



Manual de operaciones y prácticas.

PS-SL-005 / PE
EXTRACCIÓN SÓLIDO – LÍQUIDO A PEQUEÑA
ESCALA

Número de serie: _____

MANUAL DE OPERACIONES Y PRÁCTICAS

EXTRACCIÓN SÓLIDO –LÍQUIDO A PEQUEÑA ESCALA

PS-SL-005 / PE



CONTENIDO:

1. Fundamentos Teóricos	.....	3
2. Aplicaciones Experimentales	.....	19
3. Prácticas propuestas	.....	20
4. Especificaciones Técnicas	.....	21
5. Seguridad e higiene	.....	25
6. Operación del equipo	.....	28
6.1. Alineación y energizado	.....	28
6.2. Puesta en marcha	.....	32
6.3. Equipo en operación	.....	32
6.4. Paro del equipo	.....	33
7. Guion Experimental	.....	34
8. Mantenimiento y limpieza	.....	40
9. Apéndice	.....	42

1. Fundamentos Teóricos.

En la extracción Sólido-Líquido un soluto que forma parte de un sólido se extrae por medio de un disolvente. La extracción también se conoce como percolación cuando se hace con un disolvente caliente o a punto de ebullición. Esta operación se realiza con aparatos llamados extractores, que pueden trabajar a régimen permanente o por lotes; se pretende tener el contacto más íntimo posible entre las fases para favorecer la extracción. La operación recibe también el nombre de lixiviación, nombre más empleado al disolver y extraer sustancias inorgánicas en la industria minera. La extracción sólido-líquido puede ser una operación a régimen permanente o intermitente, según los volúmenes que se manejen.

La extracción puede ser *discontinua* (agitar una disolución acuosa con éter etílico en un embudo de separación), o bien *continua* (extracto tipo soxhlet).

Extracción sólido-líquido discontinua

La separación de una mezcla de compuestos sólidos también se puede llevar a cabo aprovechando diferencias de solubilidad de los mismos en un determinado disolvente. En el caso favorable de una mezcla de sólidos en la cual uno de los compuestos es soluble en un determinado disolvente (normalmente un disolvente orgánico), mientras que los otros son insolubles, podemos hacer una extracción consistente en añadir este disolvente a la mezcla contenida en un vaso de precipitados, un matraz o una cápsula de porcelana, en frío o en caliente, agitar o triturar con ayuda de una varilla de vidrio y separar por filtración la disolución que contiene el producto extraído y la fracción insoluble que contiene las impurezas. Si, al contrario, lo que se pretende es disolver las impurezas de la mezcla sólida, dejando el producto deseado como fracción insoluble, el proceso, en lugar de extracción, se denomina lavado.

Extracción sólido-líquido continua

La extracción sólido-líquido suele ser mucho más eficiente cuando se hace de manera continua con el disolvente de extracción caliente en un sistema cerrado, basada en la maceración con disolvente orgánico, previamente vaporizado en un matraz y condensado en un refrigerante, de la mezcla sólida a extraer contenida dentro de un cartucho o bolsa de celulosa que se coloca en la cámara de extracción. El paso del disolvente orgánico con parte del producto extraído al matraz inicial, permite que el mismo disolvente orgánico vuelva a ser vaporizado, repitiendo un nuevo ciclo de extracción, mientras que el producto extraído, no volátil, se va concentrando en el matraz.

Se emplea para extraer minerales solubles en la industria minera, también en la industria alimentaria, farmacéutica y en la industria de esencias y perfumes. Los equipos utilizados reciben el nombre de extractores, lixiviadores, o percoladores. Los residuos en esta operación son los lodos acumulados en el fondo del extractor que contienen sólidos y disolventes. En metalurgia en la extracción de: cobre con ácido sulfúrico, oro con cianuro, etc. Muchos productos orgánicos naturales se separan de sus estructuras originales mediante lixiviación. Por ejemplo el azúcar se separa por lixiviación de la remolacha con agua caliente; los aceites vegetales se recuperan a partir de semillas, como las de soya y algodón mediante lixiviación con disolventes orgánicos; el tanino se disuelve a partir de raíces y hojas de plantas. El té y el café se preparan mediante técnicas y equipo muy similares a los utilizados en las verdaderas operaciones de lixiviación. Además, los precipitados químicos con frecuencia se lavan de sus aguas madres adheridas mediante técnicas y equipo muy similares a los utilizados en las verdaderas operaciones de lixiviación, como en el lavado de licor de sosa cáustica del carbonato de calcio precipitado después de la reacción entre óxido de calcio y carbonato de sodio. Los disolventes más comunes son el agua, éter etílico, éter de petróleo, etanol y benceno. Por extracción se aíslan y se purifican numerosos productos naturales como vitaminas, alcaloides, grasas, hormonas y colorantes.

MÉTODOS TRADICIONALES DE EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO

Existen fundamentalmente dos grupos: el extractor Soxhlet y la sonicación (agitación mediante ultrasonidos).

El extractor Soxhlet:

El extractor de tipo Soxhlet se aplica a analitos que no se pueden separar por volatilización (en fase gas) pero sí son extraíbles empleando un disolvente orgánico adecuado. La gran ventaja del soxhlet es la eficacia en el proceso de remojo de la fase sólida. El esquema del instrumento es sencillo:

1. Un matraz de base redonda que contendrá el disolvente orgánico volátil.
2. Un contenedor intermedio de vidrio en el cual se coloca la muestra dentro de un cartucho que está abierto en su parte superior siendo poroso al disolvente y a la posterior disolución del analito (se vende comercialmente).
3. Refrigerante.

El matraz es calentado con una manta calefactora hasta que el disolvente orgánico se evapora, el vapor de disolvente atraviesa el cartucho que contiene la muestra ascendiendo por el contenedor hasta el refrigerante. Cuando el vapor de disolvente llega al refrigerante este condensa y cae en forma líquida de nuevo en dirección al matraz pero, en su camino, este golpea con la muestra disolviéndola (para que esto ocurra la muestra debe estar perfectamente seca y finamente dividida). El analito disuelto en disolvente orgánico pasa por un sifón el cual, al llenarse y desbordar, descarga sobre el matraz redondo. Cuando el proceso de disolución se da por finalizado se añade una última etapa: la evaporación. El disolvente se evapora por calentamiento concentrando la muestra.

Ventajas del extractor Soxhlet:

- ✓ El disolvente y la muestra están en contacto íntimo y repetido. De manera que se mejora muchísimo la extracción porque siempre se emplea un disolvente limpio.
- ✓ El disolvente proviene de una condensación luego es líquido y está caliente. Favorece la solubilidad del analito.
- ✓ No se requiere filtración posterior. El disolvente orgánico se evapora quedando sólo analito.
- ✓ Gran capacidad de recuperación.
- ✓ Instrumentación simple.

Inconvenientes del extractor Soxhlet:

- ✓ Es un proceso extremadamente lento e imposible de acelerar.
- ✓ Se requiere gran cantidad de disolvente.
- ✓ Inaplicable a analitos termolábiles, que se descompongan con el calor o reaccionen.
- ✓ Necesidad de etapa final de evaporación.
- ✓ El método no depende de la matriz.

La extracción Soxhlet es la técnica de separación sólido-líquido comúnmente usada para la determinación del contenido graso en muestras de diferente naturaleza. De igual modo, puede ser usada como técnica preparativa de muestra como paso previo al análisis mediante otra técnica instrumental, por ejemplo, la extracción de ácidos grasos en muestras de tocino para su posterior determinación mediante cromatografía de gases.

Aunque su campo de aplicación es fundamentalmente el agroalimentario es también de utilidad en el área medioambiental, así es el método de análisis recomendado para la determinación del aceite y la grasa total recuperable en aguas de vertidos industriales permitiendo la determinación de hidrocarburos relativamente no volátiles, aceites vegetales, grasas animales, ceras, jabones y compuestos relacionados.

La extracción Soxhlet ha sido (y en muchos casos, continua siendo) el método estándar de extracción de muestras sólidas más utilizado desde su diseño en el siglo pasado, y actualmente, es el principal método de referencia con el que se comparan otros métodos de extracción. Además de muchos métodos de la EPA (U.S. Environmental Protection Agency) y de la FDA (Food and Drugs Administration) utilizan esta técnica clásica como método oficial para la extracción continua de sólidos.

Para la extracción con soxhlet se deben tener en cuenta: la selección del solvente, la matriz sólida y las condiciones de operación.

Selección del solvente: Debe seleccionarse un solvente conveniente de tal forma que ofrezca el mejor balance de varias características deseables: alto límite de saturación y selectividad respecto al soluto por extraer, capacidad para producir el material extraído con una calidad no alterada por el disolvente, estabilidad química en las condiciones del proceso, baja viscosidad, baja presión de vapor, baja toxicidad e inflamabilidad, baja densidad, baja tensión superficial, facilidad y economía de recuperación de la corriente de extracto y bajo costo. Cada solvente diferente produce extractos y composiciones específicos. El solvente más ampliamente utilizado para extraer aceites comestibles de las plantas es el hexano. El hexano tiene un rango en el punto de ebullición bastante estrecho, de aproximadamente 63-69 °C y es un excelente solvente de los aceites en lo que se refiere a su solubilidad y facilidad de recuperación.

Sin embargo, el n-hexano, el elemento principal del hexano comercial, est3 ubicado como el n3mero uno en la lista de los 189 contaminantes del aire m3s riesgosos por la Agencia Americana de Protecci3n del ambiente.

El uso de solventes alternativos tales como: isopropanol, etanol, hidrocarburos, e incluso el agua, se ha incrementado debido a asuntos del medioambiente, la salud, y a preocupaciones de seguridad. Se us3 d-cineno y hexano en la extracci3n de aceite a partir del salvado de arroz y se observ3 que el d-cineno extrajo una cantidad significativamente superior de aceite que el hexano bajo cualquier serie dada de condiciones. Tambi3n se ha utilizado agua para extraer el aceite del salvado de arroz a un valor del pH de 12. El aceite extra3do con agua tuvo un volumen m3s bajo de 3cido graso libre y un color m3s claro que el obtenido con hexano.

Los solventes alternativos producen a menudo menos recuperaci3n debido a una afinidad molecular disminuida entre el solvente y el soluto. Los costos de los solventes alternativos pueden ser superiores. A veces se agrega un cosolvente para aumentar la polaridad de la fase l3quida. Adem3s, se han reportado extracciones de mezclas de isopropanol y el hexano para aumentar el rendimiento y la cin3tica de extracci3n.

Caracter3sticas de la matriz: La extracci3n con Soxhlet depende fuertemente de las caracter3sticas de la matriz y de las dimensiones de las part3culas puesto que la difusi3n interna puede ser el paso limitante durante la extracci3n. Para la extracci3n total de las grasas de las semillas oleaginosas, se realiz3 una extracci3n de 2-h obteniendo un rendimiento del 99% cuando la dimensi3n de las part3culas era 0.4 mm, mientras que fue necesaria una extracci3n de 12-h para obtener una eficacia similar si la dimensi3n de las part3culas era 2.0 mm.



Condiciones de operación: Durante la extracción con Soxhlet, el solvente se recupera normalmente por evaporación. Las temperaturas de extracción y evaporación tienen un efecto significativo en la calidad final de los productos. Además, se ha encontrado que el aceite del salvado de arroz extraído con d-cineno era ligeramente más oscuro comparado con el aceite extraído con hexano, probablemente debido a las mayores temperaturas de extracción y evaporación al usar d-cineno como solvente. Las altas temperatura de ebullición para la recuperación del solvente pueden disminuirse usando evaporación flash o separación por membrana para recuperar el solvente.

OPERACIONES EN ESTADO NO ESTACIONARIO

Las operaciones en estado no estacionario incluyen aquéllas en que los sólidos y los líquidos se ponen en contacto únicamente en forma de lotes y también aquéllas en que un lote del sólido se pone en contacto con una corriente que fluye continuamente del líquido (método por semilotes). Las partículas sólidas gruesas generalmente se tratan en lechos fijos mediante métodos de percolación, mientras que los sólidos finamente divididos, que pueden mantenerse más fácilmente en suspensión, pueden dispersarse en todo el líquido con la ayuda de algún tipo de agitador.

Velocidad de extracción

La velocidad de extracción es afectada por los siguientes factores:

- ✓ Temperatura
- ✓ Concentración del solvente
- ✓ Tamaño de las partículas
- ✓ Porosidad
- ✓ Agitación

Al aumentar la temperatura se aumenta la velocidad porque la solubilidad es mayor, el aumento de temperatura es muy usado en procesos de reacción química. La temperatura máxima para cada sistema está limitada por: el punto de ebullición del solvente, el punto de degradación del producto o del solvente, solubilidad de impurezas y por economía.

La concentración del solvente es importante para soluciones acuosas, debido a la saturación y a la existencia de reacciones químicas, es de poca importancia cuando la extracción es controlada por difusión. La reducción de partículas tiene gran importancia, porque aumenta el área de contacto y disminuye el tiempo necesario para la extracción, sobre todo para sólidos de baja porosidad. La porosidad permite que el líquido penetre a través de los canales formados por los poros dentro del sólido, aumentando así el área activa para la extracción. La agitación da una mayor eficiencia en la extracción debido a que disminuye la película de fluido que cubre la superficie del sólido en reposo y que actúa como una resistencia a la difusión.

El equipo puede ser de etapas o de contacto continuo; algunas industrias requieren un tipo especial de equipo, pero en general las dos técnicas usadas son: rociar el líquido sobre el sólido o sumergir el sólido completamente en el líquido, el equipo usado en cada caso depende mucho de la forma física de los sólidos y del costo. Partículas trituradas (grandes) son tratadas en lechos fijos por métodos de percolación. Partículas molidas (finamente divididas) son puestas en suspensión en tanques llenos de solvente por medio de agitación.

BALANCE DE MATERIA

Supongamos que hemos cargado el tanque de percolación con un sólido finamente dividido y ya hemos pasado a través de él una cantidad suficiente de solvente como para considerar que el sólido ya está agotado. Posteriormente dejamos un tiempo suficiente para que escurra la solución posible. Una vez transcurrido este tiempo, retiramos el sólido y encontramos que a pesar de haber esperado lo suficiente, el sólido aún continúa humedecido con la solución y que para separarlo definitivamente tendríamos que recurrir a diversos sistemas como prensado o evaporación, para lograr secar completamente el sólido y dejarlo libre de líquidos. Esta situación que acabamos de describir es común a todos los procesos de lixiviación. Por tal razón se ha visto conveniente describir los balances de materia con algunos criterios diferentes que a continuación se detallarán.

En los procesos de lixiviación deberá considerarse como condición de equilibrio aquella que se presenta cuando todo el soluto es disuelto en el solvente. Es posible que en algunos casos el sólido que contiene el soluto sea parcialmente soluble en el solvente, sin embargo, para efectos del presente estudio consideraremos solamente los casos en que el sólido desprovisto de soluto es insoluble en el solvente.

De igual forma, tan sólo se considera los casos en que no se presenta adsorción del líquido a la estructura interna del sólido. Puesto que la condición de equilibrio se presenta cuando el soluto está completamente disuelto en el solvente, la concentración del soluto en el líquido remanente deberá ser la misma que en la solución separada del sólido. Se define ahora a la fracción másica (o en peso) de la fase sólida como la cantidad de soluto presente en la fase sólida, dividido por la cantidad total de soluto y solvente que se encuentra asociadas a esta fase.

Sean:

A= solvente.

B= sólido puro insoluble, libre de soluto y solvente.

C= soluto.

x= fracción en peso (o en masa) en la fase líquida.

y= fracción en peso (o en masa) en la fase sólida.

De acuerdo con la definición de fracción másica descrita se tiene que:

$$y = C_s / (A_s + C_s) \quad x = C_1 / (A_1 + C_1)$$

En donde:

C_s: soluto que se encuentra en la fase sólida, ya sea que esté presente en la estructura del sólido o disuelto en el líquido asociado.

A_s: solvente asociado a la fase sólida.

C₁: soluto disuelto en la fase líquida.

A₁: solvente, en la fase líquida.

De acuerdo con el concepto de equilibrio definido para la operación de lixiviación, se cumple que:

$$y_{eq} = x_{eq}$$

La ecuación anterior representa una recta de pendiente $m=1$ en el diagrama x vs y .

La cantidad de líquido remanente que queda asociado a un sólido lixiviado depende de varios factores; entre ellos se destacan la densidad, la viscosidad del fluido y la tensión superficial.

En las operaciones de varias etapas se pueden presentar que la cantidad de líquido retenido o remanente sea la misma a la salida de cada etapa. En este caso el balance de materiales se facilita puesto que las curvas o líneas de operación serán siempre rectas en los diagramas x vs y .

Balances en una etapa

Sólido por lixiviar sólido lixiviado

Etapas de lixiviación

Solvente

Solución de lixiviación

Sólido por lixiviar: está compuesto por el sólido insoluble (B) y la totalidad del soluto (C).

En el caso de que el sólido por lixiviar provenga de una operación anterior en que ya haya entrado en contacto con solvente, su composición estará dada por el sólido insoluble (B) y una cantidad de solvente y soluto (F) asociados al sólido. El término (F) se expresará como masa de (A+C).

Para poder expresar mejor la situación inicial del sólido que se va a lixiviar, se define a NF como la relación de masa de sólido insoluble sobre masa de solvente y soluto asociados al sólido, expresada en masa de B/masa de (A+C).

Tomando al definición de la primera ecuación, redefinimos a y_1 como la fracción másica del soluto expresada como masa de soluto C sobre masa de solvente más soluto (A+C) presentes en el sólido por lixiviar.

De acuerdo con las definiciones anteriores, se tiene:

Sólido por lixiviar = B+F

B = NFF

Solvente: esta corriente, también llamada líquido lixivante, está compuesta, o por solvente puro o por solvente con algo de soluto (si provienen de operaciones anteriores).

Si consideramos como caso general el segundo, podremos definir a esta corriente con una nueva nomenclatura: Ro que contiene solvente (A) y soluto (C).

De acuerdo con lo anterior, x_o será la composición de Ro o la fracción másica (o en peso) del soluto, expresado como masa de C dividido por masa de (A+C).

Sólido lixiviado: después de la operación de lixiviación se separan las dos fases y el sólido lixiviado quedará algo de solución remanente asociada al sólido.

Definimos nuevos términos de acuerdo con las siguientes características del sólido lixiviado:

B: masa de sólidos insolubles presentes en el sólido lixiviado.

E1: masa de solución remanente asociada al sólido. (en le caso de haberse conseguido el equilibrio). O masa de soluto y masa de solvente en el sólido lixiviado. Este término siempre se expresará como masa de (A+C).

N1: relación de masa de sólido insoluble con respecto al solvente y soluto asociado. Expresada como masa de B/masa de (A+C).

y1: fracción másica del soluto en el sólido lixiviado, expresado como masa de C/masa de (A+C).

De acuerdo con lo anterior, tendremos:

Sólido lixiviado = B + E1

B = N1E1

Solución de lixiviación: esta corriente es la solución concentrada, llamada también extracto o micela. Sus componentes son: solvente (C) y soluto en solución (A).

La nomenclatura que se usará, será:

R1: solución de lixiviación expresada como masa de (A+C).

x1: fracción másica (o en peso) del soluto el R1, expresado como masa de C/masa (A+C).

De acuerdo con los términos definidos, un balance total de materia sobre una operación de una etapa será:

$$F(1+NF) + R_o = E_1 (1 + N_1) + R_1$$

Pero dado que $B = NFF = N_1E_1$, la ecuación anterior puede transformarse en:

$$F + R_o = E_1 + R_1 = M_1$$

En donde M, es el resultado de la mezcla sin tener en cuenta los sólidos insolubles.

M₁ estará expresado como masa de (A+C).

$$YFF + x_oR_o = y_1E_1 + x_1R_1$$

La operación de lixiviación en una etapa puede ser descrita gráficamente, aprovechando la circunstancia que el estado de equilibrio se cumple la ecuación $y_e = x_{eq}$.

Extracciones a temperatura ambiente

Como se ha comentado, en la mayoría de los procesos de extracción líquido-líquido o sólido-líquido a temperatura ambiente, se utiliza un compuesto orgánico volátil, normalmente un disolvente inflamable, con lo que cualquier sobrepresión en el montaje o una fuga de vapor puede provocar un incendio. Se debe tener en cuenta que siempre que se manipulen sustancias de estas características se presenta riesgo de incendio y explosión.

Los sistemas para el control de estos riesgos son:

- Realizar la operación en la vitrina.
- Disponer de un sistema de actuación (extintor manual adecuado, manta ignífuga, etc.) próximo al lugar de la operación.

Si se utiliza un embudo de decantación con agitación manual, existe además el problema del contacto directo con los productos y la posibilidad de proyecciones de líquidos e inhalación de concentraciones elevadas de vapores al aliviar la presión del embudo (generada por vaporización durante la agitación) a través de la válvula de la llave de paso. En esta operación es recomendable usar guantes impermeables, ropa de protección y, como se ha comentado antes, realizar la operación en la vitrina, aunque esto resulte incómodo, especialmente si las sustancias que intervienen en el proceso tienen características de peligrosidad elevadas.

Extracciones en caliente

La extracción sólido-líquido o líquido-líquido en caliente es una operación relativamente rutinaria en los laboratorios de química. El caso más habitual es la extracción con el sistema Soxhlet. Dado que para ella se suelen emplear líquidos volátiles inflamables, se tendrán que aplicar las recomendaciones generales para la utilización de este tipo de compuestos que ya se han comentado (sobrepresión, presencia de vapores inflamables).

Además de los sistemas de control de riesgos ya comentados, es recomendable:

- Calentar el sistema de extracción usando un baño maría o un baño de aceite a una temperatura suficiente, pero no más alta, para asegurar la ebullición del disolvente.

- Cuando la extracción sea de larga duración es recomendable disponer de un sistema de control del agua de refrigeración frente a posibles cortes de suministro de agua.
- Disponer de un sistema de actuación (extintor manual adecuado, manta ignífuga, etc.) próximo al lugar de la operación.
- Los residuos sólidos o líquidos generados en estas operaciones se depositarán en los contenedores de residuos correspondientes.

BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Geankoplis, Ch. J. *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*, 3ª ed. México, Continental, 1999.
- ✓ Tamayo, T. M. *Diccionario de la Investigación Científica*. México, Limusa, (s/a)
- ✓ Treybal, Robert E. *Operaciones de Transferencia de Masa*. 2ª ed. México, Mc Graw-Hill, 1988.
- ✓ Valiente, A. *Problemas de Balance de Materia y Energía en la Industria Alimentaria*. México, Limusa, 2001.
- ✓ Wark, K. *Termodinámica*. 4ª ed., 792. México, McGraw-Hill, 1985.
- ✓ Práctica “Extracción sólido – líquido” en: Olivares Castro, Adriana y Elia Gry Patoni Hernández, Armando Baeza Barrera. *Manual de prácticas, Laboratorio Integral III, Ingeniería Química*. Metepec, SEP-DGEST-Instituto Tecnológico de Toluca, Agosto-diciembre 2007, p. 1-15. Versión electrónica disponible en: www.ittoluca.edu.mx

2. Aplicaciones Experimentales.

- Balances de materia y energía en un proceso de extracción sólido – líquido.
- Estudio de operaciones unitarias.
- Estudio de los componentes de un sistema de extracción sólido – líquido.
- Estudio de un extractor tipo soxhlet.
- Selección de diferentes solventes de extracción en función del sólido a extraer.
- Influencia de la temperatura de acuerdo a las condiciones del proceso.
- Operación de extracción sólido – líquido a temperatura de ebullición de solvente.
- Operación de extracción sólido – líquido a temperatura ambiente.

3. Prácticas propuestas.

- 3.1 Extracción de clorofila de espinaca a temperatura ambiente utilizando como solvente una mezcla etanol-agua (50% - 50% en volumen). Sin recirculación.
- 3.2 Extracción de clorofila de espinaca a temperatura ambiente utilizando como solvente una mezcla etanol-agua (50% - 50% en volumen). Con recirculación.
- 3.3 Extracción de clorofila de espinaca a temperatura de ebullición del solvente, utilizando una mezcla etanol-agua (50% - 50% en volumen). Sin recirculación
- 3.4 Extracción de clorofila de espinaca a temperatura de ebullición del solvente, utilizando una mezcla etanol-agua (50% - 50% en volumen). Con recirculación.

Se recomienda realizar al menos dos de cualquiera de las prácticas citadas.

El comparativo entre las prácticas 3.1 y 3.3 permite analizar la influencia de la temperatura en el proceso de extracción sólido-líquido para un sistema determinado.

La comparación entre las prácticas 3.1 y 3.2, así como 3.3 y 3.4 permite analizar la influencia de la recirculación en el proceso.

Es posible realizar el conjunto de las cuatro prácticas o alguna de ellas, variando la composición de la mezcla etanol-agua.

De igual manera, son posibles los experimentos anteriores y sus comparativos utilizando algún otro sistema sólido-líquido susceptible de llevar a cabo en un soxhlet.

Nota: No utilizar acetona como solvente de extracción porque puede dañar los componentes del equipo.

4. Especificaciones Técnicas.

- Unidad piloto completamente instrumentada de pequeña escala para laboratorio. Montada sobre estructura en perfil de aluminio reforzado tipo industrial con ruedas. Compuesta de una unidad de proceso y un gabinete de control, ambas unidades están interconectadas entre sí formando una sola instalación.
- Equipo de extracción sólido –líquido fabricado con componentes de tipo industrial, acero inoxidable, vidrio y materiales resistentes a solventes.
- Hervidor para solvente con capacidad de 5 litros, fabricado en vidrio borosilicato, con válvula de vaciado.
- Mantilla de calentamiento eléctrico en el hervidor con regulación de temperatura por medio de perilla manual montada sobre gabinete de control.
- Columna de evaporación, fabricada en vidrio, diámetro nominal de dos pulgadas. Altura de la columna 40 cm. Codo de 90 grados, fabricado en vidrio borosilicato, diámetro nominal de dos pulgadas.
- Condensador fabricado en vidrio borosilicato tipo serpentín para solvente destilado, con regulación de flujo de agua de enfriamiento.
- Extractor sólido líquido fabricado en vidrio borosilicato, diámetro nominal de cuatro pulgadas, altura de 30 cm. Canastilla para producto sólido en extractor, fabricada en acero inoxidable.
- Tubería en U para control de nivel y salida de producto de extracción.
- Recibidor de vidrio para producto de extracción fabricado en vidrio borosilicato, con capacidad de un litro.
- Válvulas para toma de muestra en los recibidores de producto.

- Recipiente para alimentación de solvente a temperatura ambiente, fabricado en vidrio borosilicato con capacidad de un litro, brida y tapa en acero inoxidable con válvula de salida.
- Tubería y accesorios fabricados en acero inoxidable y PTFE.
- Sistema de tubería para agua de enfriamiento fabricado en PVC cedula 80 tipo industrial.
- Rotámetro para medición de flujo de agua de enfriamiento. Rango: 0.4 a 4 LPM.
- Válvula de regulación de flujo de agua de enfriamiento.
- Sensor de temperatura en el hervidor. Tipo Pt-100
- Dos sensores de temperatura localizados a la entrada y a la salida del extractor. Tipo Pt-100
- Dos sensores de temperatura localizados a la entrada y a la salida del agua de enfriamiento. Tipo Pt-100
- Cinco Indicadores digitales de temperatura montados sobre gabinete de control.

GABINETE DE CONTROL

- Tipo industrial NEMA 4X
- Foco indicador luminoso de tablero energizado
- Botones de marcha y paro de resistencia de calentamiento con indicador luminoso
- Contactor de protección y arranque para resistencia de calentamiento.
- Protector termomagnético para resistencia de calentamiento.
- Portafusibles de protección.
- Botón de paro de emergencia tipo hongo de media vuelta.
- Cableado por medio de canaleta y con números de identificación.
- Componentes eléctricos montados sobre riel.



Manual de operaciones y prácticas.

PS-SL-005 / PE
EXTRACCIÓN SÓLIDO – LÍQUIDO A PEQUEÑA
ESCALA

DIMENSIONES APROXIMADAS

Largo: 1.45 metros

Profundidad: 0.70 metros

Altura: 2.20 metros

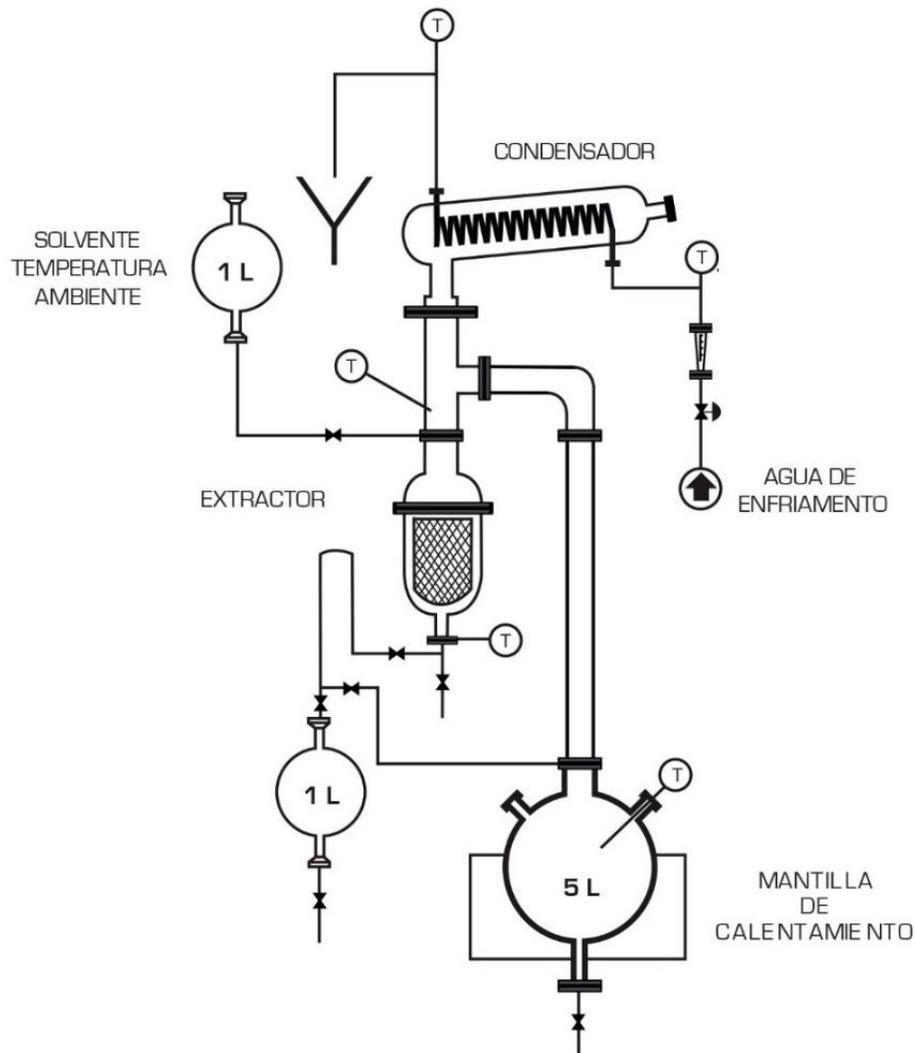
SERVICIOS NECESARIOS

- Alimentación eléctrica: 120 VAC, 60 Hz.
- Protección: 25 Ampere.
- Alimentación de agua de red.
- Drenaje.

INCLUYE:

- Instalación, Puesta en Marcha y Capacitación.
- Manual de operaciones y prácticas en español.

PS - SL - 005/PE



5. Seguridad e higiene.

Seguridad e higiene son los procedimientos, técnicas y elementos que se aplican en los centros de trabajo y laboratorios, para el reconocimiento, evaluación y control de los agentes nocivos que intervienen en los procesos y actividades, con el objeto de establecer medidas y acciones para la prevención de accidentes o enfermedades, a fin de conservar la vida, salud e integridad física de las personas, así como evitar cualquier posible deterioro al lugar.

A continuación se enumeran algunas normas que se deben de acatar dentro del laboratorio cuando se esté manejando el equipo.

- Todas las actividades que se realicen con este equipo deberán estar supervisadas por el personal responsable.
- Siempre que el equipo opere es necesario revisar que la puerta del gabinete de control se encuentre cerrada. Si hay necesidad de abrirla, el gabinete debe estar desenergizado.
- Es obligatorio que todos los operadores sigan las normas de seguridad e higiene, indicadas en el reglamento interno del laboratorio.
- Debe revisarse que la estructura del equipo esté fija con los frenos puestos colocados en las llantas.
- Si no se tiene conocimiento de algún componente interno del gabinete, consultar el *Manual Técnico* en el apartado correspondiente y notificar a Generatoris.

- Verificar la correcta alineación de las válvulas según sea el arreglo que se desee estudiar y/o la sección que se desee estudiar.
- **No usar como solvente de experimentación acetona, ácido acético, ni acetato de etilo porque pueden dañar algunos de los componentes del equipo.**
- Cuando se termine de hacer la alimentación manual con el cono, verificar que la válvula de alimentación se encuentre cerrada para evitar la fuga de vapores. No abrirla durante la experimentación.
- Verificar que las válvulas de descarga de los balones se encuentren cerradas.
- Durante la operación, algunos componentes del equipo estarán calientes, se recomienda no tocarlos porque puede causarle quemaduras. Mantilla, tubería de acero inoxidable y elementos vidrio (hervidor, columna de evaporación, codo Tee, condensador).
- Se debe de probar en frío la unidad de calentamiento para que verificar que no existen fugas. En caso de fugas apagar el equipo.
- No deberá prenderse la unidad sin supervisión.

RIESGO DE CHOQUE TÉRMICO

- El riesgo de choque térmico existe cuando se somete a calentamiento el recipiente de vidrio sin líquido y una vez caliente se agregan sustancias frías. Para evitarlo; agregar las sustancias antes de iniciar el calentamiento. El máximo choque térmico es de 20 °C.



Manual de operaciones y prácticas.

PS-SL-005 / PE
EXTRACCIÓN SÓLIDO – LÍQUIDO A PEQUEÑA
ESCALA

- Es importante drenar las unidades utilizadas del equipo una vez que haya finalizado la experimentación.
- Al finalizar la experimentación el equipo debe dejarse perfectamente limpio para usos posteriores.
- Es obligatorio que todos los operadores usen: Bata, guantes de carnaza y lentes de seguridad durante la operación y limpieza de este equipo.

6. Operación del equipo.

6.1. Alineación y energizado.

1. Antes de alinear las válvulas es necesario colocar el sólido a extraer. Para esto es necesario quitar los cuatro tornillos que unen las tapas del soporte campana con el extractor. Esto se hace desatornillándolos a mano como se muestra en las siguientes figuras:



Desensamble de los cuatro tornillos del extractor.

2. Una vez separados los cuatro tornillos, girar con cuidado el extractor a la izquierda y sacar la canastilla que contendrá al sólido.



Extracción de la canastilla de acero inoxidable.

3. Ya que se haya puesto el sólido en la canastilla y esta a su vez dentro del extractor, habrá que acoplar el extractor de nuevo girándolo a la derecha y ensamblando manualmente los cuatro tornillos que unen las tapas.
4. Ya colocado el sólido habrá que definir la experimentación a realizar. Es decir; extracción a temperatura ambiente o a temperatura de ebullición del solvente. También habrá que definir si la extracción será continua, es decir recirculando el disolvente por el extractor cierta cantidad de veces o de un solo paso dejando el disolvente en el extractor un determinado tiempo de residencia.

5. Para extracciones a temperatura ambiente:

- 5.1 Cerrar la válvula de drenado del recipiente de vidrio ubicado en la parte superior del equipo.
- 5.2 Cerrar la válvula de paso al recipiente de vidrio receptor de productos.
- 5.3 Abrir la válvula de alimentación al extractor a temperatura ambiente ubicada en el plato de teflón.
- 5.4 Abrir la válvula de alimentación del cono del recipiente de vidrio mencionado en el punto 2.1. y alimentar 1.5L de solvente.
- 5.5 Después de un tiempo de residencia determinado, vaciar la solución con la válvula de drenado del extractor.
- 5.6 Repetir la alimentación con al extractor con la solución si se desea para realizar una extracción continua a temperatura ambiente las veces que sean necesarias.

6. Para extracciones a temperatura de ebullición del sólido:

- 6.1 Cerrar la válvula de drenado del hervidor.
- 6.2 Abrir la válvula de alimentación de solvente al hervidor ubicada debajo del cono de alimentación.
- 6.3 Suministrar el solvente que será calentado a través del cono y al terminar cerrar la válvula de alimentación.
- 6.4 Cerrar la válvula de alimentación del solvente a temperatura ambiente ubicada en el plato de teflón a la entrada del extractor.
- 6.5 Cerrar la válvula de drenado del extractor.

6.6 Abrir la válvula de paso a la tubería de acero inoxidable.

6.7 Si la práctica a realizar va a ser una extracción continua, habrá que cerrar la válvula que permite el paso del producto al recipiente de vidrio y abrir la válvula de recirculación al hervidor ubicada en la tubería de acero inoxidable.

- **No usar como solvente de experimentación acetona, ácido acético, ni acetato de etilo porque pueden dañar algunos de los componentes del equipo.**

Energizado del gabinete de control.

7. Asegurarse que se cuente con suministro de corriente eléctrica a 110 VAC
8. Verificar que la puerta del gabinete de control se encuentre perfectamente cerrada.
9. Verificar que la protección de corriente del equipo sea superior a 25 Amperes.
10. Verificar que el equipo se encuentre debidamente conectado en el tomacorriente.
11. Verificar que la perilla reguladora de la mantilla de calentamiento se encuentre en la posición OFF.
12. Asegurarse que el botón tipo hongo de paro de emergencia de media vuelta, esté en la posición adecuada, no presionado. De lo contrario, dar media vuelta para liberarlo.
13. Colocar el interruptor general en la posición ON. Deben estar iluminados el indicador luminoso de tablero energizado (blanco), así como los botones rojos de paro de las bombas y los indicadores de voltaje, amperaje y caída de presión.

6.2. Puesta en marcha.

14. Verificar alimentación de agua de la red para agua de enfriamiento.
15. Verificar la disposición de drenaje.
16. Definir la experimentación, y alinear las válvulas conforme a la experimentación.
17. Habiendo revisado los puntos anteriores el equipo está listo para ponerse en marcha.

6.3. Equipo en operación.

18. Para la regulación del calentamiento se emplean las perillas que se localizan en el gabinete.
19. Cuando se empiecen a presentar el proceso de evaporación en el balón, se debe iniciar el suministro del agua de enfriamiento; para la regulación del flujo se dispone de una válvula de diafragma y un rotámetro.
20. Mantener abierta la válvula que manda el fluido al hervidor.
21. Si se desea hacer una extracción con solvente frío, solo se debe de suministrar dicho solvente en el balón superior de 1 L y abrir la válvula que lo comunica con el extractor. A su vez se debe mantener abierta la que conecta al balón de obtención del extracto y cerrar la válvula de recirculación.

6.4. Paro del equipo.

22. Para detener el calentamiento se debe presionar el botón de paro correspondiente a las resistencias, localizados en el gabinete de control.
23. Si por alguna razón se tiene que detener la experimentación de emergencia debe presionarse el hongo de paro de emergencia y automáticamente todos los componentes que estén funcionando dejarán de hacerlo.
24. Una vez terminada la experimentación, y los componentes hayan sido apagados se debe colocar el interruptor general en la posición OFF. Con esto deben quedar apagados tanto los indicadores como los botones del gabinete.
25. Cuando la unidad de calentamiento se encuentre a una temperatura cercana a la ambiente, se debe de quitar el suministro de agua de enfriamiento.

7. Guion Experimental. (ejemplo)

Práctica: Extracción de clorofila de espinaca a temperatura de ebullición del solvente, utilizando una mezcla 50% Etanol 50% agua. Con recirculación

1. **Objetivos:** Llevar a cabo un proceso de extracción sólido-líquido bajo condiciones de operación a temperatura de ebullición del solvente y recirculación observando la intensidad de color en el extracto diluido, así como la diferencia en peso del sólido al inicio y al final de la práctica. Apreciar la tonalidad de la espinaca al final de la práctica para concluir al respecto.

2. Materiales , equipo y servicios auxiliares

Materiales

- 2 litros de etanol.
- 0.300 kilogramos de espinaca
- Balanza
- Probeta graduada

Servicios auxiliares

- Alimentación eléctrica: 120 VAC, 60Hz.
- Protección eléctrica: 25 A.
- Disposición de drenaje.
- Agua de enfriamiento.

3. Desarrollo experimental

La operación del equipo se encuentra en la sección 6 del Manual de Operaciones y prácticas. Aquí se presentan las consideraciones particulares para la realización de esta práctica.

- Para la aceleración de la extracción de la clorofila de la espinaca en este equipo es necesario disminuir el tamaño de partícula a extraer. Esto se lleva a cabo cortando la espinaca y colocándola en la canastilla del equipo. Al final habrá que pesar la espinaca ya cortada.
- La mezcla solvente (volumen) a utilizar será 50% Alcohol 50% Agua. Esto es 2L de Agua por 2L de Alcohol.
- Antes de alimentar la mezcla solvente al hervidor es posible hacer una comparación entre la extracción a temperatura ambiente y la extracción a temperatura de ebullición de la mezcla solvente. Esto podría hacerse alimentando 1.5 L de la mezcla solvente a temperatura ambiente y dejándolo en el extractor un tiempo de residencia de alrededor de 30 min y observar la coloración de la mezcla extraída. Después de observar lo ocurrido se puede alimentar el producto de esta extracción en el hervidor y alimentar los 2.5L restantes.
- Una vez alimentado todo el solvente habrá que cerrar la válvula de recirculación al hervidor y esperar alrededor de 30 min a que el extractor contenga un volumen adecuado para la extracción. Al llenarse el extractor habrá que abrir la válvula de recirculación al hervidor y esperar otros 30 min para llevar a cabo la segunda recirculación.

4. Obtención de datos experimentales.

Para la realización de los cálculos es necesario llenar con datos experimentales las siguientes tablas.

Variable	Recirculación 1	Recirculación 2
Temperatura en el hervidor (°C)	78.5	78.8
Temperatura de entrada al extractor (°C)	67.7	68.7
Temperatura de salida del extractor(°C)	30.8	34.4
Temperatura de entrada de agua de enfriamiento (°C)	45.9	51.3
Temperatura de entrada de agua de enfriamiento (°C)	65.8	64.9
Flujo de agua de enfriamiento (LPM)	0.4	0.4
Tiempo de residencia en el extractor	25 min	25 min
Intensidad de color en el extracto. (Brillante u opaco)	Verde oscuro brillante	Verde oscuro brillante

5. Desarrollo de datos experimentales.

Para la realización de un análisis completo de la extracción es necesario dejar secar el sólido y después pesarlo y llenar la siguiente tabla. Para conocer el volumen del solvente recuperado es necesario separarlo de nuestro producto extraído mediante un proceso de destilación.

Variable	Resultado
Peso del sólido seco (Kg)	
Volumen del solvente recuperado (L)	
Peso del producto extraído (L)	
Volumen del solvente recuperado(L)	
Porcentaje del producto extraído en la espinaca (%)	

Es posible realizar un balance de energía en el equipo.

En el condensador:

$$Q = mCp(Tf - Ti)$$

Donde m es el flujo de agua en el rotámetro expresado en kg por Minuto.

$$Cp = 4.184 \text{ KJ/kg } ^\circ\text{K}$$

Q es el calor intercambiado en el condensador por el lado del serpentín por unidad de tiempo. (KJ/min)

La potencia en la mantilla del hervidor es de 780 Watt

$$1 \text{ Watt} = \frac{J}{\text{seg}} \times \frac{1 \text{ kJ}}{1000 J} \times \frac{60 \text{ seg}}{1 \text{ min}} = \frac{\text{kJ}}{\text{min}}$$

6. Conclusiones

Se observa que para la extracción de la clorofila es necesario más de un proceso de separación de mezclas como por ejemplo extracción líquido – líquido o la destilación. La extracción sólido – líquido es una primera etapa que favorece el proceso de extracción no solamente de la clorofila sino de otros extractos o aceites esenciales.

También se puede analizar que en este tipos de procesos de extracción sólido – líquido es necesario una gran cantidad de solvente comparado con la cantidad de sólido o volumen a extraer. Es necesario también una cantidad considerable de energía para calentar el solvente y una gran cantidad de agua y/o energía para suministrar agua al sistema de enfriamiento. Esto hace que los procesos de extracción tengan altos costos y por lo tanto los productos extraídos se vendan a precios altos.

8. Mantenimiento y limpieza.

El programa o plan de mantenimiento preventivo se trata de la descripci3n detallada de las tareas de mantenimiento preventivo asociadas a un equipo o m3quina, explicando las acciones, plazos y recambios a utilizar; en general, hablamos de tareas de limpieza, comprobaci3n, ajuste, lubricaci3n y sustituci3n de piezas.

- El equipo de extracci3n s3lido – l3quido a pequea escala requiere poco mantenimiento y la limpieza es realmente f3cil.
- Es fundamental drenar los solventes y el producto en el extractor apenas se termine la experimentaci3n.
- Despu3s de utilizar el equipo se deber3 vaciar totalmente y llenar para poner en operaci3n con agua corriente de la llave, o bien una mezcla agua y alcohol (75% - 25%) dependiendo de la cantidad de residuos incrustados en los componentes de vidrio.
- Una vez realizado el lavado por medio de la operaci3n del equipo con la mezcla referida, es necesario volver a poner en marcha utilizando solamente agua.
- Despu3s de realizada la limpieza del equipo, se deber3 drenar por completo para evitar acumulaci3n de agua y formaci3n de hongos.
- Es recomendable revisar las condiciones de los sellos y empaques de las tuber3as de v3lvulas en forma general semestralmente.
- Se recomienda remover el polvo acumulado semanalmente, si es que el equipo permanece sin actividad. Para ello es suficiente el uso de un lienzo h3medo.

- **No debe usarse solvente para la limpieza del equipo y especialmente para el gabinete de control pues se corre el riesgo de daño. Se recomienda el uso de ceras de pulimiento para automóviles (polish).**
- Para evitar que los hongos se acumulen en el interior del enfriador y condensador inclinado, retire las mangueras de éstos para desalojar el agua y permita la ventilación. Luego coloque nuevamente las mangueras.
- La limpieza del rotámetro se lleva a cabo, al retirarlo de la línea de tuberías. El rotámetro se desmonta al aflojar las tuercas unión de PVC de ½". Retire las partes móviles del interior del rotámetro, por ejemplo el soporte del flotador, los o'rings. Introduzca un lienzo húmedo en el interior del cuerpo del rotámetro para efectuar la limpieza. Ensamble nuevamente las partes del rotámetro, soporte del flotador, flotador, no olvide colocar los o'rings, e incorpórelo nuevamente a la línea de tuberías.
- En general los componentes de la unidad son de tipo industrial y no requieren de mantenimiento. En caso de falla consultar con los anexos técnicos de este manual.
- Generatoris S.A. de C. V. realizará visitas anuales a las instalaciones de sus equipos ante su solicitud escrita en menos de una semana. En caso de requerir algún servicio extraordinario antes de lo pactado por favor, no dude en contactarnos.



Manual de operaciones y prácticas.

PS-SL-005 / PE
EXTRACCIÓN SÓLIDO – LÍQUIDO A PEQUEÑA
ESCALA

9. Apéndice.

9.1 Curva de equilibrio para el sistema Etanol-Agua a 585 mmHg

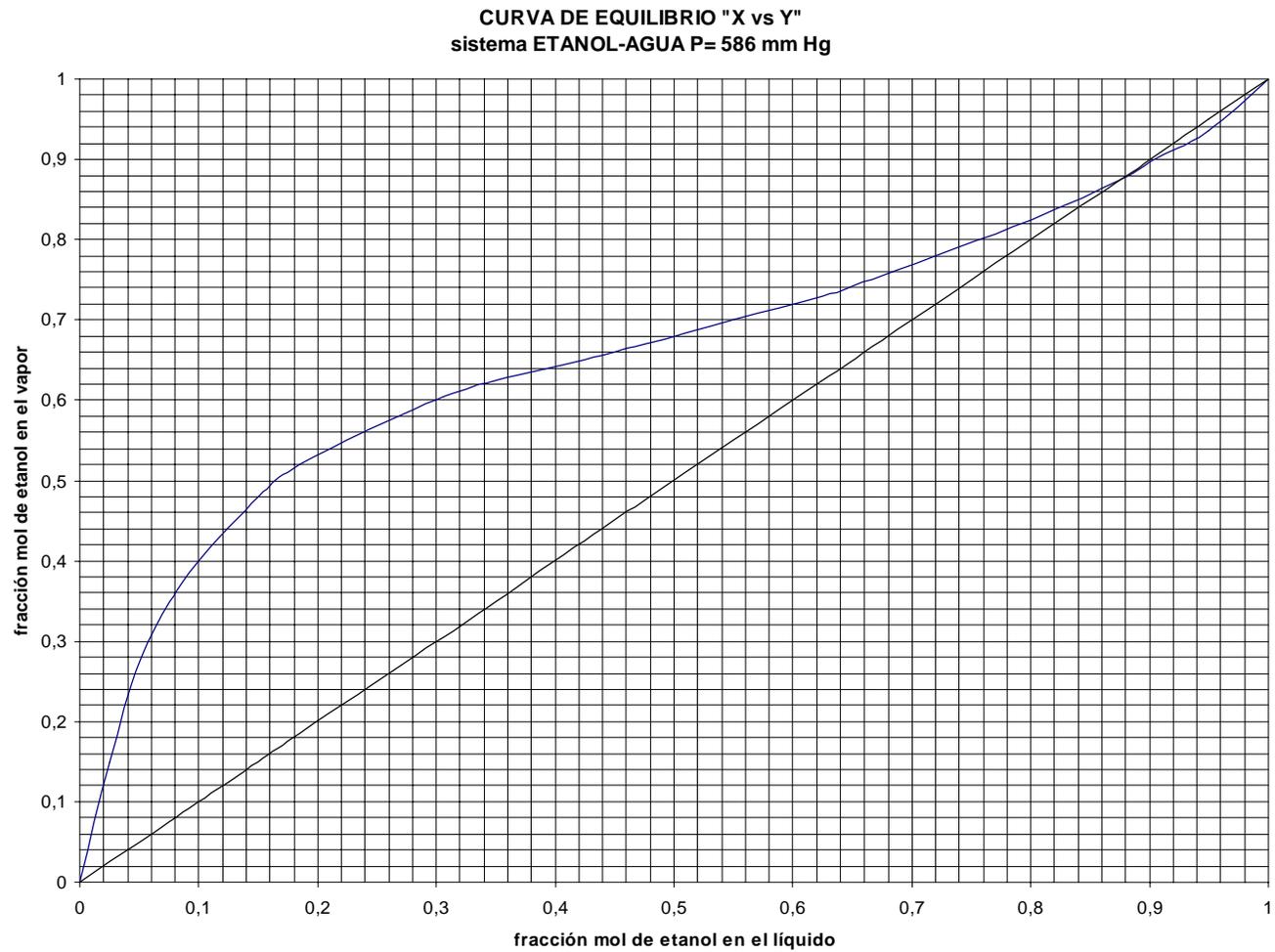
9.2 Curvas de índice de refracción

9.3 Ecuación de Antoine y constantes.

9.4 Hoja de seguridad de Etanol.

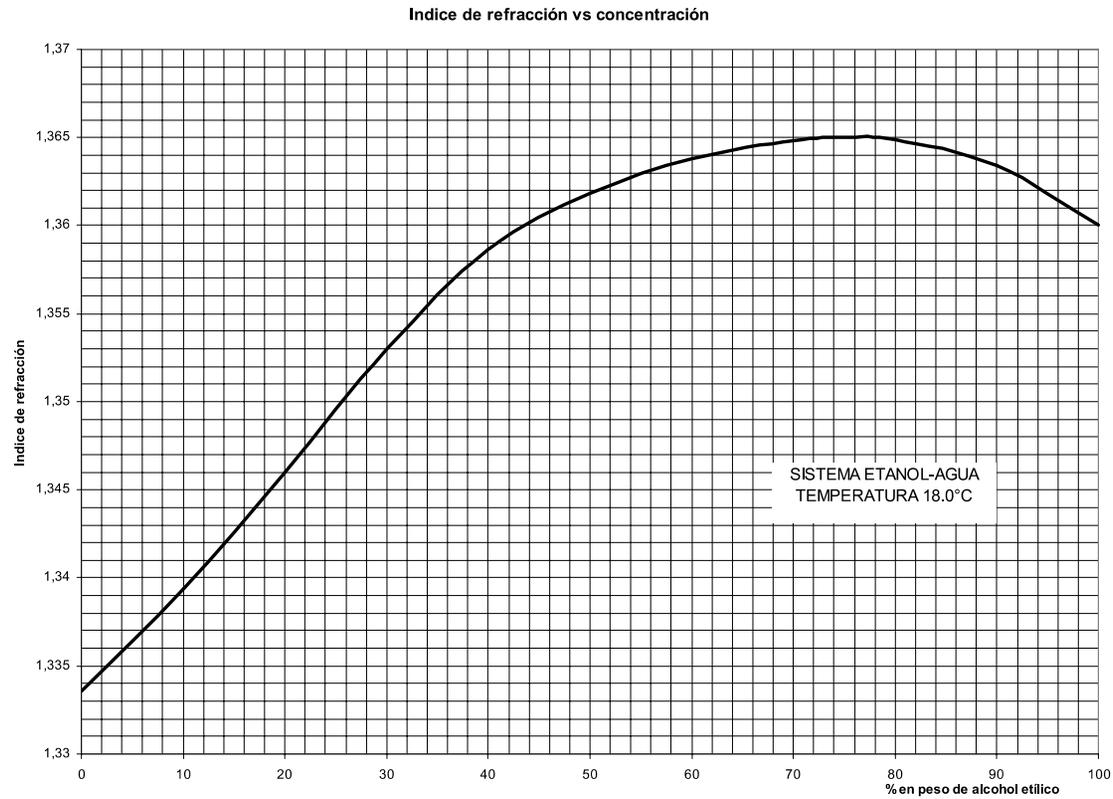
Nota: En caso de utilizar otro solvente, es recomendable consultar la Hoja de seguridad correspondiente

Diagrama de equilibrio sistema etanol-agua a 585 mmHg¹



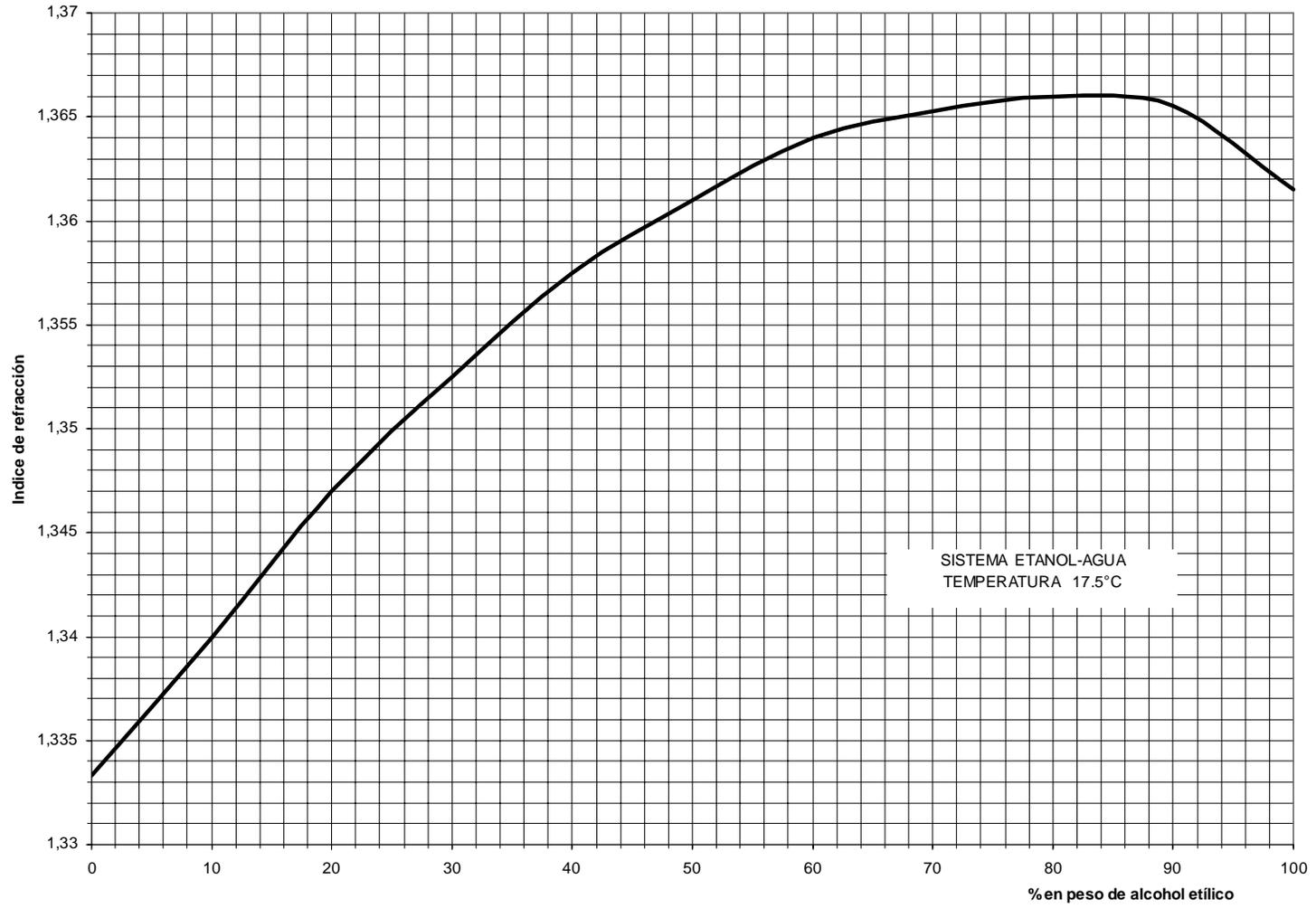
¹ Laboratorio de ingeniería química, Facultad de química UNAM. "Prácticas de laboratorio, Procesos II" pp. 115

APÉNDICE DE DESTILACIÓN CONTÍNUA DE UNA MEZCLA BINARIA



² Laboratorio de ingeniería química, Facultad de química UNAM. "Prácticas de laboratorio, Procesos II" pp. 111 y 112

Indice de refracción vs composición



Constantes de Antoine³

Apéndice D-2e Constantes para la ecuación para la presión de vapor^{*}.

$$\log_{10} PV = A - \frac{B}{C + t}$$

PV es la presión de vapor en mm Hg; *t* está en °C

	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
Acido acético	7.18807	1416.7	211
Acetona	7.02447	1161.0	224
Anilina	7.24179	1675.3	200
Benceno	6.90565	1211.033	220.79
i-butano	6.74808	882.8	240.0
n-butano	6.83029	945.9	240.0
Etanol	8.04494	1554.3	222.65
Eter dietílico	6.78574	994.195	220.0
Etilbenceno	6.95719	1424.255	213.206
Etilenglicol	7.8808	1957.0	193.8
n-heptano	6.90240	1268.115	216.9
n-hexano	6.87776	1171.53	222.366

³ Foust, Allan S. Wenzel, Leonard A. *Principios de operaciones unitarias*. Trad. Francisco Torres Roldán. Decima reimpresión. México 2006. Compañía editorial continental. Página 732

ETANOL.

FORMULA: C₂H₆O, CH₃CH₂OH.

PESO MOLECULAR: 46.07 g/mol.

COMPOSICION: C: 52.24 %; H: 13.13 % y O: 34.73 %.

GENERALIDADES:

El etanol es un líquido incoloro, volátil, con un olor característico y sabor picante. También se conoce como alcohol etílico. Sus vapores son mas pesados que el aire. Se obtiene, principalmente, al tratar etileno con ácido sulfúrico concentrado y posterior hidrólisis. Algunas alternativas de síntesis son: hidratación directa de etileno en presencia de ácido fosfórico a temperaturas y presiones altas y por el método Fischer-Tropsch, el cual consiste en la hidrogenación catalítica de monóxido de carbono, también a temperaturas y presiones altas. De manera natural, se obtiene a través de fermentación, por medio de levaduras a partir de frutas, caña de azúcar, maíz, cebada, sorgo, papas y arroz entre otros, generando las variadas bebidas alcohólicas que existen en el mundo. Después de la fermentación puede llevarse a cabo una destilación para obtener un producto con una mayor cantidad de alcohol. El etanol se utiliza industrialmente para la obtención de acetaldehído, vinagre, butadieno, cloruro de etilo y nitrocelulosa, entre otros. Es muy utilizado como disolvente en síntesis de fármacos, plásticos, lacas, perfumes, cosméticos, etc. También se utiliza en mezclas anticongelantes, como combustible, como antiséptico en cirugía, como materia prima en síntesis y en la preservación de especímenes fisiológicos y patológicos. El llamado alcohol desnaturalizado consiste en etanol al que se le agregan sustancias como metanol, isopropanol o, incluso, piridinas y benceno. Estos compuestos desnaturalizantes son altamente tóxicos por lo que, este tipo de etanol, no debe de ingerirse.

NUMEROS DE IDENTIFICACION:

CAS: 64-17-5

STCC: 4909146 UN: 1170

RTECS: KQ 6300000

NIOSH: KQ 6300000

NFPA: Salud: 0 Reactividad: 0 Fuego: 3

NOAA : 667

HAZCHEM CODE: 2 SE

MARCAJE: líquido inflamable.

SINONIMOS:

etanol absoluto, alcohol, alcohol anhidro, alcohol deshidratado, alcohol etílico, etanol, metil carbinol, hidrato de etilo, alcohol de fermentación, alcohol de grano, alcohol de papa,

En inglés: ethyl alcohol, anhydrol, alcare hand degermer, algrain, cologne spirit, ethanol 200 proof, ethicap, hidroxido de etilo, molasses alcohol, sd alcohol 23-hydrogen, jaysol, jaysol s, spirt, tecsol, synasol, fresh m, tecsol c, spirits of wine.

Otros idiomas: aethanol (aleman), etanolo (italiano) aethylalkohol (aleman), alkoholu etylowego (polaco) alkohol (aleman), etylowy alkohol (polaco), alcool ethylique (frances), ethylalcohol (holandes), alcool etílico (italiano).

PROPIEDADES FISICAS Y TERMODINAMICAS:

Punto de ebullición: 78.3 oC.

Punto de fusión: -130 oC.

Índice de refracción (a 20 oC): 1.361

Densidad: 0.7893 a 20 oC.

Presión de vapor: 59 mm de Hg a 20 oC.

Densidad de vapor: 1.59 g/ml

Temperatura de ignición: 363 oC

Punto de inflamación (Flash Point): 12 oC (al 100 %), 17 oC (al 96 %), 20 oC (al 80%), 21 oC (al 70 %), 22 oC (al 60 %), 24 oC (al 50 %), 26 oC (al 40 %), 29 oC (al 30 %), 36 oC (al 20 %), 49 oC (al 10 %) y 62 oC (al 5 %).

Límites de explosividad: 3.3- 19 %

Temperatura de autoignición: 793 oC.

Punto de congelación: -114.1 oC

Calor específico:(J/g oC): 2.42 (a 20 oC).

Conductividad térmica (W/m K): 0.17 (a 20 oC).

Momento dipolar: 1.699 debyes.

Constante dieléctrica: 25.7 (a 20 oC).

Solubilidad: Miscible con agua en todas proporciones, éter, metanol, cloroformo y acetona.

Temperatura crítica: 243.1 oC.

Presión crítica: 63.116 atm.

Volumen crítico: 0.167 l/mol.

Tensión superficial (din/cm): 231 (a 25 oC).

Viscosidad (cP): 1.17 (a 20 oC).

Calor de vaporización en el punto normal de ebullición (J/g): 839.31.

Calor de combustión (J/g): 29677.69 (a 25 oC)

Calor de fusión (J/g): 104.6

El etanol es un líquido inflamable cuyos vapores pueden generar mezclas explosivas e inflamables con el aire a temperatura ambiente.

PROPIEDADES QUIMICAS:

Se ha informado de reacciones vigorosas de este producto con una gran variedad de reactivos como: difluoruro de disulfuro, nitrato de plata, pentafluoruro de bromo, perclorato de potasio, perclorato de nitrosilo, cloruro de cromilo, percloruro de clorilo, perclorato de uranilo, trióxido de cromo, nitrato de fluor, difluoruro de dióxigeno, hexafluoruro de uranio, heptafluoruro de yodo, tetraclorosilano, ácido permangánico, ácido nítrico, peróxido de hidrógeno, ácido peroxodisulfúrico, dióxido de potasio, peróxido de sodio, permanganato de potasio, óxido de rutenio (VIII), platino, potasio, t-butóxido de potasio, óxido de plata y sodio. En general, es incompatible con ácidos, cloruros de ácido, agentes oxidantes y reductores y metales alcalinos.

NIVELES DE TOXICIDAD:

LD50 (oral en ratas): 13 ml/Kg

México: CPT: 1900 mg/m³ (1000 ppm)

Estados Unidos: TLV (TWA): 1900 mg/m³ (1000 ppm)

Reino Unido: VLE: 9500 mg/m³ (5000 ppm)

Francia: VME: 1900 mg/m³ (1000 ppm)

Alemania: MAK: 1900 mg/m³ (1000 ppm)

Periodos largos: 1900 mg/m³ (1000 ppm)

Suecia: Periodos largos: 1900 mg/m³ (1000 ppm)

Alcohol desnaturalizado: LDLo (oral en humanos): 1400 mg/Kg. LD50 (oral en ratas): 7060 mg/Kg. LC 50 (inhalaado en ratas): 20000 ppm /10 h

Niveles de irritación a piel de conejos: 500 mg/ 24h, severa. Niveles de irritación a ojos de conejos: 79 mg, 100 mg/24h, moderada.

MANEJO:

Equipo de protección personal: Para manejar este producto es necesario utilizar bata y lentes de seguridad, en un área bien ventilada. Cuando el uso es constante, es conveniente utilizar guantes. No utilizar lentes de contacto al trabajar con este producto.

Al trasvasar pequeñas cantidades con pipeta, utilizar propipetas, NUNCA ASPIRAR CON LA BOCA.

RIESGOS:

Riesgos de fuego y explosión: Por ser un producto inflamable, los vapores pueden llegar a un punto de ignición, prenderse y transportar el fuego hacia el material que los originó. Los vapores pueden explotar si se prenden en un área cerrada y pueden generar mezclas explosivas e inflamables con el aire a temperatura ambiente. Los productos de descomposición son monóxido y dióxido de carbono.

Riesgos a la salud: El etanol es oxidado rápidamente en el cuerpo a acetaldehído, después a acetato y finalmente a dióxido de carbono y agua, el que no se oxida se excreta por la orina y sudor.

Inhalación: Los efectos no son serios siempre que se use de manera razonable. Una inhalación prolongada de concentraciones altas (mayores de 5000 ppm) produce irritación de ojos y tracto respiratorio superior, náuseas, vómito, dolor de cabeza, excitación o depresión, adormecimiento y otros efectos narcóticos, coma o incluso, la muerte. Un resumen de los efectos de este compuesto en humanos se dan a continuación:

mg/l en el aire Efecto en humanos

10-20 Tos y lagrimeo que desaparecen después de 5 o 10 minutos.

30 Lagrimeo y tos constantes, puede ser tolerado, pero molesto.

40 Tolerable solo en periodos cortos.

Mayor de 40 Intolerable y sofocante aún en periodos cortos.

Contacto con ojos: Se presenta irritación solo en concentraciones mayores a 5000 a 10000 ppm.

Contacto con la piel: El líquido puede afectar la piel, produciendo dermatitis caracterizada por resequedad y agrietamiento.

Ingestión: Dosis grandes provocan envenenamiento alcohólico, mientras que su ingestión constante, alcoholismo. También se sospecha que la ingestión de etanol aumenta la toxicidad de otros productos químicos presentes en las industrias y laboratorios, por inhibición de su excreción o de su metabolismo, por ejemplo: 1,1,1-tricloroetano, xileno, tricloroetileno, dimetilformamida, benceno y plomo. La ingestión constante de grandes cantidades de etanol provoca daños en el cerebro, hígado y riñones, que conducen a la muerte. La ingestión de alcohol desnaturalizado aumenta los efectos tóxicos, debido a la presencia de metanol, piridinas y benceno, utilizados como agentes desnaturalizantes, produciendo ceguera o, incluso, la muerte a corto plazo.

Carcinogenicidad: No hay evidencia de que el etanol tenga este efecto por el mismo, sin embargo, algunos estudios han mostrado una gran incidencia de cáncer en laringe después de exposiciones a alcohol sintético, con sulfato de dietilo como agente responsable.

Mutagenicidad: No se ha encontrado este efecto en estudios con Salmonella, pero se han encontrado algunos cambios mutagénicos transitorios en ratas macho tratados con grandes dosis de este producto.

Riesgos reproductivos: Existen evidencias de toxicidad al feto y teratogenicidad en experimentos con animales de laboratorio tratados con dosis grandes durante la gestación. El etanol induce el aborto.

ACCIONES DE EMERGENCIA:

Primeros auxilios:

Inhalación: Translade a la víctima a un lugar ventilado. Aplicar respiración artificial si ésta es dificultosa, irregular o no hay. Proporcionar oxígeno.

Ojos: Lavar inmediatamente con agua o disolución salina de manera abundante.

Piel: Eliminar la ropa contaminada y lavar la piel con agua y jabón.

Ingestión: No inducir el vómito. EN TODOS LOS CASOS DE EXPOSICION, EL PACIENTE DEBE RECIBIR AYUDA MEDICA TAN PRONTO COMO SEA POSIBLE.

Control de fuego: Utilizar el equipo de seguridad necesario, dependiendo de la magnitud del incendio. Usar agua en forma de neblina lo mas lejos posible del incendio, los chorros pueden resultar inefectivos. Enfriar los contenedores que se vean afectados con agua. En el caso de fuegos pequeños, pueden utilizarse extinguidores de espuma, polvo químico seco o dióxido de carbono.

Fugas y derrames: Evitar respirar los vapores y permanecer en contra del viento. Usar guantes, bata, lentes de seguridad, botas y cualquier otro equipo de seguridad necesario, dependiendo de la magnitud del siniestro. Mantener alejadas del área, flamas o cualquier otra fuente de ignición. Evitar que el derrame llegue a fuentes de agua o drenajes. Para lo cual, deben construirse diques para contenerlo, si es necesario. Absorber el líquido con arena o vermiculita y trasladar a una zona segura para su incineración posterior. Usar rocío de agua para dispersar el vapor y almacenar esta agua contaminada en recipientes adecuados, para ser tratada de manera adecuada, posteriormente. En el caso de derrames pequeños, el etanol puede absorberse con papel, trasladarlo a un lugar seguro y dejarlo evaporar o quemarlo. Lavar el área contaminada con agua.

Desechos: La mejor manera de desecharlo es por incineración, aunque para pequeñas cantidades puede recurrirse a la evaporación en un lugar seguro.

ALMACENAMIENTO:

Cantidades grandes de este producto deben ser almacenadas en tanques metálicos especiales para líquidos inflamables y conectados a tierra. En pequeñas cantidades pueden ser almacenados en recipientes de vidrio. En el lugar de almacenamiento debe haber buena ventilación para evitar la acumulación de concentraciones tóxicas de vapores de este producto y los recipientes deben estar protegidos de la luz directa del sol y alejados de fuentes de ignición.

REQUISITOS DE TRANSPORTE Y EMPAQUE:

Transportación terrestre: Marcaje:1170. Líquido inflamable. HAZCHEM: 2 SE. Transportación
marítima: Código IMDG: 3074 Clase: 3.2 Marcaje: líquido inflamable. Transportación aérea:
Código ICAO/IATA: 1170 Clase: 3 Cantidad máx. en vuelo comercial: 5 l. Cantidad max. en vuelo de
carga: 60 l.