IPCC, Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, el metanol producido a partir de biomasa para uso en vehículos automotores reduciría las emisiones generales de gas invernadero en comparación con los combustibles fósiles, ya que el CO₂ de los combustibles derivados de biomasa se origina en el aire y las emisiones no cuentan en el inventario de emisiones o en los análisis de ciclos de vida.

9.7 Tratamiento y desecho de desperdicios

Los desechos de metanol a concentraciones mayores o iguales que el 24% en peso cumplen la definición de la EPA de desechos peligrosos con capacidad de inflamación. Se considera que los desechos de metanol de productos son peligrosos. El metanol de desecho o el agua contaminada con metanol son considerados desechos peligrosos y no deben descargarse nunca directamente en alcantarillas o aguas superficiales. Solamente se pueden desechar en instalaciones aprobadas con permiso para manipular desechos peligrosos, según lo define la United States Resource Conservation and Recovery Act (RCRA, Ley de Conservación y Recuperación de Recursos de Estados Unidos). Los productos, el suelo o el agua contaminados con metanol solamente pueden ser transportados por transportistas registrados, en recipientes aprobados. El método recomendado para desechar metanol es la incineración para recuperar el valor de calentamiento. El metanol líquido concentrado puede usarse como combustible secundario en sistemas compatibles con desechos solubles en agua. También se puede recuperar el metanol de desecho por filtración y destilación.

10 Tutela y sostenibilidad del producto

Este capítulo presenta la filosofía de tutela de producto del Methanol Institute y define los principales elementos de un sistema de gestión de tutelaje de producto. En la hoja de datos “Implementación de tutela de producto” (Implementing Product Stewardship) se presenta más información.

10.1 Tutela y cuidado responsable del producto

El enfoque central de la industria global del metanol es la “tutela del producto”, que se refiere a la gestión responsable del metanol durante su ciclo de vida: desde la entrada de la materia prima durante la producción hasta la llegada al consumidor y finalmente al desecho del producto. El Methanol Institute desempeña un papel esencial en promover la tutela del producto en la industria global del metanol. Este papel sigue la filosofía de la ética de cuidado responsable “Responsible Care® Ethic” [14], que es el principio guía de aplicación global que siguen específicamente varias compañías que son miembros del Methanol Institute. Es una iniciativa voluntaria bajo la que colaboran las compañías para mejorar de forma continua su salud, seguridad y efectos sobre el medio ambiente y para informar a sus accionistas acerca de sus productos y procesos.

De acuerdo con el American Chemistry Council (Consejo de Química de EE. UU.), las compañías que han adoptado el principio de “Cuidado responsable” han reducido las emisiones al medio ambiente en un 78% y han logrado un historial de seguridad de sus empleados que es más de 5 veces mayor que el promedio del sector de fabricación de Estados Unidos.

En el sector de la industria global productora de productos químicos, se entiende normalmente como “tutela del producto” el desarrollo y la manipulación de productos químicos durante todo su ciclo de vida: “de la cuna a la tumba”. La meta de la tutela del producto es garantizar que todas las partes de la cadena de suministro del producto cuenten con sistemas de gestión activos que aseguren la manipulación segura, ambientalmente sana y socialmente responsable del producto. Cada una de las partes debe evaluar de forma continua cómo se enfocan los asuntos relacionados con la investigación, las materias primas, la manipulación, el uso y el desecho final del producto. Esto implica un compromiso compartido y sostenido de responsabilidad, de tal forma que se identifiquen los problemas y se implementen acciones correctoras en cualquier punto de la cadena de vida del producto. La meta final de la tutela del producto es mejorar la manipulación responsable de productos químicos durante su ciclo de vida; desde la entrada de la materia prima hasta el uso final y desecho del producto.

El Methanol Institute asume su función de tutela del producto al comunicar directrices de manipulación segura para el metanol en toda la cadena global de distribución y a los clientes sucesivos. Con el aumento en la demanda global de metanol, especialmente en años recientes, ha sido esencial para la industria del metanol mantener y cumplir las normas más

altas de seguridad, salud y medio ambiente. El Methanol Institute es responsable de las iniciativas de salud y seguridad del metanol como la evaluación de los riesgos que presenta el producto, la evaluación de los riesgos de exposición en la cadena de suministro y la educación y la capacitación acerca de la manipulación, almacenamiento y uso apropiados del metanol. Además, el Methanol Institute ha sido la voz de la industria internacional del metanol, especialmente en lo que se refiere a los efectos sobre la salud, a las precauciones de seguridad y al impacto del metanol en el medio ambiente. El Methanol Institute también mantiene la base de datos más completa del mundo sobre los efectos del metanol en la salud y su impacto en el medio ambiente.

10.2 Sistema de gestión de tutela del producto

De manera similar a los sistemas de gestión ambiental y de seguridad tales como ISO 14001 y OHSAS 18001, la tutela del producto requiere un enfoque del sistema de gestión que sigue el ciclo “planear; hacer; comprobar; actuar”. Este sistema de gestión debe documentar la forma correcta de hacer las cosas, asignar responsabilidades de implementación y delinear el proceso para hacer lo siguiente:

- Formar, corregir y recompensar a las personas.
- Buscar constantemente una mejor forma de hacer las cosas.
- Hacer auditorías para asegurarse de que el sistema funcione.
- Hacer el seguimiento, comunicar el rendimiento y usar esta información para impulsar mejoras.

La expectativa es que las compañías incorporen las prácticas y la cultura de tutela del producto en los sistemas de gestión que usan actualmente para hacerse cargo de todos los aspectos de las operaciones y del comercio de la compañía. Una cultura de tutela del producto es la creencia compartida de que ningún producto que la compañía compre o venda debe causar daños a las personas o al medio ambiente.

10.3 Prácticas de tutela del producto

Tal como ocurre con todos los aspectos del principio de “Cuidado responsable”, se espera que las compañías inculquen una cultura de tutela del producto en toda la organización y que integren las prácticas de tutela del producto en los sistemas de gestión que usan para desarrollar, producir, distribuir y mejorar el estado de productos lucrativos, de alta calidad y sostenibles.

Es necesario que todos los niveles administrativos y los empleados implementen las prácticas denominadas “Diez Prácticas de Tutela del Producto” (Ten Product Stewardship Practices) en toda la compañía. Estas diez prácticas tratan las actividades fundamentales que son necesarias para lograr el tutelaje de un producto durante todo su ciclo de vida, desde el concepto del producto hasta el final de su vida, e inculcan una cultura de tutelaje de producto dentro de la compañía.

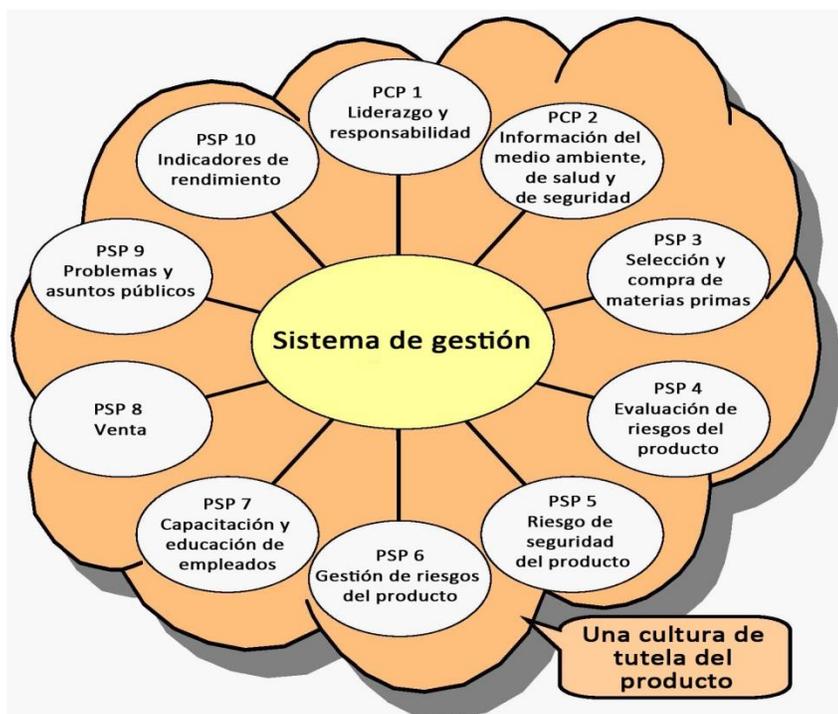


Figura 3. Las prácticas de tutela del producto

(Cortesía de la Canadian Chemical Producer's Association [Asociación Canadiense de Productores Químicos], Product Stewardship Guide, diciembre de 2003, con permiso)

10.3.1 PCP 1: Liderazgo y responsabilidad

Establecer claramente y por escrito las políticas de compromiso a largo plazo a la tutela del producto por parte de la gerencia. Específicamente, los líderes deben:

- Alentar a los empleados de toda la organización a comprender los conceptos de la tutela del producto e incorporar dichos conceptos en sus propias funciones y responsabilidades.
- Asegurarse de que haya recursos adecuados para establecer, revisar y alcanzar las metas de rendimiento de la tutela del producto para cada uno de los productos.
- Demostrar y reforzar el compromiso que tiene la compañía con la tutela del producto y para ello tomar medidas para enfrentarse a prácticas deficientes de tutela del producto, resolver asuntos difíciles, modificar recursos de apoyo o cambiar estrategias de administración o comercialización del producto.

10.3.2 PCP 2: Información del medio ambiente, de salud y de seguridad

Es importante establecer una base de datos para almacenar, actualizar y obtener acceso a información del medio ambiente, de salud y de seguridad del producto. Esta información incluye datos de pruebas de productos, registros reglamentarios y datos de exposición en el lugar de trabajo y emisiones de la planta. Hay muchas fuentes disponibles de las que se puede obtener información, incluidos datos de investigación y desarrollo interno, socios industriales, instituciones de enseñanza y fuentes gubernamentales. Es importante asegurarse de que la información se actualice periódicamente y conforme surjan nuevas informaciones. El sitio en Internet del Methanol Institute, www.methanol.org, puede ser una

herramienta útil para desarrollar una base de datos sobre medio ambiente, salud y seguridad.

10.3.3 PCP 3: Selección y compra de materias primas

Antes de cambiar las prácticas de compra de materias primas y productos acabados, evalúe de forma regular los impactos potenciales y los riesgos que se pueden correr. Incorpore la gestión de riesgos y use los materiales y componentes más eficientes en los procesos de toma de decisiones con respecto a adquisiciones, dar autoridad a los empleados para que cancelen acuerdos de suministro cuando se considere que los riesgos son demasiado altos. Es mejor buscar activamente datos y consejos de los proveedores acerca de sus experiencias con el producto y con la gestión de riesgos.

10.3.4 PCP 4: Evaluación de riesgos del producto

Diseñar y reformular nuevos productos o aplicaciones presenta la oportunidad ideal para reducir el riesgo a las personas y crear productos más adecuados para el medio ambiente. Siempre que sea posible, se deben tomar medidas para reducir la energía necesaria para los productos y materiales en su ciclo de vida. De manera periódica, o al recibir nuevas informaciones o modificar regulaciones, es necesario volver a evaluar los riesgos para asegurarse de que la interpretación de los datos siga siendo la correcta.

10.3.5 PCP 5: Seguridad del producto

Las compañías deben establecer un plan de seguridad que proteja contra el mal uso deliberado de productos y materias primas de la compañía como resultado de terrorismo, activismo, vandalismo y actos malintencionados. La magnitud y el rigor de acciones con respecto al terrorismo variarán de acuerdo con el grado de riesgo potencial, según lo determinen los gobiernos nacionales, provinciales o municipales.

10.3.6 PCP 6: Gestión de riesgos

Evalúe los riesgos del producto antes de hacer nuevas ventas y cancele las mismas cuando se considere que los riesgos sean demasiado altos, ya sea con un cliente en particular o en el mercado en general. Se deben tomar acciones correctoras para reducir asuntos identificados de alto riesgo, si los riesgos evaluados no están siendo tratados apropiadamente o no se consideran aceptables.

10.3.7 PCP 7: Adiestramiento y educación de empleados

Se debe incluir la enseñanza de los conceptos de tutela del producto en los programas actuales de capacitación y educación de los empleados en toda la compañía, además de proporcionar una formación adicional a los empleados encargados de las labores de tutela del producto. Anime a los empleados a dar opiniones sobre asuntos de ética, medio ambiente, salud y seguridad.

10.3.8 PCP 8: Venta

Promueva la comunicación bidireccional con segundas partes sucesivas, lo que permitirá a las compañías comprender las expectativas que tiene el mercado con respecto al producto así como asuntos de carácter social, ético, del medio ambiente, de salud y de seguridad. Es especialmente importante para proporcionar una información equilibrada y exacta sobre problemas de medio ambiente, salud y seguridad. Esto ayuda a asegurar que los clientes y usuarios sucesivos del proceso estén enterados de los nuevos desarrollos y detalles del medio ambiente, salud y seguridad de los productos. Busque activamente información de segundas partes sucesivas del proceso acerca las aplicaciones de uso final del producto y de las experiencias de gestión de riesgos con el producto para ayudar a desarrollar un

conocimiento adicional. Desde un principio, establezca relaciones entre los grupos de investigación y desarrollo (I+D) y los clientes y los clientes de éstos, para promover la cooperación en el diseño del producto y minimizar las dificultades potenciales del uso, de la manipulación, del reciclado y del desecho de los productos. Una magnífica forma de promover la tutela del producto es compartir este manual de manipulación, segura del metanol con los distribuidores y clientes de su producto. Si necesita ejemplares adicionales, puede ponerse en contacto con el Methanol Institute en MI@methanol.org.

10.3.9 PCP 9: Problemas y asuntos públicos

Asegúrese de dar consideración a las preocupaciones pertinentes de personas o grupos que no estén en el flujo directo de uso del producto. Tratar a tiempo las preocupaciones de estos grupos reducirá los peligros, tanto reales como percibidos.

10.3.10 PCP 10: Indicadores de rendimiento

Integre medidas y metas de resultados de la tutela del producto en los procesos de evaluación, reconocimiento y recompensas a los empleados. Todos los empleados deben demostrar su compromiso con la filosofía de tutela del producto en sus actividades laborales diarias.

10.4 Distribución responsable

Tal como se estableció anteriormente, el cuidado responsable es el principio guía. El concepto de distribución responsable (Responsible Distribution[®]) amplía este principio específicamente en lo que respecta a todos los aspectos de la distribución de sustancias, productos y servicios químicos. Al igual que con el cuidado responsable, algunas compañías que son miembros del Methanol Institute específicamente también imponen la distribución responsable y se adhieren a sus principios. El metanol se distribuye globalmente y es importante estar al día y cumplir con los códigos de práctica de distribución responsable en términos de gestionar los peligros y minimizar los riesgos del uso de metanol. Según presenta la Canadian Association of Chemical Distributors [13] (Asociación Canadiense de Distribuidores Químicos), la distribución responsable generalmente requiere lo siguiente:

1. Asegurarse del cumplimiento general.

La compañía debe tener políticas, normas y procedimientos por escrito para regir todos los aspectos de la distribución responsable de sustancias, productos y servicios químicos.

2. Gestionar el riesgo.

La compañía debe tener un programa activo para continuar mejorando los resultados de seguridad y medioambientales. Los elementos clave de la gestión de riesgos incluyen (pero no se limitan a): revisar regularmente el peligro y el riesgo de los procesos; establecer normas y procedimientos por escrito para el almacenamiento y la manipulación de materiales a granel y empaquetados (por ejemplo, contención y limpieza de derrames; segregación de productos; operación y mantenimiento de vehículos para servicio en las instalaciones; selección, etiquetado y manipulación de recipientes, y vehículos de transporte, etc.); proporcionar a los empleados y contratistas información sobre los peligros y riesgos relacionados con actividades de distribución (por ejemplo, manipulación de productos químicos, limpieza de tanques y barriles, transferencia de un recipiente a otro; empaquetado y otras actividades de distribución).

3. Comunicar información.
La compañía debe tener un programa para comunicar información a los empleados, clientes, contratistas, subdistribuidores y proveedores.
4. Cumplir con requisitos legales.
La compañía debe tener un programa para cumplir con los requisitos legales y asegurarse de que los empleados trabajen en cumplimiento de la ley.
5. Interactuar con las partes interesadas.
La compañía debe implementar un programa para ayudar y trabajar con partes interesadas (empleados, organizaciones y agencias gubernamentales y comunitarias) a fin de identificar asuntos y establecer normas para crear mejoras continuas de distribución de productos químicos.
6. Gestionar los subdistribuidores.
La compañía puede tener contratos orales o por escrito que definan los términos y las condiciones de distribución y la venta del producto cuando no haya cambios en el producto, el empaquetado y la etiqueta, respecto a como la compañía miembro los proporcionó originalmente. La compañía miembro debe implementar un programa para educar, asistir y evaluar a todos los subdistribuidores.
7. Gestionar proveedores.
La compañía debe implementar un programa para educar, asistir, evaluar y aprobar proveedores de sustancias, productos y servicios químicos, para fomentar el cumplimiento de este código de prácticas.

10.5 Sostenibilidad

Los usuarios de metanol que participen en el cuidado responsable y la distribución responsable también están desarrollando e implementando estrategias de sostenibilidad. Uno de los mayores impulsores para el cambio en las operaciones de la cadena de oferta y demanda es la presión para ser más responsable desde el punto de vista medioambiental y sostenible en sus fuentes de productos, logística, transporte, distribución y prácticas de operación.

10.5.1 Compendio de sostenibilidad

El Congreso de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas de 1987 en Johannesburgo, Sudáfrica definió los desarrollos de sostenibilidad como aquellos que “*satisfacen las necesidades presentes sin poner en riesgo la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus necesidades*”. El concepto clave es la triple sostenibilidad económica, medioambiental y de capital social. El punto central es que la mayoría de las decisiones de las empresas y del gobierno necesitan integrar estas tres dimensiones para evaluar sus impactos máximos en el planeta y lograr el método más deseable. El término “verde” se usa a menudo como sinónimo de sostenibilidad, aunque su significado se aplica de forma más amplia. Estos conceptos pueden ser herramientas muy útiles para planificar una estrategia de sostenibilidad y fijar referencias de rendimiento.

La mayoría de las empresas globales principales han aceptado el caso comercial para la sostenibilidad. Las compañías con amplias redes de oferta y demanda, como la industria química, están buscando métricas e indicadores normalizados de rendimiento de sostenibilidad que pueden aplicarse en toda la cadena de suministro.

Muchas organizaciones que siguen el cuidado responsable y la distribución responsable también están implementando métodos de producción “simplificada” para mejorar los procesos de fabricación, aumentar la eficiencia y reducir los costes en toda la cadena de

suministro. La fabricación “simplificada” trata de eliminar todos los desechos del sistema de producción.

Las compañías en la cadena de valor del metanol se pueden beneficiar al aprovecharse de sus planes de implementación de producción “simplificada” para respaldar sus esfuerzos de sostenibilidad. El movimiento “de simplificado a ecológico” se aprovecha de las similitudes entre sostenibilidad y gestión “simplificada”. Los objetivos “simplificados” de mejorar la calidad, eliminar desechos, reducir el tiempo para completar una tarea y disminuir los costes totales son compatibles con los objetivos de sostenibilidad de eliminar desechos y contaminación, aumentar la eficiencia energética, aumentar la utilización de recursos renovables y disminuir los costes de contratación, producción y prácticas de distribución de materiales convencionales en el planeta. Además, tanto el concepto de simplificación como la sostenibilidad hacen hincapié en la importancia de la educación de los interesados, del trabajo en equipo de los empleados y de la aplicación de herramientas analíticas y métricas para mejorar el rendimiento. La sostenibilidad y la gestión “simplificada” son actividades orientadas al proceso. El principio básico de la producción “simplificada” es la mejora continua. No es de sorprender que los sistemas de cuidado responsable, distribución responsable y sostenibilidad también reflejen este principio.

10.5.2 Energía alternativa

El reconocimiento global de los impactos medioambiental y social de la energía derivada de los combustibles fósiles también aumenta la preocupación de que los suministros de energía alternativa deben cumplir con las normas de sostenibilidad reconocidas. La aceptación y el futuro éxito de los biocombustibles como sustitutos de los combustibles fósiles dependerá considerablemente de sus impactos sociales, económicos y medioambientales totales: los tres pilares de la sostenibilidad. A este respecto, no todas las fuentes de combustible renovables son iguales. La producción de biocombustibles a partir de cultivos de alimentos, o como parte del proceso de deforestación emprendido para esos cultivos, afectará a las huellas de carbono relativas y es probable que encuentre una resistencia creciente en la sociedad.

El uso de metanol como fuente de combustible alternativo en mezclas de gasolina, en la producción de biodiesel y como componente clave de las celdas de combustible de hidrógeno ayuda a reducir el consumo directo de los combustibles fósiles. No obstante, el 98% del metanol comercial actual se produce en grandes plantas grandes de fabricación de productos químicos que usan gas natural no renovable. La producción de metanol a partir de recursos renovables usando materiales de desecho como materias primas es una alternativa prometedora.

Actualmente, hay varias tecnologías de producción de biometanol en desarrollo desde proyectos de demostración hasta instalaciones de producción limitadas en Europa. Una tecnología así desarrollada por Chemrec AB, una compañía sueca, utiliza licor negro producido como desechos de papeleras en un proceso de gasificación para producir biometanol.

BioMCN, uno de los fabricantes de biodiesel más grandes del mundo basado en los Países Bajos, está usando glicerina de producción renovable para fabricar biometanol. La glicerina cruda, un subproducto de producción de biodiesel, se purifica, evapora y craquea para obtener gas de síntesis, que se usa para sintetizar biometanol. El biometanol se purifica por destilación y se usa con aceites y grasas vegetales en el proceso estándar para producir biodiesel, generando nuevamente glicerina como subproducto, cerrando así el ciclo de producción en lo que se denomina “de cuna a cuna”. El gas sintético puede obtenerse también de otras formas de biomasa como madera o algas derivadas de materiales de desechos orgánicos y cultivos distintos a los usados para el consumo de alimentos. BioMCN opera una planta de biometanol que produce 200.000 toneladas métricas al año.

Carbon Recycling International (CRI) con base en Islandia fabrica “metanol renovable” usando primero energía geotérmica para producir hidrógeno a partir de agua, combinándolo después con las emisiones de dióxido de carbono capturadas de la generación de electricidad geotérmica para producir metanol. CRI ha operado una instalación de demostración en Islandia desde 2007 y está construyendo una planta de producción comercial de 1,3 millones de galones al año en Svartsengi, Islandia.

En la fase de investigación y desarrollo, los investigadores de la University of Southern California están trabajando en una tecnología para extraer el dióxido de carbono de la atmósfera para producir metanol.

La evaluación definitiva de las huellas de carbono de diversos combustibles alternativos está fuera del alcance de este manual. No obstante, la principal fuente de combustible renovable, etanol, se enfrenta a una serie de retos como alternativa sostenible. Entre estos se incluye un balance energético negativo donde las entradas superan las salidas, impactos medioambientales en el agua y suelo al producirse a partir de maíz y caña de azúcar y los impactos sociales de la competición con los cultivos para alimentos y la tierra cultivable. Por el contrario, en una serie de criterios de sostenibilidad, el metanol de fuentes renovables es comparativamente mejor que el etanol. Se puede producir a partir de una amplia variedad de fuentes, excluyendo cultivos destinados al consumo humano y biomasa de elevado valor comercial. El metanol permite la reutilización de subproductos en ciclos “de cuna a cuna” y puede utilizar el dióxido de carbono como una entrada. [(Bibliografía 9.5.2-1 a 9.5.2-5) Pimentel, Chemrec, BioMCN, CRI]

11 Comunicación de riesgos

11.1 ¿Qué es la comunicación de riesgos?

Por lo general, cuando consideramos primero la comunicación de riesgos, es como medio de notificar una situación de respuesta de emergencia o crisis, como sugiere la siguiente definición [15]:

La comunicación de riesgos es un enfoque científico de notificación efectiva en situaciones que se pueden caracterizar como:

- De alta preocupación, de mucho estrés
- Cargadas de emociones
- Controvertidas

Esto es realmente cierto y en la industria global del metanol se presentan situaciones en las que se aplica esta definición, por ejemplo, derrames importantes de metanol, incendios y alteraciones en el suministro, por nombrar algunas. También se puede suponer que cuando hablamos de los riesgos del metanol nos referimos a un tema que causa una gran preocupación a mucha gente.

La comunicación de riesgos también tiene aplicaciones en el hogar, en el trabajo y en la comunidad, como sugiere la siguiente definición:

La comunicación de riesgos es el arte de poner la ciencia en manos de las personas, de forma que puedan usarla (USEPA [64]).

Este capítulo se enfoca en el uso de la comunicación de riesgos (y peligros) en situaciones **que no sean de crisis**. Los principios fundamentales de comunicación de riesgos y peligros son los mismos independientemente de la situación, ya sea una comunicación habitual o una situación de mucho estrés. Este capítulo introduce las herramientas y los principios para comunicar con efectividad información acerca de riesgos y peligros de la industria en situaciones que no son de crisis.

En este contexto, es importante tener en cuenta otras dos definiciones clave: los conceptos de "peligro" y "riesgo". Cuando consideramos el uso global de metanol, el peligro y el riesgo pueden considerarse como sigue:

- El "**peligro**" relacionado con el metanol es su capacidad intrínseca de causar efectos adversos.
- El "**riesgo**" es la probabilidad de que dichos efectos ocurran en las distintas aplicaciones en las que se usa y descarga metanol (o las situaciones de exposición durante el uso de metanol).

Todo este manual se enfoca en los peligros del metanol y en los medios usados para limitar dichos peligros y, por lo tanto, en el riesgo de exposición al metanol de los trabajadores, de la comunidad y del medio ambiente.

Este capítulo hace hincapié en la aplicación de la comunicación del riesgo (y peligro) relacionado con la distribución y uso de metanol en el contexto de la segunda definición de arriba: *poner la ciencia en manos de las personas de una forma que puedan usar*.

Podría presentarse la necesidad de contar con un análisis más detallado de la comunicación de riesgos en situaciones de crisis. El Methanol Institute tiene una *Guía de Comunicación de Crisis* que incluye una revisión más detallada de los principios de comunicación de riesgos que deben utilizarse en situaciones de crisis, incluido el trato con los medios de comunicación.

11.2 ¿Por qué es importante la comunicación de riesgos?

La comunicación efectiva y atenta de riesgos y peligros puede servir para crear confianza entre los empleados y la comunidad en general. Esto es crucial para evitar una respuesta del público errónea o potencialmente dañina en el caso de que llegara a presentarse una crisis.

Además, se deben repasar los conceptos de ética de cuidado responsable y de distribución responsable explicados en el capítulo Cuidado del producto. Un principio clave de cada uno de ellos es compartir la información con las partes afectadas, bien sean empleados, comunidades cercanas, grupos que representen intereses políticos, subdistribuidores o proveedores. Es necesario planificar para que el mensaje sea acorde con los principios de cuidado responsable y distribución responsable, así como seguir los principios básicos de comunicación de riesgos.

Si bien este capítulo no trata de situaciones de crisis, no hay duda de que los riesgos y peligros del metanol son reales. Cuando tratamos de la salud y seguridad de los seres humanos, es importante tener en cuenta que estos asuntos son de suma importancia para todo el mundo.

11.3 Fundamentos de la comunicación de riesgos

La primera definición de comunicación de riesgos anterior estipuló que la comunicación de riesgos es un enfoque científico de la comunicación. Y en realidad lo es: una comunicación de riesgos efectiva requiere planificación y preparación. Hay cuatro pasos básicos en una comunicación de riesgos efectiva:

1. Determine la meta de comunicación.

Las metas de comunicación con respecto a un negocio de metanol en particular, la ubicación del lugar de trabajo u otra situación son numerosas en situaciones que no son de crisis, como compartir un nuevo procedimiento con un proveedor, capacitar a nuevos empleados en el proceso de producción, informar a la comunidad vecina acerca de un nuevo procedimiento de alarma en una planta, etc. ¿Es la meta informar a su público o convencerlo de que tome medidas? Anote el propósito de la comunicación y todos los resultados deseados antes de preparar el mensaje.

2. Conozca a su público.

Por ejemplo, si se piensa compartir información con una comunidad vecina o con un equipo de trabajo dentro de una planta, es necesario pedir la opinión de los representantes de la comunidad o del equipo de trabajo, en vez de suponer cuáles pueden ser sus preocupaciones. Esto se aplica a todo tipo de comunicaciones, ya sea de forma habitual (por ejemplo, boletines informativos, clases de adiestramiento,

etc.) o situaciones de mucho estrés. Obtener aportaciones del público, particularmente con respecto a las preocupaciones acerca de salud y seguridad, no solamente será útil a quien prepara el mensaje, sino que también puede ayudar a crear credibilidad con el público, lo que es crucial en la comunicación de riesgos.

3. Desarrolle los componentes de la comunicación: el mensaje y los medios de comunicación.

Tómese siempre el tiempo necesario para preparar un mensaje claro y conciso, aprovechando los medios más apropiados de suministro para que el público reciba el mensaje. Parece sencillo, pero no se puede subestimar la importancia de planificar el mensaje y comprender al público. Siempre que sea posible, obtenga información de representantes del público clave para entender mejor sus preocupaciones. Elija un medio de comunicación que llegue a la mayoría de la gente, y tenga cuidado de no dejar grupos fuera de forma inadvertida. Por ejemplo, comunicar información importante (como qué hacer cuando se activa una alarma para buscar refugio en el sitio) por medio de un boletín en Internet a una comunidad de pocos recursos económicos, seguramente no es un medio efectivo de comunicación de un mensaje de tal importancia. Asegúrese de tener en cuenta las barreras de lenguaje para llegar al mayor número de personas.

4. Asegúrese que la información proporcionada sea exacta y oportuna.

Esto es particularmente importante al comunicarse en una situación de crisis, pero se aplica a todo tipo de comunicaciones de riesgos y peligros. Para crear y mantener credibilidad con el público, es de suma importancia asegurarse de que la persona que transmite el mensaje sea competente.

11.4 Comunicación de información compleja, técnica y científica

La información científica resulta de mayor utilidad al público y se logra más éxito en la comunicación, si la información que se proporciona es pertinente y fácilmente comprensible. Para ayudar al público a comprender la información, se deben preparar mensajes bien dirigidos. También es necesario usar palabras claras y no técnicas para tratar los riesgos y demás información específica que indiquen la naturaleza, la forma, la gravedad o la magnitud del riesgo.

A continuación se dan algunas formas de comunicar con claridad información científica o técnica compleja:

- Siempre use los mismos nombres y términos (por ejemplo, si habla de “partes por millón” en vez de “partes por mil millones”, podría ocasionar una alarma porque la gente quizás se fije en los números más grandes sin darse cuenta de que la unidad de medida es diferente).
- Evite dar explicaciones salpicadas de siglas y jerga, y dé definiciones cuidadosas con anticipación. No suponga nunca que el público “sabe a qué se refiere usted, o de qué está hablando”.
- En sus comunicaciones, incluya referencias familiares para explicar cuánto, cómo de grande, o cómo de pequeño, y trate de crear una imagen mental de medidas como “partes por millón” o “toneladas por día”.

Las analogías numéricas, como “Estados Unidos produce suficiente basura en un día como para llenar cien campos de fútbol americano de 4,25 m de profundidad”, tienen mucho más significado para el público promedio que hablar de “250.000 toneladas métricas de basura al día”. Sin embargo, los ejemplos no deben ser

triviales ni demasiado dramáticos, ni deben darse con una actitud de condescendencia. Tómese el tiempo necesario para elaborar ejemplos y cálculos que tengan un significado claro.

- Reconozca la existencia de incertidumbre o dudas. Reconocer y admitir la incertidumbre es simplemente la realidad en la mayoría de las situaciones de comunicación de riesgos, pero especialmente en situaciones de crisis. Decir “No sé” es una respuesta aceptable y hasta puede reforzar la credibilidad.

Si un público exige un 100% de certidumbre, lo más probable es que esté cuestionando los valores y el proceso, no la ciencia. Trate de identificar preocupaciones reales en las que se basa la exigencia de certidumbre y concéntrese en ellas. Por ejemplo, si alguien le dice, “Si usted no está seguro, ¿cómo sabemos si se nos protege?”, no se trata de una pregunta sobre datos, sino más bien sobre seguridad personal y familiar. Eso es lo que usted debe abordar.

11.5 Cómo comprender la percepción de riesgos del público

Una barrera clara es el término “riesgo” en sí mismo: cómo se mide, cómo se describe y, finalmente, cómo se percibe. Las partes interesadas perciben el riesgo de manera distinta, y el público no considera que todos los riesgos sean del mismo tipo, magnitud o importancia.

La percepción de la magnitud de riesgo está influenciada por factores distintos a los datos numéricos (vea la siguiente tabla del U.S. Department of Health and Human Services (USDHHS, Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU.) [61]). Comprender estos factores ayuda a determinar el grado de riesgo con que se percibe cierto mensaje, y ayuda a definir una estrategia adecuada de comunicaciones.

El riesgo que se percibe como...	Es más aceptado que el riesgo que se percibe como...
voluntario	impuesto
controlado por la propia persona	controlado por otros
productor de beneficios claros	productor de pocos beneficios o ninguno
distribuido de manera justa	distribuido de forma injusta
natural	artificial o provocado
generado por una fuente fiable	generado por una fuente menos fiable
familiar	exótico
adverso para adultos	adverso para niños

11.6 Cómo ganar confianza y credibilidad

La habilidad de establecer una comunicación constructiva se determina, en gran parte, en si el público percibe que la persona que comunica el mensaje es de fiar y creíble. Considere cómo la gente forma sus opiniones y percepciones.

Los elementos clave de la confianza y credibilidad, y su importancia relativa, se describen como sigue:



(Cortesía del Center for Risk Communication [Centro de Comunicación de Riesgos], con permiso)

No subestime la siguiente verdad incuestionable: las personas tienen que saber primero que usted tiene interés en el bienestar de ellas, antes de que puedan tener interés en lo que usted tenga que decir.

11.7 En busca de oportunidades para transmitir su mensaje

No espere a que se presente una situación de crisis para comenzar el proceso de comunicación de riesgos. En realidad, mientras más rigurosa y considerada pueda ser una industria, compañía, agencia gubernamental, etc., respecto a los asuntos a los que se enfrenta y la forma en que el público perciba los riesgos, más preparada estará en cualquier situación de crisis. Entre algunas oportunidades para comunicarse cabe mencionar (sin limitarse a), las siguientes acciones:

- Enviar comunicados a los editores de los diarios locales.
- Ponerse en contacto con diarios locales para determinar cómo presentar un artículo de opinión.
- Llamar a los programas de radio locales cuando se estén tratando temas pertinentes.
- Ponerse en contacto con los productores de programas de comentarios de las emisoras de radio locales, a fin de solicitarles una invitación para participar en alguno de sus programas.
- Ponerse en contacto con grupos cívicos locales para solicitarles oportunidades de hablar con ellos.
- Si usted pronuncia un discurso, ponerse en contacto con medios de noticias locales y pedirles que cubran la presentación de su discurso.
- Ponerse en contacto con los productores de noticieros de las televisiones locales, para explorar formas de cubrir los temas de interés para su industria.

12 Glosario

12.1 Términos, abreviaturas y siglas

% en volumen o v/v% Porcentaje en volumen. Una medida de la concentración que se basa en el volumen relativo en vez de en el peso (masa).

-A-

accidente Incidente desafortunado que se produce de forma inesperada y no intencionada, que normalmente ocasiona daños materiales o lesiones personales.

ACGIH American Conference of Governmental Industrial Hygienists (Congreso de Higienistas Industriales Gubernamentales de EE. UU.). El ACGIH publica recomendaciones de límites superiores (valores límite umbral, TLV) para la exposición de los trabajadores a productos químicos en el lugar de trabajo.

AFFF Aqueous Film-forming Foam (Espuma acuosa de formación de película).

AFNOR Association Française de Normalisation (Asociación Francesa de Normalización).

alcano Cada uno de los hidrocarburos en los que un átomo de carbono está enlazado a otros cuatro átomos. Se dice que los alcanos están “saturados”.

alcohol Cada uno de los compuestos orgánicos caracterizados por la presencia de un grupo hidroxilo con enlace covalente a un átomo de carbono saturado.

API American Petroleum Institute (Instituto del Petróleo de EE. UU.).

AR-AFFF Alcohol-resistant Aqueous Film-forming Foam (Espuma formadora de película acuosa resistente al alcohol).

ASME American Society of Mechanical Engineers (Sociedad de Ingenieros Mecánicos de EE. UU.).

atmósfera Medida de la presión atmosférica al nivel promedio del mar.

Aviso de agua potable Documento no reglamentario que analiza los datos de cáncer y que no son cáncer disponibles sobre un contaminante, así como los estudios de sus efectos organolépticos (sabor y olor).

-B-

BEI Biological Exposure Indices (Índices biológicos de exposición).

berma Montículo o banco de tierra usado específicamente como barrera o para proporcionar aislamiento.

bioacumulación Aumento de la concentración de una sustancia en el tejido humano debido a su absorción de los alimentos. Ocurre cuando un organismo absorbe una sustancia tóxica a un porcentaje mayor a la que se metaboliza dicha sustancia.

biodegradable Sustancia orgánica que se puede descomponer o degradar en sus constituyentes debido a la acción de organismos vivos como bacterias y hongos.

biodiesel Aceite vegetal - o combustible diesel con base de grasa animal que consiste en ésteres de alquilo de cadena larga. El biodiesel se forma normalmente mediante la reacción química de lípidos (por ejemplo, aceite vegetal, grasa animal) con un alcohol como el metanol.

BLEVE Siglas que significan “Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion” (Explosión de vapores en expansión de líquidos en ebullición). Se produce una situación peligrosa cuando un tanque de almacenamiento que contiene gases y líquidos muy inflamables (por ejemplo, metanol) a presión es expuesto a las llamas directas de un incendio. El contacto del fuego con la coraza del tanque causa simultáneamente una pérdida de resistencia del metal y un aumento rápido de la presión interna en el espacio ocupado por el vapor sobre el líquido. Si el mecanismo de ventilación (válvula de alivio de presión) incorporado en la estructura solamente está dimensionado para la expansión normal del vapor y no para “casos de incendio”, entonces la incapacidad para aliviar la presión hace que esta se acumule rápidamente dentro del tanque. La combinación de la estructura debilitada de la coraza y la alta presión interna produce una rotura instantánea en el tanque y hace que se desprenda e inflame el vapor con consecuencias catastróficas. Cuando existe el potencial de que se produzcan incidentes BLEVE, generalmente se recomienda el uso de monitores autónomos de agua contra incendios. Puede ocurrir un incidente de BLEVE 10 a 30 minutos después del contacto inicial con las llamas, a menos que se haya enfriado el tanque. Se requiere una velocidad de aplicación de agua contra incendios para enfriar el tanque a una velocidad aproximada de al menos 1.900 litros por minuto. Las BLEVE pueden hacer que los recipientes salgan disparados como “cohetes” del lugar de la explosión debido a la fuerza de la misma.

BTU Abreviatura usada comúnmente para las unidades térmicas británicas, medida de calor. Una BTU equivale al calor necesario para que 1 libra de agua aumente su temperatura 1 grado Fahrenheit, especificado a la temperatura en que la densidad del agua es máxima (4 °C). Una BTU contiene 252 calorías o 1055 julios.

-C-

CABA Compressed Air Breathing Apparatus (Aparato de respiración de aire comprimido).

caja Recipiente portátil muy usado para la contención durante el embarque y almacenamiento de cantidades relativamente pequeñas de metanol líquido a granel. La caja conocida como “JumboBin Tote” es una caja sellada de metal fabricada de acero inoxidable 304. La caja tiene asas en las cuatro esquinas superiores y patas cortas en las cuatro esquinas inferiores.

calor de combustión (vea *Entalpía de combustión*) El calor transferido hacia los alrededores cuando arde un compuesto para producir dióxido de carbono y vapor de agua.

calor específico (también *Capacidad calorífica específica* o *Capacidad calorífica*) La relación de la capacidad calorífica de una sustancia a la capacidad calorífica de agua a la misma temperatura.

calor latente de vaporización La energía para transformar una cantidad dada de un material en un gas.

caloría (cal) Cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de 1 gramo de agua 1 grado centígrado, de 14,5 °C a 15,5 °C.

CANUTEC Canadian Transportation Emergency Center (Centro de Emergencia de Transporte de Canadá). Centro nacional en Ottawa operado por el Departamento de Transporte. A petición, CANUTEC transmite información pertinente de emergencia con respecto a productos químicos específicos. CANUTEC tiene un número de teléfono de servicio las 24 horas del día (613-996-6666).

capacidad calorífica (vea también *Calor específico* o *Capacidad calorífica específica*) La cantidad de calor necesaria para hacer que 1 gramo de sustancia aumente 1 grado centígrado o 1 libra de sustancia aumente 1 grado Fahrenheit.

carcinógeno Sustancia que causa cáncer; sustancia o agente capaz de causar o producir cáncer en mamíferos.

CCL-3 Lista 3 de candidatos a ser denominados contaminantes por la EPA de los Estados Unidos, publicada en febrero de 2008. Ver *Lista de candidatos a ser denominados contaminantes*.

celda de combustible Celda electroquímica que convierte la energía química de un combustible (como el metanol) en energía eléctrica. La electricidad es generada por la reacción entre el suministro de combustible y un agente oxidante. Los reactivos fluyen a la celda, y los productos de reacción fluyen de la misma, mientras que el electrolito permanece dentro. Las celdas de combustible pueden funcionar continuamente siempre que se mantengan los flujos de reactivos y oxidantes necesarios.

CERCLA Comprehensive Emergency Response and Liability Act (Ley de Respuestas de Emergencia y Responsabilidad Completas).

CFR Siglas de "United States Code of Federal Regulations" (Código de Reglamentos Federales de Estados Unidos).

Clase de inflamabilidad líquida Sistema de clasificación usado por la NFPA y el ICC que agrupa líquidos en categorías que se basa en la temperatura del punto de ebullición y del punto de inflamación. El metanol, el etanol y la gasolina son líquidos inflamables tipo IB. En comparación, el diesel es un líquido combustible.

Clase IA Designación de la National Fire Protection Agency (NFPA, Agencia Nacional de Protección contra Incendios) para líquidos inflamables con temperaturas de punto de inflamación menores que 22,78 °C y temperaturas de punto de ebullición menores que 37,78 °C. Un ejemplo de un líquido inflamable Clase IA es el *n*-pentano.

Clase IB Designación de la National Fire Protection Agency (NFPA, Agencia Nacional de Protección contra Incendios) para líquidos inflamables con temperaturas de punto de inflamación menores que 22,78 °C y temperaturas de punto de ebullición no menores que 37,78 °C. Ejemplos de líquidos inflamables Clase IB son el metanol, el benceno, el propano, la gasolina y la acetona.

Clase IC Designación de la National Fire Protection Agency (NFPA, Agencia Nacional de Protección contra Incendios) para líquidos inflamables con temperaturas de punto de inflamación mayores que 22,78 °C y menores que 37,78 °C. Ejemplos de líquidos inflamables Clase IC son el aguarrás o la trementina y el acetato de *n*-butilo.

Clase II Designación de la National Fire Protection Agency (NFPA, Agencia Nacional de Protección contra Incendios) para líquidos combustibles con temperaturas de punto de inflamación mayores que 37,78 °C, pero menores que 60 °C. Un ejemplo de un líquido combustible Clase II es el queroseno.

Clase IIIA Designación de la National Fire Protection Agency (NFPA, Agencia Nacional de Protección contra Incendios) para líquidos combustibles con temperaturas de punto de inflamación mayores o iguales que 60 °C o y menores que 93,33 °C. Ejemplos de líquidos combustibles Clase IIIA son los aceites de creosota y el fenol.

Clase IIIB Designación de la National Fire Protection Agency (NFPA, Agencia Nacional de Protección contra Incendios) para líquidos combustibles con temperaturas de punto de inflamación mayores o iguales que 93,33 °C. El etilenglicol es un ejemplo de un combustible líquido de Clase IIIB.

Clase y división de peligros del DOT La categoría de peligro que el DOT asigna a un material peligroso como explosivos, gases comprimidos, líquidos inflamables y combustibles, sólidos inflamables, oxidantes y peróxidos orgánicos, materiales venenosos y tóxicos, sustancias infecciosas, materiales radioactivos, materiales corrosivos y diversos materiales peligrosos.

cm³ (centímetro cúbico) Medida de volumen del sistema métrico que equivale a un mililitro (ml).

CNG Compressed Natural Gas (gas natural comprimido).

Código HAZCHEM También conocido como Código de Acción de Emergencia (EAC); código diseñado para ser expuesto cuando se transportan o almacenan productos químicos

peligrosos en grandes cantidades o a granel. Se usa para ayudar a que los servicios de emergencia entren en acción rápidamente en cualquier accidente. El código consiste en un número seguido de una o dos letras. El número indica el tipo de sustancia que debe usarse para enfrentarse al accidente (por ejemplo, chorro de agua, aspersión fina, espuma, agente seco). La primera letra indica el tipo de ropa de protección necesaria, junto con información acerca de la posibilidad de que ocurra una reacción violenta, o si la sustancia debe estar dentro de un recipiente o si debe diluirse. La segunda letra, en caso de estar presente, es la E, que indica que es necesario evacuar a las personas de las proximidades del incidente. En el Reino Unido, el código normalmente se exhibe como parte de un cartel que incluye un número internacional de la ONU para la sustancia, un número telefónico para obtener consejo de un especialista, el nombre de la compañía, y un símbolo que indica el peligro o el riesgo que presenta el material (por ejemplo, una calavera con huesos cruzados indica sustancias tóxicas).

coeficiente de expansión térmica volumétrica El cambio en volumen de un líquido por grado de cambio de temperatura.

coeficiente de partición Relación de concentraciones de un compuesto en las dos fases de una mezcla de dos disolventes no miscibles en equilibrio. Los coeficientes de partición son una medida de diferencia de solubilidad del compuesto entre estos dos disolventes.

combustible (adj.) Sustancia sólida, líquida o gaseosa que se quema; descripción de la inflamabilidad de un líquido basada en el punto de inflamación; generalmente se refiere a líquidos con un punto de inflamación mayor o igual que 37,78 °C.

combustible en la mezcla estequiométrica vaporizada El porcentaje de volumen de combustible vaporizado disponible en una reacción de combustión que se produce a la concentración estequiométrica.

combustible líquido Designación de la National Fire Protection Agency (NFPA, Agencia Nacional de Protección contra Incendios) para líquidos con temperaturas de punto de inflamación mayores o iguales que 37,78 °C. Los *líquidos combustibles* se subdividen en tres clases como las anteriores, de acuerdo con su *temperatura del punto de inflamación*.

combustión Reacción química que desprende energía calorífica y, por lo general, luz. En otras palabras, indica generalmente que algo se está quemando o ardiendo. Arder y quemarse son esencialmente términos equivalentes.

Comunicación de riesgos El intercambio interactivo de información y opiniones durante todo el proceso de análisis de riesgos referente a peligros y riesgos, factores relacionados con el riesgo y percepciones de riesgo entre evaluadores de riesgos, administradores de riesgos, consumidores, industria, la comunidad académica y otras partes interesadas, incluida la explicación de averiguaciones de evaluación de riesgo y la base de decisiones de gestión de riesgos.

concentración tope Valor de concentración de una sustancia en suspensión en el aire, que no debe excederse en ningún momento de exposición en el trabajo.

conductancia eléctrica específica (vea *Conductividad eléctrica*).

conductividad eléctrica (vea también *Conductancia eléctrica específica*) La medida de la facilidad con que un material permite el movimiento de una carga eléctrica. Es la relación de la densidad de corriente a la fuerza de un campo eléctrico. La unidad de medida derivada del sistema métrico es siemens/metro (S/m). Un siemens es equivalente a la unidad anterior del inverso de un ohmio, conocida como "mho". La conductividad (también llamada conductancia específica) de líquidos moderadamente conductores como el metanol se expresa frecuentemente en unidades de microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$). La conductividad de líquidos dieléctricos como la gasolina y el diesel se expresan a menudo en unidad de picosiemens por centímetro (pS/cm). Un siemens es equivalente a 1×10^{12} picosiemens. Un microsiemens es equivalente a 1×10^6 picosiemens.

conductividad térmica La capacidad de un material para conducir el calor. Los líquidos con alta conductividad térmica conducen el calor de forma más inmediata que los líquidos con baja conductividad térmica.

corriente de desechos El flujo de desechos de áreas domésticas o industriales hasta su desechado final.

corrosivo/a Sustancia en estado gaseoso, líquido o sólido que causa daños irreversibles en los tejidos humanos o en los recipientes; el United States Department of Transportation (DOT, Ministerio de Transporte de Estados Unidos) la define como un líquido o un sólido que causa una destrucción visible o cambios irreversibles en tejidos de la piel humana en el lugar de contacto.

CRI Carbon Recycling International (Reciclado de Carbón Internacional).

Tutela del producto Principio por el que centros de protección medioambiental alrededor del producto mismo, y todas las personas involucradas durante la vida útil del producto participan para asumir la responsabilidad de reducir su impacto medioambiental. Para los fabricantes, esto incluye planificar, y si es necesario, pagar por el reciclaje o desechado del producto al final de su vida útil. Esto se puede lograr cambiando el diseño de productos para usar menos sustancias perjudiciales; ser más duradero, reutilizable y reciclable; y para hacer productos de materiales reciclados. Para vendedores al por menor y consumidores, esto significa desempeñar un papel activo en asegurar el desechado apropiado o el reciclaje de un producto al final de su vida útil

tutela Vea *Tutela del producto*.

-D-

De la cuna a la tumba Evaluación medioambiental del impacto de un producto químico en todo su ciclo de vida, desde la fabricación a su desechado.

deflagración (deflagración explosiva) Explosión a baja velocidad que se quema de forma violenta y persistente. Las explosiones de nubes de vapor son típicamente deflagraciones, no detonaciones. En sentido estricto, la mayor parte de las deflagraciones no son explosiones, sino incendios muy rápidos. Una deflagración explosiva produce una onda explosiva apreciable, que tiene el potencial de dañar equipos y lesionar a las personas. Muchas sustancias que deflagran cuando se encienden débilmente, detonan cuando el encendido es lo suficientemente fuerte. Una onda de deflagración puede, en ciertas circunstancias, acelerar espontáneamente y convertirse en detonación.

densidad La propiedad de una sustancia que mide su grado de compactación; la masa de una sustancia dividida por el volumen que ocupa.

descomposición Transformación de un material o una sustancia (por medio de calor, reacción química, electrólisis, deterioro u otros procesos) en partes, elementos o compuestos más sencillos.

detonación (detonación explosiva) Explosión causada por una reacción química muy rápida que pasa a través del material que explota a velocidades de 1 a 10 km/s, muy por encima de la velocidad del sonido. Se desarrollan altas presiones y los productos de la combustión se mueven en el mismo sentido que la onda de presión. Una detonación es una onda de choque acompañada de la reacción química que la mantiene. Las sustancias explosivas que normalmente detonan se conocen como “explosivos con alto poder detonante”, y tienen alto poder destructor incluso en condiciones no confinadas. El trinitrotolueno (TNT) es un ejemplo de un explosivo de alto poder detonante.

dilución Proceso para disminuir la concentración de una sustancia al agregarle un disolvente, como por ejemplo agua.

DIN Deutsches Institut für Normung E.V. (Instituto Alemán de Normativa).

disolvente Líquido capaz de disolver otras sustancias. En aplicaciones industriales, se usa comúnmente para definir un producto químico capaz de disolver productos derivados del petróleo.

DMDC Dicarbonato de dimetilo.

DME Dimetil éter.

DMFC Direct Methanol Fuel Cell (Celda de combustible de metanol directa).

DMT Tereftalato de dimetilo.

dosis Cantidad de una sustancia venenosa que causa efectos adversos para la salud.
DOT (USDOT) Siglas de “United States Department of Transportation” (Ministerio de Transporte de Estados Unidos), agencia federal que regula el transporte de productos químicos y materiales peligrosos.

-E-

efecto agudo Efecto adverso con síntomas graves que se desarrollan rápidamente y que aceleradamente se convierten en crisis como consecuencia de la exposición al calor, a excesos de presión o a materiales tóxicos.

efecto crónico Efecto adverso en seres humanos o animales, con síntomas que se desarrollan lentamente durante un tiempo largo.

EH&S Medio Ambiente, salud y seguridad.

Empaquetado del DOT Los materiales peligrosos regulados para la exportación requieren un empaquetado que cumpla con UN/DOT.

Energía de inflamación mínima (MIE) La cantidad más pequeña de energía de una fuente de inflamación con piloto que pueden inflamar una mezcla de combustible en el aire cuando la concentración del combustible está entre los límites de inflamación inferior y superior. Las cuatro fuentes de energía calorífica son: (1) química, (2) eléctrica, (3) mecánica y (4) nuclear.

entalpía de combustión (vea también *Calor de combustión*) La energía exotérmica desprendida por una reacción de combustión.

EPA (USEPA) United States Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos); agencia federal que regula los peligros para el medio ambiente.

EPCRA Emergency Planning and Community Right-to-Know Act (Ley del Derecho a Saber de la Comunidad sobre la Planificación de Emergencias).

ER Emergency Response (Respuesta de emergencia).

ERC Emergency Response Coordinator (Coordinador de respuesta de emergencias).

ERP Emergency Response Plan (Plan de respuesta de emergencias).

espacio estrecho Término usado en la seguridad en el trabajo que se refiere a un área cerrada y con acceso limitado.

estado de coma Estado de inconsciencia profunda del que no se puede despertar a una persona.

Ética de cuidado responsable Es una iniciativa voluntaria en la que colaboran las compañías para mejorar de forma continua su salud, seguridad y efectos sobre el medio ambiente y para informar a sus accionistas acerca de sus productos y procesos.

Ética de distribución responsable Es una iniciativa donde los principios de la ética de cuidado responsable se extienden a todos los aspectos de la distribución de sustancias, productos y servicios químicos.

Evolución de riesgos La determinación de un valor cuantitativo o cualitativo del riesgo relacionado con una situación concreta y un peligro reconocido.

explosión Aumento rápido en volumen y desprendimiento de energía de forma extrema, normalmente con la generación de altas temperaturas y el desprendimiento de gases. Una explosión crea una onda de choque.

-F-

familia química Grupo de elementos sencillos o compuestos con un nombre general común (por ejemplo, gasolina, nafta, queroseno, diesel, etc., y mezclas de fracciones de la familia de hidrocarburos).

FFFP Fluoroproteína formadora de una película.

-G-

g/cm³ Gramos por centímetro cúbico. Unidad métrica de medida de concentración (peso/volumen) expresada en unidades de gramos de peso por centímetro cúbico de volumen.

g/m³ Gramos por metro cúbico. Unidad métrica de medida de concentración (peso/volumen) expresada en unidades de gramos de peso por metro cúbico de volumen.

gal Galón. Abreviatura usada comúnmente para la unidad de volumen de EE. UU. e inglesa (imperial). Un galón de EE. UU. contiene 231 pulgadas cúbicas (3,8 litros). Un galón imperial se define como el volumen que contiene exactamente 10,0 libras de agua a una temperatura y una presión normales (que es de 277,4 pulgadas cúbicas o 4,56 litros).

gama de inflamabilidad Diferencia numérica entre los límites explosivos superior e inferior, medidos como la concentración volumétrica determinada experimentalmente de una sustancia en el aire por encima de la cual y por debajo de la cual no se produce la inflamación.

gas Fase de la materia en la que una sustancia no tiene una forma definida y cuyo volumen se define solamente por el tamaño del recipiente en que reside.

gas productor (gas de aire) Mezcla de monóxido de carbono (CO) y nitrógeno (N₂) que se produce al pasar aire sobre carbón muy caliente. Normalmente se agrega algo de vapor al aire, y la mezcla contiene hidrógeno (H₂). El gas productor se usa como combustible en algunos procesos industriales.

Grupo de empaquetamiento del DOT La mitigación de los riesgos relacionados con el envío de materiales peligrosos puede requerir la aplicación de precauciones de seguridad durante el envío, el almacenamiento y el uso. Los grupos de empaquetamiento se usan para determinar el grado de empaquetamiento protector requerido para mercancías peligrosas durante el transporte. El grupo I representa un gran peligro, el grupo II es un peligro intermedio y el grupo III es un peligro mínimo.

grupos funcionales Fragmentos moleculares estructurales de compuestos orgánicos que se encuentran en todos los miembros de una clase dada de compuestos y que participan de forma central en la reacción química de una clase de productos químicos.

GWBB-8 h Grenswaarde beroepsmatige blootstelling (Bélgica 1998). Una medida de concentración de exposición para una exposición del lugar de trabajo de ocho horas.

GWK-15 min Grenswaarde beroepsmatige blootstelling (Bélgica 1998). Medida de concentración de exposición dentro del lugar de trabajo durante un tiempo de 15 minutos.

-H-

HAZOP (HAZOPS, análisis HAZOP) Siglas de Estudio de Peligros y Operabilidad.

Procedimiento de seguridad por el que varias protecciones de ingeniería y administrativas se evalúan para identificar situaciones de fugas accidentales para materiales peligrosos.

HAZWOPER Siglas de las Operaciones y Respuesta de Emergencia ante Desechos Peligrosos. Se refiere a cinco tipos de operaciones de desechos peligrosos llevados a cabo en Estados Unidos según la Norma de OSHA 1910.120 "Operaciones y Respuesta de Emergencia ante Desechos Peligrosos". Las normas que empleadores de requisitos de seguridad deben cumplir para llevar a cabo estas operaciones.

-I-

IARC La International Agency for Research on Cancer (Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer). Grupo científico que clasifica los productos químicos según su potencial de causar cáncer.

IC Coordinador de incidentes.

ICC International Code Council (Consejo de Códigos Internacional).

IDLH Immediately Dangerous to Life and Health (Inmediatamente peligroso para la vida y la salud). Se refiere a una medida de toxicidad; es la máxima concentración de la cual una persona se puede escapar en menos de 30 minutos sin sufrir síntomas que eviten que pueda escaparse o que cause algún efecto adverso a su salud. Los niveles IDLH aparecen publicados para muchas sustancias en la *Pocket Guide to Chemical Hazards (Guía de Bolsillo sobre Peligros Químicos)* de NIOSH/OSHA, del United States Department of Health and Human Services/United States Department of Labor (Ministerio de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos y el Ministerio de Trabajo de Estados Unidos).

IEC International Electrotechnical Commission (Comisión Electrotécnica Internacional).

IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos).

IMPCHA International Methanol Producers and Consumers Association (Asociación Internacional de Productores y Consumidores de Metanol).

incendio de avance rápido [fuego líquido de avance rápido] Líquido en combustión que fluye alejándose del punto de desprendimiento e inflamación. Los incendios de avance rápido son particularmente peligrosos si se les permite entrar en alcantarillas, desagües, pasillos estrechos, especialmente en minas o estructuras subterráneas, como cámaras de cables eléctricos o de tuberías donde el material en combustión puede acumularse y bloquear las rutas de evacuación.

incidente Situación peligrosa que ha pasado.

inflamable Sustancia sólida, líquida o gaseosa que se inflama fácilmente y se quema rápidamente, a diferencia de una sustancia combustible que no se inflama tan fácilmente ni se quema tan rápidamente.

inflamación El inicio de la combustión.

IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático); organización científica intergubernamental establecida por la World Meteorological Organization (WMO, Organización Meteorológica Mundial) y por el United Nations Environment Programme (UNEP, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente). Evalúa la información científica, técnica y socioeconómica relevante para comprender el riesgo de cambio climático provocado por los seres humanos.

IRIS Integrated Risk Information System (Sistema Integrado de Información de Riesgo).

ISA International Society of Automation (Sociedad Internacional de Automatización) (antes Instrument Society of America).

ISO International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normativa).

-J-

julio Símbolo J; unidad de medida de energía en el sistema métrico.

-K-

K Kelvin. Los grados de temperatura relacionados con el cero absoluto termodinámico.

kg kilogramo. Abreviatura usada comúnmente para una unidad de medida métrica para el peso (masa) de una sustancia: 1000 g = 1 kg.

kJ kilojulio. Abreviatura del sistema métrico para una unidad de energía común.

kPa kilopascal. Abreviatura métrica de una medida de presión usada comúnmente.

-L-

LEL Límite explosivo inferior. También límite de inflamabilidad inferior. La concentración volumétrica de un material inflamable en el aire a 1 atmósfera de presión, por debajo de la cual la mezcla de combustible y aire es demasiado débil o dispersa para encenderse en presencia de una fuente de inflamación con una cantidad estándar y relativamente alta de energía, como la de una chispa.

Límite de inflamabilidad inferior (vea también *límite explosivo inferior*) La concentración de un gas o vapor en el aire por debajo de la cual una llama no se propagará al exponerse a una fuente de inflamación. Si la mezcla de combustible/aire es pobre, hay combustible insuficiente para mantener una combustión sostenida.

límites de inflamabilidad Referente a la inflamabilidad de líquidos, gases y vapores en el aire. También se conocen como límites explosivos. Los límites de inflamabilidad, inferior y superior, definen las concentraciones fuera de las cuales no se produce la inflamación debido a que la mezcla está demasiado concentrada (rica) o demasiado diluida (pobre), respectivamente. (Vea *gama de inflamabilidad, LEL, UEL*).

líquidos inflamables Por lo general, los líquidos no arden cuando están en el estado líquido. Los líquidos desprenden vapores que se inflaman cuando se obtiene una mezcla inflamable con aire en presencia de una fuente de inflamación.

Lista de candidatos a ser denominados contaminantes (CCL) Fuente principal de contaminantes prioritarios para la que la EPA de Estados Unidos realiza investigaciones para tomar decisiones acerca de reglamentos que sea necesario establecer. Se sabe o se prevé que los contaminantes de la lista estén presentes en sistemas públicos de agua; sin embargo, actualmente no están regulados por los reglamentos principales nacionales de agua potable. La posibilidad de aparecer en la lista CCL se basa en el potencial que tenga el contaminante de estar presente en los sistemas públicos de agua y en el potencial de ser objeto de preocupación para la salud del público.

LPG Gas licuado del petróleo.

-M-

M85 Mezcla combustible que consta de 85% de metanol y 15% de gasolina.

MAC Maximale aanvaarde concentratie (Países Bajos 2002). Límites máximos de concentración de exposición ocupacional.

MAC-TGG 8 h Maximale aanvaarde concentratie. Límites máximos de concentración de exposición ocupacional para una exposición de ocho horas.

MAK Maximal Arbeitsplatzkonzentrationen (Alemania 2001). Concentraciones máximas de sustancias químicas en el lugar de trabajo. Límites de concentración de exposición ocupacional.

masa (eléctrica) Vía de retorno común para la corriente eléctrica, o una conexión física directa a tierra.

materia prima de productos químicos Un producto químico que se usa como punto de partida para la fabricación de otras sustancias químicas más complejas.

materiales de extinción Sustancia que impide la propagación del incendio y detiene la reacción química que permite mantener el incendio. Los materiales ideales para la extinción de los incendios de metanol incluyen espuma resistente al alcohol, polvo seco, dióxido de carbono (desprendido de fuentes de accionamiento automático) o agua en al menos tres a cuatro veces el exceso de metanol por volumen.

materiales inflamables Cualquier material en estado sólido, líquido, vapor, o gaseoso que se inflama fácilmente y que se quema rápidamente al exponerse a una fuente de inflamación. Algunos ejemplos de materiales inflamables dentro de esta amplia definición son ciertos disolventes como el metanol, polvos como la harina, ciertos polvos finamente dispersados como el aluminio, y gases como el hidrógeno y el metano.

metales alcalinos Elementos del grupo 1A de la tabla periódica.

metanol (alcohol metílico, alcohol de madera) El metanol (CH₃OH) es un líquido venenoso incoloro, esencialmente sin olor y con muy poco sabor. Químicamente es el alcohol más sencillo, y se obtiene al reemplazar un átomo de hidrógeno del metano por un grupo hidroxilo. A temperatura y presión ambiente, es un líquido que se puede mezclar (es miscible) en cualquier proporción con agua y con gasolina. Es un disolvente polar que se dispersa con facilidad dentro del ambiente superficial y rápidamente se convierte en no

tóxico por medio de los procesos combinados de dilución y degradación. Debido a su solubilidad, puede ser difícil eliminarlo del agua potable que se obtiene del subsuelo.

mezcla estequiométrica Una mezcla de aire y combustible que tiene una composición química equivalente a una relación estequiométrica de aire a combustible.

mg/m³ Unidad métrica de medida de concentración (peso/volumen) expresada en unidades de miligramos de peso por metro cúbico de volumen.

MI Methanol Institute (Instituto del Metanol).

miscible Líquido o gas que se disuelve de manera uniforme en otro líquido o gas; cuando dos líquidos se mezclan por completo en cualquier proporción.

mm Hg Milímetros de mercurio. Una medida de presión.

mol Unidad usada comúnmente, como en el peso de una mol de un elemento, un producto químico, un compuesto o una sustancia en particular.

monitor de incendios (monitor de agua contra incendios) Boquilla de agua contra incendios estacionaria, normalmente sin supervisión, que puede dirigirse y dejarse sin supervisión para dispersar un chorro de agua hacia cierta área predeterminada.

MSDS Material Safety Data Sheet (Hojas de Datos de Seguridad del Material).

MSHA Mine Safety and Health Agency (Agencia de Seguridad y Salud en Minas); ver *OSHA*.

MTBE Methyl Tertiary Butyl Ether (metil terc-butiléter)

mutágeno Sustancia que causa mutaciones en seres humanos y animales. Una mutación es un cambio en el material genético de una célula del cuerpo. Las mutaciones pueden producir defectos de nacimiento, abortos no provocados y cáncer en los seres humanos.

-N-

NACE National Association of Corrosion Engineers (Asociación Nacional de Ingenieros de Corrosión).

NAERG North American Emergency Response Guidebook (Guía de respuesta en caso de emergencia), publicación en rústica desarrollada conjuntamente por el Ministerio de Transporte de Canadá, el Ministerio de Transporte de Estados Unidos y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México. Se puede descargar una versión electrónica gratuita del sitio web de Transport Canada en <http://www.tc.gc.ca/eng/canutec/guide-ergo-221.htm>. La Guía de respuestas de emergencia es una guía para los miembros del primer equipo de respuesta a fin de identificar rápidamente los peligros específicos o genéricos de material involucrado en un incidente de transporte. La información ayuda a los miembros del primer equipo de respuesta a protegerse a sí mismos y al público contra la exposición química durante la fase de respuesta inicial del incidente.

NEC Siglas de “*National Electrical Code*” de Estados Unidos (Código Eléctrico Nacional de Estados Unidos) (NFPA 70).

NFPA #30 Código de la National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección Contra Incendios de Estados Unidos), *Código de líquidos inflamables y combustibles*.

NFPA #30A *Código para Instalaciones de Suministro de Combustible para Motor y para Talleres de Reparación* de la National Fire Protection Association (Asociación Nacional de Protección Contra Incendios de Estados Unidos).

NFPA Siglas de “National Fire Protection Association” (Asociación Nacional de Protección Contra Incendios de Estados Unidos). Este grupo clasifica las sustancias según el peligro de incendio y explosión que presenten.

NIOSH National Institute for Occupational Safety and Health (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional de Estados Unidos). Esta agencia gubernamental de EE. UU. hace pruebas de equipos, evalúa y aprueba máscaras antigás y realiza estudios de peligros en el lugar de trabajo. NIOSH también propone a la OSHA normas de exposición en el trabajo.

Nivel de protección A Protección usada para condiciones de trabajo arriesgadas con un alto potencial de exposición a muy altas concentraciones de salpicaduras o inmersión

químicas, o exposición a vapores químicos. Consiste en un traje completamente encapsulado de protección contra sustancias químicas, con un aparato de respiración de aire, que proporciona el más alto nivel disponible de protección del aparato respiratorio. Usarlo es un requisito para casos de peligros químicos con alta presión de vapor y toxicidad por absorción a través de la piel o riesgo cancerígeno.

Nivel de protección B El nivel B requiere el mismo nivel de protección para el aparato respiratorio que el nivel de protección A, pero permite que haya ciertas áreas de piel expuesta y que los trajes encapsulados no sean “herméticos al paso de vapor”. Se usa en situaciones de exposición a concentraciones de sustancias químicas menores a los límites de exposición establecidos, y con sustancias químicas que no sean vapores o gases tóxicos por medio de la absorción a través de la piel o que sean cancerígenas.

NPDWRs National Primary Drinking Water Regulations (Reglamentos Principales Nacionales de Agua Potable). También se llaman normas principales. Normas ejecutables legalmente que se aplican a los sistemas de agua potable de Estados Unidos. Las normas principales protegen la salud pública al limitar los niveles de contaminantes en el agua potable.

NSDWR National Secondary Drinking Water Regulation (Reglamento Secundario Nacional de Agua Potable).

NTP National Toxicology Program (Programa de Toxicología Nacional). Entidad que prueba productos químicos y revisa la evidencia de cáncer en Estados Unidos.

Número CAS Número del Chemical Abstract Service (Servicio de Extractos de Productos Químicos). Número asignado por el Chemical Abstracts Service que identifica un producto químico específico. El número CAS proporciona un índice para obtener acceso a información acerca de cualquier sustancia en particular.

Número del DOT Las compañías que operan vehículos comerciales que transportan pasajeros o carga en comercio interestatal y acarrear materiales peligrosos debe registrarse en la Federal Motor Carrier Safety Administration (FMCSA, Administración Federal de Seguridad de Transporte Motorizado) y deben tener un número del DOT. El número del DOT sirve como identificador exclusivo para la compañía cuando recopila informes e historiales de incidentes.

Número guía del DOT (vea también *Números ONU* y *UA*) El código de peligro de cuatro dígitos asignado por el Departamento de Transporte de EE. UU. Normalmente, el Número guía del DOT y el número ONU son los mismos. Si no hay un número guía del DOT o un número ONU, entonces se asigna un número NA.

Número STCC (Código de Materiales de Transporte Estándar) El código de siete dígitos exclusivo asignado a materiales transportados por ferrocarril. El número STCC debe mostrarse en todos los conocimientos de embarque.

Números ONU Los números norteamericanos son idénticos a los números ONU. Si un material no tiene un número ONU, se le puede asignar un número UA; estos normalmente son números de cuatro dígitos que empiezan por 8 o 9.

Números ONU o identificadores ONU Números de cuatro dígitos que identifican sustancias peligrosas y artículos como explosivos, líquidos inflamables y sustancias tóxicas con fines de transporte internacional.

-O-

OECD Organization for Economic Cooperation and Development (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico).

OES Occupational Exposure Standards (Reino Unido 2001) (Normas de Exposición Ocupacional).

OHSAS Occupational Health and Safety Advisory Services (Servicios de Aviso de Salud y Seguridad Ocupacional).

orgánico Relacionado con compuestos que contienen carbono (aparte de compuestos binarios sencillos y sales) y principal o últimamente de origen biológico.

OSHA Occupational Safety and Health Administration (Administración de Salud y Seguridad Ocupacional), agencia federal de Estados Unidos que adopta y hace respetar las normas de salud y seguridad en los lugares de trabajo industriales, que no sean minas ni plantas de procesamiento químico (por ejemplo, plantas de producción química, refinerías de petróleo, yacimientos de producción de petróleo, plantas de aire líquido comercial, etc.). La Mine Safety and Health Agency (MSHA, Agencia de Seguridad y Salud en Minas) es responsable de las normas de salud y seguridad en minas y plantas de producción.

OVA Organic Vapor Analyzer (Analizador de vapor orgánico).

-P-

P.F. Punto de fusión. Abreviatura usada comúnmente para la temperatura del punto de fusión de un material sólido.

PEL Permissible Exposure Limit (Límite de exposición permisible de un producto químico en el lugar de trabajo). OSHA en Estados Unidos hace respetar los límites de exposición permisible (PEL).

peligro Un peligro es una situación que plantea un nivel de amenaza para la vida, la salud, la propiedad o el medio ambiente. La mayoría de los peligros son latentes o potenciales, que son solamente un riesgo teórico de daños; no obstante, una vez que un peligro se “activa”, puede crear una situación de emergencia. El peligro y la vulnerabilidad se relacionan para crear un riesgo.

peso específico La masa de un volumen dado de materia comparada con la masa de un volumen de agua igual.

PHA Process Hazard Analysis (Análisis de peligros del proceso).

PLC Programmable Logic Controller (Controlador lógico programable).

PPE Personal Protection Equipment (Equipos de protección personal). Conjunto que lleva un trabajador para protegerse contra peligros físicos y químicos. Puede incluir equipos de protección para cabeza, ojos y oídos, guantes, calzado de seguridad, además de equipos adicionales especializados para condiciones peligrosas específicas.

ppm Partes por millón. Unidad volumétrica de medida de la concentración de una sustancia en el aire o en una solución.

presión de vapor Presión ejercida por el vapor que está en equilibrio con el líquido a una temperatura dada. Es una medida de la facilidad con que un líquido o un sólido desprende vapor que se mezcla con el aire en la superficie de dicho líquido o sólido. A mayor presión de vapor, mayor es la concentración de la sustancia evaporada en el aire y, por lo tanto, mayor es la posibilidad de que una persona inhale el vapor hasta los pulmones cuando se encuentre en presencia de aire cargado de sustancias tóxicas.

Presión de vapor Reid (RVP) Medida de presión de vapor usada comúnmente para gasolina y otros combustibles líquidos, definida como la presión ejercida por un líquido a 100 °F según se determina por el método de prueba ASTM D-323. El método de prueba no se aplica a gases licuados del petróleo como el propano.

proceso Fischer-Tropsch (proceso para obtener gas de síntesis) Método industrial de producción de combustibles de hidrocarburos a partir de monóxido de carbono e hidrógeno. El hidrógeno y el monóxido de carbono se mezclan en una relación 2:1 (se usa agua en estado gaseoso con hidrógeno añadido) y se pasa a 200 °C sobre un catalizador de níquel o cobalto. La mezcla resultante de hidrocarburos puede separarse en una fracción de mayor temperatura de ebullición para motores a diesel, y en una fracción de menor temperatura de ebullición para gasolina. El proceso también se usa en la producción de gas natural sintético (SNG) a partir de carbón.

psi (también psig) Libras por pulgada cuadrada. Medida de presión; las libras de fuerza por pulgada cuadrada de superficie, o libras por pulgada cuadrada de manómetro.

psia Libras por pulgada cuadrada absolutas. Medida de presión en libras de fuerza por pulgada cuadrada de área superficial que incluye 14,7 psi de presión atmosférica al nivel promedio del mar; psia = psi + 14,7.

PSM Process Safety Management (Gestión de seguridad del proceso).

PSP Product Stewardship Practice (Práctica de Tutela del Producto).

PSV Process Safety Valves (Válvulas de seguridad del proceso).

punto de combustión espontánea / temperatura de combustión espontánea

Temperatura mínima requerida para iniciar o causar una combustión autosostenible, independientemente de la fuente de calor o del elemento caliente. A medida que aumenta la temperatura de un líquido inflamable por encima del *punto de combustión*, se llega a una temperatura mínima en la que se produce una combustión autosostenible sin que exista una fuente de inflamación. Esta temperatura se conoce como *punto de combustión espontánea* o *temperatura de combustión espontánea*.

punto de combustión Temperatura mínima a la cual se produce una combustión que se mantiene por sí misma.

punto de ebullición o temperatura del punto de ebullición La temperatura a la que una fase líquida de material cambia a una fase de vapor. El punto de ebullición se expresa generalmente en grados de temperatura (centígrados, Celsius, Fahrenheit, Kelvin o Rankine).

punto de inflamación / temperatura del punto de inflamación Temperatura mínima a la cual un líquido (o sólido) desprende suficiente volumen de vapor a presión atmosférica, o a una presión próxima a esta, para formar primero una mezcla que se puede inflamar con aire cerca de la superficie del líquido o dentro del aparato de prueba. El United States Department of Transportation (Ministerio de Transporte de Estados Unidos) define la temperatura del punto de inflamación como la “temperatura mínima a la que una sustancia desprende vapores inflamables, que se inflaman cuando se ponen en contacto con chispas o llamas”. El término normalmente no tiene significado o importancia cuando se aplica a gases o sólidos inflamables.

-R-

R&D Research and Development (Investigación y Desarrollo).

RCRA Resource Conservation and Recovery Act (Ley de Conservación y Recuperación de Recursos); ley federal de Estados Unidos que regula los desperdicios peligrosos desde que se generan hasta que se desechan finalmente; también se conoce como “de la cuna a la tumba”.

reactivo Sustancia sólida, líquida o gaseosa que desprende energía en ciertas condiciones. Relación de aire a combustible: $A/F = (100/21)(O/F)$

relación estequiométrica aire a combustible La relación de la cantidad teórica de aire (expresada en moles o masa) a la cantidad de combustible expresada en las mismas unidades que contienen suficiente oxígeno para permitir la combustión máxima y completa del 100% del hidrógeno y del carbono contenido en el combustible. Relación de oxígeno a combustible: $\text{oxígeno/combustible} = (1 + x/4)$ siendo $x = H/C$ del combustible

retención Recinto para contener ya sea cierta área reclamada, o un producto químico o cualquier otra sustancia peligrosa si se llegara a derramar.

riesgo Situación en la que hay una exposición a un peligro (por ejemplo, cuando una vulnerabilidad se expone a un peligro).

-S-

SCBA Self-Contained Breathing Apparatus (Aparato autónomo de respiración). Tanque de aire suministrado con un regulador de presión a demanda usado en ambientes de alto riesgo, como parte de la protección de niveles A y B.

SCC Stress Corrosion Cracking (Corrosión bajo tensión).

SDWR National Secondary Drinking Water Regulation (Reglamento Secundario Nacional de Agua Potable). Directrices no ejecutables federales de Estados Unidos con respecto a efectos cosméticos (como pérdida de color de piezas dentales o la piel) o a efectos estéticos (como sabor, olor, o color) del agua potable

seguridad del proceso Se refiere a la prevención de fugas no intencionadas de productos químicos, energía u otros materiales potencialmente peligrosos durante el curso de un proceso químico que puede tener un efecto grave en la planta y el medio ambiente. La seguridad del proceso comprende la prevención de fugas, derrames, funcionamiento defectuoso de equipos, excesos de presión, corrosión, fatiga de metales y otras condiciones similares. Los programas de seguridad del proceso se concentran en el diseño y la ingeniería de instalaciones, mantenimiento de equipos, alarmas efectivas, puntos de control efectivos, procedimientos y adiestramiento. A veces, es útil considerar la seguridad del proceso como el *resultado* de una amplia gama de disciplinas técnicas, administrativas y operativas que se combinan de forma organizada.

SIDS Screening Information Data Set (Conjunto de Datos de Información para la Investigación).

SNG Synthetic Natural Gas (gas natural sintético).

solubilidad Cantidad máxima de material que se puede disolver en una cantidad dada de disolvente a una temperatura específica para producir una solución estable.

sostenibilidad Prácticas y procesos desarrollados con la intención de mejorar la calidad de vida de las personas a la vez que viven de acuerdo con la capacidad de los ecosistemas de apoyo. Una definición usada comúnmente es “**satisfacer las necesidades presentes sin poner en peligro la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus necesidades**”. El concepto clave es la triple sostenibilidad económica, medioambiental y de capital social.

STEL Short-Term Exposure Limit (límite de exposición a corto plazo). Se refiere a la exposición de inhalación de un aerosol tóxico.

-T-

TDG Transportation of Dangerous Goods (Transporte de mercancías peligrosas). Reglamentos canadienses equivalentes al Código 49 de Reglamentos Federales (CFR) de Estados Unidos.

temperatura adiabática de la llama (vea también *temperatura máxima de la llama*) La máxima temperatura posible de la llama suponiendo que no hay pérdida de calor de la llama en los alrededores. Es un valor calculado que supone que todo el calor desprendido como calor de combustión se dirige a aumentar la temperatura de la llama. La temperatura real de la llama será mucho menor que el valor calculado como temperatura adiabática de la llama debido a que una parte del calor de combustión se transfiere a los alrededores por medio de una transferencia de calor de convección y radiante.

temperatura de la llama La temperatura de una llama. La temperatura de una llama proporciona una indicación general de la velocidad de la reacción de combustión. Los líquidos que se caracterizan por arder con una temperatura de llama elevada tienen mayores velocidades de reacción que los caracterizados por una temperatura de llama baja.

temperatura del punto de congelación La temperatura a la que los estados líquido y sólido de una sustancia coexisten a una presión de una atmósfera (atm).

temperatura máxima de la llama (vea también *Temperatura adiabática de la llama*) La temperatura teórica máxima que puede alcanzar una llama suponiendo que no se transfiere calor a los alrededores.

teratógeno Sustancia que produce malformaciones y daños en el feto.

TLV Threshold Limit Value (Valor límite umbral). Concentraciones en suspensión en el aire de productos químicos, que representan condiciones a las cuales se considera que casi todos los trabajadores pueden estar expuestos repetidas veces, día tras día, durante una vida completa de trabajo, sin que sufran efectos adversos de salud. En Estados Unidos, los valores límite umbral los establece la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, Congreso de Higienistas Industriales Gubernamentales de EE. UU.). Los valores TLV se expresan normalmente como partes por millón (ppm) o miligramos por metro cúbico (mg/m³). Los TLV se publican anualmente en *Threshold Limit Values for*

Chemical Substances and Physical Agents (Valores límites umbral para sustancias químicas y agentes físicos).

TLV-STEL Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit (Valor límite umbral-Límite de exposición a corto plazo). Exposición promedio de 15 minutos ponderada en el tiempo que no debe exceder en ningún momento durante un día laborable, incluso si el TWA de ocho horas está dentro de TLV-TWA. Es la concentración a la que se considera que los trabajadores pueden estar expuestos continuamente durante un corto plazo sin sufrir (1) irritaciones, (2) daños crónicos o irreversibles en los tejidos, (3) efectos tóxicos que dependan de la dosis, o (4) narcosis de un nivel tal que aumente las posibilidades de sufrir lesiones accidentales, reducida posibilidad de salvarse a sí mismo, o reducción significativa en la eficiencia de trabajo.

TLV-TWA Threshold Limit Value-Time Weighted Average (Valor límite umbral-Promedio ponderado en el tiempo). La concentración al promedio ponderado en el tiempo (TWA) de un día laborable normal de ocho horas en una semana laborable de 40 horas, a la que se considera que casi todos los trabajadores pudieran estar expuestos repetidamente, día tras día, durante una vida completa de trabajo, sin que sufran efectos adversos de salud.

tonelada corta En Estados Unidos y Canadá, unidad de peso (masa) igual a 2000 libras.

tonelada métrica Unidad métrica de peso (masa) igual a 1000 kilogramos.

toxicidad dérmica Efectos adversos que resultan de la exposición de la piel a una sustancia; toxicidad relacionada con un producto químico que penetra en el cuerpo por absorción de dicho producto químico a través de la piel.

tóxico/toxicidad El nivel al que una sustancia puede dañar un organismo. La toxicidad se puede referir al efecto en un organismo completo, así como el efecto en una subestructura del organismo. Un concepto central de toxicología es que los efectos dependen de la dosis.

TPA Ácido tereftálico.

trabajo en caliente Cualquier proceso que pueda ser una fuente de inflamación cuando haya presente material inflamable o pueda ser un peligro de incendio sea cual sea la presencia de material inflamable en el lugar de trabajo. Los procesos comunes de trabajo en caliente son soldadura, soldadura blanda, corte con soplete y cobresoldadura. Cuando hay materiales inflamables, los procesos como rectificación y perforación se convierten en procesos de trabajo en caliente.⁴

traje de bomberos Es un uniforme para bomberos que consta de pantalones, botas, guantes, casco y a menudo un chaquetón. Los componentes del uniforme de bombero pueden variar según la agencia y la zona geográfica.

TRI Toxics Release Inventory (Inventario de fugas de productos tóxicos). Base de datos disponible públicamente de la EPA que contiene información acerca del desprendimiento de productos químicos tóxicos y actividades de manipulación de desechos informada anualmente por ciertas industrias, así como por instalaciones federales de Estados Unidos.

TWA Time Weighted Average (Promedio ponderado en el tiempo).

-U-

UE Unión Europea.

UEL Upper Explosive Limit (Límite explosivo superior) (vea también *límite de inflamabilidad superior, gama inflamable, LEL*). La máxima concentración molar o volumétrica de un vapor en el aire por encima de la cual no se producirá la inflamación. Se dice que las concentraciones de combustible superiores al límite explosivo superior son demasiado ricas.

UFC Siglas de "Uniform Fire Code" de Estados Unidos (NFPA 1) (Código Uniforme de Incendios de Estados Unidos).

UFL Upper Flammability Limit (Límite de inflamabilidad superior) (vea también *límite explosivo superior*). La máxima concentración molar o volumétrica de un vapor en el aire por encima de la cual no se producirá la inflamación. Se dice que las concentraciones de combustible superiores al límite explosivo superior son demasiado ricas.

UNEP United Nations Environment Programme (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente).

USDHHS U.S. Department of Health and Human Services (Departamento de Salud y Servicios Humanos de EE. UU.).

-V-

valor calorífico La cantidad teórica de calor que puede desprenderse mediante una reacción de combustión si el combustible y los oxidantes se convierten con una eficiencia del 100% en CO₂ y vapor de H₂O. Hay dos valores caloríficos: un valor calorífico superior (HHV) y un valor calorífico inferior (LHV). Se usa el HHV para situaciones en las que todo el calor (calor de reacción, el calor sensible de los gases del producto y el calor de condensación del vapor de agua) se recupera y se utiliza para realizar trabajo. El HHV es básicamente lo mismo que el calor termodinámico (entalpía) de combustión. El LHV se usa si una parte del calor sensible de los gases y el calor de condensación del vapor de agua no se recupera para realizar el trabajo. Las industrias del proceso normalmente usan el menor valor térmico.

vapor Forma gaseosa de una sustancia que normalmente es un líquido o un sólido a temperatura y presión normales.

velocidad de combustión de la masa La pérdida en masa por unidad de tiempo por materiales que arden en condiciones especificadas.

velocidad de detonación Velocidad a la cual la parte frontal de la onda de choque se desplaza a través de un explosivo detonado.

velocidad de la llama estequiométrica La velocidad del frente de la llama a la relación estequiométrica de aire a combustible.

veneno Sustancia que, cuando es introducida o absorbida por un organismo vivo, causa la muerte o lesiones, especialmente una que mata de forma rápida incluso en pequeñas cantidades.

viscosidad La cantidad de resistencia al flujo.

VLE-15 min Valeurs limites d'Exposition a court terme. (Francia 1999). Valor límite para una exposición a corto plazo de 15 minutos de duración.

VME-8 h Valeurs limites de Moyenne d'Exposition. Valor límite de una exposición promedio para una exposición del lugar de trabajo de ocho horas.

VOC Volatile Organic Compound (Compuesto orgánico volátil).

volatilidad Tendencia de las moléculas de una sustancia para escapar de la fase líquida y entrar en la fase gaseosa. Los líquidos que tienen alta volatilidad tienen alta presión de vapor.

-W-

WMO World Meteorological Organization (Organización Meteorológica Mundial).

ZE Zona de exclusión; también conocida como "zona de peligro".

-Z-

zona de apoyo La zona de apoyo, la más externa de las zonas de control del sitio, es el perímetro usado para situar los equipos de respuesta y la ubicación del puesto de mando y del centro de comunicaciones.

Zona de reducción de contaminantes (ZRC) La zona de control del sitio que rodea a la zona de exclusión. La ZRC contiene el único punto de acceso para la entrada del personal y de los equipos de respuesta, así como el pasillo de descontaminación para el personal y los equipos de limpieza que salen de la zona de exclusión.

13 Bibliografía

13.1 Lista de bibliografía

1. Alliance Technical Services, Inc. 2007. *Use of Methanol as a Transportation Fuel*. Prepared for Methanol Institute. November.
2. ALTENER Energy Framework Programme. 2003. *Technical and Commercial Feasibility Study of Black Liquor Gasification with Methanol/DME Production as Motor Fuels for Automotive Uses – BLGM*. Ekbohm, Tomas, et al. European Commission. Contract No. 4.1030/Z/01-087/2001.
3. American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2001. *Methanol – Documentation for the Threshold Limit Value*.
4. American National Standards Institute/Underwriters Laboratories (ANSI/UL) – 1203 *Explosion-proof and Dust-Ignition-proof Electrical Equipment for Use in Hazardous (Classified) Locations*.
5. American National Standards Institute/Underwriters Laboratories (ANSI/UL) – 913 *Intrinsically Safe Apparatus and Associated Apparatus for Use in Class I, II, and III Division 1, Hazardous Locations*.
6. American Petroleum Institute (API). 1986. *Storage and Handling of Gasoline-Methanol/Cosolvent Blends at Distribution Terminals & Service Stations*. API Recommended Practice 1627. First Edition. August.
7. American Society for Testing Materials (ASTM). 2007. D 5797-07. *Standard Specification for Fuel Methanol (M70–M85) for Auto Spark Ignition Engines*. September.
8. Armour, M.A. *Hazardous Laboratory Chemicals: Disposal Guide*, CRC Press, © 1991, ISBN 0-8493-0265-X.
9. ASTM International. 2004. ASTM E 681-04. *Standard Test Method for Concentration Limits of Flammability of Chemicals (Vapors and Gases)*. American National Standards Institute (ANSI).
10. Becker, C.E., *Methanol Poisoning*. The Journal of Emergency Medicine. Volume 1: pp. 51-58.
11. California Energy Commission. 1996. *Methanol Fueling System Installation and Maintenance Manual*. Transportation Technology and Fuels Office. March.
12. California Environmental Protection Agency, Office of Environmental Health Hazard Assessment, 2003. *Methanol. Technical Support Document: Toxicology Clandestine Drug Labs/Methamphetamine*. Volume 1. Number 10.
13. Canadian Association of Chemical Distributors. 2004. *Code of Practice for Responsible Distribution®*. December.

14. Canadian Chemical Producer's Association (CCPA). 2003. *Product Stewardship Guide to the Purchasing, Marketing, Sales, Use & Phases of the Product Lifecycle*. December.
15. Covello, V. 2002. *Risk and Crisis Communication*. Center for Risk Communication. Powerpoint Presentation.
16. Dean, John A., editor. 1992. *Lange's Handbook of Chemistry, 10th ed.* McGraw-Hill.
17. Det Norske Veritas (USA) Inc. 2002. *Risk Assessment Comparing the Transportation and Use of Gasoline for Combustion Engine Vehicles and Methanol for Fuel Cell Vehicles*. Prepared for the Fuel Cell Methanol Specifications Working Group. December 2.
18. DeWitt & Company, Inc. 2002. *Methanol Market Distribution in the United States*. Prepared for the Methanol Institute. September.
19. *Emergency Response Guidebook*. 2008. Canadian Transport Emergency Centre (CANUTEC), Transport Canada, United States Department of Transportation (DOT), Secretariat of Communications and Transport of Mexico (SCT). United States Government Printing Office: ISBN 978-0-16-079456-8.
20. Glassman, I., 1987. *Combustion, 2nd Edition*.
21. Goodwin, Robert D., 1987. *Methanol Thermodynamic Properties from 176 to 673 K at Pressures to 700 bar*. Journal of Physical and Chemical Reference Data, Vol. 16, Issue 4, October, pp. 799-892.
22. *Handbook of Chemistry and Physics, 44th Edition*, CRC Press.
23. Health Effects Institute (HEI). 1999. *Reproductive and Offspring Developmental Effects Following Maternal Inhalation Exposure of Methanol in Nonhuman Primates*. Research Report Number 89. October.
24. ICF Consulting. 2000. *Risk Management Framework for Hazardous Materials Transportation*. Submitted to U.S. Department of Transportation. Research and Special Programs Administration. November.
25. International Electrotechnical Commission (IEC) 60050-426. 2008. *Equipment for Explosive Atmospheres*.
26. International Electrotechnical Commission (IEC) 60079-4.1975. *Method of Test for Ignition Temperature*. 60079-4A: Addendum.
27. International Electrotechnical Commission (IEC) 801-2. 1991. *Electromagnetic Compatibility for Industrial Process Measurement and Control Equipment*.
28. International Fire Code (IFC). 2006. *Flammable and Combustible Liquids*. Chapter 34. International Code Council.
29. International Methanol Producers and Consumers Association (IMPCA). 2008. *IMPCA Methanol Reference Specifications*. January Update.
30. Jacobson, D., McMartin, K. 1986. *Methanol and Ethylene Glycol Poisonings: Mechanisms of toxicity, clinical course, diagnosis and treatment*. Medical Toxicology I: 309-334.
31. Jim Jordan & Assoc., LLP. 2004. *U.S. Methanol Overview – 2003 Demand and Production*. Prepared for the Methanol Institute. June 2.
32. Kavet, R., Nauss, K. 1990. *The Toxicity of Inhaled Methanol Vapors*. Toxicology. 21 (1): 21-50.

33. Kuchta, Joseph M. *Investigation of Fire and Explosion Accidents in the Chemical, Mining, and Fuel-Related Industries - A Manual*. U.S. Department of the Interior Bureau of Mines Bulletin 680.
34. Malcolm-Pirnie, Inc. 1999. *Evaluation of the Fate and Transport of Methanol in the Environment*. Prepared for the American Methanol Institute. January.
35. Marchetti, C. 1980. *On Energy Systems in Historical Perspective*, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria, Prepared for the 1980 Bernard Gregory Lecture, CERN, Geneva, Switzerland, November 13.
36. Methanex Corporation. 2003. Corporate Manual. *Container Filling Best Practice*. Document #CR3RC250.
37. Methanex Corporation. 2005. *Methanol Material Safety Data Sheet (MSDS)*. www.methanex.com/products/documents/MSDS_USenglish.pdf
38. Methanex Corporation. 2006. *Technical Information and Safe Handling Guide for Methanol*. Version 3.0. September.
39. Methanol Fuel Cell Alliance. 2002. Joint Position Document. September.
40. Motorola Corporation, *Cell Phone Usage At Gasoline Stations*, 1999. Doc. No. SF27489.000 BOTO 1299 CMO3. by Exponent Failure Analysis Associates, 149 Commonwealth Drive, Menlo Park, CA 94025, December.
41. National Advisory Committee (NAC) for Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) for Hazardous Substances. 2004. *Final Meeting-32 Highlights*. U.S. Department of Labor. Washington, D.C. April 19-21.
42. National Electrical Code (NEC). 2008. NFPA 70. *Chapter 5, Special Occupancies. Hazardous Locations, Classes I, II, and III Divisions 1 and 2*. National Fire Protection Association.
43. National Fire Protection Association (NFPA), 2008. *U. S. Vehicle Fire Trends and Patterns*. Ahrens, Marty, July.
44. National Fire Protection Association (NFPA). 1994. No. 325, *Guide to Fire Hazard Properties of Flammable Liquids, Gases and Volatile Solids*.
45. National Fire Protection Association (NFPA). 2008. NFPA 30, *Flammable and Combustible Liquids Code*.
46. National Fire Protection Association (NFPA). 2008. NFPA 30A, *Code for Motor Fuel Dispensing Facilities and Repair Garages*.
47. National Toxicology Program – Center for the Evaluation of Risks to Human Reproduction (NTP-CERHR, 2003). *NTP-CERHR Monograph on the Potential Human Reproductive and Developmental Effects of Methanol*. NIH Publication No. 04-4478. September.
48. New Jersey Dept. of Health and Senior Services. 2002. *Hazardous Substances Fact Sheet – Methyl Alcohol*. Revision. April.
49. Olah, G.A., Goepfert, A., Prakash, G.K.S. 2006. *Beyond Oil and Gas: The Methanol Economy*: Wiley-VCH Publishers.
50. Organization for Economic Cooperation and Development's (OECD). 2003. *Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness, and Response*..
51. Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th Edition, 1984. McGraw-Hill Book Company, San Francisco.

52. SAE Cooperative Research Program. 1991. *A Discussion of M85 (85% Methanol) Fuel Specifications and Their Significance*. September.
53. SAE International. 1990. *Summary of the Fire Safety Impacts of Methanol as a Transportation Fuel*. May.
54. SIDS-OECD. 2004. *SIDS Initial Assessment Report -- Methanol*. Draft. Prepared by BASF AG. Reviewed by USEPA. October.
55. Stegink, L.D., et. al. 1981. *Blood Methanol Concentrations in Normal Adult Subjects Administered Abuse Doses of Aspartame*. *Journal of Toxicology and Environmental Health*. 7: 281-290.
56. 3M™ *Respirator Selection Guide*. 2008.
57. U.S. Department of Defense. (DOD). Standard Practice DOD-HDBK-263, *Electrostatic Discharge Control Handbook for Protection of Electrical and Electronic Parts, Assemblies, and Equipment (excluding Electrically Initiated Explosive Devices)*.
58. U.S. National Institute of Standards and Technology (NIST). Chemistry WebBook. <http://webbook.nist.gov/chemistry/>.
59. U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). *Hazardous Waste Operations and Emergency Response (HAZWOPER)*. Code of Federal Regulations (CFR) Title 29 section 1910.120.
60. U.S. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). *Process safety management of highly hazardous materials*. Code of Federal Regulations (CFR) Title 29 Section 1910.119.
61. U.S. Department of Health and Human Services (USDHHS). 2002. *Communicating in a Crisis: Risk Communication Guidelines for Public Officials*. Washington, D.C.
62. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1994. *Chemical Summary for Methanol*, prepared by Office of Pollution Prevention and Toxics. EPA 749-F-94-013a, August.
63. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1994. *Methanol Fuels and Fire Safety*. Fact Sheet OMS-8. Office of Mobile Sources. August.
64. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 2003. *Considerations in Risk Communication: A Digest of Risk Communication as a Risk Management Tool*. Technology Transfer and Support Division, National Risk Management Research Laboratory, Office of Research and Development. March.
65. Underwriters Laboratories (UL), 1604 - *Electrical Equipment for Use in Class I and II, Division 2, and Class III Hazardous (Classified) Locations*.
66. Uniform Fire Code, 1997. *Article 52, Motor Vehicle Fuel-Dispensing Stations*.
67. Vermillion, B.; Nguyen, P.; Tsan, E.; Herz, R. (Project Advisor). 2001. *Feasibility Study of Methanol As Transportation Fuel*. March 18. <http://chemelab.ucsd.edu/methanol01/Feasibility.htm>
68. XCells, Inc. 2002. *Methanol Fuel Quality Specification Study for Proton Exchange Membrane Fuel Cells*. Final Report. Prepared for AQMD. February.
69. Cameron, I. Methanex CIBC World Markets. 2010. *Whistler Institutional Investor Conference*. January 21. (<http://www.methanex.com/investor/documents/CIBCJan21WhistlerConference-FINAL.pdf>)
70. 5th Methanol Markets & Technology Conference. 2010. Muscat, Oman. February 23.

71. ICIS News. 2010., January 4. (www.icis.com)
72. MMSA Global Methanol Supply and Demand Balance. 2005-2010. (www.methanol.org).
73. Mogens, H.; van Loosdrecht, M. C. *Biological Wastewater Treatment: Principles, Modeling and Design*, IWA Publishing, 2008.
74. Horan, N.J.; Lowe, P.; Stentiford, E. I. 1994. *Nutrient Removal from Wastewaters*, CRC Press.
75. Spellman, F.R. 2009. *Handbook of Water and Wastewater Treatment Plant Operations*, CRC Press.
76. FCTec. *Fuel Cell Basics: Direct Methanol Fuel Cells (DMFC)*. (http://www.fctec.com/fctec_types_dmfc.asp)
77. Crawley, G. 2007. *Fuel Cell Today*, "Direct Methanol Fuel Cells (DMFC)." August.
78. Dpreview.com. 2004. *Toshiba's Methanol Fuel Cell*. June 24. (<http://www.dpreview.com/news/0406/04062401toshibafuel.asp>)
79. PC World Magazine. 2009. *Toshiba Launches Methanol Fuel Cell Charger*. Oct 22. (http://www.pcworld.com/article/174113/toshiba_launches_methanol_fuel_cell_charger.html)
80. Methanol Fuel Cell Alliance. 2002. *Joint Position Document*. Sep 15. (http://www.methanol.org/Energy/Resources/Fuel-Cells/MFCA-overall-document-from-09_06.aspx)
81. GE Position Paper. 2001. *Feasibility of Methanol as Gas Turbine Fuel*. February 13, 2001. (<http://www.methanol.org/Energy/Resources/Fuel-Cells/GE-White-Paper.aspx>)
82. De Corso, S. M.; Clark, A. S. Editors. 1983. American Society of Testing and Materials, *Stationary Gas Turbine Alternative Fuels: STP 809*.
83. Popular Science. 1975. *Alcohol Power: Can it Help you Meet the Soaring Cost of Gasoline?* April.
84. Kontogeorgis, G. M., Folas, G. K. 2009. *Thermodynamic Models for Industrial Applications*, pp 306-316. John Wiley and Sons.
85. Barden, A. J.; Powers, M. D.; Karklis, P. 1996. The Pipeline Pigging Conference, *Evaluation of Pipeline-drying Techniques*, Jakarta, Indonesia. May 27-30. (Organized by the Pipe Line & Gas Industry and Pipes and Pipelines International with the support of the Australian Pipeline Industry Association)
86. Methanol Institute. 2010. *Methanol Institute's Comments on the Draft Toxicological Review of Methanol (IRIS)*. March 15. (<http://www.methanol.org/Health-And-Safety/Safety-Resources.aspx>)
87. U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 2009. *Draft IRIS Toxicological Review of Methanol*. December.
88. Pimentel, D.; Patzek, T.W. 2005. *Ethanol Production Using Corn, Switchgrass, and Wood; Biodiesel Production Using Soybean and Sunflower*. Natural Resources Research, Vol. 14, No. 1, March.
89. Lonza, L.; Hass, H.; Maas, H.; Reid, A.; Rose, K. D. 2011. *EU renewable energy targets in 2020: Analysis of scenarios for transport*. JEC Biofuels Programme. JRC Scientific and Technical Reports. EUR24770 EN –2011.
90. Carbon Recycling International. 2011. *The CO₂ to Liquid Fuels Company*. Methanol Facts, July. (<http://www.methanol.org/Environment/Renewable-Methanol.aspx>)

91. *BioMCN and Bio-Methanol*. 2011. Methanol Facts, July.
(<http://www.methanol.org/Environment/Renewable-Methanol.aspx>).
92. CHEMREC. 2011. CHEMREC Gasification Technology Turns Pulp and Paper Mills into Biorefineries. August. (www.chemrec.se).
93. Manwaring, R. et al., *Chem. Ind.*, 1973, p. 172.

A Información de seguridad del proceso

A.1 Tecnología del proceso

Los siguientes componentes de información y documentación deben reunirse y estudiarse como información de seguridad del proceso vinculada a la tecnología de éste.

Descripción del proceso	Límites de parámetros de operación
Materia prima	Presión, temperatura y caudal
Química	Límites máximo y mínimo de operación segura
Cinética química (si es pertinente)	Tiempo máximo en los límites máximo y mínimo
Productos intermedios	Requisitos de mantenimiento especializados
Reactores/catalizadores	
Necesidad de servicios públicos (vapor, gas natural, gases comerciales, medios especiales de transferencia de calor, etc.)	
Circunstancias especiales (muy alta presión, muy alta temperatura, temperaturas criogénicas, etc.)	
Reacciones potencialmente fuera de control	
Diagrama de flujo del proceso	
Piezas importantes de equipos (nombre y número de artículo)	
Equilibrio de calor y materiales	
Parámetros típicos de operación	
Aleaciones especiales	
Servicios públicos necesarios	
Especificaciones de tuberías	
Especificaciones de los depósitos a presión	

A.2 Equipos

Los siguientes componentes de información y documentación deben reunirse y estudiarse como información de seguridad del proceso vinculada a los equipos del sistema.

Descripción de la unidad del proceso	Lista de válvulas selladas/bloqueadas
Nombre de la unidad de proceso	Número de válvula
Diagrama de bloques de operaciones unitarias	Descripción de las válvulas
Materia prima, intermedios, volumen de almacenamiento de los productos y productos intermedios	Situaciones protegidas contra elementos
Química de los procesos	Posición normal
Estrategia de reciclaje y reprocesamiento de materiales que no cumplen con las especificaciones	Situaciones que requieran cambiar de posición
Diagramas de tuberías e instrumentación	Situaciones protegidas contra elementos
Especificaciones de tuberías	Consecuencias de abrir o cerrar
Lista de equipos con artículos numerados (incluida la instrumentación)	Condiciones de operación o restricciones reglamentarias especiales
Nombre de los equipos	Datos de inspección de tuberías
Número de etiqueta de los equipos	Datos de inspección de depósitos a presión
Capacidad indicada en las etiquetas de los equipos (volumen, peso, velocidad de procesamiento)	Plano del terreno con zonas de clasificación de riesgos
Condiciones de operación de los equipos	Diagramas eléctricos de líneas sencillas
Límites máximo y mínimo de operación segura	Lógica de controladores lógicos programables (PLC)
Fabricante	Registro de inspección, prueba y reconstrucción de válvulas de seguridad de proceso (PSV)
Fecha de entrada en servicio	Clasificación eléctrica del área
Duración prevista	Ubicación de subestaciones eléctricas
Límites de operación segura de parámetros de control	Ubicación de equipos de conmutación eléctricos
Códigos de diseño y fabricación de los equipos	Servicios públicos necesarios
Registros de mantenimiento, pruebas e inspección	Procedimientos de operación
Procedimientos de mantenimiento	Sistemas de seguridad (agua contra incendios, detectores, etc.)

B Propiedades del metanol / alcohol metílico

B.1 Propiedades físicas

CH₃OH

- Color
- Opacidad
- Olor
- Umbral de olor

Incoloro

Transparente

Olor acre dulzón suave, similar al del alcohol etílico
El umbral de olor es muy variable en el aire y oscila entre varios órdenes de magnitud, de 10 a 20.000 ppm. [12]

100 a 1500 ppm informados [3]

141 ppm [56]

160 ppm – La gama de valores umbral de olor aceptados es bastante amplia. Se debe tener precaución al basarse únicamente en el olor como advertencia de exposiciones potencialmente peligrosas [48].

- Factores de conversión

1 ppm = 1,33 mg/m³; 1 mg/m³ = 0,76 ppm

B.1.1 Estado sólido

CH₃OH_(sólido)

T < -98 °C; P = 1 atm

B.1.2 Estado líquido

CH₃OH_(líquido)

-98°C < T < 65 °C; P = 1 atm

- Peso específico del líquido con relación al agua (agua = 1,0):
 - 0,7866 a 25/4 °C
 - 0,7915 a 20/4 °C
 - 0,7960 a 15/4 °C
 - 0,8 a 20 °C
- Densidad
 - 6.63 libras/galón a 15 °C

- Viscosidad [37], [16]
 - 1,258 mPa.s a -25°C
 - 0.793 mPa.s a 0 °C
 - 0,808 mPa.s a 0 °C
 - 0,690 mPa.s a 10°C
 - 0,593 mPa.s a 20°C
 - 0,544 mPa.s a 25°C
 - 0,449 mPa.s a 40°C
 - 0,349 mPa.s a 60°C

- Nota: 1 mPa.s = 1 cP (centipoise)

- Coeficiente cúbico de expansión térmica
 - 0,00149 por °C a 20°C
 - 0,00159 por °C a 40°C
- Conductividad térmica
 - 207 mW/m K a 0°C
 - 200 mW/m K a 25°C
- Concentración de saturación (vapor en aire)
 - 166 g/m³
- Presión de vapor a P total = (14,7 psia)
 - 12,3 kPa (96 mm Hg) 1,86 psia a 20°C
- Presión de vapor a P total = (760 mm Hg)
 - 126 mm Hg a 25 °C
- Presión de vapor a P total = (14,7 psia)
 - 4,63 psi a 38 °C
- Presión de vapor Reid
 - 32 kPa a 15,6 °C
- Volatilidad
 - 100% en volumen
 - 99,9% en peso
- Velocidad de evaporación (acetato de butilo = 1)
 - 4,6
- Velocidad de evaporación (éter = 1)
 - 5,2
- Tensión superficial
 - 22,5 dinas/cm
- Conductividad eléctrica
 - 4,4 x 10⁷ pS/m

• **Presión de vapor del líquido:**

P en mm Hg	T en °C	P en mm Hg	T en °C
1	-44,0	1520	84,0
10	-16,2	3800	112,5
40	5,0	7600	138,0
100	21,2	15.200	167,8
400	49,9	30.400	203,5
760	64,7	45.600	224,0

B.1.3 Vapor



65 °C < T; P = 1 atm

- Densidad relativa de aire saturado con vapor (aire = 1):
 - 1,01 a 20 °C
 - 1,02 a 30 °C

- Densidad del vapor con relación al aire (aire = 1,0): 1,1
- Viscosidad 9,68 μPa a 25 °C
13,2 μPa a 127°C
- Conductividad térmica 14,07 mW/m K a 100 °C
26,2 mW/m K a 127 °C
- Temperatura crítica 240 °C, 512,5 °K
- Presión crítica 8,084 MPa (78,5 atm)
- Volumen crítico 0,117 m³/kg-mol
- Densidad crítica 0,2715 g/cm³
- Factor de compresibilidad crítica 0,224
- Factor acéntrico 0,556
- Constante de la Ley de Henry 4,55 x 10⁻⁶ atm-m³/g-mol
- Concentración de saturación en suspensión aérea 166 g/m³
- Conversión de concentración en suspensión aérea:
1 mg/ml = 764 ppm a 25 °C a 1 atm, 760 mm Hg
1,31 mg = 1 ppm a 25 °C a 1 atm, 760 mm Hg

B.2 Propiedades químicas

- Nombre químico Metanol
- Familia química Alcohol alifático
- Fórmula química CH₃OH
- Peso molecular 32,04 g/mol
- Composición elemental en peso
 - Oxígeno 50,0% en peso
 - Carbono 37,5% en peso
 - Hidrógeno 12,5% en peso
- Solubilidad del CH₃OH (líquido) en agua: 100%; miscible en todas proporciones
- Disolventes: etanol, éter, benceno, acetona, alcohol, cloroformo
- pH 7,2
- Demanda de oxígeno biológico: 0,6 a 1,12 lb/lb en 5 días

B.2.1 Reactividad

- Inflamable Puede explotar si se expone a las llamas
- Estabilidad Material estable
- Polimerización peligrosa No se produce

B.2.2 Descomposición

El calentamiento excesivo y la combustión incompleta generan dióxido de carbono, monóxido de carbono, formaldehído y posiblemente metanol sin quemar

B.2.3 Incompatibilidades

- Las soluciones de metanol en agua a una concentración de 40:60 y las mezclas de metanol:agua 30:70 pueden inflamarse mediante una descarga estática. [93].
- Las mezclas de aire, metanol en aire a 1,81 barías y 120 °C pueden explotar con o sin la adición de oxígeno y agua [8].
- Reacción explosiva con cloroformo + metóxido sódico y zinc dietílico.

- Reacciona de forma violenta y sin control con soluciones diluidas de agentes reductores fuertes de sales de aluminio de alquilo, zinc dietílico, bromuro de acetilo, cloruro cianúrico.
- Incompatible con dihidruro de berilio. La reacción con el hidruro que contiene éter es violenta, incluso a -196 °C. [8].
- La reacción con metales alcalinos (sodio, potasio, magnesio) es vigorosa y generalmente sujeta a un largo periodo de inducción. Las mezclas con Mg o Al en polvo son capaces de una detonación potente. La reacción con K puede causar una explosión.
- El metanol reacciona de forma violenta con oxidantes fuertes (hipoclorito cálcico, bario, percloratos, peróxidos, permanganatos, cloratos); ácidos fuertes (nitríco, clorhídrico, sulfúrico); y gases de halógeno (bromo, cloro, flúor y yodo).
- Reacciona de manera vigorosa y peligrosa con materiales oxidantes.
- El cloruro de metileno puede convertirse en inflamable en presencia de pequeñas cantidades de metanol.
- Reacciona de forma violenta con óxido de fósforo (III) líquido a más de 24 °C.
- La reacción del metanol líquido con terbutóxido de potasio sólido se inflama después de 2 minutos.

B.3 Corrosión de metales, aleaciones, empaquetaduras y plástico

La corrosión depende directamente de la selección de materiales, y ésta, a su vez, depende directamente de la aplicación. ¿Qué tipo de equipos corren riesgo: bombas, tuberías, depósitos, intercambiadores de calor, torres de destilación, acumuladores, hornos reformadores, depuradoras, etc.? ¿Cuáles son las condiciones de proceso normales, anormales y de emergencia? ¿Cuáles son los parámetros máximos, mínimos y típicos de control: caudal, temperatura, presión, composición, impurezas, etc.?

¿Es un proceso por lotes o continuo? ¿Cuál es el programa previsto de inspección y pruebas, el programa previsto de mantenimiento y la vida en servicio que se espera? Dada una selección en particular, ¿cuáles son las modalidades y los mecanismos de averías previstos?

Todas estas consideraciones tienen que ver con la selección de materiales. El proceso es técnicamente complejo y difícil desde el punto de vista de organización. La amplia variedad de condiciones y circunstancias en el ámbito de selección de materiales para servicio con metanol significa que el material más apropiado se basa en los detalles de la aplicación en particular.

Si bien los asuntos relacionados con la selección de materiales son fundamentales y probablemente forman parte de las preguntas más frecuentes, no hay respuestas establecidas ni universales. Teniendo esto en cuenta, la siguiente guía se da con fines de orientación muy general. Es responsabilidad de quienes hagan las preguntas buscar las mejores respuestas para sus circunstancias particulares.

- El metanol anhidro puro es ligeramente corrosivo para aleaciones de plomo y aluminio, y mucho más para el magnesio y el platino. Con ello no se quiere decir que las aleaciones de aluminio no sean adecuadas para servicio de metanol, sino más bien se quiere alertar a los usuarios sobre la necesidad de realizar inspecciones periódicas y pruebas no destructivas. La identificación positiva de materiales, la inspección y las pruebas no destructivas son fundamentales para determinar la idoneidad de un servicio continuo y adecuado. Esto se aplica a todos los materiales que hagan contacto con áreas a presión en todos los servicios químicos, entre ellos el metanol. La forma de ataque a las aleaciones de aluminio suele ser una forma lenta de corrosión por picaduras, pero puede

acelerarse hasta el punto de poner en riesgo la integridad de los componentes estructurales si no se prevé o se vigila.

Las soluciones de metanol en agua pueden ser corrosivas para algunas aleaciones no ferrosas, dependiendo de la aplicación y las circunstancias del medio ambiente. Esta precaución se aplica a equipos fabricados con aleaciones de cobre, acero galvanizado y componentes de aleaciones de aluminio y algunos plásticos y compuestos. Los recubrimientos de cobre (y las aleaciones de cobre), cinc (incluso el acero galvanizado) y el aluminio muestran una degradación corrosiva de varios tipos y a varias velocidades, dependiendo de las circunstancias que acompañen a la aplicación. En general, el ataque corrosivo de componentes estructurales (como techos flotantes de aleación de aluminio en tanques de almacenamiento) es lento; se requiere realizar inspecciones visuales periódicas y pruebas no destructivas para verificar que puedan seguir dando servicio continuo y adecuado. Lo mismo puede decirse de los materiales de los tubos de intercambiadores de calor, componentes de bombas, elementos internos de válvulas y elementos sensores en contacto directo con el metanol.

- Normalmente se selecciona acero dulce (de bajo contenido de carbono) como material de construcción, siempre y cuando se excluya la humedad del sistema. Si se espera que haya humedad y trazas de sales inorgánicas dentro del sistema de vez en cuando, entonces se debe considerar cambiar el acero al carbono a acero inoxidable 316 L, o incluso a acero inoxidable 316 L de grado estabilizado con titanio o molibdeno. En presencia de humedad y sales inorgánicas, el problema es la corrosión dentro de las zonas afectadas por el calor de la soldadura. La integridad de la soldadura puede convertirse en un problema.
- Las prácticas óptimas emplean acero inoxidable de la serie 300, de bajo contenido en carbono y estabilizado con molibdeno. Aunque costoso, este material ofrece protección contra la corrosión generalizada, la corrosión por picaduras, el agrietamiento debido a corrosión bajo tensión, el agrietamiento inducido por hidrógeno y la contaminación del producto. Normalmente se selecciona acero dulce (de bajo contenido de carbono) como material para tuberías. Las conexiones de tuberías se hacen con rebordes soldados y con juntas compatibles con metanol. Las conexiones roscadas no se consideran adecuadas para el servicio de metanol. No se deben usar materiales no ferrosos para fabricar sistemas permanentes de tuberías. Se recomienda que los lugares de almacenamiento subterráneo, las tuberías enterradas y las tuberías subterráneas estén protegidos mediante un sistema de protección catódica y que sean inspeccionados de forma regular.
- Muchas resinas, nilones y caucho como neopreno, nitrilo (Buna-N) y caucho de etileno propileno (EPDM) son adecuados, aunque algunos son mejores que otros en aplicaciones de flujo. Los fabricantes del Buna-N NO lo recomiendan para aplicaciones dinámicas, por ejemplo, en flujos de metanol. El Buna-N es satisfactorio para aplicaciones estáticas de líquidos, pero no se considera un material superior para el servicio de metanol.
- Los materiales fluorados (como Teflón) se usan satisfactoriamente como componentes de equipos en aplicaciones de metanol. De éstos, el Teflón ofrece buena estabilidad dimensional y es resistente a los ataques y a la degradación.
- Las mangueras de caucho deben tener un resorte interno que les dé resistencia y continuidad eléctrica. El uso de mangueras debe restringirse a aplicaciones temporales tales como carga y descarga. El material de las mangueras debe ser compatible con la aplicación de metanol. Todas las mangueras deben estar claramente etiquetadas para servicio de metanol exclusivamente. Los extremos de las mangueras deben estar tapados o protegidos de alguna otra manera para evitar que se contaminen durante el

almacenamiento. Las mangueras deben ser reemplazadas periódicamente por mangueras nuevas, en vez de mantenerse en servicio hasta que se rompan.

- La primera vez será necesario lavar las mangueras y tuberías con agua y luego con metanol, para asegurarse de que se eliminen todos los contaminantes antes de ponerlas en servicio.
- Methanex compara la compatibilidad de los materiales de empaquetaduras y juntas tóricas en el servicio de camiones impulsados por metanol en la tabla siguiente.

Compatibilidad de los materiales de empaquetaduras y juntas tóricas con metanol⁷		
Material de la empaquetadura/junta tórica	Clasificación⁸ (Compatibilidad con combustible de metanol en servicio de camiones)	Recomendada^{9, 10}
Caucho natural	Buena	No se da ninguna recomendación
EPDM (etileno-propileno)	Buena	Sí, recomendada
Neopreno	Buena	Sí, recomendada
Silicona	Buena	Sí, recomendada
Kalrez	Buena	Sí, recomendada
Teflón	Buena	No se da ninguna recomendación
Fluorosilicona	Buena	No se da ninguna recomendación
Buna-N	Regular	No se recomienda
Nitrilo	Regular	No se recomienda
Poliuretano	A veces bien	No se da ninguna recomendación
Caucho butilo	Deficiente	No se da ninguna recomendación

⁷ REFERENCIA: efunda- fundamentos de ingeniería; efunda.com; Guía de compatibilidad de juntas tóricas

⁸ Nota de precaución referente a caucho Buna-N y nitrilo: Estos materiales pueden ser adecuados para situaciones estáticas como guantes para protegerse contra el contacto con metanol. Estos materiales no se recomiendan generalmente para situaciones dinámicas con flujo de metanol, como empaquetaduras en bombas y accesorios.

⁹ Nota referente a VITON F. No se recomiendan la mayoría de los tipos de VITON para el servicio de metanol debido a la hinchazón del material cuando se expone al metanol. No obstante, el VITON F muestra solamente pequeños cambios al exponerse al metanol. Los fabricantes recomiendan el uso de VITON F para el servicio de metanol.

¹⁰ REFERENCIA: Daemar Inc. (daemar.com); Tabla de compatibilidades químicas

Butadieno	Sin datos	No se da ninguna recomendación
Fluorocarbono	Sin datos	No se da ninguna recomendación
VITON (la mayoría de los tipos)	Sin clasificación	No se recomienda

El metanol es uno de los pocos entornos especializados que pueden formar grietas por corrosión bajo tensión en aleaciones de titanio. Se han producido fallas de agrietamiento por corrosión bajo tensión en metanol seco, y en mezclas de metanol y ácido, y metanol y haluro. El agua es un inhibidor efectivo y mantiene la pasividad del titanio en muchos ambientes si está presente en concentraciones de % en peso. La siguiente tabla proporciona una guía general.

Grado de aleación de titanio	% en peso de agua Exposición intermitente	% en peso de agua Exposición mantenida
1,2,7,11,16,17	1,5	2,0
9, 12	2,0	2,0
28	2,5	3,0
5, 23	3,0	3,0
19, 29, 6-2-4-6	5,0	10,0
Exposición intermitente = exposición no continua a corto plazo Exposición mantenida = exposición continua a largo plazo		

B.4 Estructura y propiedades

- Índice de refracción, nD 1,328 a 20 °C
- Constante dieléctrica, ϵ_r 32,66 a 20 °C
- Ángulo de enlace todos 109,5°
- Susceptibilidad magnética $5,3 \times 10^{-7} \text{ cm}^3/\text{g}$
- Tensión superficial 22,5 dinas/cm a 20 °C
- Viscosidad 0,808 mPa.s a 0 °C
- 0,690 mPa.s a 10°C
- 0,593 mPa.s a 20°C
- 0,449 mPa.s a 40°C
- 0,349 mPa.s a 60°C

B.5 Propiedades de combustión e inflamación

- T del punto de inflamación a P = 1 atm 12 °C método de cubeta cerrada TCC
15,6 °C método de cubeta cerrada TOC
- T de autoinflamación a P = 1 atm 385 °C (725 °C)¹¹

¹¹ Methanex Corporation & Terra Industries, entre otras, indican que la temperatura de autoinflamación es de 464 °C.

- Límites explosivos en aire a T y P ambiente 6%-36% en volumen^{12, 13}
- Gama explosiva 30% en volumen
- Llama Llama azul no luminosa
- No es visible a simple vista a la luz del día
- Mezclas inflamables de metanol y agua: Hasta 21% en volumen (25% en peso) de metanol
- Relación estequiométrica de aire/combustible en peso 6,45
- CH₃OH (vapor) en mezcla aire/vapor estequiométrica 12,3% en volumen

B.5.1 Medios de extinción de incendios

- Dióxido de carbono
- Polvo químico
- Espuma resistente al alcohol – AR-AFFF con un 6% de proporción con agua
- Rociado o neblina de agua¹⁴

B.6 Propiedades termodinámicas¹⁵

- Calor latente de evaporación (L→G) 37,43 kJ/mol (279,0 cal/g a 25 °C, 298,15 K)
35,21 kJ/mol (262,5 cal/g a 64,6 °C, 337,3 K)
- Entalpía estándar de vapor de formación ($\Delta_f H^\circ_{gas}$) -205,0 ± 10. kJ/mol
- Entalpía estándar de vapor de combustión ($\Delta_c H^\circ_{gas}$) -763,68 ± 0,20 kJ/mol
- Entalpía estándar de líquido de formación ($\Delta_f H^\circ_{liquido}$) -238,4 kJ/mol
- Entalpía estándar de líquido de combustión ($\Delta_c H^\circ_{liquido}$) -725,7 ± 0,1 kJ/mol
- Entropía estándar de fase líquida ($S^\circ_{liquido}$) 127,19 J/mol K
- Entropía estándar de fase sólida ($S^\circ_{sólido, 1 bar}$) 1,117 J/mol K
- Capacidad calorífica del gas a presión constante ($C_{p, gas}$) 44,06 J/mol K a 298,15 K

¹² El límite explosivo inferior (LEL) del 6% en volumen y el punto de inflamación del metanol (12 °C) están muy relacionados. La presión de vapor de equilibrio a la temperatura del punto de inflamación es de 46 mm Hg.

¹³ El límite explosivo superior (UEL) del 36% en volumen corresponde a una temperatura de 41 °C y una presión de vapor de 274 mm Hg. La gama explosiva se extiende por un intervalo relativamente amplio de temperaturas y a una presión de vapor que es un poco más de un tercio de una atmósfera de presión. El metanol produce una mezcla explosiva de vapor en el aire dentro de la gama explosiva del 6% al 36% en volumen. Se deben tomar precauciones para garantizar que los vapores de metanol no entren en contacto con una fuente potencial de inflamación a concentraciones de vapor entre el 6% y el 36 % en volumen.

¹⁴ Ya que el metanol es miscible en agua, la aplicación de agua propagará el incendio hasta que se obtenga una relación de dilución de al menos 3/1. Las soluciones de agua y metanol son inflamables hasta una composición del 76% en volumen de agua.

¹⁵ Sitio web de Methanex Corporation www.methanex.com/methanol/techsafetydata.htm; *Lange's Handbook of Chemistry*, 10th Edition, *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 44th Edition; *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 68th Edition; *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 6th Edition; James A. Plambeck, *University Chemistry: Molar Thermodynamic Properties of Pure Substances*, © 1995; Robert D. Goodwin, "Methanol Thermodynamic Properties from 176 to 673 K at Pressures to 700 bar," *Journal of Physical and Chemical Reference Data*, October 1987, Vol. 16, Issue 4, pp. 799-892.

- Capacidad calorífica del líquido a presión constante ($C_{p \text{ líquido}}$) 79,5 J/mol K a 298,15 K
- Capacidad calorífica del sólido a presión constante ($C_{p \text{ sólido}}$) 68,39 J/mol K a 120 K
5,40 J/mol K a 20,5 K
105,00 J/mol K a 173 K
- Entalpía de fusión ($\Delta_{\text{fus}}H$) 2,196 kJ/mol a 176 K
- Entropía de fusión ($\Delta_{\text{fus}}S$) 12,5 J/mol K a 176 K
- Entalpía de transición de fases ($\Delta H_{\text{trs Cristalina} \rightarrow \text{L}}$) 3,159 kJ/mol a 175,4 K
- Calor específico 2,51 kJ/kg K; 0,6 Btu/lb-°F
- Relación de capacidad térmica, $\tilde{\alpha} = C_p/C_v$ 1,203 a 77°C
- Valor calorífico superior (HHV) 22,7 MJ/kg, 9800 Btu/lb
726 kJ/mol
- Valor calorífico inferior (LHV) 19,937 MJ/kg a 25 °C

C Información normativa, de salud y seguridad del metanol

C.1 Reglamentos y códigos de los Estados Unidos

La tabla siguiente contiene los principales reglamentos federales de OSHA, EPA y DOT en Estados Unidos que afectan la producción, el almacenamiento, el empaquetado, la distribución o el uso de metanol. La lista no incluye necesariamente todos los reglamentos y códigos pertinentes. También es necesario consultar los códigos y los reglamentos pertinentes y aplicables estatales y municipales para la planta en particular.

Reglamento / Código	Sección o parte pertinente
Occupational Safety and Health, Code of Federal Regulations – 29 CFR	Parte 1904: Recordkeeping
	Sección 1910.20: Access to Exposure and Medical Records
	Sección 1910.38: Employee Emergency Plans and Fire Protection Plans
	Sección 1910.119: Process Safety Management of Highly Hazardous Chemicals
	Sección 1910.120: Hazardous Waste Operations and Emergency Response
	Sección 1910.132 to 139: Personal Protective Equipment
	Sección 1910.146: Confined Space Entry
	Sección 1910.147: Control of Hazardous Energy (Lockout/Tagout)
	Sección 1910.151 – First Aid/Medical Service
	Sección 1910.331 to 335: Electrical Safety
	Sección 1910.1000: Air Contaminants (exposure limits)
	Sección 1910.1200: Hazard Communication

Reglamento / Código	Sección o parte pertinente
Environmental Regulations – 40 CFR	Parte 61: National Emissions Standards for Hazardous Air Pollutants
	Parte 68: Clean Air Act/Accidental Releases
	Parte 141: Safe Drinking Water
	Parte 260 a 269: Hazardous Waste Management System
	Partes 302 y 355: Release of Hazardous Substances, Emergency Planning and Notification
	Partes 370 y 372 – Hazardous Chemicals Reporting: Community Right to Know
	Parte 373: SARA Title III Reporting
	Subcapítulo R, Partes 700 a 799: Toxic Substances Control Act
Transportation Regulations: 49 CFR	Parte 106: Rulemaking Procedures
	Parte 107: Hazardous Materials Program Procedures
	Parte 171: General Information, Regulations, Definition
	Parte 172: Hazardous Materials Table, Special Provisions, Hazardous Materials Communications, Emergency Response Information, and Training Requirements
	Parte 173: Shippers, General Requirements for Shipments and Packaging
	Parte 174: Carriage by Rail
	Parte 176: Carriage by Vessel
	Parte 177: Carriage by Public Highway
	Parte 178: Specifications for Packaging
	Parte 179: Specifications for Tank Cars
	Parte 180: Continuing Qualifications and Maintenance of Packaging
	Parte 190: Pipeline Safety Program Procedures
	Parte 191 – Transportation of Natural and Other Gas by Pipeline: Annual Reports, Incident Reports and Safety Related Condition Reports

Reglamento / Código	Sección o parte pertinente
	Parte 192 – Transportation of Natural and Other Gas by Pipeline: Minimum Federal Safety Standards
	Parte 195: Transportation of Hazardous Liquids by Pipeline
Navigable and Navigable Water Regulations, 33 CFR	Parte 1 a 26, Subcapítulo A: General delegation of authority, rulemaking procedures and enforcement regulations
	Parte 126: Handling Explosives or Other Dangerous Cargoes within or Contiguous to Waterfront Facilities
	Parte 130: Financial Responsibility for Water Pollution
	Parte 153: Control of Pollution by Oil and Hazardous Substances; Discharge Removal
	Parte 154: Facilities Transferring Oil or Hazardous Materials in Bulk
	Parte 155: Oil or Hazardous Material Pollution Prevention Regulations for Vessels
	Parte 156: Oil and Hazardous Material Transfer Operations
	Partes 160 to 167, Subcapítulo P: Ports and Waterways Safety
Shipping Regulations: 46 CFR (Water Transportation)	Parte 2: Vessel Inspections
	Parte 10 a 12: Licensing and Certification of Maritime Personnel
	Parte 15: Manning Requirements
	Parte 30 a 40, Subcapítulo D: Tank Vessels
	Parte 151: Barges Carrying Bulk Liquid Hazardous Materials Cargoes

C.2 Reglamentos, normas y directrices internacionales

La tabla siguiente contiene los principales reglamentos, normas y directrices internacionales que afectan la producción, el almacenamiento, el empaquetado, la distribución o el uso de metanol. Esta lista no incluye necesariamente todos los reglamentos, normas y guías internacionales pertinentes; no obstante, merece destacar que no hay un consenso creciente de que la identificación de peligros, evaluación de riesgos y gestión de riesgos a niveles tolerables sea un requisito fundamental para la seguridad de los trabajadores. Si su organización no está aún aplicando principios de gestión de riesgo, entonces tal vez desee hacer planes para hacerlo en un futuro próximo.

Autoridad	Tema
Unión Europea (UE) / Comisión Europea (CE)	Control of Major-Accident Hazards Involving Dangerous Substances (Directive 96/82/EC)
Organization for Economic Cooperation and Development (OECD)	OECD Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness, and Response
UE / CE	Personal Protective Equipment Directive (Directive 89/686/EEC)
UE / CE	Health & Safety at Work (Directive 89/391/EEC)
UE / CE	Directive on Indicative Occupational Exposure Limit Values (DIR 2006/15/EC) & Chemical Agents at Work Directive (DIR 98/24/EC)
UE / CE	Dangerous Substances Directive (Directive 67/548/EEC)
UE / CE	Directive on Pollutant Release and Transfer Register (EC/166/2006); Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC Directive: 96/61/EC); Management of Quality of Ambient Air (96/62/EC)
UE / CE	Water Framework Directive (Directive 2000/60/EC); Quality of Drinking Water (98/83/EC)
UE / CE	Directive on Waste (2006/12/EC); Controlled Management of Hazardous Waste (91/689/EEC)
UE / CE	Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH) (EC/2006/1907)
Naciones Unidas (ONU)	Recommendations on the Transport of Dangerous Goods
International Air Transport Association (IATA)	Dangerous Good Regulations
International Maritime Organization (IMO)	International Maritime Dangerous Goods (IMDG) Codes
ICAO (Agencia de la ONU)	International Civil Aviation Organization Codes and Standards
ONU	European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (ADR)
ONU	International Regulations Concerning the Carriage of Dangerous Goods by Rail (RID)

Autoridad	Tema
UE / CE	Transport of Dangerous Goods by Road (Directive 94/55/EC)
UE / CE	Transport of Dangerous Goods by Road (Directive 96/49/EC)
UE / CE	Accidental Marine Pollution (2850/2000/EC); Maritime Safety: Prevention of Pollution from Ships (2002/84/EC); Protection of Groundwater Against Pollution (2006/118/EC)
International Standards Organization (ISO)	ISO 9001:2000: Quality Management Systems
International Electrotechnical Commissions (IEC)	<p>Functional Safety – Safety Instrumented Systems for the Process Industry Sector IEC 61511-1</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parte 1: Framework, definitions, system, hardware and software requirements • Parte 2: Guidelines for the application of IEC 61511-1 • Parte 3: Guidance for the determination of the required safety integrity levels
ANSI/AIHA Occupational Health and Safety Management Systems: Z10-2005	Fija una estipulación de referencia que requiere que los procesos estén vigentes para identificar y tomar medidas a fin de prevenir o controlar los peligros y reducir los riesgos con nuevos procesos u operaciones en la etapa de diseño.
Australian Safety and Compensation Council, Australian Government, 2006	Guidance on the Principles of Safe Design for Work
National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), 2006.	Ha anunciado una iniciativa para la prevención por diseño
American National Standards Institute (ANSI/PMMI) B155.1-2006	Safety Requirements for Packaging Machinery and Packaging-Related Converting Machinery
Society of Fire Protection Engineers (SFPE), 2006	<ul style="list-style-type: none"> • Engineering Guide to Application of Risk Assessment in Fire Protection Design • Introduction to Fire Risk Assessment
Norma de la Occupational Health and Safety Management Systems publicada por la Canadian Standards Association	CSA Z1000-2006
Industrial Safety and Health Act of Japan, rev. April 2006	Estipula, sin sanción, que los empleadores deben hacer todos los esfuerzos para implementar la evaluación de los riesgos.
International Standardization Organization (ISO 14121-1)	Safety of Machinery – Principles for Risk Assessment, 2007

Autoridad	Tema
National Fire Protection Association (NFPA), 2007	Guidance Document for Incorporating Risk Concepts Into NFPA Codes and Standards
British Standards Institute BS-OHSAS 18001, 2007	Las guías indican ahora lo siguiente: “La organización debe establecer, implementar y mantener procedimientos para la identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de los controles necesarios en curso” El término <i>riesgo tolerable</i> se ha reemplazado por <i>riesgo aceptable</i> .
China’s State Administration of Work Safety, 2008	Publicó reglamentos provisionales sobre la evaluación de riesgos.
U..K. Health and Safety Executive, 2008	Publicó cinco pasos para la evaluación de riesgos: “La ley no espera que elimine todos los riesgos, pero usted tiene la obligación de proteger a las personas tanto como sea ‘razonablemente práctico’”.
Industry Committee for Emergency Lighting Ltd.	ICEL 1008: Emergency Lighting Risk Assessment
Institute for Research for Safety and Security at Work (Quebec, Canada), 2009	Machine Safety: Prevention of Mechanical Hazards
American Society of Safety Engineers (ASSE), 2009 Technical Report Z790.001	Prevention Through Design: Guidelines for Addressing Occupational Risks in the Design and Redesign Processes
Singapore Standard SS506, 2009	Occupational Safety and Health Management Systems, Part 1: Requirements
ANSI-ITAA GEIA-STD-0010, 2009	Standard Best Practices for System Safety Program Development and Execution
ISO/IEC 31010, 2009	Risk Assessment Techniques
EN ISO 12100-2010	Safety of Machinery: General Principles for Design Risk Assessment and Risk Reduction explicitly requires risk assessments
ANSI B11.0, 2010	Safety of Machinery: General Safety Requirements and Risk Assessments

C.3 Información sobre materiales peligrosos, salud y seguridad

Información de materiales peligrosos		Información de salud y seguridad	
European Inventory of Existing Commercial Substances N.º (EINECS, N.º de Inventario Europeo de Sustancias Comerciales Existentes) (UE)	200-659-6	Límites de exposición	
Número de UN	UN 1230	TLV-TWA	262 mg/m ³ (200 ppm)
Clasificación de mercancías peligrosas		TLV-STEL	328 mg/m ³ (250 ppm)
o Clasificación primaria	3	OES-LTEL	266 mg/m ³ (200 ppm)
o Clasificación subsidiaria	6.1	OES-STEL	333 mg/m ³ (250 ppm)
o Grupo de empaquetado	PG II	MAK	270 mg/m ³ (200 ppm)
Clasificación ADR (transporte por carretera)		MAC-TGG 8 h	260 mg/m ³
o Clase	3	VME-8 h	260 mg/m ³ (200 ppm)
o Empaquetado	II	VLE-15	1,300 mg/m ³ (1000 ppm)
o Tanques con etiqueta de peligro	3+6.1	GWBB-8 h	266 mg/m ³ (200 ppm)
o Paquetes con etiqueta de peligro	3+6.1	GWK-15 min.	333 mg/m ³ 250 ppm
Clasificación RID (transporte por ferrocarril)		EC	260 mg/m ³ (200 ppm)
o Clase	3	NFPA Classification	1B Flammable Liquid
o Empaquetado	II	Clasificación de peligro de la NFPA	
o Tanques con etiqueta de peligro	3+6.1	o Salud	1
o Paquetes con etiqueta de peligro	3+6.1	o Inflamabilidad	3
Clasificación ADNR (transporte por vías fluviales del interior)		o Reactividad	0
o Clase	3		
o Empaquetado	II		
o Tanques con etiqueta de peligro	3+6.1		
o Paquetes con etiqueta de peligro	3+6.1		
Clasificación IMDG (transporte marítimo)			
o Clase	3		
o Riesgos secundarios	6.1		
o Empaquetado	II		
o MFAG	19		
Clasificación ICAO (transporte aéreo)			
Clase	3		
Riesgos secundarios	6.1		
Empaquetado	II		

D Base de datos de incidentes relacionados con el metanol (1998-2011)

D.1 Incidentes con metanol por sector, ubicación y causa

{Recopilado por el Methanol Institute por Alliance Consulting International (12/8/2011)}

Sector	Ubicación	Fecha	Tipo de siniestro	Causa	Actividad	Daños/Lesión/Muerte
Biodiesel	Staten Island, NY	3/6/2005	Incendio	Trabajo en caliente	Mantenimiento	Explosión, 1 muerte
Biodiesel	Bakersfield, CA	17/2/2006	Incendio	Eléctrico	Mantenimiento	Se quemaron 9600 pies cuadrados de edificios
Biodiesel	Parker, CO	7/5/2006	Incendio	Proceso	Operaciones	Incendio de una casa, sin heridos

MANUAL DE MANIPULACIÓN SEGURA DEL METANOL

Sector	Ubicación	Fecha	Tipo de siniestro	Causa	Actividad	Daños/Lesión/Muerte
Biodiesel	Canby, OR	23/6/2006	Incendio	Derrame	Operaciones	Incendio grande
Biodiesel	New Plymouth, ID	7/7/2006	Explosión, incendio	Trabajo en caliente	Mantenimiento	Incendio grande, una muerte
Biodiesel	Dayton, TX	14/7/2007	Incendio	Desconocida	Operaciones	Incendio
Biodiesel	Augusta, GA	21/8/2007	Explosión	Trabajo en caliente	Mantenimiento	Explosión, 1 muerte
Biodiesel	Lenoir, NC	25/8/2007	Incendio	Desconocida	Operaciones	Incendio grande, sin heridos
Biodiesel	Princess Ann, MD	18/5/2008	Explosión	Trabajo en caliente	Mantenimiento	Explosión, 1 muerte
Biodiesel	Decatur, TN	15/8/2008	Incendio	Desconocida	Desconocida	Planta inactiva destruida
Biodiesel	York, ND	8/27/2008	Incendio	Desconocida	Desconocida	Edificio de procesamiento y equipos destruidos
Biodiesel	Gasden, AL	15/9/2008	Explosión	Proceso	Mantenimiento	Voladura de la parte superior del tanque
Biodiesel	Clinton, IA	30/9/2008	Incendio	Proceso	Operaciones	Incendio pequeño, un bombero con quemaduras de vapor
Biodiesel	Houston, TX	9/2/2009	Incendio	Proceso	Mantenimiento	Incendio
Biodiesel	Brewster, MN	24/5/2009	Explosión, incendio	Desconocida	Desconocida	Varios tanques quemados
Biodiesel	Toledo, OH	15/6/2009	Explosión, incendio	Proceso	Mantenimiento	Destrucción de una línea de producción
Biodiesel	Chicago, IL	19/7/2009	Explosión	Proceso	Operaciones	Dos trabajadores quemados

MANUAL DE MANIPULACIÓN SEGURA DEL METANOL

Sector	Ubicación	Fecha	Tipo de siniestro	Causa	Actividad	Daños/Lesión/Muerte
Biodiesel	St. Cloud, FL	24/9/2009	Explosión, incendio	Desconocida	Desconocida	Destrucción de un edificio y varios tanques
Biodiesel	Savannah, GA	15/10/2009	Explosión	Proceso	Operaciones	Un herido
Biodiesel	Hoquiam, WA	2/12/2009	Explosión	Proceso	Operaciones	Tanque partido
Biodiesel	Spanish Fork, UT	25/7/2010	Incendio	Proceso	Mantenimiento	Pequeño incendio
Biodiesel	Melbourne, Australia	6/10/2010	Explosión	Trabajo en caliente	Mantenimiento	Un hombre con quemaduras graves, explosión de un tanque
Biodiesel	Summitville, TN	30/7/2011	Incendio	Eléctrico	Operaciones	Planta de biocombustible destruida, una persona con quemaduras menores
Comercial	Seattle, WA	21/7/2010	Explosión	Inintencionada	Inintencionada	Una persona muerta, otra hospitalizada
Hogar	Belleville, MO	13/4/2006	Incendio	Inintencionada	Inintencionada	Un joven con quemaduras graves
Hogar	Brisbane, Australia	19/6/2007	Explosión, incendio	Inintencionada	Inintencionada	Dos jóvenes con quemaduras graves
Hogar	Syracuse, NY	19/9/2007	Incendio	Inintencionada	Inintencionada	Dos jóvenes con quemaduras graves
Hogar	Troy, OH	14/2/2011	Incendio	Desconocida	Desconocida	Incendio de una casa, sin heridos
Industrial	Sydney, Australia	12/7/1998	Explosión, incendio	Desconocida	Desconocida	Daños materiales
Industrial	Southbridge, MA	14/12/1998	Incendio	Desconocida	Desconocida	Un trabajador herido

MANUAL DE MANIPULACIÓN SEGURA DEL METANOL

Sector	Ubicación	Fecha	Tipo de siniestro	Causa	Actividad	Daños/Lesión/Muerte
Industrial	Green River, WY	29/1/2003	Incendio	Desconocida	Desconocida	Una persona herida con quemaduras
Industrial	Buffalo, NY	13/10/2004	Derrame	Desconocida	Operaciones	Seis empleados hospitalizados
Industrial	Sydney, Australia	2/5/2005	Incendio	Desconocida	Desconocida	Daños extensos, sin heridos
Industrial	Angarsk, Rusia	24/10/2005	Explosión, incendio	Proceso	Operaciones	Daños en planta, una muerte
Industrial	Songmapping Town, China	10/11/2005	Explosión	Desconocida	Desconocida	Dos muertes
Industrial	Kuala Lumpur, Malasia	28/2/2006	Explosión, incendio	Desconocida	Mantenimiento	Tres personas muertas, una hospitalizada
Industrial	Cleveland, OH	20/4/2006	Explosión	Trabajo en caliente	Mantenimiento	Cinco hospitalizados
Industrial	Quebec, Canadá	30/8/2006	Explosión	Desconocida	Desconocida	Parte de una planta química destruida
Industrial	Kuala Lumpur, Malasia	27/8/2007	Explosión	Desconocida	Desconocida	Dos trabajadores con quemaduras
Industrial	Defiance, OH	4/1/2008	Explosión	Eléctrica	Mantenimiento	Cuatro personas heridas, planta cerrada
Industrial	Kandla, India	8/2/2008	Incendio	Desconocida	Desconocida	Se pudo prevenir un incendio catastrófico
Industrial	North County, CA	3/10/2008	Incendio	Desconocida	Operaciones	Desconocida
Industrial	Lafayette, LA	15/6/2009	Explosión, incendio	Trabajo en caliente	Mantenimiento	Una persona herida con quemaduras, 500 dólares en daños a una plataforma
Industrial	Longview, NC	24/1/2010	Explosión, incendio	Desconocida	Desconocida	Daños en la planta, sin heridos

MANUAL DE MANIPULACIÓN SEGURA DEL METANOL

Sector	Ubicación	Fecha	Tipo de siniestro	Causa	Actividad	Daños/Lesión/Muerte
Industrial	Kuala Lumpur, Malasia	22/2/2010	Explosión	Desconocida	Desconocida	Daños en la planta, sin heridos
Industrial	Belle, WV	21/9/2010	Derrame	Derrame	Mantenimiento	>160.000 lb de MeOH derramados en el Río Kanawha
Industrial	Erie, PA	14/10/2010	Incendio	Desconocida	Operaciones	Desconocida
Industrial	Sterling, CO	3/2/2011	Incendio	Trabajo en caliente	Mantenimiento	Incendio de un camión de 1,5 toneladas – sin heridos
Industrial	New Iberia, LA	14/6/2011	Explosión, incendio	Desconocida	Desconocida	Planta destruida, sin heridos
Industrial	Bernay, Francia	5/7/2011	Explosión	Desconocida	Desconocida	Sin heridos
Industrial	Pearland, TX	18/7/2011	Incendio	Desconocida	Desconocida	Tanques de la planta química, sin heridos
Tubería	Jal, N.M.	7/12/2000	Incendio	Proceso	Mantenimiento	Desconocida
Tubería	Prudhoe Bay, AK	7/2/2005	Derrame	Proceso	Mantenimiento	Derrame de 1092 galones de metanol y agua
Tubería	Deadhorse, AK	15/10/2007	Derrame	Proceso	Operaciones	1932 galones de metanol (630 galones puro); agua, aceite
Tubería	Lisburne, Alaska	16/7/2011	Derrame	Proceso	Mantenimiento	Derrame de 4200 galones de metanol y aceite en la tundra
Escuela	Akron, OH	25/1/2006	Incendio	Inintencionada	Inintencionada	Seis estudiantes y un profesor gravemente heridos
Escuela	Huntsville, TN	8/10/2007	Explosión, incendio	Inintencionada	Inintencionada	Profesor, dos estudiantes hospitalizados
Escuela	Hudson, OH	18/1/2008	Incendio	Inintencionada	Inintencionada	Dos estudiantes con quemaduras graves

MANUAL DE MANIPULACIÓN SEGURA DEL METANOL

Sector	Ubicación	Fecha	Tipo de siniestro	Causa	Actividad	Daños/Lesión/Muerte
Transporte	Kiel, WI	17/1/2000	Derrame	Colisión	Operaciones	Sin heridos
Transporte	Toledo, OH	15/3/2001	Derrame	Derrame	Operaciones	Desconocida
Transporte	Hoganas, Suecia	12/10/2011	Barco encallado	Colisión	Operaciones	Casco dañado pero sin derrame
Transporte	Vercelli, Italia	22/8/2002	Incendio	Colisión	Operaciones	Daños materiales
Transporte	Ontario, Canadá	13/2/2003	Derrame	Colisión	Operaciones	Desconocida
Transporte	Livorno, Italia	22/3/2003	Explosión, incendio	Colisión	Operaciones	Nueve personas lesionadas
Transporte	Red Wing, Mn	5/4/2003	Derrame	Colisión	Operaciones	Descarrilamiento con derrame menor
Transporte	Uberaba, Brasil	13/6/2003	Incendio, derrame		Operaciones	Daños materiales
Transporte	Jiangshan City, China	13/7/2003	Explosión, incendio		Operaciones	Daños materiales
Transporte	Edmonton, Canadá	8/10/2005	Derrame	Colisión	Operaciones	Desconocida
Transporte	Schwerte, Alemania	22/10/2005	Descarrilamiento	Colisión	Operaciones	Sin derrames ni daños
Transporte	Shenyang, China	27/1/2006	Incendio	Trabajo en caliente	Mantenimiento	Desconocida
Transporte	Butler Township, MI	30/7/2006	Explosión	Proceso	Operaciones	Una muerte
Transporte	Jingjiang City, China	15/8/2006	Explosión, incendio	Desconocida	Desconocida	Daños en barcas

MANUAL DE MANIPULACIÓN SEGURA DEL METANOL

Sector	Ubicación	Fecha	Tipo de siniestro	Causa	Actividad	Daños/Lesión/Muerte
Transporte	Devon, África	9/10/2006	Colisión	Colisión	Operaciones	Cinco muertes
Transporte	Johannesburgo, Sudáfrica	10/10/2006	Colisión, incendio	Colisión	Operaciones	Cinco personas incineradas, una quemada
Transporte	Albany, NY	5/1/2007	Colisión, incendio	Colisión	Operaciones	50 personas evacuadas de sus hogares
Transporte	Wuhan, China	2/9/2007	Incendio	Desconocida	Desconocida	Desconocida
Transporte	Bloomfield Hills, MI	27/12/2007	Derrame	Colisión	Operaciones	Derrame menor
Transporte	Stamford, CT	12/11/2009	Incendio	Colisión	Mantenimiento	Camión cisterna quemado con 6800 galones de MeOH, sin heridos
Transporte	Stamford, CT	13/6/2011	Vuelco	Colisión	Operaciones	Sin derrames ni daños
Transporte	Beijing-Xinjiang, China	4/7/2011	Incendio	Colisión	Operaciones	Dos camiones quemados, dos personas muertas (conductores)
Tratamiento de aguas residuales	Daytona Beach, FL	11/1/2006	Explosión	Trabajo en caliente	Mantenimiento	Dos personas muertas, una con quemaduras graves

D.2 Descripción de incidentes y referencia o fuente

Sector	Ubicación	Fecha	Descripción del incidente	Referencia o fuente
Biodiesel	Staten Island, NY	2/6/2001	Rectificación en tanque de glicerina en Environmental Alternatives	http://www.rebelwolf.com/essn/ESSN-Jul2005.pdf
Biodiesel	Bakersfield, CA	16/2/2002	Caja de MeOH inflamada por electricidad, incendio	http://biodieselmagazine.com/articles/830/fire-destroys-american-biofuels-facility-in-bakersfield-calif.
Biodiesel	Parker, CO	6/5/2002	Fabricante de biodiesel casero se dejó el elemento calefactor en el tanque	http://www.cdc.gov/mmwr/preview/mmwrhtml/mm5545a3.htm
Biodiesel	Canby, OR	22/6/2002	Inflamación del derrame y tanques de MeOH de plástico fundidos	Informe técnico de seguridad de biodiesel
Biodiesel	New Plymouth, ID	6/7/2002	Explosión debida a chispas de soldadura	http://www.fox12idaho.com/Global/story.asp?S=5162251&nav=menu439_2
Biodiesel	Dayton, TX	13/7/2003	Derrame e inflamación de MeOH	Informe técnico de seguridad de biodiesel
Biodiesel	Augusta, GA	20/8/2003	Soldadura encima de un tanque	Informe técnico de seguridad de biodiesel
Biodiesel	Lenoir, NC	24/8/2003	Tanques destruidos después de una parada	Informe técnico de seguridad de biodiesel
Biodiesel	Princess Ann, MD	17/5/2004	Soldadura	Informe técnico de seguridad de biodiesel

MANUAL DE MANIPULACIÓN SEGURA DEL METANOL

Sector	Ubicación	Fecha	Descripción del incidente	Referencia o fuente
Biodiesel	Decatur, TN	14/8/2004	Desconocida	Informe técnico de seguridad de biodiesel
Biodiesel	York, ND	26/8/2004	Desconocida	Informe técnico de seguridad de biodiesel
Biodiesel	Gasden, AL	14/9/2004	Elemento calefactor defectuoso de equipos de biodiesel	Informe técnico de seguridad de biodiesel
Biodiesel	Clinton, IA	29/9/2004	Pequeño incendio en columna principal de recuperación de biodiesel	Informe técnico de seguridad de biodiesel
Biodiesel	Houston, TX	8/2/2005	Rotura del sello mecánico de la bomba de circulación	Informe técnico de seguridad de biodiesel
Biodiesel	Brewster, MN	23/5/2005	Desconocida	Informe técnico de seguridad de biodiesel
Biodiesel	Toledo, OH	14/6/2005	Inflamación de biodiesel debido a válvula de seguridad de control de vacío defectuosa	Informe técnico de seguridad de biodiesel
Biodiesel	Chicago, IL	18/7/2005	Mezcla de glicerina y ácido sulfúrico, Columbus Food Co.	http://www.chitowndailynews.org/Chicago_news/OSHA_launches_investigation_at_plant_that_exploded,30103
Biodiesel	St. Cloud, FL	23/9/2005	Desconocida, posiblemente rayo	Informe técnico de seguridad de biodiesel
Biodiesel	Savannah, GA	14/10/2005	Reactor usado para almacenar biodiesel	Informe técnico de seguridad de biodiesel
Biodiesel	Hoquiam, WA	1/12/2005	Exceso de presión en el tanque de glicerina	Informe técnico de seguridad de biodiesel

MANUAL DE MANIPULACIÓN SEGURA DEL METANOL

Sector	Ubicación	Fecha	Descripción del incidente	Referencia o fuente
Biodiesel	Spanish Fork, UT	24/7/2006	Rotura de la tubería de transferencia del MeOH	Informe técnico de seguridad de biodiesel
Biodiesel	Melbourne, Australia	5/10/2006	Soldadura encima de un tanque	http://www.heraldsun.com.au/news/victoria/man-critical-after-factory-explosion/story-e6frf7kx-1225934873475
Biodiesel	Summitville, TN	29/7/2007	Chispas de motor en tanque de metanol	http://www.wkrn.com/story/15181803/bio-diesel-plant-destroyed-in-fire?clienttype=printable
Comercial	Seattle, WA	20/7/2006	Inflamación intencionada sobre un barril de MeOH	http://www.komonews.com/news/local/98960929.html
Hogar	Belleville, MO	12/4/2002	Incendio de juguete con combustible de MeOH	http://www.evesun.com/printedition/pdfs/2007-09-19.pdf
Hogar	Brisbane, Australia	18/6/2003	Jugando con MeOH y fuego; explosión	Eos Environmental
Hogar	Syracuse, NY	18/9/2003	Incendio de mezcla de MeOH, retorno al combustible	Eos Environmental
Hogar	Troy, OH	13/2/2007	Desconocida-150 galones de MeOH para automóviles de carreras en garaje	http://www.whiotv.com/news/26854632/detail.html
Industrial	Sydney, Australia	11/7/1994	Entre los productos químicos se encontraban etanol, metanol y esencias blancas – desconocida	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List

MANUAL DE MANIPULACIÓN SEGURA DEL METANOL

Sector	Ubicación	Fecha	Descripción del incidente	Referencia o fuente
Industrial	Southbridge, MA	13/12/1994	Incendio de metanol en una planta especializada en fibra óptica, desconocida	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
Industrial	Green River, WY	28/1/1999	Desconocida, incendio instantáneo en pozo	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
Industrial	Buffalo , NY	12/10/2000	Mezcla de acetonitrilo y metanol derramada en una compañía de fabricación de artículos médicos	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
Industrial	Sydney, Australia	1/5/2001	Desconocida, horno de gas con metanol	http://ctif-hazmat.gasilci.org/modules/news/article.php?storyid=36
Industrial	Angarsk, Rusia	23/10/2001	Desestabilización de proceso en Angarsk Petrochemical	http://www.icis.com/Articles/2005/10/24/1015565/russias-angarsk-methanol-plant-hit-by-explosion.html
Industrial	Songmaping Town, China	9/11/2001	Desconocida	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
Industrial	Kuala Lumpur, Malasia	27/2/2002	Explosión de un tanque de MeOH durante el mantenimiento	Eos Environmental
Industrial	Cleveland, OH	19/4/2002	Chispas de trabajo en caliente en pasarela sobre tanque de MeOH causó una explosión	Eos Environmental

MANUAL DE MANIPULACIÓN SEGURA DEL METANOL

Sector	Ubicación	Fecha	Descripción del incidente	Referencia o fuente
Industrial	Quebec, Canadá	29/8/2002	Desconocida, chispa causó una explosión, incendio	Eos Environmental
Industrial	Kuala Lumpur, Malasia	26/8/2003	Desconocida; planta de metanol Petronas	http://www.koreanpress.net/news/view.asp?msection=1&ssection=2&idx=598
Industrial	Defiance, OH	3/1/2004	Inflamación de vapores de MeOH en almacén debido al abrepuestas del garaje	Eos Environmental
Industrial	Kandla, India	7/2/2004	Desconocida; incendio de tanque de metanol apagado con agua de mar	Eos Environmental
Industrial	North County, CA	2/10/2004	Desconocida; incendio de pequeña cantidad de metanol en un horno en una instalación de equipos de diagnóstico médicos	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
Industrial	Lafayette, LA	14/6/2005	Soldadura en tanque de plataforma marina de extracción de petróleo de Mariner Energy	http://blog.chron.com/newswatchenergy/2010/09/mariner-involved-in-13-gulf-accidents-since-06-seven-with-violations/
Industrial	Longview, NC	23/1/2006	Tailored Chemicals – origen desconocido – almacena MeOH y etanol	http://firenews.net/index.php/news/news_article/20100126_news_four_alarm_fire_at_local_catawba_plant/

MANUAL DE MANIPULACIÓN SEGURA DEL METANOL

Sector	Ubicación	Fecha	Descripción del incidente	Referencia o fuente
Industrial	Kuala Lumpur, Malasia	21/2/2006	Desconocida; planta de metanol Petronas	http://uk.reuters.com/article/2010/02/22/petronas-fire-idUKSGE61L0E520100222
Industrial	Belle, WV	20/9/2006	Fugas de equipos	http://www.newsandsentinel.com/page/content.detail/id/118720/W-Va--DEP-investigates-methanol-spill-in-river-.html?isap=1&nav=5071
Industrial	Erie, PA	13/10/2006	Vapores de metanol inflamados y llamaradas de una chimenea de descarga en un taller de fundición	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
Industrial	Sterling, CO	2/2/2007	Uso de un soplete para quitar pernos de un taque de agua y metanol	http://www.journal-advocate.com/sterling-local_news/ci_17283330
Industrial	New Iberia, LA	13/6/2007	Desconocida, planta de múltiples productos químicos con MeOH, xileno, tolueno	http://www.nola.com/business/index.ssf/2011/06/firefighting_cr_ews_enter_new_i.html
Industrial	Bernay, Francia	4/7/2007	Causa desconocida para tanque de disolvente de metanol en Ceisa Packaging	http://www.saunalahti.fi/ilicity/PI1127.htm
Industrial	Pearland, TX	17/7/2007	Desconocida; tanques con metanol y aceite mineral	http://www.yourhoustonnews.com/pearland/news/article_c2b4f932-615c-5066-92d5-56efd0921d0b.html

MANUAL DE MANIPULACIÓN SEGURA DEL METANOL

Sector	Ubicación	Fecha	Descripción del incidente	Referencia o fuente
Tubería	Jal, N.M.	6/12/1996	Rotura y estallido de tubería de gas natural con llamas, inflamando los dos tanques llenos de metanol y glicol en una refinería de gasolina	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
Tubería	Prudhoe Bay, AK	6/2/2001	Corrosión de tubería de inyección DS 11, falta de aislamiento	http://www.dec.state.ak.us/spar/perp/response/sum_fy05/050217301/050217301_index.htm
Tubería	Deadhorse, AK	14/10/2003	Perforación de tubería D de DS-16	http://www.dec.state.ak.us/spar/perp/response/sum_fy08/071015301/071015301_index.htm
Tubería	Lisburne, Alaska	15/7/2007	Rotura de tubería de BP durante prueba de presión de válvula para el mantenimiento	http://www.msnbc.msn.com/id/43795063/ns/us_news-environment/t/methanol-spill-reported-bp-alaska-oil-field/
Escuela	Akron, OH	24/1/2002	Inflamación de vapores de MeOH	http://www.ohio.com/news/students-burned-in-lab-fire-settle-1.87719
Escuela	Huntsville, TN	7/10/2003	La demostración de MeOH produjo la explosión de la probeta, incendio	Eos Environmental
Escuela	Hudson, OH	17/1/2004	Experimento de Química en una escuela; incendio	Eos Environmental
Transporte	Kiel, WI	16/1/1996	Derrame después de un descarrilamiento de vagón cisterna con vuelco	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List

MANUAL DE MANIPULACIÓN SEGURA DEL METANOL

Sector	Ubicación	Fecha	Descripción del incidente	Referencia o fuente
Transporte	Toledo, OH	14/3/1997	Pequeña cantidad de fugas de metanol en la playa de ferrocarril de un vagón cisterna	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
Transporte	Hoganas, Suecia	11/10/1997	Encallamiento de un barco de 3000 toneladas de MeOH en niebla espesa	http://info.tse.fi/dagob/documents/Dangerous%20Goods%20Related%20Incidents%20and%20Accidents%20in%20the%20Baltic%20Sea%20Region%20PDF%20final.pdf
Transporte	Vercelli, Italia	21/8/1998	Tren de mercancías que contiene metanol descarrilado, roto y quemado	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
Transporte	Ontario, Canadá	12/2/1999	Vagones de mercancías que transportan metanol gaseoso y estireno, descarrilado y con fugas	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
Transporte	Livorno, Italia	21/3/1999	Colisión de barco con el muelle mientras se remolca	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
Transporte	Red Wing, Mn	4/4/1999	Descarrilamiento de tren con metanol	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
Transporte	Uberaba, Brasil	12/6/1999	Descarrilamiento de un tren en un río e inflamación resultante en un incendio grande Fugas de metanol en el río	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List

MANUAL DE MANIPULACIÓN SEGURA DEL METANOL

Sector	Ubicación	Fecha	Descripción del incidente	Referencia o fuente
Transporte	Jiangshan City, China	12/7/1999	Colisión con un camión cargado con carbón y un tren que transporta metanol	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
Transporte	Edmonton, Canadá	7/10/2001	Camión de cisterna haciendo un giro de 180 grados y perforación de un tanque, fugas de metanol	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
Transporte	Schwerte, Alemania	21/10/2001	Tres vagones cisterna de metanol descarrilados	http://info.tse.fi/dagob/documents/Dangerous%20Goods%20Related%20Incidents%20and%20Accidents%20in%20the%20Baltic%20Sea%20Region%20PDF%20final.pdf
Transporte	Shenyang, China	26/1/2002	Camión de metanol incendiado después de que el conductor calentara una válvula congelada en un almacén	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
Transporte	Butler Township, MI	29/7/2002	Chispa formada cuando un trabajador estaba echando metanol que produjo una explosión	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
Transporte	Jingjiang City, China	14/8/2002	Desconocida; incendio de dos barcasas cargadas con metanol	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
Transporte	Devon, África	8/10/2002	Colisión de automóvil con camión de metanol	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?table=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List

MANUAL DE MANIPULACIÓN SEGURA DEL METANOL

Sector	Ubicación	Fecha	Descripción del incidente	Referencia o fuente
Transporte	Johannesburg , Sudáfrica	9/10/2002	Incendio causado por una colisión de camión cisterna de MeOH con un vehículo	Eos Environmental
Transporte	Albany, NY	4/1/2003	Incendio de vagón de ferrocarril con MeOH de CSX	Eos Environmental
Transporte	Wuhan, China	1/9/2003	Desconocida; incendio propagado por cuatro recipientes con metanol en un muelle	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?tab=e=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
Transporte	Bloomfield Hills, MI	26/12/2003	Vuelco de un camión cisterna de metanol que causó un derrame pequeño	http://www.fireworld.com/incident_logs/incident_log2.php?tab=e=incidents&cmd=search&mode=normal&month=08&year=2011&submit=List
Transporte	Stamford, CT	11/11/2005	Incendio de un camión cisterna debido a un funcionamiento defectuoso de un neumático.	http://www.local830.org/index.cfm?zone=/unionactive/view_article.cfm&HomeID=144049&page=200920Incident20Archive
Transporte	Stamford, CT	12/6/2007	Vuelco de camión cisterna con 8.000 galones de MeOH	http://www.wtnh.com/dpp/news/fairfield_cty/tanker-carrying-methanol-closes-i-95-northbound-in-stamford
Transporte	Beijing-Xinjiang, China	3/7/2007	Colisión de camión con camión de MeOH de 30 toneladas	http://www.globaltimes.cn/NEWS/tabid/99/articleType/ArticleView/articleId/664422/2-truckers-killed-in-fiery-crash.aspx

MANUAL DE MANIPULACIÓN SEGURA DEL METANOL

Sector	Ubicación	Fecha	Descripción del incidente	Referencia o fuente
Tratamiento de aguas residuales	Daytona Beach, FL	10/1/2002	Vapores inflamados de MeOH por trabajo en caliente	Eos Environmental