



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE
MEXICO**



FACULTAD DE QUÍMICA

**“IDENTIFICACIÓN DE COMPUESTOS ORGÁNICOS DE UNA REACCIÓN DE
ESTERIFICACIÓN EN EFLUENTE DE DESECHO”**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO QUIMICO

PRESENTA:

Carlos Alberto Mejía Pedraza

Asesor Académico

Dr. Armando Ramírez Serrano

Asesor Adjunto

Dr. Raúl Alberto Morales Luckie

Asesor Externo

Q. Sergio Colín Escobar

Octubre de 2012





Toluca, México, 10 de septiembre de 2012

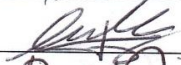
P. I.Q. CARLOS ALBERTO MEJÍA PEDRAZA
FACULTAD DE QUÍMICA, UAEM.
P R E S E N T E

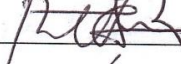
La Dirección de la Facultad de Química de la UAEM, comunica a Usted que el Jurado de su Evaluación Profesional, en la modalidad **TESIS**, estará formado por:

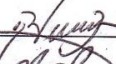
Dr. ARMANDO RAMÍREZ SERRANO
PRESIDENTE
Dra. THELMA BEATRIZ PAVÓN SILVA
PRIMER VOCAL
M. en C. A. MARÍA MAGDALENA GARCÍA FABILA
SEGUNDO VOCAL
Dr. RAÚL ALBERTO MORALES LUCKIE
TERCER VOCAL
Dra. REYNA NATIVIDAD RANGEL
SECRETARIO
Dra. GABRIELA ROA MORALES
SUPLENTE
Dra. PATRICIA BALDERAS HERNÁNDEZ
SUPLENTE

















Sin más por el momento le envió un respetuoso saludo.

ATENTAMENTE
PATRIA, CIENCIA Y TRABAJO
"2012, Año Internacional de la Energía Sostenible para Todos"


M. en A. P. GUADALUPE OFELIA SANTAMARÍA GONZÁLEZ
DIRECTORA



U. A. E. M.
FACULTAD DE QUÍMICA
DIRECCION

c.c.p. Expediente
c.c.p. Archivo.



DEDICATORIAS

A Dios por brindarme la oportunidad de terminar esta meta y siempre guiar mi camino.

A mi familia por haberme brindado todo su apoyo, comprensión y ayuda en todo momento, por lo que le dedico de forma especial este trabajo.

A la Banda por siempre contar con su compañía y su invaluable amistad. Y por todos los buenos recuerdos que vivirán durante largo tiempo: David Valle, Rodolfo Salvador Tutorado, Lupita Coria, Juan Rodolfo, Viki Rodríguez, Jona Meza. A todos los que me acompañaron a lo largo de la carrera.

Gracias.

AGRADECIMIENTO

Agradezco al doctor Armando Ramírez por brindarme la oportunidad de trabajar con él en esta tesis así como al doctor Raúl A. Morales Luckie agradezco los consejos y la paciencia.

Agradezco a la doctora Ma. Guadalupe Maya por su apoyo y enseñanzas que me hicieron tener una mejor perspectiva para mi trabajo.

Y a todos los profesores que me apoyaron a lo largo de la carrera.

Índice General

Resumen del Proyecto	9
Capítulo 1_Antecedentes	10
Antecedentes	11
1.1 Producción Mundial de Metacrilato de Metilo.....	11
1.2 Metacrilato de Metilo (MMA o PMMA).....	12
1.3 Métodos de Obtención de MMA.....	13
1.4 Identificación de compuestos orgánicos	14
1.5 Método de obtención de MMA más utilizado en México y el mundo	14
1.5.1 Procesos de Esterificación y Mecanismo Básico.....	14
1.5.2 Método de obtención del MMA por cianhidrina	15
1.5.3 Mecanismo de Reacción (ACN).....	17
1.6 Métodos de Tratamiento de Residuos	17
1.7 Usos del MMA	18
1.8 Reactor por lotes.....	19
1.9 Cromatografía de gases	20
1.9.1 Sistema de inyección de muestra	21
1.9.2 Columnas y sistemas de control de temperatura.....	21
1.9.3 Detectores	22
HIPÓTESIS	23
Objetivos	24
Capitulo 2_Metodología.....	26
METODOLOGÍA.....	27
2.1 Materiales, Equipo y Reactivos.....	27
2.1.1 Materiales	27
2.1.2 Equipo de laboratorio	27
Accesorios del reactor	28
Cromatógrafo de Gases.....	29
2.1.3 Equipo de protección personal para la experimentación	30
2.1.4 Reactivos.....	30
2.2 Procedimiento de la experimentación en el reactor	30
2.3 Diagrama de Proceso	33

2.4 Análisis Químico	34
2.4.1 Análisis Cromatográfico	34
2.5 Análisis de pH	35
2.6 Análisis de Sólidos Totales	35
Capítulo 3 Resultados Y Discusiones.....	36
3. Resultados y discusiones	37
3.1 Prueba No.1	37
3.2 Prueba No.5.....	39
3.3 Resumen de resultados.....	42
3.4 Análisis de pH.....	42
3.5 Análisis de Sólidos Totales	43
3.6 Toxicología.....	45
Capitulo 4 Conclusiones Y Recomendaciones	47
4. Conclusiones y Recomendaciones	48
Bibliografía.....	49
Anexos	52
ANEXO 1 Mecanismo de reacción de esterificación	53
ANEXO 2. Análisis de prueba 2	54
ANEXO 3. Análisis de prueba 3	55
ANEXO 4. Análisis de prueba 4	56
ANEXO 5. Hojas de Seguridad.....	57

Índice de Figuras

Figura 1. Crecimiento de consumo de metacrilato de metilo MMA a nivel mundial	12
Figura 2 Estructura de Metacrilato de Metilo formula $\text{CH}_2=\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOCH}_3$ [11].	12
Figura 3 Estructura de un éster.....	14
Figura 4 Ejemplo de Reacción de Esterificación [14].....	15
Figura 5 Reacción para obtención de metacrilato de metilo.[12].....	15
Figura 6 Mecanismo de reacción propuesto para la formación del MMA	17
Figura 7 Acrílico de colores [2].....	18
Figura 8 Acrílico en pantallas a color HD [2].....	19
Figura 9 Diagrama de operación del cromatógrafo de gases	20
Figura 10 Reacción principal de cianohidrina para la creación del MMA.....	27
Figura 11 Reactor por lotes del laboratorio de reactores de ingeniería química de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM)	28
Figura 12 Diagrama de Proceso Utilizado en el Laboratorio de Reactores de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM).....	33
Figura 13 Prueba No. 1	37
Figura 14 Picos de importancia de la prueba 1	38
Figura 15 Cromatograma de la caracterización del MMA prueba 1.....	38
Figura 16 Fotografía del efluente resultante después de la reacción de la prueba No. 1.	39
Figura 17 Prueba No. 5	40
Figura 18 Picos de importancia de la prueba No. 5.....	40
Figura 19 Cromatograma de la caracterización del MMA.....	41
Figura 20 Fotografía del efluente resultante después de la reacción de la prueba No. 5.	41
Figura 21. Rombo NFPA.....	46
Figura 22 Protonación del grupo carboxilo [14].....	53
Figura 23 Ataque nucleófilo del metanol al carbono del grupo carboxilo (Adición) [14]	53
Figura 24 Eliminación de agua [14].....	53
Figura 25 Cromatograma de picos de interés de la prueba 2.....	54
Figura 26 Cromatograma de picos de interés de la prueba 3.....	55
Figura 27 Cromatograma de picos de interés de la prueba 4.....	56

Índice de Tablas

Tabla 1 Material de laboratorio.....	27
Tabla 2 Características más importantes del controlador de temperatura y motor	29
Tabla 3 Características más importantes del reactor por lotes.....	29
Tabla 4 Datos técnicos del cromatógrafo de gases.....	30
Tabla 5 Condiciones experimentales a las que se llevó la reacción en el reactor por lotes del laboratorio de reactores de ingeniería química de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM)	32
Tabla 6 Resultados Cromatográfico	42
Tabla 7 pH de las diferentes pruebas realizadas en el laboratorio de Reactores de Ingeniería química de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM)	42
Tabla 8 Análisis de sólidos totales realizado al producto de la reacción.....	43
Tabla 9 Composición del efluente.....	44
Tabla 10 Calculo de MMA total en muestra de 17 cm3	44
Tabla 11 resumen del cromatograma de la prueba 2.....	54
Tabla 12 resumen del cromatograma de la prueba 3.....	55
Tabla 13 resumen del cromatograma de la prueba 4.....	56

Resumen del Proyecto

En las últimas décadas, una gran cantidad de investigadores se han dedicado al estudio de la recuperación, reutilización, reciclaje y eliminación de los residuos contaminantes de los efluentes a nivel industrial, y cada día ha tomado más interés este campo con la finalidad de cuidar el medio ambiente.

Para evitar la contaminación proveniente de los efluentes industriales, el enfoque principal ha estado dirigido a la optimización de los procesos industriales; considerando las materias primas, flujos de reactivos, condiciones de operación y diseño de equipos, en el sentido de no generar residuos peligrosos y tóxicos. Otras líneas de investigación son el tratamiento de los efluentes, la separación y/o recuperación de especies químicas útiles para la industria química y agrícola entre otras.

En este sentido, el propósito de este proyecto de investigación fue realizar un estudio teórico-práctico para la identificación de compuestos orgánicos provenientes del efluente de un proceso de esterificación del MMA (metacrilato de metilo), dando pie a una posible recuperación de especies útiles de este proceso.

Para la identificación y la posible recuperación de uno de los compuestos orgánicos más importantes como es el MMA se planteó una serie de experimentos modificando las variables de temperatura y presión en un reactor por lotes. El análisis cuantitativo se realizó por medio de cromatografía de gases cuyos resultados reflejan la posibilidad de recuperar el MMA.

Capítulo 1

Antecedentes

Antecedentes

En las últimas décadas, un gran número de investigadores han realizado trabajos acerca de la recuperación, reciclaje y eliminación de los residuos de contaminantes de los efluentes provenientes de las reacciones de esterificación a nivel industrial con la finalidad de cuidar el medio ambiente.

Conforme a los lineamientos de la Directiva marco de aguas establece que los desechos del metacrilato de metilo pueden causar daños secundarios tales como irritación en ojos y piel (alergias) así como problemas en zona hepática. Con la exposición en el medio ambiente puede llegar a causar cáncer en las poblaciones aledañas. ^[16 y 17]

Para evitar la contaminación proveniente de los efluentes industriales, se ha invertido una cantidad apreciable de dinero para la optimización de procesos industriales; considerando escenarios de operación óptimas, flujos de reactivos, diseño de equipo, tratamiento de efluentes, separación y/o recuperación de especies químicas útiles para la industria. Con la intención de recuperar compuestos orgánicos de desechos útiles para la industria de los acrílicos, se ha realizado un estudio teórico-práctico, el cual se dirige a la recuperación del MMA proveniente de la reacción de esterificación.

1.1 Producción Mundial de Metacrilato de Metilo

La producción del metacrilato de metilo (MMA) o poli-metacrilato de metilo (PMMA) aparece aproximadamente en 1928, cuando el químico alemán W. Bauer desarrolló un nuevo material plástico transparente capaz de sustituir al vidrio, con las ventajas de que no se astilla, tiene mayor resistencia a impactos y la misma transparencia que un vidrio. ^[10]

El MMA es un monómero que se emplea en la fabricación de distintos productos de acrílico, como lámparas, aparatos eléctricos entre otras aplicaciones. En cuanto a la producción nacional mexicana es importante mencionar que representan un impacto significativo en el mercado mundial debido a su crecimiento tanto en la producción como el consumo de este producto; sin embargo, los efluentes de estos procesos contienen residuos como el bisulfato de amonio y de algunos sub-productos tóxicos que pueden dañar el medio ambiente. ^[10]

La producción mundial se estima en unos 3,2 millones de toneladas/año. Los principales productores mundiales son: Cyro, Arkema, BASF, Dow Chemical, Lucite, Celanese, Mitsubishi Rayon y Sumitomo. La mayoría de los productores aplican una ruta que parte de acetona y de cianuro de hidrógeno como materias primas. Esta ruta genera bisulfato de amonio como subproducto. ^[5]

La demanda de MMA ha estado creciendo a 4.5% por año desde 2002 y se espera que se incremente del 7.5 al 9.5% por año en los próximos 20 años. ^[5]

En Estados Unidos de América la demanda del MMA se prevé que crezca en un 3% por año en el largo plazo, menor que el crecimiento de la demanda mundial. Esto beneficia a los países productores de este monómero ^[5].

En la figura 1 se muestra como se ha incrementado el consumo del MMA en los continentes que tienen un mayor impacto en la industria de los acrílicos.

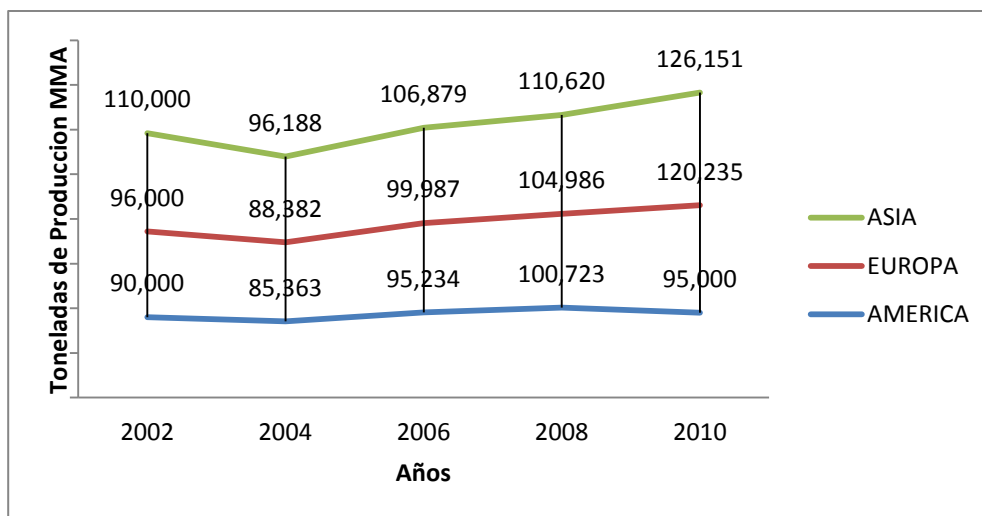


Figura 1. Crecimiento de consumo de metacrilato de metilo MMA a nivel mundial

De acuerdo a la producción de metacrilato de metilo a nivel nacional, se emite como efluente aproximadamente 200,000 Ton/año^[9], el cual debe ser tratado antes de ser enviado a algún proceso, debido a que contienen residuos que son altamente contaminantes. Por otro lado, de acuerdo a la cantidad de materia orgánica que puede recuperarse representaría el 23 % del efluente y con posibilidades de reutilizarse algunas de sus especies.^[4]

1.2 Metacrilato de Metilo (MMA o PMMA)

La estructura molecular del metacrilato de metilo (MMA) se muestra en la Figura 2 y las propiedades físicas se mencionan a continuación^[11]:

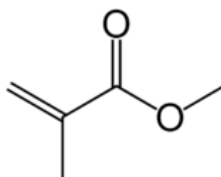


Figura 2. Estructura de Metacrilato de Metilo formula $CH_2=C(CH_3)COOCH_3$ [11].

También se le puede llamar éster de ácido Metacrílico, cuya fórmula química es: $CH_2=C(CH_3)COOCH_3$; con un punto de inflamación de 10°C; de apariencia líquida incoloro; olor característico; un punto de ebullición de 100.3°C; punto de fusión de 146.9°C y una viscosidad de 0.6 mPa a 20°C

1.3 Métodos de Obtención de MMA

A continuación se mencionan algunos procesos para la obtención del MMA:

Evonik ha desarrollado un proceso eficiente de cianohidrina para evitar la producción de bisulfato de amonio como sub-producto mediante el uso de un nuevo catalizador, que elimina la necesidad de emplear el ácido sulfúrico en el proceso junto con la unidad de recuperación de ácido asociado. Evonik afirma que esto podría ser un ahorro considerable en los costos de producción; sin embargo, la inversión es elevada por el tipo de catalizador y equipos requeridos para este proceso.^[6]

La ventaja de este método es que no se ocupa el ácido sulfúrico, esto implica que no se produce el bisulfato de amonio y reduce las emisiones contaminantes al ambiente; además, la alta corrosión a los equipos. La desventaja es el alto costo de inversión.^[6]

El proceso Alfa consiste en esencia de tres pasos: dos reacciones catalíticas y una compleja serie de destilaciones en la etapa de separación de productos finales. Desarrollo de las etapas catalíticas; cada una está cubierta por una serie de patentes clave. En la primera etapa, etileno, metanol, monóxido de carbono reacciona en la fase líquida en condiciones moderadas (10 bar y 100 °C) con un catalizador homogéneo ligando a base de paladio fosfina, para producir propionato de metilo (MEP C₄H₈O₂)^[15], esencialmente sin subproductos. El MEP se utiliza en la segunda etapa, para reaccionar con el formaldehído en la fase gaseosa sobre un catalizador de lecho fijo heterogéneo en presencia de metanol, para producir MMA y agua. El MMA se separa de los otros componentes con procesos de destilación.^[6]

Las ventajas más notables de este proceso son la baja obtención de residuos así como de la separación del MMA del resto de los componentes ya que también se pueden recuperar otros compuestos.^[6]

La desventaja es el alto costo del catalizador y del equipo así como también el mantenimiento del mismo.^[6]

Eastman Chemical, Research Triangle Institute y Bechtel han desarrollado un proceso de tres pasos de gas de síntesis. El primer paso del proceso es la producción de ácido propanoico a partir del etileno y el gas de síntesis, que es la fuente de monóxido de carbono en la reacción, se mantienen con un catalizador de molibdeno y un grupo homogéneo de yodo a una temperatura de 150 a 200°C y a una presión de 30 a 70 atmósferas.

En el segundo paso, el ácido propanoico se hace reaccionar con el formaldehído para producir ácido metacrílico (MAA) con un catalizador heterogéneo bifuncional ácido-base de niobio (sílice compatible).

Por último, la esterificación con metanol se lleva a cabo para producir metacrilato de metilo (MMA).^[6]

Las ventajas que se presentan en este proceso son la reducción considerable de efluentes tóxicos. La desventaja es el costo de inversión.

1.4 Identificación de compuestos orgánicos

La identificación y/o caracterización de un compuesto orgánico lleva consigo el manejo de un sinfín de técnicas y es, por supuesto, muchísimo más compleja que la problemática que puede presentar un compuesto inorgánico, ya que aquí no se dispone de una marcha sistemática que permita reconocer cada sustancia, grupo o radical, debido fundamentalmente a la extraordinaria complejidad de la estructura de las moléculas orgánicas.^[20]

Se inicia con una investigación de la sustancia a determinar, mediante un análisis elemental, lo que nos permitiría conocer los elementos que la componen. Una vez conocidos éstos, habría que determinar la fórmula más sencilla del compuesto investigado, su peso molecular, su fórmula estructural y sus propiedades moleculares.^[20]

El carbono, elemento característico de toda sustancia orgánica, así como el hidrógeno, se suelen reconocer mediante la oxidación. Existen algunos métodos de caracterización o identificación como la espectroscopia de resonancia magnética (RMN), por medio del infrarrojo (IR), cromatografías de gases, cromatógrafo de permeabilidad (GPC¹), etc.^[21]

Para la caracterización de los compuestos que se mencionan en este trabajo se utilizo la cromatografía de gases masa ya que es un método con mayor precisión.^[20]

1.5 Método de obtención de MMA más utilizado en México y el mundo

1.5.1 Procesos de Esterificación y Mecanismo Básico

Se denomina esterificación al proceso por el cual se sintetiza un éster. Un éster es un compuesto derivado formalmente de la reacción química entre un ácido carboxílico y un alcohol.^[13]

Comúnmente cuando se habla de ésteres se hace alusión a los ésteres de ácidos carboxílicos, sustancias cuya estructura es presenta en la Figura 3, donde R y R' son grupos alquilo.^[13]

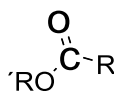


Figura 3. Estructura de un éster

La reacción para obtener ésteres a partir de ácidos carboxílicos tiene un mecanismo muy sencillo el cual se encuentra ejemplificado en el anexo 1 del presente

¹ Equipo que permite la separación de componentes de una mezcla polimerica por componente y por distribución de los mismos.

trabajo. ^[14] En la industria mexicana se producen ésteres para diferentes procesos y uno de ellos es en la producción de MMA la cual esta descrita a continuación. ^[14]

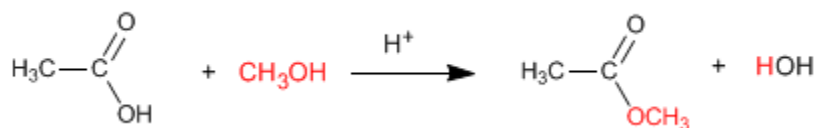


Figura 4. Ejemplo de Reacción de Esterificación [14]

1.5.2 Método de obtención del MMA por cianhidrina

El proceso de obtención del MMA se basa en la ruta de cianohidrina(ACN) partiendo de la reacción de la acetona y cianuro de hidrógeno. ^[6,9]

La adición del ácido sulfúrico convierte la cianhidrina en sulfato de metacrilamida y al tratarla con una mezcla de metanol/agua a una temperatura moderada forma MMA y bisulfato de amonio. ^[6,9,12]

En la Figura 5 se presenta la ruta química de este proceso: ^[12]

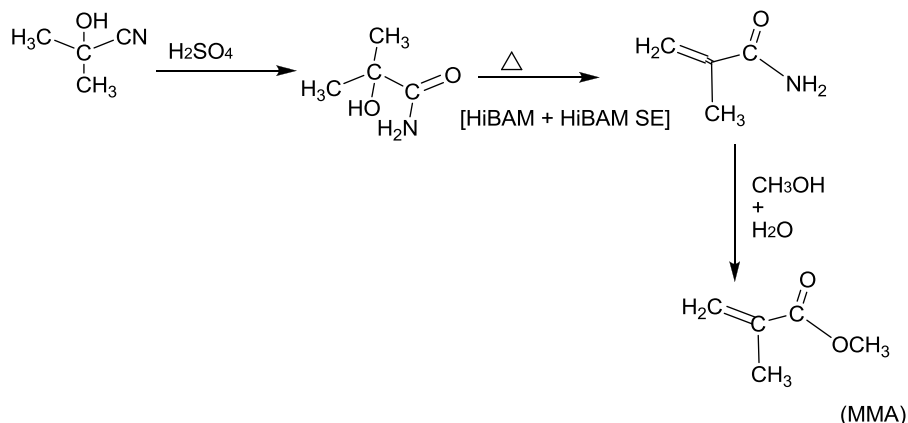


Figura 5. Reacción para obtención de metacrilato de metilo.[12]

Este proceso se ha utilizado desde la segunda guerra mundial hasta la fecha en muchas plantas. Sin embargo, es necesario tomar las precauciones de seguridad necesarias ya que este tipo de materiales contiene una gran concentración de bisulfatos de amonio y ácido sulfúrico que contaminan el agua y el suelo además de los gases que se expulsan a la atmósfera. ^[6,12]

La producción de MMA implica dos pasos fundamentales a considerarse: Síntesis del polímero y el moldeo o deformación del acrílico hasta su forma definitiva (este segundo paso no es objeto de estudio en este trabajo).

Para llevar a cabo el primer paso se sigue el mecanismo de reacción presentado en la Figura 6, en donde:

- ✓ La reacción inicia con la deshidratación del cianuro de hidrógeno con el ácido sulfúrico, en donde se rompe el triple enlace.
- ✓ Al romperse este triple enlace queda una carga positiva atrayendo al ion sulfato de hidrógeno.
- ✓ Al unirse este ion un par de electrones del oxígeno ataca un hidrógeno y libera el ion sulfato
- ✓ El par de electrones del nitrógeno ataca al hidrógeno del oxígeno para la formación de un doble enlace entre el carbono y el oxígeno y así poder eliminar el doble enlace del carbono-nitrógeno. Aquí se forma la amina pero sigue sin ser un buen grupo saliente.
- ✓ En este paso el primer oxígeno se lleva un hidrógeno de otra molécula de ácido sulfúrico para liberar agua dejando una carga positiva en el carbono es decir el carbocatión.
- ✓ El oxígeno del agua atrae un hidrógeno para formar un ion hidronio y en la amina se forma un doble enlace carbono-carbono.
- ✓ Aquí se da una reacción in-situ donde el ion hidronio y el ion sulfato de hidrógeno forman agua y ácido sulfúrico; al mismo tiempo el agua con el metanol forman un ion metóxido y un nuevo ion hidronio.
- ✓ Un hidrógeno de este ion hidronio es atraído por el par de electrones del nitrógeno de la amina convirtiéndolo en un buen grupo saliente por lo que la carga negativa del ion metóxido ataca al carbono para romper el doble enlace con el oxígeno regresándolo y sacando al ion amoniaco.
- ✓ Finalmente se obtiene el metacrilato de metilo (MMA) así como bi-sulfato de amonio, agua, ácido sulfúrico principalmente.
- ✓ Es en este paso en donde se inicia la polimerización.

De esta forma obtenemos largas cadenas de este material y en general los polímeros acrílicos se tratan en forma de gránulos preparados para ser sometidos a distintos procesos de extrusión y modelado, donde se definen las características mecánicas y propiedades físicas y químicas como la capacidad de transmisión de la luz, durabilidad, resistencia, es inerte y no se degrada o pierde tonalidad por tiempo o productos químicos. También es importante mencionar que se polimeriza muy rápidamente incluso con el aire y los rayos de luz. ^[6,12]

Para darle el acabado final al MMA; es decir, la forma específica de presentación del producto, el primer paso es polimerizar en homopolímeros para posteriormente formar una cadena de copolímeros de mayor aplicación y después se moldean o se envía a un proceso de extrusión para formar finalmente el “acrílico” o polimetacrilato de metilo (PMMA). Este material acrílico tiene propiedades y características muy importantes para el mercado como la claridad, resistencia a la intemperie y peso ligero; por lo que, es un sustituto adecuado del vidrio e incluso del cristal de seguridad, paneles y pantallas iluminadas, en electrodomésticos y en piezas para autos. ^[2,10]

1.5.3 Mecanismo de Reacción (ACN)

En la Figura 6 se presenta de una forma detallada el mecanismo de la reacción de esterificación para la producción de MMA.

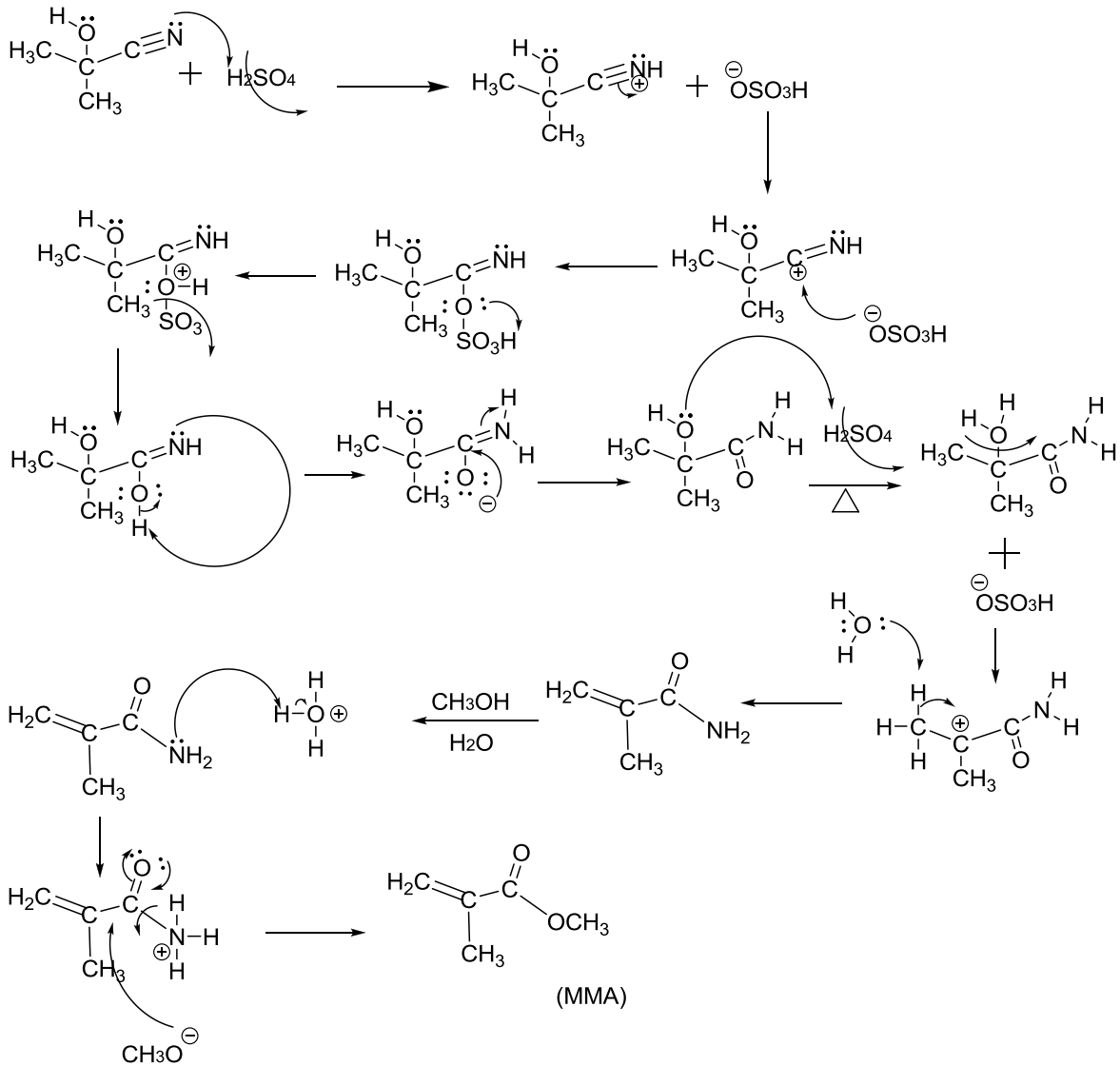


Figura 6. Mecanismo de reacción propuesto para la formación del MMA

1.6 Métodos de Tratamiento de Residuos

Existen algunas empresas que emplean dos métodos diferentes para la recuperación de especies útiles del efluente de la reacción de esterificación.

1. Imperial Chemical Industries (ICI) llevó a cabo un proceso de tratamiento de subproductos que puso en funcionamiento a principios de 1990. Este es el proceso de reciclaje del bisulfato de amonio. Se llama el proceso SAROX e implica que se opera a altas temperaturas para la pirolisis del bisulfato de amonio en presencia de aire u oxígeno; sin embargo, debido a estas temperaturas no fue redituable su operación. ^[6]

2. Mitsubishi Gas Chemical (2004) también preocupado por la eliminación de residuos de bisulfato de amonio, ha comercializado un proceso en el que no se producen subproductos de sulfato de amonio; aunque el proceso genera un subproducto de ácido cianhídrico que puede ser reciclado como materia prima ^[6]. Sin embargo, el principal problema de este proceso es la producción del doble de efluente por tonelada de producto obtenido (MMA).

1.7 Usos del MMA

El MMA se utiliza en industrias tales como construcción, pinturas, industria automotriz, fabricación de equipos eléctricos y resinas, por mencionar algunas, lo cual representa un consumo de aproximadamente el 80% de la MMA a nivel mundial.

Una de las aplicaciones de los polímeros y copolímeros de MMA se encuentra en productos de revestimiento y resinas de impregnación para dar solidez del color y las propiedades de resistencia a la intemperie a las pinturas de látex, resinas y esmaltes de secado al horno laca. Por ejemplo, la pintura de látex exterior se basa en las emulsiones que contienen MMA; además, en acabados industriales, en revestimientos de metales como el aluminio. ^[2]

Las presentaciones más frecuentes del acrílico se encuentran en la industria del plástico son en gránulos (*'pellets'* en inglés) y en láminas. Los gránulos son para el proceso de inyección o extrusión y las láminas para termo formado o para mecanizado. ^[2]



Figura 7. Acrílico de colores [2]

El acrílico compite en cuanto a aplicaciones con otros plásticos como el policarbonato (PC) o el poliestireno (PS), pero el acrílico se destaca frente a otros plásticos en transparencia y resistencia al rayado. En gránulos el acrílico es un material higroscópico, razón por la cual es necesario secarlo antes de procesarlo.

El Metacrilato de metilo-butadieno-estireno (MBS) copolímeros se usan como un modificador de impacto para el cloruro de polivinilo rígido transparente (PVC) y en los alimentos y envasado de productos farmacéuticos. El MMA puede reemplazar estireno en resinas de poliéster insaturado para dar una mejor resistencia a la intemperie y una vida más larga. ^[2]

Las aplicaciones del PMMA son múltiples como se mencionó anteriormente. Últimamente encontramos muchos diseños, colores y acabados en las láminas que abren un mundo de posibilidades para su uso en arquitectura y decoración. ^[2,4]

Se puede encontrar bajo diversos nombres comerciales: 'vitroflex', 'plexiglas' o 'lucite'. El primero de ellos fue pionero en el mercado español iniciando la producción en los años 50 en Barcelona. El segundo corresponde a una empresa alemana que lo empezó a producir en los años 30 siendo una de sus primeras aplicaciones en los aviones de guerra. La tercera fue la primera marca introducida en Estados Unidos. ^[2,4,10]

Un sector en crecimiento ha sido las aplicaciones electrónicas; el PMMA se utiliza en televisores de pantalla plana y pantallas de cristal líquido, electrodomésticos y lámparas; la demanda en esta aplicación ha visto un fuerte crecimiento. ^[2]



Figura 8. Acrílico en pantallas a color HD [2]

1.8 Reactor por lotes

Un reactor por lotes, es una unidad procesadora diseñada para llevar a cabo una o varias reacciones químicas. Dicha unidad está constituida por un recipiente cerrado, el cual cuenta con líneas de entrada de alimentación de gases y líquidos. El reactor está instrumentado para el control de la temperatura, presión, velocidad de agitación, entre otras. ^[1,3]

El reactor por lotes tiene como función principal:

- * Asegurar el tipo de contacto o modo de fluir de los reactantes en el interior del tanque, para conseguir una mezcla deseada con los materiales reactantes.
- * Proporcionar el tiempo suficiente de contacto entre las sustancias y con el catalizador, para conseguir la conversión deseada de la reacción.

- * Permitir condiciones de presión, temperatura y composición de modo que la reacción tenga lugar en el grado y a la velocidad de reacción deseada, atendiendo a los aspectos termodinámicos y cinéticos de la reacción. ^[1,3]

1.9 Cromatografía de gases

La cromatografía de gases es una técnica en la que la muestra se volatiliza al ser inyectada al cromatógrafo. La muestra se inyecta en la parte superior del equipo también conocida como inyector. La elución se produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte. A diferencia de los otros tipos de cromatografía, la fase móvil no interactúa con las moléculas del analito; su única función es la de transportar el analito a través de la columna.

Existen dos tipos de cromatografía de gases: la cromatografía gas-sólido (GSC) y la cromatografía gas-líquido (GLC), siendo esta última la que se utiliza ampliamente para identificar las especies que tienen los efluentes ya que el analito se evapora y simplemente se llama cromatografía de gases (GC). ^[7,8]

La GC utiliza como fase estacionaria moléculas de líquido inmobilizadas sobre la superficie de un sólido inerte. El cromatógrafo de gases consta de diversos componentes como el gas portador, el sistema de inyección de muestra, la columna (generalmente dentro de un horno), y el detector (ver Figura 9). ^[7,8]

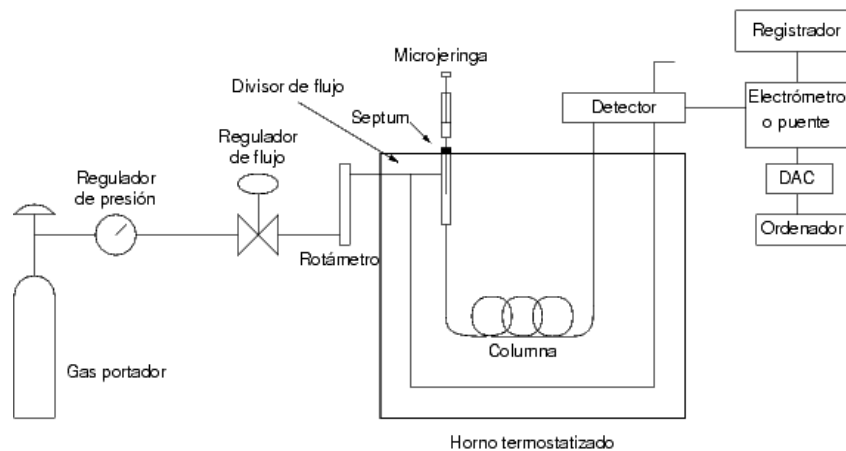


Figura 9. Diagrama de operación del cromatógrafo de gases

El gas portador cumple básicamente dos propósitos: transportar los componentes de la muestra, y crear una matriz adecuada para el detector. Un gas portador debe reunir ciertas condiciones: ^[7,8]

- Debe ser inerte para evitar interacciones (tanto con la muestra como con la fase estacionaria)
- Debe ser capaz de minimizar la difusión gaseosa

- Fácilmente disponible y puro
- Económico
- Adecuado al detector a utilizar

La pureza de los gases es sumamente importante, se requieren niveles 4.5 o mayores es decir 99.995 % de pureza; además, en este quipo cuenta con trampas a la entrada del gas portador. Estas trampas evitan el ingreso de hidrocarburos, agua, y monóxido de carbono entre otros. ^[7,8]

1.9.1 Sistema de inyección de muestra

El sistema de inyección de muestra es un punto crítico, ya que se requiere suministrar la cantidad especificada y el analito debe introducirse de forma rápida.

Para evitar el ensanchamiento de las bandas de salida se recomienda no exceder la cantidad de analito. El método más utilizado emplea una microjeringa para introducir el analito en una cámara de vaporización instantánea. Esta cámara está a 50 °C por encima del punto de ebullición del componente menos volátil, y está sellada por una junta de goma de silicona septa o *septum*. ^[7, 8]

Si es necesaria una reproducibilidad del tamaño de muestra inyectado se puede usar una válvula de seis vías o válvula de inyección, donde la cantidad a inyectar es constante y determinada por el tamaño del bucle de dicha válvula. ^[7, 8]

Si la columna empleada es rellena, el volumen a inyectar será de unos 20 μ L, y en el caso de las columnas capilares es de 1 μ L, y dependiendo del tipo de columna capilar se utiliza todo el volumen de muestra inyectado. ^[7, 8]

Para obtener menor cantidad de volumen, se utiliza un divisor de flujo a la entrada de la columna que desecha parte del analito introducido. Si se utiliza todo el volumen de muestra, la inyección es de tipo "Splitless". El modo Splitless, se empleó más para determinar pequeñas cantidades o trazas. ^[7, 8]

1.9.2 Columnas y sistemas de control de temperatura

En GC se emplean dos tipos de columnas: las empaquetadas o de relleno y las tubulares abiertas o capilares. Estas últimas son más comunes en la actualidad debido a su mayor rapidez y eficiencia. La longitud de estas columnas es variable, de 2 a 60 metros, y están construidas en acero inoxidable, vidrio, sílice fundida o teflón. Debido a su longitud y a la necesidad de ser introducidas en un horno, las columnas suelen enrollarse en una forma helicoidal con longitudes de 10 a 30 cm, dependiendo del tamaño del horno. ^[7, 8]

La temperatura es una variable importante, ya que de ella va a depender el grado de separación de los diferentes analitos. Para ello, debe ajustarse con una precisión de décimas de grado. Dicha temperatura depende del punto de ebullición del analito o analitos, como también la máxima temperatura de funcionamiento de la columna, y por lo

general se ajusta a un valor igual o ligeramente superior a él. Para estos valores, el tiempo de elución va a oscilar entre 25 y 40 minutos. Si tenemos varios componentes con diferentes puntos de ebullición, se ajusta la llamada rampa de temperatura con lo cual ésta va aumentando ya sea de forma continua o por etapas. En muchas ocasiones, el ajustar correctamente la rampa puede significar separar bien o no los diferentes analitos. Es recomendable utilizar temperaturas bajas para la elución ya que aunque a mayor temperatura la elución es más rápida, se corre el riesgo de descomponer el analito. [7, 8]

1.9.3 Detectores

El detector es la parte del cromatógrafo que se encarga de determinar cuándo ha salido el analito por el final de la columna. Las características de un detector ideal son:

- * Sensibilidad: Es necesario que pueda determinar con precisión cuándo sale el analito y cuándo sale sólo el gas portador. Tienen sensibilidades entre 10^{-8} y 10^{-15} g/s de analito.
- * Respuesta lineal al analito con un rango de varios órdenes de magnitud.
- * Tiempo de respuesta corto, independiente del caudal de salida.
- * Un intervalo de temperatura de 25 a 400 °C, temperaturas típicas de trabajo.
- * Estabilidad y reproducibilidad. Es decir, a cantidades iguales de analito debe dar salidas de señal iguales.
- * Alta fiabilidad y manejo sencillo.
- * Respuesta semejante para todos los analitos.
- * Respuesta selectiva y altamente predecible para un reducido número de analitos.

HIPÓTESIS

Mediante el uso de las técnicas adecuadas podremos identificar los principales subproductos en la obtención del MMA, así como evaluar el porcentaje de recuperación de MMA en el efluente de desecho.

Objetivos

General

- Identificar los compuestos orgánicos principales en un efluente de desecho, particularmente el MMA y alguna otra especie orgánica para su posible recuperación.

Específicos

- Analizar la composición del efluente para determinar la cantidad de MMA existente.
- De acuerdo a la caracterización del efluente de la esterificación definir su tratamiento.
- Establecer las condiciones de operación más adecuadas para realizar la experimentación de acuerdo a los resultados obtenidos en la cromatografía de gases.
- Reducir posible daño ambiental con el desecho de materiales con pH's ácidos.

Capitulo 2

Metodología

METODOLOGÍA

En este capítulo se describe el desarrollo de la experimentación, para comprender lo que pasa dentro del reactor; es decir, cómo van reaccionando el ácido sulfúrico y el metanol con el efluente.

Para esto se muestra la siguiente reacción (Fig. 10) que es la principal en el método de cianohidrina y que junto con el metanol, agua y el ácido sulfúrico están presentes dentro del reactor y al reaccionar dan como resultado el MMA. Por otra parte se describe el método que se utilizó para identificar los distintos componentes orgánicos del efluente.

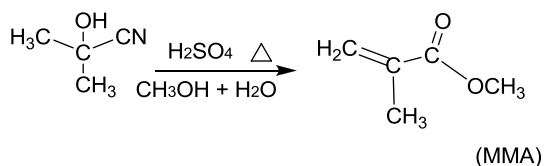


Figura 10. Reacción principal de cianohidrina para la creación del MMA

2.1 Materiales, Equipo y Reactivos.

2.1.1 Materiales

Tabla 1 Material de laboratorio

Material de laboratorio	
Vasos de precipitado 100mL	2
Vasos de precipitado 250mL	1
Vidrio de reloj	1
Espátula	1
Pipetas	3
Perilla	1
Balanza analítica	1
Agitador de vidrio	1
Frascos para muestra	6

2.1.2 Equipo de laboratorio

Para la reacción de esterificación se empleó un reactor por lotes, el cual está instalado en el laboratorio de Ingeniería de Reactores, en la Unidad del Cerrillo, de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM) donde se llevó a cabo la experimentación.

Accesorios del reactor

En las Figuras 11 se muestran los accesorios con los que cuenta el reactor que se utilizó. Es un reactor por lotes (*batch*) con dos manómetros de presión, un controlador de temperatura, controladores de presión de nitrógeno con una P_{\max} de 1000 psi y con un intervalo de flujo de 0-200 lb/seg cuyos modelos son XFM17 y GFC17 respectivamente. El sistema de enfriamiento contiene una válvula solenoide la cual controla la temperatura de enfriamiento por medio del control de flujo de agua.

El reactor, de la Figura 11 está equipado con una válvula de seguridad calibrada para soportar una presión máxima de hasta 3000 psi, un controlador de agitación que oscila de 0 a 1200 rpm y un tubo buzo para burbujeo de gases. Además, las líneas de alimentación de Hidrógeno, Nitrógeno y Oxígeno están equipadas con válvulas *check* para evitar el regreso de los gases o líquidos de alimentación del reactor a los tanques de gases.



Figura 11 Reactor por lotes del laboratorio de reactores de ingeniería química de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM)

En la Tabla 2 se presentan en forma resumida las características más importantes del controlador de temperatura y del motor, empleados para la experimentación en donde se puede controlar la velocidad de agitación.

Tabla 2 Características más importantes del controlador de temperatura y motor

Característica	Descripción
Controlador de temperatura	
Volts	115
Hz	50/60
Serie	5500-0904-11648
Temperatura	0 a 350°C
Motor	
Serie	0043KYKK0006
Tipo	29 ^a 4BEPM
Volts	130
Hp	1/17 AMB @40°C
Rpm	2,500

En la Tabla 3 se muestran las características que tiene el reactor así como los accesorios instalados.

Tabla 3 Características más importantes del reactor por lotes

Característica	Descripción
Manómetro de presión principal	0 a 3000 psi / 0 a 200 bar
Manómetro de presión secundario	0 a 7 Kg/cm ² / 0 a 100 psi
Válvulas de paso	3 de acero inoxidable
Vaso de reactor	De 0.25 in
Tipo	PST FS
Serie	0859063
Material	Acero inoxidable
Presión y temperatura max.	3000 psig @ 72°F

Cromatógrafo de Gases

Se utilizó el cromatógrafo de gases en masa para la determinación de las especies útiles del efluente, debido a que es un método el cual identifica mediante una longitud de onda, indicando los productos que se encuentran con mayor abundancia y con la posibilidad de ser recuperados. El cromatógrafo que se utilizó está instalado en el laboratorio de química analítica de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México.

En la siguiente Tabla 4 se destacan datos importantes del cromatógrafo que se utilizó para el análisis de las muestras.

Tabla 4 Datos técnicos del cromatógrafo de gases

Datos del cromatógrafo	
Modelo	CP-3900
Serie	101909
Columna	RTX MS de 30m y 0.25mm de DI
Auto muestreador	Varian CP-8400
Gas portador	Helio 80 lb/in ² 99.995% pureza
Inyección	Split radio 20
Detector	MS Saturno 2100T

2.1.3 Equipo de protección personal para la experimentación

Es importante tomar en cuenta la seguridad personal ya que la reacción libera una cantidad considerable de gases además de que se eleva la temperatura rápidamente y el burbujeo puede provocar alguna salpicadura y por consecuencia quemar la piel e incluso salpicaduras en los ojos. Es importante mencionar que este efluente es altamente corrosivo por lo que es peligroso para la salud.

Para prevenir algún tipo de accidente es fundamental tomar en cuenta los siguientes artículos de protección personal.

- Mascarilla de gases
- Guantes de hule
- Lentes de seguridad
- Bata de algodón

2.1.4 Reactivos

Para el presente trabajo se utilizaron materias primas que están presentes en el efluente y que también son utilizadas para la producción del MMA.

- Metanol
- Acido sulfúrico al 98%
- Efluente orgánico (proveniente de la corriente de desecho de la industria de los acrílicos)
- Hidroquinona

En el anexo 6 podremos encontrar las hojas de seguridad de los reactivos a excepción del efluente orgánico.

2.2 Procedimiento de la experimentación en el reactor

Esta sección del presente trabajo contiene la serie de pasos que se realizaron para este experimento:

1. Preparar el reactor, verificando que esté limpio y en condiciones de usarse. Es decir, verificar que la válvula de alimentación de agua de enfriamiento al

reactor se encuentre abierta y sin fuga, las conexiones eléctricas del reactor estén perfectamente conectada a la corriente y la válvula de alimentación del nitrógeno se encuentre abierta y conectada al reactor.

2. Preparar las materias primas y se pesan de acuerdo a la formulación establecida. (tabla 5)
3. En un vaso de precipitados colocar el efluente orgánico y se le agrega el metanol y la hidroquinona. Dicha solución se agita hasta lograr una mezcla homogénea.
4. Posteriormente agregar lentamente ácido sulfúrico por las paredes del recipiente, ya que libera una gran cantidad de calor al reaccionar con la mezcla previamente preparada.
5. Obtenida la mezcla homogénea, se vierte toda la solución al reactor.
6. Verificar que el reactor esté cerrado perfectamente e inicie la agitación.
7. Colocar el set point a la temperatura deseada. Debido a que la reacción es muy exotérmica, seleccione en los controles del reactor un calentamiento lento para evitar que el reactor alcance altas presiones y altas temperaturas no controlables.
8. Una vez alcanzada la temperatura y presión deseada, mantener estas condiciones durante una hora. Se libera la presión poco a poco y se disminuye la temperatura del reactor para poderlo destapar.
9. Al término de la hora de reacción, disminuir la temperatura colocando el set point a 25°C.
10. Cuando la presión se encuentren a la presión atmosférica, proceder a abrir el reactor y descargar el producto en un frasco de vidrio ámbar.
11. Identificar el frasco para su posterior análisis en la cromatografía de gases así como el análisis de pH y medición de sólidos.
12. Lavar el material ocupado así como el reactor para poder ser ocupado en la siguiente prueba.

Estos pasos se realizan para cada una de las pruebas determinadas. En la tabla 5 se muestran las pruebas realizadas a diferentes temperaturas y presiones.

En la Tabla 5 se encuentran las cantidades de material y reactivos que se utilizaron para las pruebas así como también se presenta las condiciones a la que fue sometida la reacción.

Tabla 5 Condiciones experimentales a las que se llevó la reacción en el reactor por lotes del laboratorio de reactores de ingeniería química de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM)

Prueba	1			2			3			4			5		
Materia orgánica (mL)	57.46			83.62			83.62			83.62			83.62		
Ácido sulfúrico (mL)	36.22			2.17			2.17			2.17			2.17		
Metanol (mL)	84.38			122.75			122.75			122.75			122.75		
Hidroquinona (g)	0.2			0.2			0.2			0.2			0.2		
	t (h)	P (psi)	T (°C)	t (h)	P (psi)	T (°C)	t (h)	P (psi)	T (°C)	t (h)	P (psi)	T (°C)	t (h)	P (psi)	T (°C)
	1,20	300	100	1,20	150	140	1,20	100	110	1,20	52	110	1,20	70	125

Para la prueba 1 se decidió experimentar con una mayor cantidad de ácido, esto para comprobar que el medio ácido favorece las condiciones de la reacción de acuerdo a las referencias consultadas. En las pruebas 2 a la 5 las cantidades de reactivos son iguales, esto sugerido por la industria de los acrílicos; para estas pruebas se manipulo la presión y la temperatura esto para comprobar cuál es la ruta de operación más adecuado y que nos ayude a recuperar una mayor cantidad de MMA, en este caso la temperatura favorece la reacción de esterificación.

2.3 Diagrama de Proceso

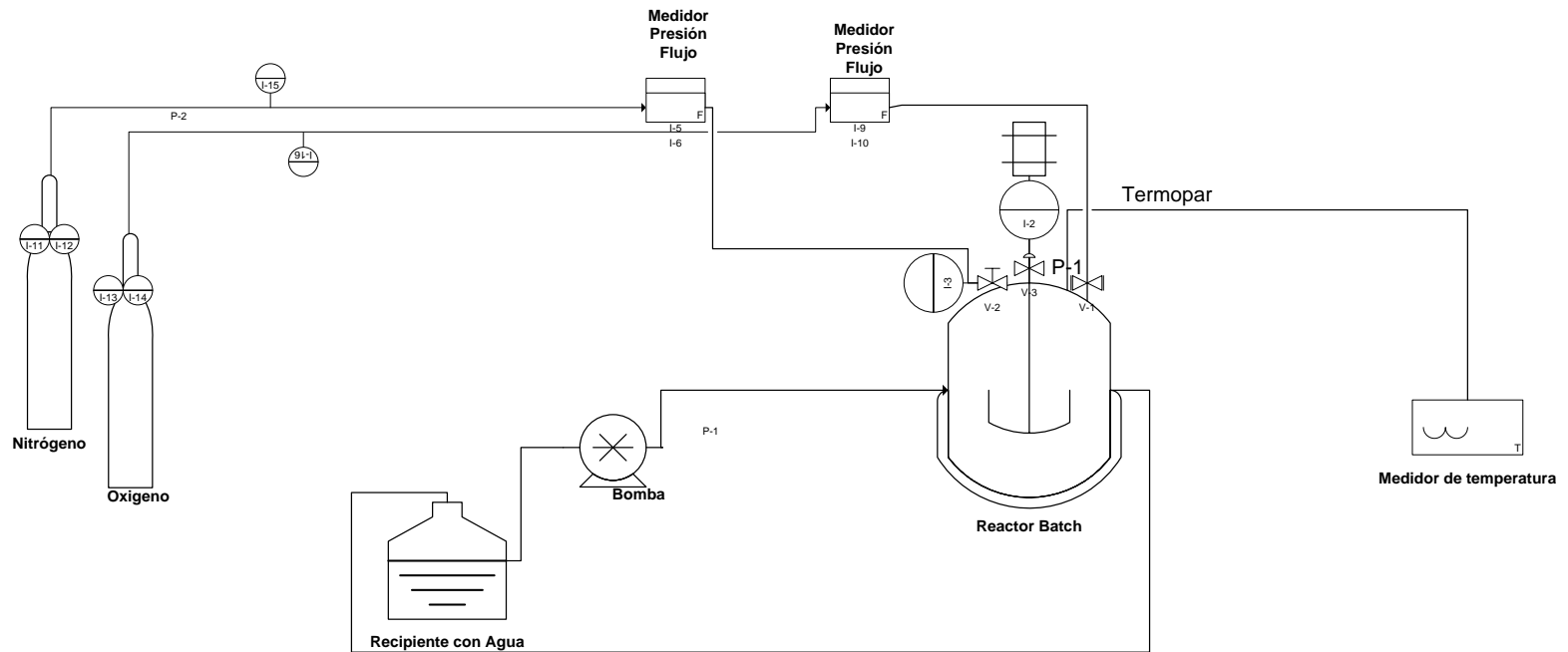


Figura 12 Diagrama de Proceso Utilizado en el Laboratorio de Reactores de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM)

En el diagrama de flujo se pueden identificar los equipos que se utilizaron en el laboratorio, se muestra que el reactor por lotes con sus dos manómetros de presión así como el medidor de temperaturas. El sistema de enfriamiento con la bomba de recirculación de agua que para este reactor es muy eficiente ya que se activa justamente en el momento adecuado. También se observan los cilindros de nitrógeno y oxígeno que están conectados a medidores de flujo y presión hasta el reactor, estos cilindros tienen además válvulas anti-retorno (*check*) para evitar que regrese el gas. En la parte superior del reactor se encuentra el motor del reactor que es el que mezcla perfectamente los reactivos, por dentro está la propela y el tubo buzo que es el que burbujea los gases.

2.4 Análisis Químico

Esta es una de las etapas importantes para el análisis de los productos de la reacción ya que con este análisis se determina la caracterización de MMA así como la cantidad de sólidos y el pH del efluente y productos.

2.4.1 Análisis Cromatográfico

1. Colocar en un vial la muestra del producto de la reacción a temperatura ambiente.
2. Abrir las válvulas de suministro de gas (Helio) al cromatógrafo.
3. Verificar la presión con la que entra al equipo así como también se verifica el buen funcionamiento de las trampas de gas, ésta para evitar que entre algún agente extraño al equipo como agua.
4. Poner en operación el cromatógrafo y la computadora, estableciendo una conexión entre ambos equipos por medio del software e indicar el método a usar.
5. Indicar la lectura de la línea base correspondiente al método, dejarla correr durante un tiempo de 60 minutos hasta la obtención de una línea recta.
6. Detener línea base y programar secuencia.
7. Colocar los viales en los lugares destinados para la inyección de la muestra esto es de 1µl.
8. Iniciar con la corrida y la secuencia programada, se inyecta la muestra y esta pasa por la columna y por el detector.
9. Iniciar la identificación de las especies útiles por medio de los cromatogramas
10. Comparar los cromatogramas obtenidos con los que se encuentran reportados en el equipo NIST MS search 2.0 para una mejor identificación de los compuestos.

Para este análisis se solicitó el apoyo del departamento de servicios exteriores del laboratorio de química analítica de la Facultad de Química de la Universidad Autónoma del Estado de México. Se usó el cromatógrafo de gases marca Varian ubicado en esta misma institución. Los resultados de las pruebas se discutirán en el siguiente capítulo y en los anexos 2 al 4.

2.5 Análisis de pH

Para determinar el pH de las muestras se empleó un sensor marca Santorius con el siguiente procedimiento.

1. Pesar 100 gramos de metanol² y verterlos en un vaso de precipitado de 100 mL.
2. Se coloca en agitación, se introduce el sensor y se neutraliza con ácido clorhídrico e hidróxido de sodio hasta el pH de 7.
3. En una jeringa pesar 1 gramo de muestra.
4. Inyectar la muestra al vaso que contiene el metanol e introducir el sensor al vaso, siempre con agitación.
5. Tomar la lectura del pH después de 3 a 5 min de agitación.

2.6 Análisis de Sólidos Totales

Para este análisis se utilizó la estufa para secar las muestras, utilizando: cápsulas de porcelana, una balanza analítica, pinzas y desecador, con la siguiente técnica.

1. Encender la balanza y unos segundos después se tara.
2. Pesar la cápsula sin muestra (peso constante) y registrar en una bitácora, se inyecta 1g de muestra.
3. Introducir la muestra en la estufa y mantenerla por lo menos durante 2 horas a una temperatura de entre 90 y 95 °C.
4. Sacar con cuidado la cápsula de la estufa y meterla al desecador para estabilizar la muestra durante 30 minutos
5. Sacar la muestra del desecador y pesarla para obtener un peso final y registrar en la bitácora.

Los resultados y discusión de los análisis del pH y sólidos se presentan en el siguiente capítulo en las tablas No.7 y No.8.

² El metanol es el blanco se utilizo para medir el pH del efluente.

Capítulo 3

Resultados Y Discusiones

3. Resultados y discusiones

Se realizaron experimentos para identificar MMA, en este capítulo se presentarán y se discutirán las pruebas uno y cinco por ser las que mayor cantidad de MMA tienen de un total de cinco pruebas.

Los resultados se presentan de acuerdo a los siguientes parámetros, por mencionar algunos como tiempo de retención del analito en el cromatógrafo, presión, temperatura y pH, identifica las especies más importantes de cada prueba.

3.1 Prueba No.1

En la Figura No. 13 se observa la rapidez con que reacciona la mezcla, en 20 minutos se alcanza una temperatura de 100°C y la presión se eleva a los 300 psig en 40 minutos. Esto se debe a la reacción exotérmica y al medio ácido en el que se maneja la reacción, para esta primera prueba se utilizó un exceso de ácido sulfúrico, el cual liberará una gran cantidad de energía.

En el gráfico también se observa que las condiciones se mantienen estables a partir de que alcanza la temperatura deseada en la experimentación.

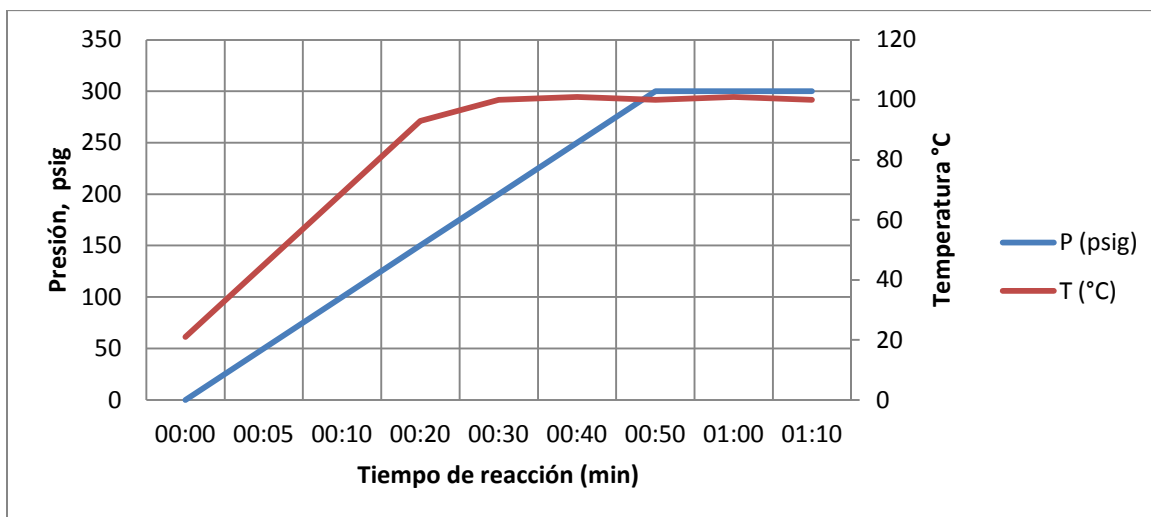


Figura 13 Prueba No. 1

En la Figura 14, se muestra el cromatograma de los picos más importantes que se identificaron de los compuestos orgánicos del efluente.

El pico número 1 representa al ácido propanóico con una longitud de onda de 3099 nm. Teniendo un tiempo de retención de 1.8 min con un área de 1.464×10^6 . El pico 2 se trata del compuesto 4-etil 1,3-dioxano con una longitud de onda de 7580 nm, con un tiempo de retención de 2.99 min con un área de 243,041.

En este tercer pico es donde se encuentra el metacrilato de metilo con una longitud de onda de 6579 nm y un tiempo de retención de 4.24 min y un área de 220,940. El cuarto y último pico corresponde ácido 2-hidroxi, 2 metil propanóico con una logitud de onda de 6263nm y un tiempo de retención de 5.86 min, área de 456,375. Dichos compuestos se identificaron conforme a las referencias que se tienen en la biblioteca del equipo.

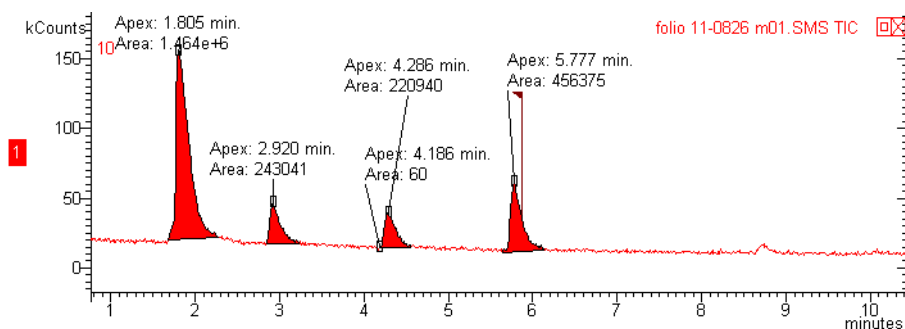


Figura 14 Picos de importancia de la prueba 1

De la Figura 14 del cromatograma se puede calcular el porcentaje de MMA de la fracción volátil de la muestra, presentada por el tercer pico con un porcentaje del 9.3 %. El primero pico corresponde al ácido propanóico, el segundo al 4-etil 1,3-dioxano Y el cuarto al ácido 2-hidroxi 2 metil propanóico Con un porcentaje del 61.4%, 10.2% y 19.1% respectivamente.

En este cromatograma (Figura No.15) sólo se representa al compuesto metacrilato de metilo ya que es de nuestro interés. Es importante decir que la cantidad de MMA que se puede recuperar no es muy significativa.

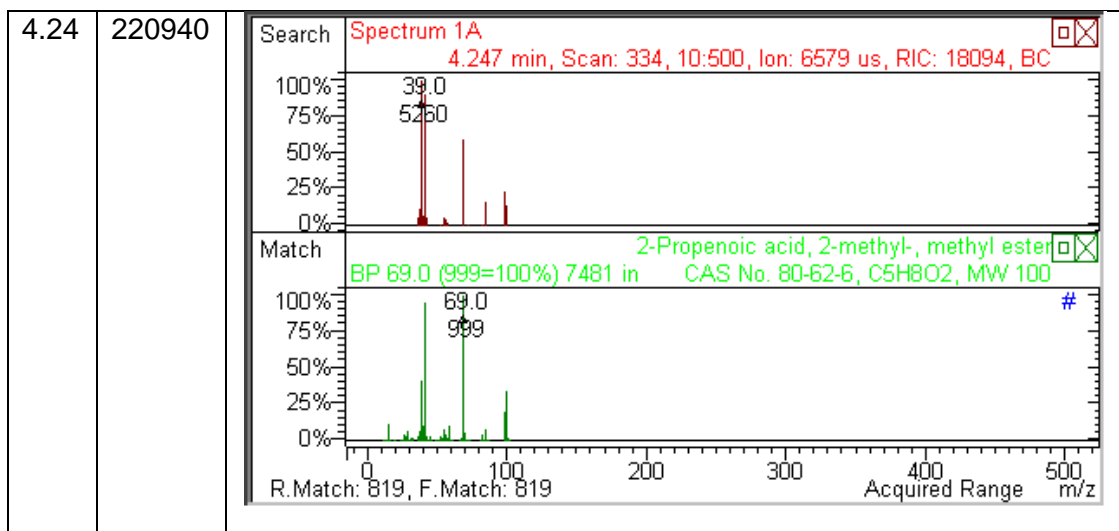


Figura 15 Cromatograma de la caracterización del MMA prueba 1

Es importante mencionar que para esta prueba las condiciones son muy ácidas por lo que la hacen muy inestable y altamente corrosiva. En la gráfica anterior se observa que la reacción alcanzo en 20 minutos la temperatura deseada para la experimentación así como también el incremento en la presión fue notable al pasar de 0 a 300 psig en tan sólo 40 minutos, por lo tanto las condiciones no son las adecuadas para seguir con la reacción esto por la inestabilidad que se tiene y que puede llegar a ocasionar accidentes.

En la siguiente fotografía (Figura16) vemos el efluente que resultado de la reacción hecha, se observa que en la parte baja del tubo de ensayo que hay un sedimento blanco, que corresponde a una parte del MMA y algunos otros compuestos que pudieron solidificarse.



Figura 16 Fotografía del efluente resultante después de la reacción de la prueba No. 1

3.2 Prueba No.5

En la Figura 17 se observa una diferencia en cuanto al tiempo de reacción ya que el aumento de temperatura fue paulatino, debido a las bajas condiciones acidas del medio en que esta la reacción. Para esta prueba se tomaron los datos cada 10 psig con la finalidad de vigilar el incremento de la presión, se observa que este comportamiento es de forma logarítmica, llegando a un punto de equilibrio.

Se compara con el gráfico anterior y se identifica que la reacción para esta quinta prueba en condiciones menos ácidas es de menor liberación de energía y por lo que hay una menor presión y temperatura, en esta prueba se utilizó el sistema de calentamiento del reactor logrando la temperatura deseada para el experimento haciendo un control en la presión del reactor.

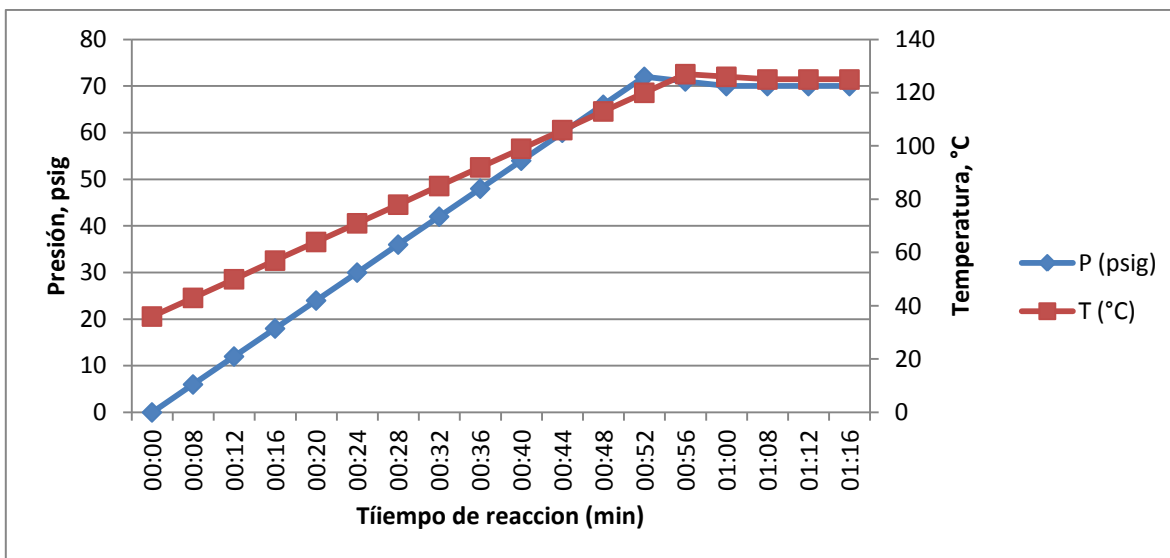


Figura 17 Prueba No. 5

En este cromatograma (Figura 18) se muestran los picos más importantes que se generaron de la quinta prueba, estos picos representan las aéreas con mayor tiempo de retención.

Para el primer pico se refiere al ácido 2-hidroxi etil ester propanoico con un tiempo de retención de 1.723 min, y con un área de 57,280. En el pico de en medio se tiene al ácido 2-metil- metilester propanoico es decir el MMA con un tiempo de retención de 4.309 min y con una área de 135,085 y una longitud de onda de 4371 nm. En el último pico se encuentra el acido 2-hidroxi 2-metil-metil ester propanoico. Con una longitud de onda de 4557 nm, y con un tiempo de retención de 5.8 min.

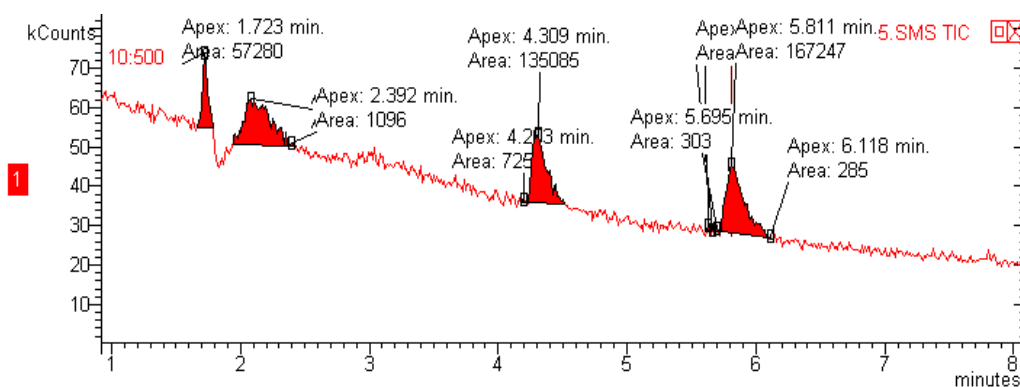


Figura 18 Picos de importancia de la prueba No. 5

De la Figura 18 del cromatograma se puede calcular el porcentaje de MMA de la fracción volátil de la muestra, presentada por el tercer pico con un porcentaje del 37.4 %. El primero pico corresponde al ácido 2-hidroxi etil ester propanoico, el segundo al ácido 2-metil- metilester propanoico Y el cuarto al acido 2-hidroxi 2-metil-metil ester propanoico con un porcentaje del 15.9%, 0.3% y 46.4% respectivamente.

La parte roja representa la identificación de la prueba No. 5 y la parte en verde es la identificación sacada de la biblioteca del equipo, esta figura se muestra un área de 135,085 con un tiempo de retención de 4.30 min y una longitud de onda de 4,371 nm.

El área representa una mayor cantidad de MMA en este cromatograma sin embargo no es representativa para poder recuperar el compuesto.

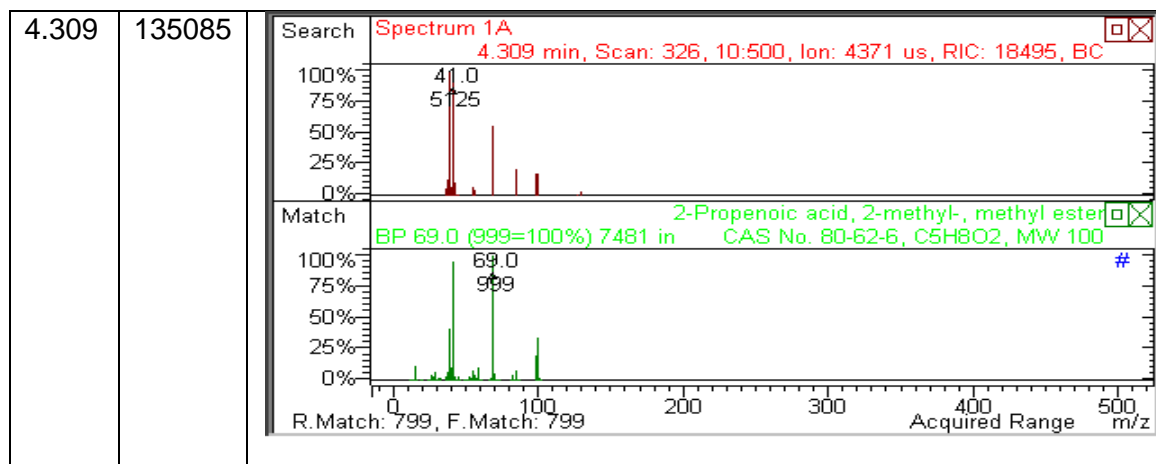


Figura 19 Cromatograma de la caracterización del MMA

En la siguiente fotografía se muestra el efluente de la prueba³ No. 5 y de igual forma se observa un sedimento blanquizco en el fondo.



Figura 20 Fotografía del efluente resultante después de la reacción de la prueba No. 5

³ Nota: las demás pruebas están descritas en los anexos No 2, 3 y 4

3.3 Resumen de resultados

En la Tabla No.6 se presenta un resumen de los resultados obtenidos en diferentes corridas. Se puede observar que la prueba 1 y 5 son las que tienen una mayor área de MMA.

Tabla 6 Resultados Cromatográfico

Folio	Prueba	Área de MMA a tr 4.2 min.	MMA en destilado volátil en 17mL de muestra (ng)
11-0826	Prueba 1	220940	1140.483
11-0883	Prueba 2	58347	945.816
11-0884	Prueba 3	Trazas	Trazas
11-0885	Prueba 4	35631	918.619
11-0886	Prueba 5	135085	1037.692

3.4 Análisis de pH

Este análisis es importante realizarlo porque permite evaluar que tan ácidas son las condiciones a las que se llevó la reacción y con esto incluso poder determinar, la importancia que tienen el control del pH para la identificación del metacrilato de metilo así como también conocer su posible impacto en la naturaleza.

El medio ácido es indispensable para la formación de la cadena de polímero, por lo que se midieron los pH's de cada prueba y se presentan en la siguiente Tabla 7.

Tabla 7 pH de las diferentes pruebas realizadas en el laboratorio de Reactores de Ingeniería química de la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEM)

Prueba	pH's de pruebas
1	0.234
2	5.974
3	5.993
4	5.866
5	4.784

Los resultados arrojados por el equipo nos indican que la prueba 1 y 5 son más ácidas que las demás, y a su vez entre estas dos mediciones existe una diferencia considerable lo cual relacionándolas con los resultados cromatográficos nos indican que para la primera prueba hay una mayor existencia de metacrilato de metilo. Sin dejar a un lado la quinta prueba, identificamos que también existe una acidez menor, y que existe una cierta cantidad de MMA identificada en la cromatográfica. Por lo que se puede decir que la acidez favorece a la reacción.

Es importante señalar que estos pH's ácidos de ser liberados al medioambiente, tendrían un impacto significativo, en el suelo podría causar la infertilidad o la muerte de insectos, animales y plantas, de la misma forma en el agua el aumento de pH puede ocasionar la perdida de variedades de peses. El rango de pH en el agua es de 5-9 y en el suelo se de 4-6. El impacto ambiental secundario de los ácidos está en que incrementa la toxicidad de otros contaminantes, tales como los sulfuros y los metales, a través de su disolución.

3.5 Análisis de Sólidos Totales

Este análisis se realizó con el fin de determinar la cantidad de sólidos que tiene el efluente, estos sólidos se deben se parar para poder encontrar la cantidad de MMA que se puede recuperar y cuanto es de otros compuestos orgánicos. En la Tabla No. 8 se presenta el porcentaje de sólidos que se obtienen de una pequeña muestra (1ml).

Tabla 8 Análisis de sólidos totales realizado al producto de la reacción

Prueba	Peso de muestra	Tiempo de secado	Porcentaje de sólidos
1	1g	2 hrs	27.8
2	1g	2 hrs	9.3
3	1g	2 hrs	10.4
4	1g	2 hrs	4.5
5	1g	2 hrs	21

En la siguiente Tabla No. 9 se muestra la cantidad que se puede recuperar de los compuestos orgánicos que están en el efluente. Para lo cual se tomaron las 25,000 ton/año de efluente como base de cálculo arrojando como resultado una cantidad muy pequeña de MMA que no es costeable para la industria de los acrílicos.

Tabla 9 Composición del efluente

Composición de efluente (25000 ton/año)	Porcentaje	Ton
Materia Orgánica	23	5750
sulfato de amonio	33	8250
Agua	43	10750
Acido Sulfúrico	1	250
Total	100	25000

Siendo que de las 5750 toneladas de materia orgánica solamente se obtienen 0.332544485kg de MMA, por lo que no representa una cantidad significativa para su recuperación en la industria de los acrílicos.

El cálculo se obtuvo en base al 23% de materia orgánica de las 25,000 ton/año del efluente, entre la densidad de la solución obteniendo un volumen de materia orgánica 4956896552 cm³, teniendo en cuenta que el resultado de material que se puede recuperar de la cromatografía es de 1.14E-06 gr entre el volumen de la muestra que es de 17 cm³ obtenemos la concentración de 6.71E-08 gr/cm³ de MMA, esta concentración por el volumen de la materia orgánica da una cantidad total de MMA que hay en la muestra (0.332544485 kg). Estos resultados están expresados en la siguiente tabla 10.

Tabla 10 Calculo de MMA total en muestra de 17 cm3

Compuesto	MI	densidad gr/ml	%peso	mo= 5750ton	Kg
Acido 2-hidroxi-etil ester Propanoico	9.45E-06	0.8	3.8322E-05	0.002203517	2.203517364
4-etil 1,3-dioxano	1.29E-06	0.976	6.3619E-06	0.000365809	0.36580947
area 3 mma	1.21E-06	0.94	5.78338E-06	0.000332544	0.332544485
acido 2-hidroxi-2-metil propanoico	1.95E-06	1.206	1.19462E-05	0.000686906	0.6869059
Otros	1.70E+01	1.160000224	99.99993759	5749.996411	5749996.411
Total	1.70E+01		100	5750	5750000

Para este trabajo experimental la cantidad de MMA que se identificó no es muy significativa para la industria de los acrílicos; sin embargo, ésta investigación puede marcar la pauta a nuevas experimentaciones que permitan optimizar este proceso para obtener una mayor cantidad de MMA. Es importante mencionar que no se encontró ninguna referencia que indique el método para la recuperación de MMA en estas condiciones, tampoco se encontró información relevante que pueda ser anexada a este trabajo experimental.

3.6 Toxicología.

A continuación se presenta las características toxicológicas de los principales compuestos identificados en la muestra. Las hojas de seguridad se presentan en el anexo 5

Ácido sulfúrico: Apariencia: líquido aceitoso incoloro, corrosivo, higroscópico, puede ocasionar daños en riñones y pulmones, en ocasiones provocando la muerte. Peligro de cáncer. Puede ser fatal si se inhala. Ocasiona severas irritaciones en ojos, piel, tracto respiratorio y tracto digestivo con posibles quemaduras.^[22]

Sulfato de amonio: El contacto prolongado con este producto puede producir irritación en los ojos y la piel. Sobre exposición por inhalación puede causar irritación del tracto respiratorio. La ingestión de esta sustancia puede producir irritación del tracto gastro-intestinal, caracterizado por quemaduras y diarrea. A elevadas temperaturas liberando gases tóxicos y combustibles: amoníaco, óxidos de nitrógeno (NO, NO₂), óxidos de azufre (SO₂, SO₃).^[23]

Metacrilato de metilo: Rombo NFPA⁴ (Figura 23) en Salud tiene 2, en Inflamabilidad 3, Reactividad 2 y en Especial ~~w~~ estos aspectos abalan lo toxico que puede ser este material.^[24]

⁴ Rombo NFPA: es el código que explica el "diamante de materiales peligrosos" establecido por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (inglés: National Fire Protection Association), utilizado para comunicar los riesgos de los materiales peligrosos.^[25]



Figura 21. Rombo NFPA

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ROMBO_DE_SEG_NFPA_704.png

Metanol: Su eliminación del cuerpo es lenta. Produce ceguera, acidosis metabólica, afecta el corazón y el sistema nervioso central, en especial el nervio óptico, conduce a dolores de cabeza persistentes y visión borrosa. Los efectos crónicos de sobreexposición pueden incluir daños a los riñones y el hígado. La exposición repetida o prolongada en contacto con la piel conduce a dermatitis. [26]

Capitulo 4

Conclusiones

Y

Recomendaciones

4. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

1. Se identificaron los compuestos orgánicos del efluente de una reacción de esterificación, donde presenta que uno de los componentes de interés es el MMA, y el sulfato de amonio, el resto corresponde a compuestos sin importancia industrial
2. El proceso de recuperación del MMA y sus derivados no es factible, debido a que se obtiene una cantidad muy pequeña del MMA.
3. La cantidad de MMA recuperada corresponde a .333 kg de materia orgánica, la cual no representa una factibilidad económicamente atractiva para su recuperación.
4. El proceso del efluente tratado, se prevé estudiar un proceso apropiado para neutralizar el pH y que estas aguas puedan ser enviadas a una empresa tratadora de aguas residuales sin riesgo alguno.

Recomendaciones

1. Se sugiere realizar un estudio para la recuperación de sulfato de amonio, ya que representa el 33 % del efluente total que se genera en México; es decir, 66,000 ton/año. Esta cantidad será económicamente atractiva para su recuperación industrial y aplicada en la industria de los agroquímicos.
2. A pesar de que la recuperación del MMA es muy baja se recomienda dar un tratamiento de neutralización del efluente para evitar la contaminación del medio ambiente.
3. La optimización del proceso estaría en función de la recuperación del sulfato de amonio ya que es un compuesto que tiene mayor presencia en el efluente y que se puede utilizar en la industria de los fertilizantes

Bibliografía.

Bibliografía

Libros

- 1.- Levenspiel, O., (1998). "*Ingeniería de las reacciones químicas*". 2da. Edición Ed. Reverté. México.
- 3.- H. Scott Fogler, "Elementos de ingeniería de las reacciones químicas", tercera edición, editorial Prentice Hall
- 5.- Wittcoff, H.A., Reuben B.G., Pltkin, J.S (2004), "*Industrial Organic Chemicals*". Wiley, USA.
- 6.- Vian Ortuño, A. (1999) "*Introducción a la Química Industrial*". Ed. Reverté,.
- 7-Skoog, Douglas A. y Leary, James J. (1994). "*Análisis Instrumental*". Armenia: McGraw-Hill. 84-481-0191-X.
- 8-McNair, Harold M. & Miller, James M. (1998). *Basic Gas Chromatography*. Canada
- 10.- William Bauer, Jr. (2002). "Methacrylic Acid and Derivatives" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry,
- 20.- Antonio Fuster Ortega. "Prácticas de Química General" secretaria de publicaciones universidad de murcia.

Artículos en PDF

- 11.- Wiley-VCH, Weinheim. Article Date: June 15, 2000
- 12.- United States Patent 4,529,816. "Process for Producing Alkyl Methacrylates" pdf. Jul. 16, 1985.
- 17.- Metacrilato de metilo pdf. Hojas informativas de sustancias peligrosas. Julio de 2002
- 18.- articulo "gascromat" en pdf.
- 21.- articulo pdf "técnicas de caracterización y análisis Sánchez Sánchez Carlos Manuel"

Internet

- 2.<http://www.icis.com/Search/default.aspx?sKeywords=Methyl+methacrylate&searchType=products> (fecha de consulta 23/11/11)
4. <http://www.icis.com/Methyl+methacrylate&search> (fecha de consulta 23/11/11)
- 9.-<http://Monomero+de+metil+metacrilato.htm> (fecha de consulta 03/12/11)
- 11.- http://www.chemsystems.com/reports/search/docs/abstracts/0405-2_abs.pdf (fecha de consulta 23/12/11)

- 13.- <http://es.wikipedia.org/wiki/Esterificaci%C3%B3n> (fecha de consulta 07/01/12)
- 14.- <http://www.quimicaorganica.org/acidocarboxilicos/sintesis-lactonas.html> (fecha de consulta 18/03/12)
- 15.- <http://www.iluche.com/cas/ficha.php> (fecha de consulta 13/04/12)
- 16.- <http://www.legislacion.htm> (fecha de consulta 05/05/12)
- 19.- <http://wikimat.wetpaint.com/page/Metacrilato+de+metilo> (fecha de consulta 10/08/12)
- 22.- http://www.cisproquim.org.co/HOJAS_SEGURIDAD/Acido_sulfurico.pdf (fecha de consulta 30/08/12)
- 23.- http://www.jedys.com.ar/data/HojaDeSeguridad_893.pdf (fecha de consulta 30/08/12)
- 24.- http://www.acrilicos.unigel.com.mx/content/PCONT_UNIGE_ACRIL/uploads/1277751076752unigelsdsmma.pdf (fecha de consulta 30/08/12)
- 25.- http://commons.wikimedia.org/wiki/File:ROMBO_DE_SEG_NFPA_704.png (fecha de consulta 30/08/12)
- 26.- http://sistemas.fices.unsl.edu.ar/claroline183/claroline/document/goto/FMSDS-MSDS-ALCOHOL_MEITILICO_METANOL.pdf (fecha de consulta 30/08/12)

Anexos

ANEXO 1 Mecanismo de reacción de esterificación

Etapa 1.

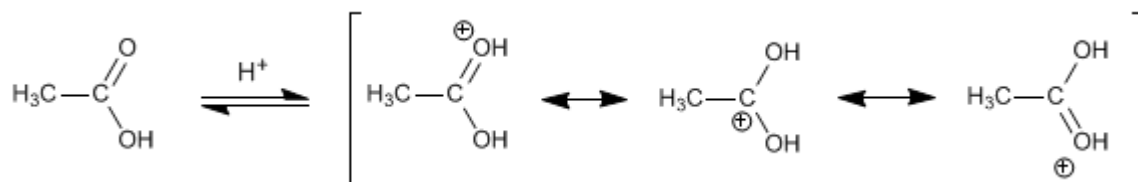


Figura 22 Protonación del grupo carboxilo [14]

Etapa 2.

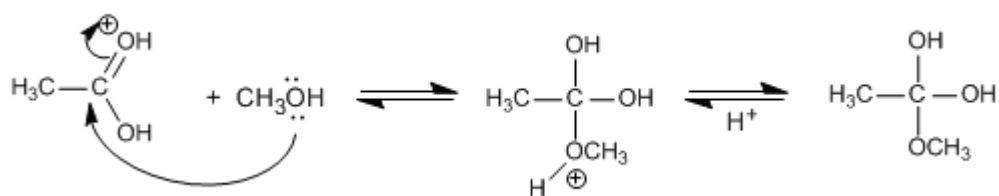


Figura 23 Ataque nucleofílico del metanol al carbono del grupo carboxilo (Adición) [14]

Etapa 3.

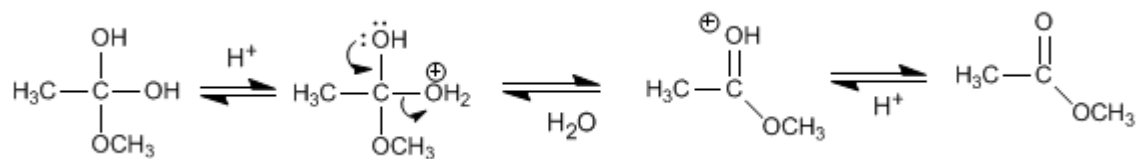


Figura 24 Eliminación de agua [14]

ANEXO 2. Análisis de prueba 2

Folio 11- 0883

Picos de interés

En el siguiente cromatograma (figura 24) encontraremos los picos con mayor interés de la experimentación de la prueba 2.

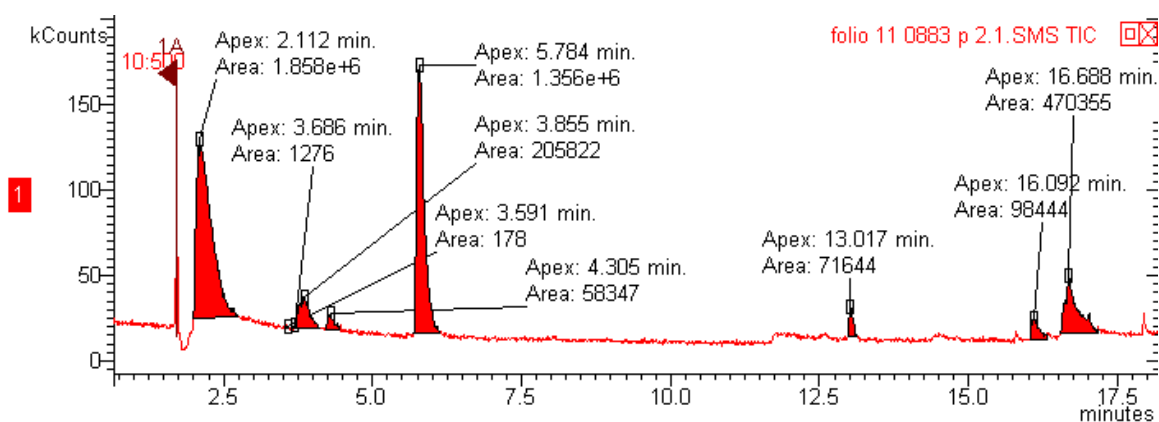


Figura 25 Cromatograma de picos de interés de la prueba 2

La tabla No.11 contiene el resumen de los picos y especies que tienen una mayor representación en el cromatograma anterior.

Tabla 11 resumen del cromatograma de la prueba 2.

Pico	Especie o compuesto	Área	Tiempo de retención (min)	Longitud de onda (us)
1	anhídrido acético	1.858 e 6	2.11	6346
2	No se tiene identificación	205,822	3.591	4236
3	MMA	58347	4.305	7263
4	Acido propanoico 2 hidrox 2-metil ester	1.356 e 6	5.784	1408
5	Butano-dinitrilo	470,355	16.688	7479

ANEXO 3. Análisis de prueba 3

Folio 11 0884

Picos de interés

Para este cromatograma solo existen tres picos importantes los cuales no corresponden a algún elemento importante en nuestra investigación.

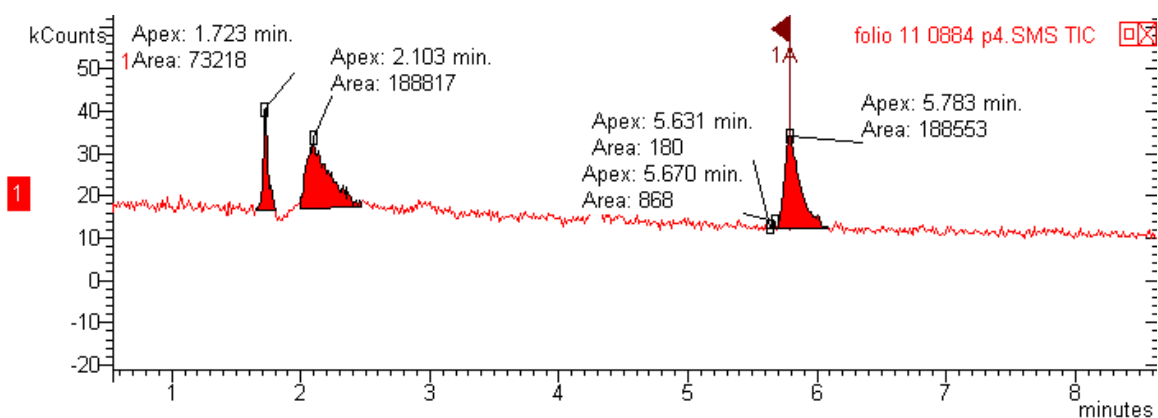


Figura 26 Cromatograma de picos de interés de la prueba 3

La tabla No. 12 contiene la descripción de los tres picos de interés encontrados en el cromatograma.

Tabla 12 resumen del cromatograma de la prueba 3

Pico	Especie o compuesto	Área	Tiempo de retención (min)	Longitud de onda (us)
1	Sin identificación	73,218	1.72	9290
2	Acido sulfúrico, dipropil ester	188,817	2.1	10281
3	Acido propanoico 2-hidroxi-2-metil-ester	188,553	5.7	6524

ANEXO 4. Análisis de prueba 4

Folio 11 0885

Picos de interés

Para este cromatograma solo se encontraron trazas del compuesto MMA por lo que las condiciones de acides, presión y temperatura no son las adecuadas para la reacción de este polímero, sin embargo se encontraron algunas especies que pueden ser reutilizadas, las cuales se describirán en la tabla de abajo.

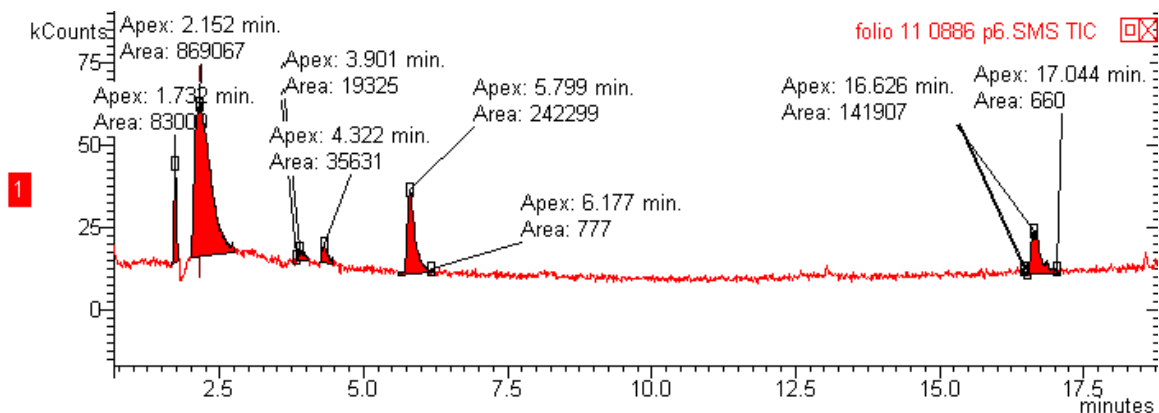


Figura 27 Cromatograma de picos de interés de la prueba 4

En la siguiente tabla No.13 se mostrara el resumen de las especies encontradas en esta prueba.

Tabla 13 resumen del cromatograma de la prueba 4

Pico	Especie o compuesto	Área	Tiempo de retención (min)	Longitud de onda (us)
1	Diacetil-metano	869,067	2.15	7875
2	Benceno-metanol	19,325	3.86	11030
3	MMA	35,631	4.32	11964
4	Acido propanoico	242,299	5.7	6143
5	2-hidroxi-2-metil acido	141,907	16.62	8169

ANEXO 5. Hojas de Seguridad.



Presentes en la Áreas de:
Droguerías, Cosmético, Industrial
Mantenimiento, Alimento y Laboratorios

EFFECTOS PARA LA SALUD

Límites de exposición ocupacional:

TWA: 262 mg/m³ (PIEL)

STEL: 328 mg/m³

TECHO (C): N.R.

IPVS: N.R.

Inhalación: Irrita las mucosas nasales y oculares. Produce asfixia, vértigo, tos, dolor de cabeza, náuseas, vómito, trastornos oculares, convulsiones e inconsciencia.

Ingestión: Disturbios visuales, dolor abdominal, diarrea, vómito, inconsciencia. En casos graves: coma, paro respiratorio, ceguera, convulsiones, acidosis metabólica severa y muerte

Piel: Se absorbe por la piel presentando efectos iguales a la inhalación. Produce resequedad, enrojecimiento y dolor.

Ojos: Irritación, dolor, lagrimeo, sensación de quemadura y visión borrosa

Efectos Crónicos: Su eliminación del cuerpo es lenta. Produce ceguera, acidosis metabólica, afecta el corazón y el sistema nervioso central, en especial el nervio óptico, conduce a dolores de cabeza persistentes y visión borrosa. Los efectos crónicos de sobreexposición pueden incluir daños a los riñones y el hígado. La exposición repetida o prolongada en contacto con la piel conduce a dermatitis.

PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación: Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial (evitar el método boca a boca). Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener la víctima abrigada y en reposo. Buscar atención médica inmediatamente.

Ingestión: Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua o de a beber una copa de whisky. No inducir el vómito. Buscar atención médica inmediatamente.

Piel: Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica

Ojos: Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.

Corporación Química Venezolana CORQUIVEN, C. A.

Página 2 de 6

Hoja Seguridad: **ALCOHOL METILICO (METANOL)**

Zona Ind. Carabobo, 4ta. Transversal, Galpon G6-B
Valencia Edo. Carabobo / VENEZUELA
Telf.: +58 (241) 832.73.49 / 832.70.92 / 838.95.68
Fax: + 58 (241) 832.67.05 / 838.46.96
Email: corquiven@corquiven.com
Web site: <http://www.corquiven.com>



CORQUIVEN, C. A.

Presentes en la Áreas de:
Droguerías, Cosmético, Industrial
Mantenimiento, Alimento y Laboratorios

RIESGOS DE INCENDIO Y/O EXPLOSION

Punto de inflamación (°C): 11 copa
cerrada

Temperatura de autoignición (°C): 385

Límites de inflamabilidad (%V/V): 6 - 36

Peligros de incendio y/o explosión:

Altamente inflamable. Los vapores son más pesados que el aire, pueden viajar hasta la fuente de ignición y regresar en llamas. Los contenedores pueden explotar cuando están expuestos a las llamas. Puede formar mezclas explosivas con el aire.

Productos de la combustión:

Produce gases tóxicos de óxidos de carbono

Precauciones para evitar incendio y/o explosión:

Mantener alejado de cualquier fuente de ignición y calor. Proveer buena ventilación al nivel del piso en los sitios de trabajo. Evitar el contacto con materiales incompatibles. Conectar a tierra los contenedores para evitar descargas electrostáticas. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación deben ser a prueba de explosión.

Procedimientos en caso de incendio y/o explosión:

Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Retirar los contenedores expuestos si puede hacerlo sin riesgo, en caso contrario, entriarlos aplicando agua en forma de rocío desde una distancia segura. No introducir agua a los contenedores.

Agentes extintores del fuego:

El agua puede ser ineffectiva. Use polvo (BC y ABC), espuma para alcohol, dióxido de carbono.

ALMACENAMIENTO Y MANIPULACION

Almacenamiento: Lugares ventilados, frescos y secos, a temperaturas inferiores a 30°C. Lejos de fuentes de calor e ignición. Separado de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente. No fumar, ni exponer a los rayos solares. Conectar a tierra los contenedores para evitar descargas electrostáticas. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación deben ser a prueba de explosión.

Tipo de recipiente:

Manipulación: Usar siempre protección personal total así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, ni comer en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en donde está el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente. Usar herramientas que no produzcan chispas.

PROCEDIMIENTOS EN CASO DE ESCAPE Y/O DERRAME

Corporación Química Venezolana CORQUIVEN, C. A.

Página 3 de 6

Hoja Seguridad: ALCOHOL METILICO (METANOL)

Zona Ind. Carabobo, 4ta. Transversal, Galpon G5-B
Valencia Edo. Carabobo / VENEZUELA
Telf.: +58 (241) 832.73.49 / 832.70.92 / 838.95.68
Fax: + 58 (241) 832.67.05 / 838.46.96
Email: corquiven@corquiven.com
Web site: <http://www.corquiven.com>

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL/CONTROL EXPOSICION

- Uso Normal:** Respirador con filtro para vapores orgánicos, monogafas, guantes de caucho o neopreno, delantal de caucho.
- Control de Emergencias:**
Equipo de respiración autónomo (SCBA) y traje de neopreno, guantes de caucho o neopreno, botas de caucho.
- Controles de Ingeniería:**
Ventilación local y general, para asegurar que la concentración no exceda los límites de exposición ocupacional. Control exhaustivo de las condiciones de proceso. Debe disponerse de duchas y estaciones lavavojos.

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Apariencia:	Líquido claro, incoloro de olor picante característico.
Gravedad Específica (Agua=1):	0.791 / 20 °C
Punto de Ebullición (°C):	64.5
Punto de Fusión (°C):	-97.8
Densidad Relativa del Vapor (Aire=1):	1.10
Presión de Vapor (mm Hg):	92.0 / 20 °C
Viscosidad (cp):	0.56 / 20 °C
pH:	Neutro.
Solubilidad:	Soluble en agua, acetona, etanol, benceno, cloroformo y éter

ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

- Estabilidad:** Estable bajo condiciones normales
- Incompatibilidades o materiales a evitar:**
- Agua:** No **Aire:** No **Otras:** reacción vigorosa con agentes oxidantes (nitratos, percloratos, peróxido de hidrógeno, ácido nítrico, ácido perclórico, trióxido de cromo), ácido sulfúrico. Reacción violenta con anhídrido crómico, perclorito de plomo, cloroformo e hidróxidos.

INFORMACION TOXICOLOGICA

Antídoto: Etanol.
DL50 (oral, ratas) = 7.5 g/kg.
DL50 (oral, ratones) = 870 mg/kg.
DL50 (piel, ratas) = mayor de 20000 ml/kg.
DL50 (piel, conejos) = 20 g/kg.
LC50 (inhalación, ratas) = 64000 ppm (4 horas).
LC50 (inhalación, gato) = mayor de 33600 ppm (6 horas).

INFORMACION ECOLOGICA

La sustancia es de baja toxicidad para organismos acuáticos y terrestres. DBO5= 48-124%.
DQO= 1.05-1.5. Toxicidad peces:
LC50 = 13680 ppm/96H/trucha arcoiris/agua fresca.

CONSIDERACIONES DE ELIMINACION Y/O DISPOSICION

Desecho Tóxico EPA, se puede filtrar y destilar. Incinerar en forma controlada, el incinerador debe poseer un sistema para la absorción de los humos o vapores producidos. Evitar inhalar los vapores. Solamente pequeñas cantidades de la sustancia se pueden dejar evaporar o diluir con abundante agua para enviar a alcantarillas apropiadas.

INFORMACION DE TRANSPORTE

Etiqueta roja de líquido inflamable. No transportar con sustancias clase explosivas, gases venenosos, sólidos de combustión espontánea, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos, sustancias con riesgo de incendio, ni alimentos.

INFORMACION DE REGULACION

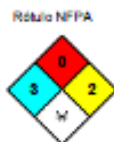
1. Código Nacional de Tránsito Terrestre. Decreto 1344/70, modificado por la Ley 33/86. Artículo 48: Transportar carga sin las medidas de protección, higiene y seguridad. Artículo 49: Transportar materiales inflamables, explosivos o tóxicos al mismo tiempo que pasajeros o alimentos. Artículo 50: Transportar combustible o explosivos en forma insegura. Suspensión de la Licencia de Conducción.
2. Ministerio de Justicia. Consejo Nacional de Estupefacientes. Resolución 0009 de Febrero 18/87. Artículo 20 de la ley 30 de 1986. Por la cual se reglamenta en el Territorio Nacional la importación, fabricación, distribución, transporte y uso de sustancias que pueden ser utilizadas para el procesamiento de drogas que producen dependencia.
3. Los residuos de esta sustancia están considerados en: Ministerio de Salud. Resolución 2309 de 1986, por la cual se hace necesario dictar normas especiales complementarias para la cumplida ejecución de las leyes que regulan los residuos sólidos y concretamente lo referente a residuos

OTRA INFORMACION

La información relacionada con este producto puede no ser válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular.

Bibliografía:

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD ACIDO SULFURICO



Fecha Revisión: 27/12/2005

SECCIÓN 1: PRODUCTO QUÍMICO E IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

Nombre del Producto:	ACIDO SULFURICO
Sinónimos:	Acete de vitriolo, Acido para baterías, Sulfato de hidrógeno, Acido de decapado, Espiritus de Azufre, Acido electrolito, Sulfato de dihidrógeno
Fórmula:	H2SO4
Número Interno:	
Número UN:	1830 al 1832
Clase UN:	8
Compañía que desarrolló la Hoja de Seguridad:	Esta hoja de datos de seguridad es el producto de la recopilación de información de diferentes bases de datos desarrolladas por entidades internacionales relacionadas con el tema. La alimentación de la información fue realizada por el Consejo Colombiano de Seguridad, Carrera 20 No. 39 - 62. Teléfono (571) 2886355. Fax: (571) 2884367. Bogotá, D.C. - Colombia.
Teléfonos de Emergencia:	

SECCIÓN 2: COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE INGREDIENTES

COMPONENTES				
Componente	CA#	TWA	STEL	%
Acido Sulfurico	7564-93-9	0,2 mg/m3 como peso de la partícula toraxica. (ACGIH 2004)	N.R. (ACGIH 2004)	50-100
Uso:	En la manufactura de fosfato y sulfato de amonio. Otros usos importantes incluye la producción de rayón y fibras textiles, pigmentos inorgánicos, explosivos, alcoholes, plásticos, tintas, drogas, detergentes sintéticos, caucho sintético y natural, pulpa, papel, celulosa y catalizadores. Es usado en la refinación del petróleo, acero y otros metales. En electroplateado y como reactivo de laboratorio.			

SECCIÓN 3: IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

VISION GENERAL SOBRE LAS EMERGENCIAS:

Apariencia: Líquido acetoso incoloro. Peligro. Corrosivo. Higroscópico. Reacciona con el agua. Puede ocasionar daños en riñones y pulmones, en ocasiones ocasionando la muerte. Causa efectos fatales de acuerdo a estudios con animales de laboratorio. Peligro de cáncer. Puede ser fatal si se inhala. Ocasiona severas irritaciones en ojos, piel, tracto respiratorio y tracto digestivo con posibles quemaduras.

EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

Inhalación:	Irritación, quemaduras, dificultad respiratoria, tos y sofocación. Altas concentraciones del vapor pueden producir ulceración de nariz y garganta, edema pulmonar, espasmos y hasta la muerte.
Ingestión:	Corrosivo. Quemaduras severas de boca y garganta, perforación del estómago y esófago, dificultad para comer, náuseas, sed, vómito con sangre y diarrea. En casos severos colapso y muerte. Durante la ingestión o el vómito se pueden broncoaspirar pequeñas cantidades de ácido que afecta los pulmones y ocasiona la muerte.
Piel:	Quemaduras severas, profundas y dolorosas. Si son extensas pueden llevar a la muerte (shock circulatorio). Los daños dependen de la concentración de la solución de ácido sulfúrico y la

ACIDO SULFURICO

CISPROQUIM 1

Ojos:	duración de la exposición. Es corrosivo y puede causar severa irritación (enrojecimiento, inflamación y dolor) Soluciones muy concentradas producen lesiones irreversibles, opacidad total de la córnea y perforación del globo ocular. Puede causar ceguera.
Efectos crónicos:	La repetida exposición a bajas concentraciones puede causar dermatitis. La exposición a altas concentraciones puede causar erosión dental y posibles trastornos respiratorios. El efecto crónico es la generación de cáncer.
SECCIÓN 4: PROCEDIMIENTOS DE PRIMEROS AUXILIOS	
Inhalación:	Trasladar al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Evitar el método boca a boca. Mantener la víctima abrigada y en reposo. Buscar atención médica inmediatamente.
Ingestión:	Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua para diluir el ácido. No inducir el vómito. Si éste se presenta en forma natural, suministre más agua. Buscar atención médica inmediatamente.
Piel:	Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica inmediatamente.
Ojos:	Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.
Nota para los médicos:	Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.
SECCIÓN 5: MEDIDAS EN CASO DE INCENDIO	
Punto de inflamación (°C):	N.A.
Temperatura de autoignición (°C):	N.A.
Límites de inflamabilidad (%V/V):	N.A.
Peligros de incendio y/o explosión:	No es inflamable, ni combustible, pero diluido y al contacto con metales produce hidrógeno el cual es altamente inflamable y explosivo. Puede encender materias combustibles finamente divididas. Durante un incendio se pueden producir humos tóxicos e irritantes. Los contenedores pueden explotar durante un incendio si están expuestos al fuego o por contacto con el agua por la alta liberación de calor.
Medios de extinción:	Usar el agente de extinción según el tipo de incendio del alrededor. No use grandes corrientes de agua a presión. Use polvo químico seco, espuma tipo alcohol, dióxido de carbono.
Productos de la combustión:	Dióxido de azufre y trióxido de azufre los cuales son irritantes y tóxicos.
Precauciones para evitar incendio y/o explosión:	Mantener alejado de materiales combustibles finamente divididos y de metales. Evitar el contacto con agua porque genera calor. Mantener retirado de materiales incompatibles.
Instrucciones para combatir el fuego:	Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Si usa agua (agua en forma de rocío) para apagar el fuego del alrededor evitar que haga contacto con el ácido. Mantenerse a favor del viento. Si es posible, retirarlo del fuego.
SECCIÓN 6: MEDIDAS EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL	
Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. Eliminar toda fuente de ignición. No tocar el material. Contener el derrame con diques hechos de arena, tierras diatomáceas, arcilla u otro material inerte para evitar que entre en alcantarillas, sótanos y corrientes de agua. No adicionar agua al ácido. Neutralizar lentamente, con ceniza de soda, cal u otra base. Después recoger los productos y depositar en contenedores con cierre hermético para su posterior	

ACIDO SULFURICO
CISPROQUIM 2

disposición.

SECCIÓN 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO	
Manejo:	Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, ni comer en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en donde está el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente. Evitar la formación de vapores o neblinas de ácido. Cuando diluya adicione el ácido al agua lentamente. Nunca realice la operación contraria porque puede reaccionar violentamente.
Almacenamiento:	Lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor, ignición y de la acción directa de los rayos solares. Separar de materiales incompatibles. Rotular los recipientes adecuadamente. No almacenar en contenedores metálicos. No fumar porque puede haberse acumulado hidrógeno en tanques metálicos que contengan ácido. Evitar el deterioro de los contenedores. Mantenerlos cerrados cuando no están en uso. Almacenar las menores cantidades posibles. Los contenedores vacíos deben ser separados. Inspeccionar regularmente la bodega para detectar posibles fugas o corrosión. El almacenamiento debe estar retirado de áreas de trabajo. El piso debe ser sellado para evitar la absorción. Los equipos eléctricos, de iluminación y ventilación deben ser resistentes a la corrosión. Disponer en el lugar de elementos para la atención de emergencias.
SECCIÓN 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCIÓN PERSONAL	
Controles de Ingeniería:	Ventilación local y general, para asegurar que la concentración no exceda los límites de exposición ocupacional. Control exhaustivo de las condiciones de proceso. Debe disponerse de duchas y estaciones lavajos.
EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL	
Protección de los ojos y rostro:	Gafas de seguridad para químicos con protección lateral y protector facial completo si el contacto directo con el producto es posible.
Protección de piel:	Guantes, botas de caucho, ropa protectora de cloruro de polivinilo, nitrilo, butadieno, viton, neopreno/butilo, polietileno, teflón o caucho de butilo
Protección respiratoria:	Respirador con filtro para vapores ácidos.
Protección en caso de emergencia:	Respirador de acuerdo al nivel de exposición. Traje de caucho, nitrilo, butadieno, cloruro de polivinilo, polietileno, teflón, caucho de butilo, o viton. En contraacción no conocida use traje encapsulado.
SECCIÓN 9: PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	
Apariencia, olor y estado físico:	Líquido acetoso incoloro o café. Inodoro, pero concentrado es sofocante e higroscópico.
Gravedad específica (Agua=1):	1.84(98%), 1.4(50%).
Punto de ebullición (°C):	274 (100%), 260(95%)
Punto de fusión (°C):	3 (98%); -64(65%).
Densidad relativa del vapor (Aire=1):	3.4
Presión de vapor (mm Hg):	Menor de 0.3 /25°C, 1.0 / 38°C
Viscosidad (cp):	21 / 25°C.
pH:	0.3 (Solución acuosa 1 N).
Solubilidad:	Soluble en agua y alcohol etílico (descompone en este último).
SECCIÓN 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD	
Estabilidad química:	Descompone a 340°C en trióxido de azufre y agua. El producto reacciona violentamente con el agua, salpicando y liberando calor.
Condiciones a evitar:	Calor, humedad, incompatibles.
Incompatibilidad con otros materiales:	Reacciona vigorosamente en contacto con el agua. Es incompatible además con Carburos, cloratos, fulminatos, metales en polvo, sodio, fósforo, acetona, ácido nítrico, nitratos, picratos, acetatos, materias orgánicas, acrilonitrilo, soluciones alcalinas, percloratos, permanganatos, acetiluros, epíclorhidrina, anilina, etilendiamina,

ACIDO SULFURICO
CISPROQUIM 3

	alcoholes con peróxido de hidrógeno, ácido clorosulfónico, ácido fluorhídrico, nitrometano, 4-nitrotolueno, óxido de fósforo, potasio, etilenglicol, isopreno, estireno.
Productos de descomposición peligrosos:	Vapores Tóxicos de óxido de azufre cuando se calienta hasta la descomposición. Reacciona con el agua o vapor produciendo vapores tóxicos y corrosivos. Reacciona con carbonatos para generar gas dióxido de carbono y con cloruros y sulfuros para formar el venenoso gas cloruro de hidrógeno y sulfuro de hidrógeno respectivamente.
Pollmerización peligrosa:	No ocurre polimerización.
SECCIÓN 11: INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA	
Las propiedades toxicológicas son dadas para la sustancia pura. DL50 (oral, ratas) = 2140 mg/Kg. LC50 (Inhalación, conejillo de Indias) = 18 mg/m3. LC50/2H (Inhalación, rata) = 510 mg/m3. LC50/2H (Inhalación, ratón) = 320 mg/m3. El producto (forma de neblina) se ha clasificado como : cancerígeno humano categoría 1 (IARC); sospechoso como cancerígeno humano, grupo A2 (ACGIH), carcinógeno OSHA. Se reportan efectos teratógenicos y mutagénicos en animales de laboratorio. Se considera un irritante primario. No existe información disponible sobre efectos neurotóxicos y reproductivos.	
SECCIÓN 12: INFORMACIÓN ECOLÓGICA	
Perjudicial para todo tipo de animales Toxicidad acuática: LC50/48H (agua alreada, camarón) = 80-90 ppm/48h. Condiciones de bioensayo no especificadas. CL50/48H Camarón adulto, agua salada = 42.5-48 ppm. Condiciones de bioensayo no especificadas. En el agua el producto se disuelve rápidamente, produciendo una disminución de la viscosidad, facilitando su difusión en cuerpos de agua. A pH 6 y pH menor a 5, aumenta la concentración de iones calcio (provenientes de rocas y suelos). El ácido sulfúrico reacciona con el calcio y magnesio presentes para producir sulfatos. Es considerado tóxico para la vida acuática. En el suelo el producto puede disolver algunos minerales como calcio y magnesio, deteriorando las características de estos. En la atmósfera el producto puede removerse lentamente por deposición húmeda. En el aire puede ser removido por deposición en seco.	
SECCIÓN 13: CONSIDERACIONES DE DISPOSICIÓN	
Neutralizar las sustancia con carbonato de sodio o cal apagada. Descargar los residuos de neutralización a la alcantarilla. Una alternativa de eliminación es considerar la técnica para cancerígenos, la cual consiste en hacer reaccionar dicromato de sodio con ácido sulfúrico concentrado (la reacción dura aproximadamente 1-2 días). Debe ser realizado por personal especializado. La incineración química en Incinerador de doble cámara de combustión, con dispositivo para tratamiento de gases de chimenea es factible como alternativa para la eliminación del producto.	
SECCIÓN 14: INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE	
Etiqueta negra y blanca de sustancia corrosiva. No transporte con sustancias explosivas, sustancias que en contacto con agua pueden desprender gases inflamables, sustancias comburentes, peróxidos orgánicos, materiales radiactivos, ni alimentos. Grupo de empaque: II.	
SECCIÓN 15: INFORMACIÓN REGLAMENTARIA	
1. Ley 769/2002. Código Nacional de Tránsito Terrestre. Artículo 32: La carga de un vehículo debe estar debidamente empacada, rotulada, embalada y cubierta conforme a la normatividad técnica nacional. 2. Decreto 1609 del 31 de Julio de 2002, Por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera. 3. Ministerio de Transporte. Resolución número 3800 del 11 de diciembre de 1998. Por el cual se adopta el diseño y se establecen los mecanismos de distribución del formato único del manifiesto de carga. 4. Los residuos de esta sustancia están considerados en: Ministerio de Salud. Resolución 2309 de 1986, por la cual se hace necesario dictar normas especiales complementarias para la cumplida ejecución de las leyes que regulan los residuos sólidos y concretamente lo referente a residuos especiales. 5. Ministerio de Justicia. Ley 30 de 1986. Por la cual se adopta el Estatuto Nacional de Estupefacientes y se dictan otras disposiciones.	

ACIDO SULFURICO

CISPROQUIM 4


Ministerio de Justicia. Resolución 0009 del 18 de febrero de 1987. Consejo Nacional de Estupefacientes. Resolución No 0031 de junio 13 de 1991. Consejo Nacional de Estupefacientes. Resolución No 007 de 1992. Consejo Nacional de Estupefacientes. Resolución 0001 del 30 de enero de 1995 por el cual se adiciona la resolución 09 de 1987. Mediante las cuales se establecen regulaciones para aquellas sustancias que puedan utilizarse para el procesamiento de drogas que producen dependencia.

SECCIÓN 16: OTRAS INFORMACIONES

La información relacionada con este producto puede no ser válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular

Bibliografía

Ampliar (Ctrl+0)

	UNIGEL ACRILICOS, S.A. DE C.V. HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS QUIMICAS	SUSTANCIA QUIMICA: MONOMERO DE METIL METACRILATO
---	--	--

SECCIÓN I DATOS GENERALES DEL FABRICANTE O IMPORTADOR								
1. Nombre del fabricante o importador: UNIGEL ACRILICOS, S.A. DE C.V.			2. En caso de emergencia comunicarse a: Tel. 01 921 2175106, 21 10500 ext. 3553 Tel. 01 722 2796800 ext. 6481 Tel. SETIQ 01 800 0021400					
3. Domicilio completo:								
Calle: Predio Encino Gordo S/N		Localidad o población: Cosoleacaque		Entidad Federativa: Veracruz				
4. Fecha de elaboración UNIGEL ACRILICOS: 01 de Marzo del 2008.				5. Fecha de revisión UNIGEL ACRILICOS: 01 de Marzo del 2008.				
SECCIÓN II DATOS GENERALES DE LA SUSTANCIA QUÍMICA								
1. Nombre comercial: Metil metacrilato.				2. Nombre químico o CAS: Monómero de Metil Metacrilato				
3. Familia química: Esteres.				4. Sinónimos: Acido 2-propiónico, ácido metacrilato, 2 metil éster, éster metílico, ácido 2-metilpropiónico, ácido- α -metacrílico.				
SECCIÓN III DATOS DE LA SUSTANCIA QUIMICA								
1. No. CAS: 80-62-6		2. No. ONU: 1247		3. Límites de exposición (STPS): LMPE-PPT (STPS) = 410 mg/m ³ LMPE-CT (STPS) = 510 mg/m ³ TWA _{8 hr} (ACGIH) = ND TWA _{15 min} (ACGIH) = ND		4. IPVS-IDLH: ND		
5. Clasificación del grado de riesgo:								
Rombo NFPA				Rectángulo HMIS				
Salud	Inflamabilidad	Reactividad	Especial	Salud	Inflamabilidad	Reactividad	E.P.P.	
2	3	2	W	3	3	2	G	
6. De los componentes riesgosos:								
1. Nombre y Porcentaje:		2. No. CAS	3. No. ONU	4. LMPE-CT STPS ACGIH		5. IPVS IDLH:	6. Rombo (NFPA)	7. Rectángulo (HMIS)
Metil metacrilato puro		99.95 %	80-62-6	1247			S I R E 2 3 2 -W-	S I R E 3 3 2 G



UNIGEL ACRILICOS, S.A. DE C.V.
HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE
SUSTANCIAS QUIMICAS

SUSTANCIA QUIMICA:
MONOMERO DE
METIL METACRILATO


SECCIÓN IV PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS					
1. Temp. de Ebullición (°C):	101	8. Estado Físico	Líquido		
2. Temp. de Inflamación (°C):	10	9. Velocidad de Evaporación:	ND		
3. Temp. de Auto ignición (°C):	421-435	10. Solubilidad en agua.	1.5G/100G DE AGUA A CONDICIONES NORMALES		
4. Gravedad Específica (Agua=1)	0.945	11. Presión de vapor (40°C):	35		
5. Densidad (A 20°C)	0.936	12. Porcentaje de Volatilidad:	N.D.		
6. Color	Incoloro	13. Límite inferior de inflamabilidad o explosividad	1.7 %		
7. Olor	Acrido, frutal	14. Límite superior de inflamabilidad o explosividad	8.2 %		
SECCIÓN V RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSIÓN					
1. Medios de extinción:	Agua:	X	Espuma: X	CO2: X	PQS: X
2. Equipo de protección especial:	El equipo debe prevenir cualquier contacto repetido ó prolongado con la piel y contacto de los ojos con el producto derramado ó por salpicadura. Esto incluye botas de hule, guantes, mascarilla facial, goggles, ropa impermeable y resistente que puede ser el equipo básico de bombero que incluye pantalón y chaqueta retardante al fuego y casco con protección facial, o bien trajes aluminizados de acercamiento al fuego. Para concentraciones desconocidas ó altas concentraciones (alrededor de 4000 ppm) use equipo de aire autónomo con mascarilla facial. Para concentraciones bajas una mascarilla con filtro para vapores orgánicos tipo canister (menos de 4000 ppm) ó una mascarilla con filtro para vapores orgánicos y equipo completo de respiración (1000 ppm ó menos).				
3. Procedimiento para el combate de incendios:	Manténgase lo mas alejado posible y a favor del viento. Vista con el equipo de protección respiratoria y ropa apropiada de protección, preferentemente con equipo completo de bombero. Si es posible, mueva el contenedor del área de peligro. Esté alerta a la posibilidad de que el contenedor pueda explotar ó expandirse cuando esté expuesto a flama directa. Use agua para mantener fríos los contenedores. Para fuegos muy grandes use monitores electrónicos y aleje a todo el personal. En caso de oír ruidos en las válvulas de seguridad ó el contenedor cambia de color retírese de inmediato puede explotar. En caso de derrames de gran magnitud en el piso, apague con espuma para evitar la evaporación y re-ignición del producto. Deberá apagar todas las fuentes de ignición de las áreas circundantes por lo menos en un radio de 100 metros.				



UNIGEL ACRILICOS, S.A. DE C.V.
HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE
SUSTANCIAS QUIMICAS

SUSTANCIA QUIMICA:
MONOMERO DE
METIL METACRILATO

4. Situación que conduce a otro riesgo especial:	Fuentes de ignición cercanas.					
5. Productos de la combustión nocivos para la salud:	Produce humos irritantes. Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono.					
SECCIÓN VI DATOS DE REACTIVIDAD						
1. Sustancia:	Estable:	X	Inestable:			
2. Condiciones a evitar:	Contacto calor o flama directa, materiales incompatibles.					
3. Incompatibilidad (sustancias a evitar):	Peróxidos, persulfatos, halógenos, amoniaco, aminas, ácido nítrico y otros oxidantes fuertes.					
4. Productos peligrosos generados por la descomposición:	N.D.					
5. Polimerización espontánea:	Si puede ocurrir:	X	No puede ocurrir:			
6. Condiciones a evitar (para evitar la polimerización):	Contacto con calor, luz o flama directa.					
SECCIÓN VII RIESGOS A LA SALUD						
1. Vías de entrada:	Inhalación	X	Ingestión	X	Absorción (piel)	X
2. Sustancia considerada como:	Cancerígena		Teratogénica		Mutagénica	
3. Toxicidad:	LD50 (Oral rata)	212 mg/Kg	LC50	7093 ppm/4 horas		
4. Emergencia y primeros auxilios: Para concentraciones desconocidas (arriba de 4000 ppm) usar equipo de aire autónomo con careta facial. Para concentraciones más bajas de 4000 ppm use canister y filtro para vapores orgánicos. Para concentraciones menores de 1000 ppm use careta facial con línea de aire respirable						
Ingestión:	Si la víctima está consciente adminístrele abundante agua inmediatamente e induzca al vómito.					
Inhalación	Mueva a la víctima al aire fresco, manténgala abrigada y en reposo. Si la respiración es dificultosa o no respira, dé respiración artificial (la respiración de boca - boca puede exponer al que la da al contacto con el químico que se encuentra en los pulmones de la víctima).					
Absorción (piel)	Retire toda la ropa contaminada. Lave la piel afectada con abundante agua y jabón por lo menos durante 15 minutos.					

	<p align="center">UNIGEL ACRILICOS, S.A. DE C.V. HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS QUIMICAS</p>	<p>SUSTANCIA QUIMICA: MONOMERO DE METIL METACRILATO</p>
---	--	---

Contacto (ojos)	Lave los ojos inmediatamente con agua por lo menos 15 minutos. Ocasionalmente levante los parpados.
-----------------	---

SECCIÓN VII INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAME

1. Procedimientos y precauciones:

Derrames pequeños:	
Derrames grandes:	Apague con espuma para evitar la evaporación y reignición del producto. Deberá apagar todas las fuentes de ignición de las áreas circundantes por lo menos en un radio de 100 metros.

Proceda con precaución, restrinja el acceso al área afectada. Use el equipo de protección personal dentro del área de derrame. Evite el contacto con el producto o materiales contaminados. Construya diques con material absorbente, detenga el flujo de material hacia las alcantarillas. Elimine las fuentes de ignición cercanas al área del derrame. El metil es un líquido muy volátil inflamable y tiende a polimerizar violentamente.

SECCIÓN IX PROTECCION ESPECIAL PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA

1. Equipo de protección personal:	Usar el equipo de protección básico y equipo de aire autónomo. En áreas abiertas utilizar equipo de aire autónomo y ubicarse a favor del viento. En áreas cerradas o confinadas, utilice ventilación forzada con inyección de aire o extracción de vapores. En ambos casos debe verificar que el equipo es clasificado "a prueba de explosión" y que se encuentra conectado a tierra; asimismo, debe utilizar protección respiratoria con línea de aire remota o equipo de aire autónomo.
-----------------------------------	---


SECCIÓN X INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTACIÓN

Según "Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos"

1. Clase de riesgo:	3	2. No. ONU:	1247
3. Guía de respuesta No.:		4. Año de edición guía:	

SECCIÓN XI INFORMACIÓN SOBRE ECOLOGÍA

Hay ligera absorción en suelos, puede ocurrir sedimentación. En la atmósfera este será degradable, la degradación será completa por medio de lodos activados. La bioconcentración no puede ocurrir. El destino final del producto es neutralización.

	UNIGEL ACRILICOS, S.A. DE C.V. HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS QUIMICAS	SUSTANCIA QUIMICA: MONOMERO DE METIL METACRILATO
---	--	--

SECCIÓN XII PRECAUCIONES ESPECIALES
1. Precauciones en el manejo y almacenamiento:
<p>Elimine la electricidad estática de los contenedores usando cables a tierra. La clasificación eléctrica del área en donde se maneje el metil metacrilato deberá ser a prueba de explosión. Los tambores y contenedores deben estar adecuadamente identificados, los drenajes cercanos deben ser químicos. Si se requieren operaciones de mantenimiento, fuego ó soldadura elaborar el permiso para tal operación y checar el nivel de explosividad y oxígeno que existe dentro del contenedor. Mantener lejos de las fuentes de ignición. Manejar de acuerdo con las prácticas de higiene y seguridad personal.</p> <p>El Metil Metacrilato puede transportarse en auto tanques tipo E (MC-306 ó MC-307) para transportar líquidos inflamables, combustibles y venenosos de la clase B, estos pueden estar contruidos en aluminio, acero dulce ó acero inoxidable, están considerados como tanques atmosféricos y probados hidrostáticamente a 3 psi (0.204 kg/cm²). El auto tanque deberá estar debidamente identificado, el operador deberá contar con licencia para manejo de materiales peligrosos, equipo de protección personal y la información necesaria del material que transporta.</p> <p>Los tanques de almacenamiento pueden ser de acero al carbón. Evitar fuentes de ignición cercanas. Mantenga el producto en zonas ventiladas. El personal de operación debe estar protegido con mascarilla para vapores orgánicos.</p> <p>EN CASO DE FUGA O DERRAME:</p> <p>Proceda con precaución, restrinja el acceso al área afectada. Use el equipo de protección personal dentro del área del derrame. Evite el contacto con el producto ó materiales contaminados. Construya diques con material absorbente, detenga el flujo de material hacia alcantarillas. Elimine las fuentes de ignición cercanas al área del derrame. El metil metacrilato es un líquido muy volátil, inflamable y tiende a polimerizar violentamente.</p>



MATERIAL SAFETY DATA SHEET
HOJA DE SEGURIDAD DEL PRODUCTO

Clasificación NFPA	Acuerdo Transporte de Mercancía Peligrosa del Mercosur	Elementos de Protección Personal

SECCION I. PRODUCTO QUIMICO E IDENTIFICACION DE LA EMPRESA									
Nombre del Producto/ Sulfato de Amonio									
Nombre Comercial									
Sinónimos: Sulfato de Amonio			Número de MSDS:						
Nombre Químico Sulfato de Amonio			Número de Revisión: 0						
Familia Química Sal de Amonio			MSDS preparada por Ingeniería de Procesos						
Fórmula Química (NH ₄) ₂ SO ₄									
Usos Materiales Industria agropecuaria: Fertilizante Aplicaciones Industriales: Manufactura de especialidades de fertilizantes.			TELEFONO DE EMERGENCIA LAS 24 HS Transporte: 0291-459-8080 Cel.0291-154050419 (Guardia MASS) Medico: 0291-459-8009						
FABRICANTE			DISTRIBUIDOR Profertil S.A, Terminal San Nicolas San Nicolás, Buenos Aires, Argentina						
SECCION II. COMPONENTES PELIGROSOS									
Límites de Exposición (ACGIH)									
Nombre		TLV-TWA		STEL		CEIL	CEIL	% por peso	
		Mg/m ³	ppm	mg/m ³	ppm				mg/m ³
Sulfato de Amonio	7783-20-2	10						100	
Información Toxicológica de los Componentes: Sulfato de Amonio Granulado									
ORAL(LD50):							Acute: 3000 mg/kg (Rat).		
SECCION III. IDENTIFICACION DE PELIGROS									
Efectos agudos potenciales sobre la salud	El contacto prolongado con este producto puede producir irritación en los ojos y la piel. Sobre exposición por inhalación puede causar irritación del tracto respiratorio. La ingestión de esta sustancia puede producir irritación del tracto gastro-intestinal, caracterizado por quemaduras y diarrea.								
Efectos crónicos potenciales	Efectos cancerígenos: no por ACGIH, EPA, IARC, NTP, OSHA. Efectos Mutagénicos: no por ACGIH, EPA, IARC, NTP, OSHA. Efectos Teratogénicos: no por ACGIH, EPA, IARC, NTP, OSHA. No hay efectos prolongados por exposición crónica a este producto.								
Continúa en la página siguiente									





SULFATO DE AMONIO		PAGINA NUMERO 2
SECCION IV. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS		
Contacto con los ojos	Causa irritación a los ojos. Chequear y eliminar lentes de contacto. INMEDIATAMENTE ENJUAGUE LOS OJOS CON ABUNDANTE AGUA , por lo menos durante 15 minutos, manteniendo los párpados abiertos. Obtenga atención médica si la irritación persiste.	
Contacto menor con la piel	Si el producto químico esta expuesto al contacto con la piel, por ejemplo con las manos, en forma suave y por completo lavar la piel contaminada con abundante agua y jabón no abrasivo. Cubrir el área irritada con un emoliente. Si la irritación persiste, obtener atención médica. Lavar la ropa contaminada previo a su reutilización.	
Contacto prolongado con la piel	No hay información adicional	
Inhalación menor	La inhalación repetida o prolongada de polvo puede conducir a una irritación respiratoria. Libere de ropa ajustada el cuello y la cintura del individuo. Permita a la víctima descansar en un área bien ventilada. Busque atención médica si la irritación continua.	
Inhalación severa	Sobre exposición por inhalación puede causar irritación respiratoria. En situaciones de emergencia utilizar protección respiratoria adecuada para evacuar a la víctima hacia una zona segura tan pronto como sea posible. Libere de ropa ajustada el cuello y la cintura del individuo. . Permita a la víctima descansar en un área bien ventilada. Se deberá suministrar oxígeno a la víctima si su respiración se ve afectada. Si la víctima no respira, realizar respiración artificial. Obtener atención médica inmediata.	
Ingestión ligera	Nunca induzca el vómito ni de nada por la boca a una persona inconsciente. Si la víctima está consciente, deberá tomar varios vasos de agua o leche y se le deberá inducir el vómito. Obtenga atención médica.	
Ingestión severa	No hay información adicional	
SECCION V. INFORMACION SOBRE FUEGO Y EXPLOSIONES		
El producto es	No inflamable	
Temperatura de autoignición	No aplicable	
Flash point	No aplicable	
Limites de Inflamabilidad	No aplicable	
Productos de combustión	El material no arderá. Sufre descomposición térmica a elevadas temperaturas liberando gases tóxicos y combustibles: amoníaco, óxidos de nitrógeno (NO, NO ₂ ...), óxidos de azufre (SO ₂ , SO ₃ ...)	
Peligro de incendio en presencia de distintas sustancias	No aplicable	
Peligro de explosión en presencia de distintas sustancias	Este producto no es explosivo. Aumenta el riesgo de explosión del nitrato de amonio cuando se mezclados.	
Medios de control de incendios e instrucciones	El material no arderá. Sufre descomposición térmica a elevadas temperaturas liberando gases tóxicos y combustibles. Utilice medios extinguidores adecuados para los materiales circundantes.	
Observaciones Especiales en caso de peligro de incendio	No es combustible. Gases tóxicos e inflamables se formarán a elevadas temperaturas (>280°C) por descomposición térmica (amoníaco, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno). Se requiere la utilización de equipo autónomo con protección adecuada para evitar la inhalación de humos tóxicos.	
Observaciones especiales en caso de explosión	No hay comentarios adicionales.	
continúa en la página siguiente		





SULFATO DE AMONIO		PAGINA NUMERO 3
SECCION VI. MEDIDAS PARA DESCARGAS ACCIDENTALES		
Pequeño derrame	Utilice herramientas apropiadas para colocar el sólido derramado en recipientes previstos para su uso o desecho posterior.	
Derrame importante	Prevenir descarga adicional de material, si es posible sin riesgo. Prevenir que los derrames ingresen en desagües, cursos de agua, piletas, etc. este producto promoverá el crecimiento de algas y puede ocasionar la degradación de la calidad y el sabor del agua. Notifique a los usuarios agua abajo. El contenido de sulfato en el agua potable deberá mantenerse por debajo de los 500 mg/l. Disuelva y disperse en agua. Recoger y colocar el material en recipientes adecuados para reciclado reutilización o desecho. Asegurar la disposición en concordancia con los requerimientos gubernamentales y las regulaciones locales.	
SECCION VII. MANEJO Y DEPOSITO		
Precauciones	Evitar el contacto con la piel y los ojos. Luego del manipuleo, siempre lavar las manos cuidadosamente con jabón y agua. No respirar polvo. Mantener alejado de la comida, bebidas y alimento animal. Evitar el contacto con sustancias incompatibles. Mantener alejado del alcance de los chicos.	
Depósito	Almacenar en áreas secas, frescas y bien ventiladas.	
SECCION VIII. CONTROLES DE EXPOSICION/PROTECCION PERSONAL		
Controles de diseño	Utilice procesos aislados, ventilación local exhaustiva, u otros controles de ingeniería para mantener el aire del ambiente dentro de los límites de exposición. Si las operaciones del usuario generan polvo, humo o niebla, usar ventilación para mantener la exposición a elementos contaminantes del aire dentro de los límites de exposición.	
Protección personal	La selección de equipos de protección personal varía, dependiendo de las condiciones de uso. Cuando puedan ocurrir contactos con la piel o los ojos como resultado a largas o repetidas exposiciones, use mangas largas, mameluco, guantes de cuero y anteojos de seguridad con defensas laterales.	
Protección personal en caso de gran escape	Usar respirador para polvo aprobado por NIOSH, si el diseño, las prácticas laborales u otras medidas de control no son adecuadas para prevenir la sobrexposición. Cuando puedan ocurrir contactos con la piel o los ojos por breves períodos, use mangas largas, mameluco guantes de cuero y anteojos de seguridad con defensas laterales.	
Límites de exposición	Consultar a las autoridades locales por los límites aceptables. TLV-TWA 1997: 10 mg/m ³ ACGIH como polvo inhalable para partículas no clasificadas de otro modo.	
continúa en la página siguiente		



SULFATO DE AMONIO		PAGINA NUMERO 4	
SECCION IX. PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS			
Estado físico y apariencia	Sólido blanco cristalino granulado		
Peso molecular	132.14	Color	Blanco
pH (10% sol n/agua)	5	Olor	Inodoro
Punto de ebullición	Descompone	Umbral de Olor	17 ppm (Amoníaco)
Punto de fusión	235°C (455°F)	Sabor	Áspero
Temperatura crítica	No disponible	Volatilidad	No aplicable
Gravedad específica g/cc	0.913 (agua=1)	Solubilidad	Fácilmente soluble en agua caliente. Soluble en agua fría.
Densidad de volumen Kg/m3; Ibs/ft3	Suelto: 913 kg/m3; 57 Ibs/ft3 Tapped: 945 kg/m3; 59 Ibs/ft3	Propiedades de dispersión	Ver solubilidad en agua
Presión de vapor	No aplicable	Coefficiente de destilación agua/aceite	No disponible
Densidad de vapor	No aplicable		
SECCION X. INFORMACION SOBRE ESTABIUDAD y REACTIVIDAD			
Estabilidad	El producto es estable		
Inestabilidad temperatura	No disponible		
Condiciones de inestabilidad	No hay información adicional		
Incompatibilidad con otras sustancias	De ligeramente reactivo a reactivo con agentes oxidantes. De muy ligeramente a ligeramente reactivo con metales, álcalis, humedad. No es reactivo con agentes reductores, materiales combustibles, materia orgánica, ácidos.		
Corrosividad	Altamente corrosivo al aluminio, zinc y cobre. Ligeramente corrosivo al acero y acero inoxidable 304. No es corrosivo al acero inoxidable 316.		
Observaciones especiales sobre reactividad	Evitar el contacto con la humedad. La hidrólisis lenta causará corrosión ácida.		
Observaciones especiales sobre corrosividad	Incompatible con aleaciones de cobre. Corrosivo al bronce. Corrosivo para metales férreos y aleaciones.		
SECCION XI. INFORMACION TOXICOLOGICA			
Rutas significativas de exposición	Inhalación. Ingestión		
Toxicidad para animales	Aguda toxicidad oral (LD50): 3000 mg/kg (Rat).		
Observaciones especiales sobre toxicidad de animales	El producto en sí mismo y sus productos de degradación no son tóxicos bajo condiciones normales de uso. Liberará iones de amonio. El amoníaco es un riego tóxico para los peces. Puede ser dañino para el ganado y la fauna si es ingerido. Limpiar todo el material derramado, especialmente donde se produce la carga de fertilizantes.		
Otros efectos sobre los humanos	No hay información adicional		
Observaciones especiales sobre efectos crónicos en humanos	No hay información adicional		
Observaciones especiales sobre otros efectos en los humanos	ACGIH TLV esta basada en "Partículas no clasificadas de otra manera"		
continúa en la página siguiente			

SULFATO DE AMONIO		PAGINA NUMERO 5
SECCION XII. INFORMACION ECOLOGICA		
Ecotoxicidad	<p>No persistente. No acumulativo cuando se utilizan prácticas normales de agricultura para su aplicación. El producto por sí mismo y los productos de su descomposición no son perjudiciales bajo condiciones normales de cuidado y uso responsable.</p> <p>Toxicidad acuática/marina: Se dispersará con la corriente. La descarga hacia cursos de agua pueden ocasionar efectos aguas abajo del punto de descarga. Se liberarán iones de amonio. El amoniaco representa un riesgo tóxico para los peces. Evitar derrames o descargas hacia cursos de agua. U.S.D.O.T.: este material no esta listado como un contaminante marino.</p>	
DBO y DQO	No disponible	
Productos de la descomposición	Óxidos de nitrógeno (NO, NO ₂ ...) Óxidos de azufre (SO ₂ , SO ₃ ...)	
Toxicidad de los productos por descomposición	El producto por sí mismo y los productos de su descomposición no son perjudiciales bajo condiciones normales de uso. Evitar el derrame o descargas hacia cursos de agua.	
Observaciones especiales sobre los productos por degradación	Este producto promoverá el crecimiento de algas y puede causar la degradación de la calidad del agua y su sabor. En caso de derrame en cursos de agua notifique a los usuarios agua abajo. El contenido de sulfato en agua potable deberá mantenerse debajo de los 500 mg/l. Se disuelve y dispersa en agua. Reclamar el material puede no ser viable.	
SECCION XIII. CONSIDERACIONES SOBRE RESIDUOS		
Desechos al agua o reciclado	Recicle el material al proceso en caso de ser posible. Asegúrese que la disposición como desecho se encuentra en cumplimiento con los requerimientos gubernamentales y las regulaciones locales. Consulte a las autoridades locales y regionales.	
SECCION XIV. INFORMACION SOBRE TRANSPORTE		
Ley Nacional de Tránsito 24.449	Carga General	
Previsiones especiales para el transporte	No aplicable	
SECCION XV. OTRA INFORMACION SOBRE REGULACIONES y PICTOGRAMAS		
Otras Regulaciones	Acta de Protección Medioambiental de Canadá (CEPA): Este producto se encuentra en la lista de sustancias domésticas (DSL) y es aceptable para el uso bajo las especificaciones CEPA	
Otras Clasificaciones	HCS (USA) No controlado DSCG (EEC) No controlado	
National Fire Protection Association (USA)	Riesgos presentes bajo agudas condiciones de emergencia: No incorporado por NFPA	
		
TDG Pictogramas (Mercosur, Canadá)		
continúa en la página siguiente		



SULFATO DE AMONIO		PAGINA NUMERO 6
DSCL (Europa) Pictograma		
ADR (Europa, Mercosur) Pictograma		
SECCION XVI. INFORMACION ADICIONAL		
Referencias	<p>Acuerdo Sobre Transporte de Mercancías Peligrosas del Mercosur Ley Nacional de Tránsito 24.449 Resolución 195/97 Normas Técnicas Ley 19.587/72 Seguridad e Higiene en el Trabajo Decreto 351/79 reglamentario de la Ley 19.587 Resolución MTSS 441/91 29 CFR Partes 1910, Rev. Julio 1 1993 40 CFR 300-399 Rev. Julio 11993 49 CFR Partes 1-199, Rev. Octubre 11993. Protection Guide to Hazardous materials, (NFPA49, 325M, 491M) NFPA, 10th Ed. 1991. TOMES Plus®, Vol 28, January 1996 Micomedex Inc.</p>	
PARA MAYOR INFORMACION SOBRE MEDIO AMBIENTE, SALUD Y SEGURIDAD DEL PRODUCTO, CONTACTESE CON		PROF
<p>Aviso al lector</p> <p>El comprador asume todo el riesgo relacionado al uso de este material. El comprador asume toda la responsabilidad para asegurar que el producto sea utilizado de una manera segura en cumplimiento de las leyes, políticas y guías sobre salud, seguridad y medio ambiente. Profertil S.A. no asume responsabilidad u obligación por la información contenida en esta hoja, incluyendo daños o perjuicios causados en relación con ello. Profertil S.A. no garantiza la aptitud de este material para ningún uso en particular y no asume ninguna responsabilidad por el daño o perjuicio causado directa o indirectamente o relacionado con el uso de este material. La información contenida en esta hoja es desarrollada por Profertil S.A. de acuerdo a lo que supone son recursos eficientes y confiables, y está basada en hechos y opiniones existentes a la fecha de su elaboración</p>		