

36
29.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

"EVALUACION DE LA EXPOSICION DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGANICOS AROMATICOS EN EL AMBIENTE LABORAL"

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A :
VICTOR JOSE CRUZ GUZMAN

ASESOR: O. IRMA GAVILAN GARCIA.



MEXICO, D.F.



266139

1998.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

EXAMENES PROFESIONALES FAC. DE QUIMICA



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Jurado Asignado:

Presidente Prof. CRUZ MORALES MAURO.

Vocal Prof. URIARTE NAVARRO ELOISA.

Secretario Prof. GAVILÁN GARCÍA IRMA CRUZ.

1er. Suplente Prof. DOMÍNGUEZ BETANCOURT RAMÓN E.

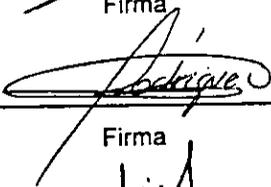
2do. Suplente Prof. HERNÁNDEZ ORTEGA SIMÓN.

Sitio donde se desarrolló el tema: Laboratorio de Tratamiento de Residuos Peligrosos del Departamento de Química Orgánica de la Facultad de Química de la UNAM.

Asesor del tema: Q. Irma Cruz Gavilán García.


Firma

Supervisor técnico: I.Q.I. Juan Rodríguez García.


Firma

Sustentante: Victor José Cruz Guzmán.


Firma

DEDICATORIA

A DIOS

Este trabajo está dedicado a mis PADRES, que me han formado tal y como soy, brindando siempre lo mejor de sus desvelos, esfuerzos, trabajos, tristezas, alegrías, regaños y reconocimientos para que lograrse esta meta y sé que a nadie más que ellos les causa una gran alegría y orgullo.

Espero que haya cumplido con sus expectativas y se sientan orgullosos de este trabajo que es suyo, así como yo me siento orgulloso de ser su hijo....

Esta culminación de una larga etapa de mi vida está dedicada a aquellos que siempre han estado conmigo y que de alguna manera me han ayudado con su cariño, consejos, regaños, peleas o simplemente con su existencia: mis HERMANOS y mi Tía Celia.

Finalmente, dedico esta obra a las personas que me han brindado su amistad, confianza y apoyo desinteresadamente, y sin los cuales este trabajo y mi vida misma hubieran sido difíciles de realizar. A ustedes: tía Adela, tía Estela, Sra. Carmen, Familias Bueno González, León Orduña, Martínez, a mis amigos y amigas, maestros y guías, dedico este esfuerzo.

IN MEMORIAM ++

Isaac Guzmán.
Pedro Cervantes.
Rosario Cervantes
Victoria Lucero.
Silvia J. González V.

AGRADECIMIENTOS

A la Q. Irma Cruz Gavilán García por brindarme su confianza y creer en mi para realizar este trabajo bajo su dirección.

Al I.Q.I. Juan Rodríguez García por apoyarme en la realización de este trabajo con su amplia experiencia y sus consejos.

Al Ing. Mauricio Vizcaino Guerra Por darme la oportunidad de laborar con él y brindarme el apoyo que le he solicitado para la realización de este trabajo.

Al Laboratorio de Tratamiento de Residuos de la Facultad de Química de la UNAM y a VPR Análisis Ambientales, S.A. de C.V. por las facilidades para realizar este trabajo.

A mis amigos:

Martín Vélez (*mart bells*), Ricardo Sánchez (*vikingo*), Antonio León (*león*), Mauricio y Manuel Bueno, Israel Mena (*rana*), Raúl Martagón (*greñaldi*), Paulo C. Pérez (*panchito*), Alfonso Hernández (*poncho*), Israel González (*cano*), Aldo Sáenz (*supermán*), Marcelo F., Federico Parrilla (*pies de plomo*), Adrian Barrios (*spider*), Israel Córdova O., Juan Luis García, Andrés Carmona, Luis Óscar Velázquez, Prof. J. Antonio Arcos, Mario Cruz, Benjamín y Primo, Jesús Ramírez, Felipe Castillo, Víctor García M., Raúl García, Raúl Bravo, Netzahualcóyotl, Narciso Villa, Carlos Texta, Raúl Huesca, Miguel A. Sánchez C., Miguel Chávez, Carlos Ramos, etc.

A mis amigas:

María E. Martínez L., Ma. Eugenia Moreno, Tanya Plett, Sheila Sánchez – Lazo, Isabel Perezamador, Violeta Bravo, Sonia Téllez, Sandra Sánchez, Sara Costa, Liliana Jerade, Sandra Vidal, Ma. Elena Reyes, Leticia Balderas, Melanie Bueno, Graciela De la Rosa, Rosalía Preciado, Erika Wuest, Brigitte Victoria Hernández, Laura Tenorio, Berenice Talavera, Mónica Beceril, Ivonne Velasco, Isela González, Patricia Villanueva, etc.

Al TGP, y al Club Organizativo de Negocios Garantizados para Alentar la Libertad.

A la música que ha acompañado mi existencia y me ha dado alegrías y consuelo...

A los libros que llenaron mi existencia...

A todos ustedes, GRACIAS, y a aquellos que por error haya omitido.

I N D I C E

I N D I C E

Página.

INTRODUCCIÓN

i

CAPÍTULO I

Higiene Industrial, Generalidades.

I

I.1. Fundamentos.

I - 1

Reconocimiento.

I - 1

Evaluación.

I - 1

Control.

I - 1

Tipos de agentes adversos

I - 2

I.2. Principios Generales de Higiene Industrial.

I - 3

Reconocimiento.

I - 3

Evaluación.

I - 5

Control.

I - 7

I.3. Esquema de la aplicación de la Higiene Industrial en un centro de trabajo.

I - 8

Reconocimiento.

I - 8

Evaluación.

I - 9

Control.

I - 11

I.4. Legislación.

I - 13

Antecedentes.

I - 13

Soporte técnico de los métodos legales de muestreo y análisis.

I - 14

NOM's específicas para la evaluación de benceno, tolueno y xileno.

I - 15

CAPÍTULO II

Toxicología, Generalidades.

II

II.1 Antecedentes.

II - 1

II.2 Clasificación de los agentes químicos.

II - 4

Definiciones

II - 4

Agentes químicos sólidos.

II - 5

Agentes químicos líquidos.

II - 6

Agentes químicos gaseosos.

II - 6

Autor:

1

Victor José Cruz Guzmán.

I N D I C E

<i>II.3 Principios básicos de toxicología.</i>	II - 6
Definición.	II - 6
Clasificación de los efectos tóxicos.	II - 7
Factores que afectan a la toxicidad.	II - 12
Períodos de exposición.	II - 15
Sitios de exposición.	II - 16
Tiempo de exposición vs. Efectos tóxicos.	II - 17
Clasificación de los efectos tóxicos.	II - 18
<i>II.4 Rutas de exposición.</i>	II - 20
Definiciones.	II - 20
<i>II.5 Exposiciones múltiples.</i>	II - 21
Efectos asociados.	II - 21
<i>II.6 Trayectoria y destino final de los agentes químicos.</i>	II - 22
<i>II.7 Intoxicaciones debidas a agentes xenobióticos.</i>	II - 25
Fases de una intoxicación.	II - 25
Evaluación de la intoxicación.	II - 26
Vigilancia de la salud. Aspectos principales.	II - 28
<i>II.8 La toxicología dentro de la Higiene Industrial.</i>	II - 32

CAPÍTULO III

Disolventes Orgánicos.

III

<i>III.1 Antecedentes.</i>	III - 1
Compuestos orgánicos aromáticos.	III - 2
<i>III.2 Justificación.</i>	III - 5
<i>III.3 Propiedades peligrosas de hidrocarburos orgánicos aromáticos.</i>	III - 13
Generalidades.	III - 14
Propiedades toxicológicas.	III - 14
Inflamabilidad.	III - 15
Disposición y destrucción.	III - 17
Métodos de análisis.	III - 18
Valores máximos permisibles.	III - 18

I N D I C E

<i>III.4 Benceno.</i>	III - 24
Definición.	III - 24
Propiedades.	III - 26
Principales métodos de obtención.	III - 27
Principales usos.	III - 27
Riesgos a la salud.	III - 28
Fundamentos de seguridad	III - 28
Efectos a la salud	III - 29
Límites de exposición.	III - 35
<i>III.5 Tolueno.</i>	III - 36
Definición.	III - 36
Propiedades.	III - 36
Principales métodos de obtención.	III - 37
Principales usos.	III - 38
Riesgos a la salud.	III - 38
Fundamentos de seguridad	III - 38
Efectos a la salud	III - 39
Límites de exposición.	III - 43
<i>III.6 Xileno.</i>	III - 44
Definición.	III - 44
Propiedades.	III - 45
Principales métodos de obtención.	III - 47
Principales usos.	III - 48
Riesgos a la salud.	III - 48
Fundamentos de seguridad	III - 48
Efectos a la salud	III - 49
Límites de exposición.	III - 53

CAPÍTULO IV

Métodos de Caracterización, Evaluación y Control de Benceno, Tolueno y Xileno en el Ambiente Laboral. IV

<i>IV.1 Antecedentes</i>	IV - 1
Operaciones industriales y sus riesgos a la salud asociados.	IV - 4
<i>IV.2 Tipos de evaluación de agentes químicos.</i>	IV - 5
Fundamentos.	IV - 5
Principales tipos de monitoreo.	IV - 7
Monitoreo personal	IV - 7
Monitoreo por área.	IV - 8
Monitoreo biológico	IV - 10
Estrategias muestreo de agentes químicos.	IV - 13
¿A qué y cómo muestrear?	IV - 15
¿Dónde realizar un muestreo?	IV - 16
¿A quién realizar el muestreo?	IV - 16
¿Cuándo realizar un muestreo?	IV - 17
¿Cuánto debe durar un muestreo?	IV - 18
¿Qué anotar durante el muestreo?	IV - 18
¿Cuántas muestras se deben tomar?	IV - 19
¿Cuándo se debe detener el muestreo?	IV - 19
¿Quién debe conducir el muestreo?	IV - 19
Precisión y exactitud requeridas.	IV - 20
Interpretación de resultados.	IV - 23
<i>IV.3 Instrumentos para la evaluación de agentes químicos en ambiente laboral.</i>	IV - 23
Instrumentos de lectura directa.	IV - 24
Instrumentos que separan el contaminante de una cantidad conocida de aire para su análisis posterior	IV - 26
Medidor de flujo.	IV - 27
Regulador de flujo.	IV - 28
Bomba de succión.	IV - 28
Medios de colección.	IV - 29
Calibración.	IV - 33
Calibración de medidores de flujo	IV - 33
Eficiencia de colección.	IV - 34
<i>IV.4 Análisis de muestras.</i>	IV - 36
<i>IV.5 Principios de control.</i>	IV - 39

I N D I C E

CAPITULO V	
Conclusiones.	V
<hr/>	
ANEXO A	
Hoja de datos para el muestreo.	A - 11
<hr/>	
ANEXO B	
Determinación del nivel de Exposición a Benceno, Tolueno y Xileno en el Ambiente Laboral.	B - 1
Informe de Evaluación.	B - 5
Memoria de cálculo.	B - 6
Resumen de resultados	B - 7
<hr/>	
ANEXO C	
Cromatogramas.	C - 1
<hr/>	
BIBLIOGRAFÍA.	D

I N D I C E

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1. Marco Jurídico.	I - 15
Fig. 2.1. Elementos de una Intoxicación.	II - 7
Fig. 2.2. Representación esquemática de la trayectoria que sigue una sustancia química después del primer contacto.	II - 23
Fig. 2.3. Interrelación entre las fases de intoxicación y los mecanismos de evaluación.	II - 27
Fig. 3.1. Representación esquemática de los tipos de hidrocarburos aromáticos existentes.	III - 5
Fig. 3.2. Representación de la estructura del Benceno.	III - 25
Fig. 3.3. Representación de la estructura del Tolueno.	III - 36
Fig. 3.4. Representación de la estructura del Xileno.	III - 44
Fig. 4.1. Esquema de un tubo de carbón activado.	IV - 31

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Clasificación de los agentes químicos.	II - 5
Tabla 2.2. Clasificación de los efectos tóxicos ocasionados con base en el tiempo de exposición y al sitio afectado.	II - 19
Tabla 3.1. Producción de Benceno.	III - 7
Tabla 3.2. Producción de Tolueno	III - 8
Tabla 3.3. Producción de Xileno.	III - 9
Tabla 3.4.1. Producción de o - Xileno.	III - 10
Tabla 3.4.2. Producción de p - Xileno.	III - 11
Tabla 3.5. Principales productores.	III - 12
Tabla 3.6. Plantas instaladas.	III - 12
Tabla 3.7. Clasificación de los materiales con respecto a su inflamabilidad.	III - 16
Tabla 3.8. Comparación de niveles máximos permisibles.	III - 21
Tabla 3.9. Límites de Exposición a Benceno.	III - 36
Tabla 3.10. Límites de Exposición a Tolueno.	III - 44
Tabla 3.11. Límites de Exposición a Xileno.	III - 55

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

INTRODUCCIÓN

El estudio de las condiciones ambientales existentes en un centro de trabajo es un aspecto muy importante que requiere ser evaluado para obtener mejores resultados en el desarrollo de las actividades laborales que se llevan a cabo en el centro de trabajo.

Se ha observado durante el transcurso de la historia de las actividades fabriles e industriales, la importancia que tiene para lograr una mayor productividad en los procesos, equipos y trabajadores, el proporcionar las condiciones mas adecuadas de operación de cada una de las partes involucradas. Durante mucho tiempo, sólo se consideraron a las primeras dos partes mencionadas, procesos y equipos, para realizar los estudios conducentes a mejorar las condiciones de operación que se requerían, sin tomar en cuenta al factor humano; la falta de atención a las condiciones específicas del personal involucrado tiene muchas causas, en un principio debido a que se tenía la idea errónea de que éstos podían adaptarse sin problemas a cualquier condición sin tener ningún efecto adverso, y por otro lado los trabajadores no contaban con los conocimientos necesarios ni la cultura que les permitiese plantear propuestas o sugerencias a los patrones de manera adecuada ni sustentada para mejorar las condiciones de trabajo.

Sin embargo, a través del tiempo se observó que en muchos casos no podían pasarse por alto las condiciones de trabajo existentes para los trabajadores, debido por ejemplo a las características de los materiales que se manejaban en un proceso determinado, por lo cual se tuvo la necesidad

Autor:

Victor José Cruz Guzmán.

INTRODUCCIÓN

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

de proponer soluciones a los problemas existentes; por otro lado, los trabajadores empezaron a tomar conciencia de los riesgos a los que se encontraban expuestos, y a formar agrupaciones que les permitiesen solicitar mejoras a sus condiciones de trabajo. Estos riesgos se notaron en un sentido: se observó la presencia en mayor medida de problemas en la salud, accidentes y condiciones inseguras, y como resultado de ello, una disminución en general de la eficiencia y productividad en las actividades que realizadas.

Por todo lo anterior, se crearon instancias para determinar los problemas presentes y proponer las mejores alternativas de solución. Una de ellas fue la creación de un área especializada para desarrollar los estudios sobre las condiciones ambientales existentes en los centros de trabajo. Dicha disciplina es la **Higiene Industrial**, que según las definiciones de mayor actualidad, una de ellas adoptada por la American Board of Industrial Hygiene de Estados Unidos (**ABIH**), significa lo siguiente:

"**HIGIENE INDUSTRIAL** es la ciencia y arte dedicada al reconocimiento, evaluación y control, de aquellos factores o tensiones ambientales surgidas en o del centro de trabajo que pueden causar enfermedades, lesiones o deterioro de la salud o del bienestar, o bien una significativa falta de confort y pérdida de eficiencia por parte de los trabajadores o entre los ciudadanos de una comunidad."

INTRODUCCIÓN

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

Otra definición de Higiene Industrial utilizada es:

"Higiene Industrial en una técnica no médica de prevención que actúa frente a los contaminantes ambientales derivados del trabajo con el objeto de prevenir las enfermedades profesionales de los individuos expuestos a ellos".

El objetivo fundamental de la Higiene Industrial es saber como lograr la prevención de las enfermedades profesionales, lo que se encuentra enmarcado en las definiciones anteriores. Para lograr este objetivo, requiere de estudiar el reconocimiento, evaluación y control de enfermedades profesionales surgidas en los centros de trabajo; dichas enfermedades profesionales son causadas por la exposición repetida y prolongada a agentes contaminantes en el ambiente laboral. Una enfermedad de este tipo requiere de períodos prolongados de tiempo para desarrollarse, ya que sus efectos iniciales no son muy evidentes, y los síntomas pueden confundirse con los de cualquier afección en general. Al manifestarse completamente los signos y síntomas de una enfermedad de trabajo, en la mayoría de los casos sus efectos son irreversibles y pueden generar un alto grado de incapacidad. Los estudios referentes a este tipo de problemas deben realizarse de manera continua y específica para cada tipo de anomalías presentes, por lo que el campo de acción de esta disciplina es muy extenso y requiere de aportaciones de muchas otras disciplinas para que sea efectivo.

En la mayoría de los procesos químicos que se llevan a cabo en las actividades industriales, se emplean materiales que pueden generar

INTRODUCCIÓN

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

enfermedades profesionales, como el contacto permanente con disolventes orgánicos, cuyo uso es indispensable e insustituible en una amplia gama de actividades industriales. Se han realizado investigaciones dentro del campo de la Higiene Industrial conducentes a reconocer, evaluar y controlar los riesgos y efectos que pueden presentarse con el empleo de los mismos. Estos estudios deben ser revisados y actualizados de manera continua, por lo que el trabajo se refiere que se realizó fue una revisión del uso de disolventes orgánicos como el **benceno**, **tolueno** y **xileno** desde la perspectiva de la Higiene Industrial.

La causa principal de la elección de estos disolventes se basa en el uso tan grande que se tiene en la industria, reflejada en la producción y consumo anual de los mismos que se tiene en el país durante los últimos años. *(Nota: los datos correspondientes de producción y consumo se muestran en el capítulo No. III)* El consumo aparente de estos disolventes es alto, aunque en los últimos años se note un decremento en el mismo, ocasionado por los problemas económicos y financieros que ha tenido el país; a pesar de ello, estos disolventes siguen y seguirán utilizándose en las actividades industriales del país en cualesquier escala de uso. Por estas razones, el desarrollo de la presente tesis se enmarca en este sentido.

INTRODUCCIÓN

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

De manera general, se puede dividir el desarrollo de esta Tesis en los siguientes capítulos:

Introducción.

- I. **Higiene Industrial, Generalidades.** En este capítulo se presenta un panorama general acerca del campo de acción de la Higiene Industrial y sus características más importantes.
- II. **Toxicología, Generalidades.** En este capítulo se hace una revisión de la toxicología de manera general y con ello sentar las bases para describir los efectos tóxicos de los disolventes seleccionados.
- III. **Características Principales de los Disolventes Orgánicos aromáticos Benceno, Tolueno y Xileno.** En este capítulo se realiza la descripción de las propiedades de los disolventes aromáticos seleccionados en el marco de la Higiene Industrial.
- IV. **Métodos de Caracterización, Evaluación y Control de Benceno, Tolueno y Xilenos en el Ambiente Laboral.** En este capítulo se realiza una descripción de los métodos de evaluación y las medidas de control referentes a las exposiciones a los disolventes aromáticos seleccionados.
- V. **Conclusiones.** En este capítulo se mencionan las conclusiones finales sobre los conceptos desarrollados.

Autor:

Victor José Cruz Guzmán.

INTRODUCCIÓN.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

enfermedades profesionales, como el contacto permanente con disolventes orgánicos, cuyo uso es indispensable e insustituible en una amplia gama de actividades industriales. Se han realizado investigaciones dentro del campo de la Higiene Industrial conducentes a reconocer, evaluar y controlar los riesgos y efectos que pueden presentarse con el empleo de los mismos. Estos estudios deben ser revisados y actualizados de manera continua, por lo que el trabajo se refiere que se realizó fue una revisión del uso de disolventes orgánicos como el **benceno, tolueno y xileno** desde la perspectiva de la Higiene Industrial.

La causa principal de la elección de estos disolventes se basa en el uso tan grande que se tiene en la industria, reflejada en la producción y consumo anual de los mismos que se tiene en el país durante los últimos años. *(Nota: los datos correspondientes de producción y consumo se muestran en el capítulo No. III)* El consumo aparente de estos disolventes es alto, aunque en los últimos años se note un decremento en el mismo, ocasionado por los problemas económicos y financieros que ha tenido el país; a pesar de ello, estos disolventes siguen y seguirán utilizándose en las actividades industriales del país en cualesquier escala de uso. Por estas razones, el desarrollo de la presente tesis se enmarca en este sentido.

CAPÍTULO I

Higiene Industrial, Generalidades.

CAPÍTULO I.

Higiene Industrial, Generalidades.

I.1 Fundamentos

La Higiene Industrial involucra tres aspectos principales para el desarrollo de sus objetivos, de acuerdo con lo que se definió en la introducción. Estos aspectos abarcan todos los requisitos necesarios para proveer las mejores condiciones de trabajo en el ambiente laboral dentro de las que se puede mencionar de manera concreta los siguientes:

1.1.1. Reconocimiento de los factores o tensiones ambientales presentes en el lugar de trabajo y en la comunidad circundante que se asocian con las tareas y operaciones de trabajo, así como la evaluación y conocimiento de los efectos que pueden presentarse sobre la salud del hombre y sobre su bienestar.

1.1.2. Evaluación de la magnitud de los factores estresantes y tensionantes con respecto a sus efectos capaces de alterar a la salud y bienestar del hombre. Esta evaluación se realiza empleando las diversas técnicas de medición cuantitativa de los parámetros más importantes inherentes a dichos factores adversos.

1.1.3. Control de los factores adversos, proponiendo distintos métodos conducentes a mitigar, reducir o minimizar los efectos originados por la presencia de los factores mencionados.

1.1.4. Tipos de agentes adversos

Los factores, o agentes, involucrados son de una amplia gama de características y propiedades; las características principales de cada uno de los agentes que pueden originar efectos adversos en el bienestar y la salud de los trabajadores y la comunidad pueden definirse de acuerdo al origen y a la naturaleza particular de los mismos, con lo cual se puede realizar una clasificación general y adecuada de los mismos de la siguiente manera:

- 1. Químicos:** líquidos, polvos, humos, vapores, gases, nieblas, etc.
- 2. Físicos:** ruido, vibración, radiaciones ionizantes, radiaciones electromagnéticas no ionizantes, temperatura o presión extremas, características radiológicas, etc.
- 3. Biológicos:** insectos, hongos, bacteria, virus, rickettsias, etc.
- 4. Ergonómicos:** posición del cuerpo respecto a la labor, monotonía, movimientos repetitivos, ansiedad, presión del trabajo, etc.

I. 2 Principios generales de Higiene Industrial.

El desarrollo de cada una de las etapas principales en el campo de la Higiene Industrial se realiza de manera ordenada y secuencial. Una vez obtenido el reconocimiento de los riesgos potenciales a la salud, la atmósfera de trabajo se evalúa para periodos cortos y largos de exposición; finalmente se desarrollan medidas correctivas de los problemas encontrados.

1.2.1 RECONOCIMIENTO.

a) Conocimiento del proceso.

Debe existir un conocimiento completo de la operación particular del centro de trabajo en cuestión; esto incluye el conocimiento completo de los procesos, equipos y materiales involucrados, realizando el estudio adecuado y detenido de los diagramas de flujo del proceso identificando los materiales involucrados en cada área y las posibles fuentes de emisión.

b) Inventario de productos químicos.

Es necesario tener un inventario completo de todos los materiales involucrados en los centros de trabajo, incluyendo materias primas, subproductos, productos, materiales auxiliares y de limpieza. De manera alterna debe contarse con toda la información inherente a los posibles riesgos a la salud de cada uno de los materiales involucrados, incluyendo la información vertida en las hojas de seguridad de dichos

CAPÍTULO I

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

materiales, con el fin de definir el potencial de riesgo de cada uno de ellos.

c) Inventario del personal expuesto.

Este se realiza mediante el análisis de los métodos y procedimientos de trabajo de cada uno de los puestos existentes en el centro de trabajo en los cuales debido a sus actividades pudieran existir condiciones de exposición a los diferentes agentes adversos. Esta exposición potencial debe definirse en función de espacio y tiempo, en otras palabras, cómo, dónde, cuándo y por cuánto tiempo existe dicha exposición. Esta información se obtiene de la observación directa de cada área en lo referente a los métodos de trabajo y las operaciones que se realizan, además de una indagación con los trabajadores involucrados al respecto.

d) Medidas de control existentes.

Debe realizarse la observación y el análisis de las medidas de control existentes en el centro de trabajo, tales como sistemas de ventilación, aislamientos, confinamientos, medidas de protección personal, información, etc., que sean capaces de disminuir el grado de exposición potencial a los agentes presentes.

e) Quejas y los síntomas de los trabajadores.

Debe realizarse una investigación y recopilación acerca de los padecimientos, expresados a través de quejas y síntomas por parte de los trabajadores involucrados en determinada actividad, que puedan ser

CAPÍTULO I

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

atribuibles a la exposición potencial. En este aspecto, debe tenerse una íntima relación con el área del servicio médico de la empresa, ya que ésta es la encargada específicamente en este sentido.

f) Conclusiones.

La parte medular del estudio del reconocimiento es la identificación completa de todos los riesgos potenciales derivados de las exposiciones a los agentes adversos de todo tipo, en todos los puestos del centro de trabajo, con el fin de establecer las bases adecuadas para la posterior fase **la evaluación**, en el estudio completo de las condiciones de Higiene Industrial. Todas las conclusiones acerca del reconocimiento obtenidas deben estar en función de ello, además de estar completamente documentadas y avaladas con la información requerida y utilizada para alcanzar tal fin.

1.2.2 EVALUACIÓN.

Después de realizar el estudio completo de reconocimiento que permita identificar los riesgos potenciales por la exposición en el centro de trabajo, se debe determinar la magnitud de los mismos con el fin de comparar los resultados que se obtengan con los estándares máximos permisibles para cada tipo de agente.

Con el fin de realizar una evaluación adecuada de los agentes existentes en los centros de trabajo, se requiere realizar un estudio de campo que consiste en tomar muestras representativas de la exposición a los mismos; esto se consigue definiendo ciertos parámetros de muestreo, tales como:

CAPÍTULO I

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

- a) **¿Cómo hacer un muestreo?** Los accesorios y equipos que se pretenden utilizar deben encontrarse en óptimas condiciones de uso, además de ser los adecuados para el tipo de muestreo que se pretende realizar, y deben estar perfectamente calibrados y estandarizados para evitar errores en la interpretación de los datos obtenidos; por otro lado, los métodos de muestreo deben estar sujetos a los lineamientos correspondientes expresados en las Normas Oficiales Mexicanas establecidas por la STPS.
- b) **¿Dónde hacer un muestreo?** Se debe seleccionar el lugar de muestreo en función del tipo de agente que se pretenda evaluar y además del tipo de exposición que se tenga.
- c) **¿A quién hacer un muestreo?** Se recomienda realizar la evaluación de los agentes por puestos de trabajo y no por trabajadores (siempre y cuando esto sea posible), ya que es una manera más representativa de la exposición que se tiene al generalizar las condiciones para todos los trabajadores involucrados en dicho puesto, y no de manera individual ya que las características del personal difieren entre ellos y en este caso no se puede obtener una información precisa y definida.
- d) **¿Cuándo realizar un muestreo?** En este aspecto deben considerarse las variaciones de las condiciones ambientales y estacionales que pudiesen alterar las características de las exposiciones a los agentes presentes en un centro de trabajo; por este motivo es recomendable hacer una selección aleatoria de la fecha de muestreo, con el fin de minimizar los errores inherentes a las mencionadas variaciones.

e) **¿Cuántas muestras deben tomarse?** La cantidad de muestras debe ser la necesaria para obtener representatividad de los resultados obtenidos posteriormente. Por estadística, se recomienda tomar una cantidad de 5 a 7 muestras por puesto de trabajo.

Al obtenerse los datos requeridos para llevar a cabo la evaluación de los agentes presentes en los centros de trabajo, éstos deben ser interpretados mediante el análisis de las condiciones en las que se llevó a cabo el muestreo, para después elaborar un estudio estadístico de los datos obtenidos y realizar la comparación pertinente con las normas oficiales aplicables donde se establecen los estándares legales permisibles establecidos para el agente evaluado.

Al finalizar esta parte, deben definirse las conclusiones pertinentes con el fin de establecer si se han rebasado o no los estándares permisibles, para con ello determinar las acciones posteriores de control que requieran los agentes evaluados.

1.2.3 CONTROL.

De manera general, los métodos de control que se realizan en los centros de trabajo pueden clasificarse de la siguiente manera:

- a) **Sustitución.** Esta puede ser de procesos, equipos o materiales con riesgos potenciales.
- b) **Aislamiento.** De manera similar, puede ser de procesos, equipos o materiales con riesgos potenciales.

CAPÍTULO I

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

- c) **Confinamiento.** Puede ser de procesos o equipos con riesgos potenciales.
- d) **Ventilación.** Esta se refiere a los centros de trabajo, y puede ser por extracción local o dilución de los agentes con riesgos potenciales.
- e) **Equipo de protección personal.** Se refiere a las medidas de protección de manera personal en contra de los agentes con riesgos.
- f) **Servicios médicos.** Expone la necesidad de contar con los servicios médicos requeridos para contrarrestar los posibles efectos adversos a la salud en los centros de trabajo.

I.3. Esquema de la aplicación de la higiene industrial en un centro de trabajo.

Una manera esquemática y generalizada del procedimiento completo de la aplicación de la Higiene Industrial en un centro de trabajo para realizar un análisis completo de las exposiciones potenciales a los agentes presentes, ha sido propuesta de la manera que a continuación se expresa, obviamente basada en las tres etapas mencionadas anteriormente.

Lista de verificación para un análisis de exposiciones en ambientes laborales.

I. 3.1 RECONOCIMIENTO

- a) **Determinación de los propósitos y alcance del estudio:**
 - Evaluación de exposiciones de un limitado grupo de trabajadores a un agente específico.

CAPÍTULO I

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

- Determinación del cumplimiento de los estándares específicos homologados.
- Evaluación de la efectividad de los controles de ingeniería.
- Respuesta a quejas específicas.

b) Discusión con los representantes apropiados de la gerencia y los trabajadores.

c) Análisis de operación y datos de la planta:

- Diagramas de flujo de procesos y plano de la planta.
- Materias primas, intermediarios, productos y subproductos.
- Información toxicológica.
- Lista de clasificación de tareas y de alteraciones ambientales que pudiesen sufrir los trabajadores.
- Actividades asociadas con la clasificación de tareas.
- Estado de salud de los trabajadores.
- Listado de medidas administrativas y del control de ingeniería.
- Análisis de reportes de estudios previos.
- Determinación de los riesgos a la salud asociados con las operaciones de la planta.

1.3.2 EVALUACIÓN

a) Preparación del estudio de campo:

- Determinación de los agentes físicos, químicos y biológicos a ser evaluados.

CAPÍTULO I

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

- Estimación del intervalo de concentraciones de agentes contaminantes.
- Estimación o desarrollo de los métodos de muestreo y analíticos a emplearse, determinando la sensibilidad y especificidad de los mismos.
- Colección y calibración del equipo de campo.
- Uso del equipo de protección personal (casco, zapatos, guantes y gafas de seguridad, trajes especiales, equipos de protección auditiva y respiratoria, etc.).
- Preparación del programa tentativo de muestreo.

b) Estudio de campo:

- Prueba de la rutina de operación de la planta.
- Notificación a la gerencia y a los trabajadores de la realización del estudio de campo.
- Instalación de los equipos de monitoreo.
- Realización de las tomas de muestra.
- Identificación precisa de las muestras tomadas mediante los siguientes aspectos anotados en una bitácora:
 - * *Número de muestra.*
 - * *Descripción.*
 - * *Fecha de muestreo.*
 - * *Hora de inicio de muestreo.*
 - * *Velocidad del flujo de aire a muestrear.*
 - * *Hora de término de muestreo.*
 - * *Observaciones.*

CAPÍTULO I.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

- Retirar el equipo de muestreo.
- Identificación y etiquetado de las muestras tomadas que requieran un análisis posterior.

c) Interpretación de resultados:

- Análisis de muestras.
- Determinación de:
 - * *Exposiciones promedio ponderadas por el tiempo de los trabajadores a los agentes contaminantes con respecto a la clasificación de tareas.*
 - * *Exposiciones pico de los trabajadores.*
 - * *Comportamiento estadístico de los datos obtenidos.*
- Comparación de los resultados emanados de las muestras con respecto a los estándares y normas oficiales aplicables.

d) Discusión de los resultados obtenidos en el estudio realizado con los representantes de la gerencia y los trabajadores.

CAPÍTULO I

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

1.3.3. CONTROL.

a) Sugerencia y aplicación de acciones correctivas:

- Control de Ingeniería (aislamiento, ventilación, etc.).
- Control Administrativo (rotación de tareas, reducción de tiempos de trabajo, etc.).
- Protección personal.
- Asistencia médica.

b) Práctica constante de la evaluación de los siguientes tópicos:

- Contaminación del aire.
- Contaminación del agua.
- Disposición de residuos sólidos.
- Seguridad.

I.4 Legislación.

I.4.1. Antecedentes.

El desarrollo de un análisis aplicando la Higiene Industrial en un ambiente laboral debe estar sustentado en los lineamientos legales que se han definido para tal fin.

En la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos se tiene el antecedente y fundamento legal de la obligación de los patrones de brindar a los trabajadores las mejores condiciones de trabajo, en el Artículo 123, fracciones XIV y XV, donde se plasman estos aspectos de una manera generalizada sin entrar en muchos detalles.

De manera más específica, desde hace veinte años, en 1978, se modificó la Ley Federal del Trabajo publicándose el **“Reglamento general de Seguridad e Higiene en el Trabajo”**, en donde en su Título VIII contempla y tipifica las condiciones del ambiente laboral. En un principio se emitieron 21 instructivos con el fin de hacer aplicable dicho Reglamento, los cuales en 1993 adquirieron la categoría de Normas Oficiales Mexicanas, las cuales establecen la obligatoriedad de aplicar estudios de reconocimiento, evaluación y control de agentes químicos, físicos y biológicos, además de definir los límites máximos permisibles de exposición para el agente contaminante correspondiente. En 1997 el reglamento mencionado anteriormente fue modificado.

De manera similar, en la Ley Federal del Trabajo, en su Título IX establece definiciones básicas para la aplicación de la Higiene Industrial, como las que a continuación se muestran:

- **Riesgos de trabajo:** son los accidentes y enfermedades a que están expuestos los trabajadores en ejercicio o con motivo del trabajo.
- **Enfermedad de trabajo (profesional):** es todo estado patológico derivado de la acción continuada de una causa que tenga su origen o motivo en el trabajo o en el medio donde el trabajador se vea obligado a prestar sus servicios.

Por otro lado, en México se ha establecido la Ley del Seguro Social, en la cual en su nueva versión tipifica a las enfermedades profesionales de la misma manera que se establecen en la Ley Federal del Trabajo; existe un listado de enfermedades profesionales en dicha Ley, el cual debe ser consultado para establecer si son aplicables o no los lineamientos mostrados en la Ley del Seguro Social para reparar los daños ocasionados.

Los objetivos principales del Reglamento General son:

- Establecer las medidas necesarias para la prevención de accidentes y enfermedades de trabajo.
- Desarrollar las actividades laborales en las mejores condiciones de Seguridad e Higiene Industrial posibles.
- Establecer y precisar su aplicación en los ámbitos federal y nacional.

Para cumplir con estos objetivos existen disposiciones tales como:

- Realizar estudios e investigaciones en los centros de trabajo para elaborar y actualizar normas.
- Establecer unidades de verificación privadas, además de brindar asesorías y orientación para el cumplimiento de las normas.

En lo referente al nivel de actuación de las diversas instancias legales establecidas, existe un marco jurídico bajo el cual se regula la proposición, aprobación, emisión, aplicación y verificación de las normas. En este sentido, la Fig. No. 1 especifica el marco jurídico establecido en nuestro país.

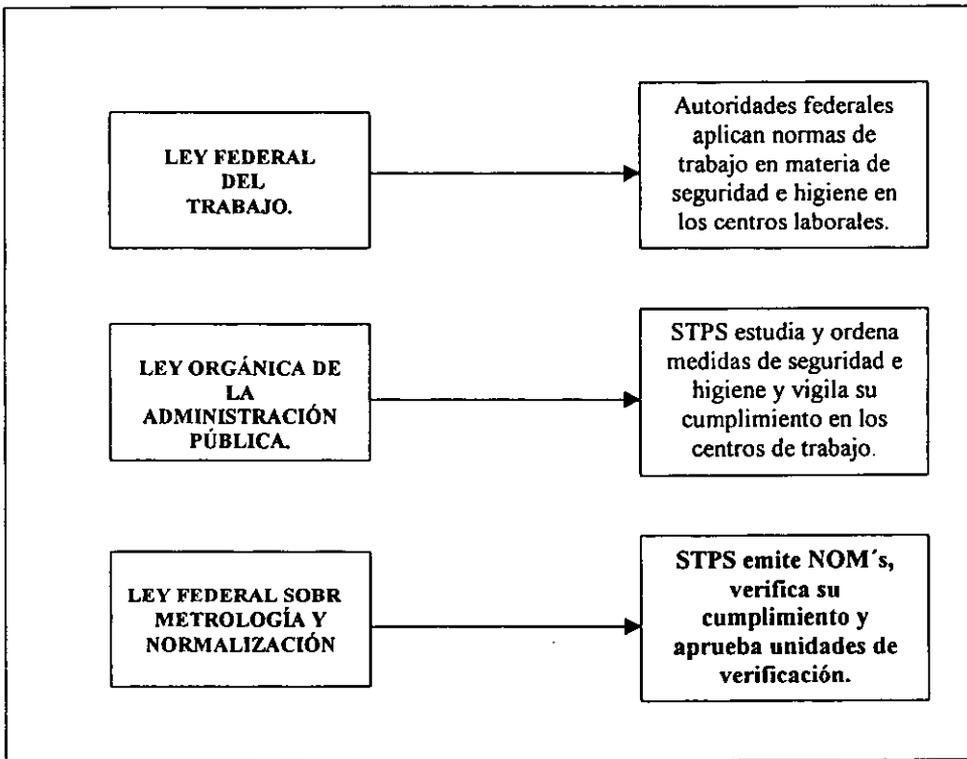


Fig. 1.1
Marco Jurídico.

1.4.2. Soporte técnico de los métodos legales de muestreo y análisis.

La definición de los métodos de muestreo y análisis de los agentes contaminantes se realizó de manera precisa tomándose como referencia los lineamientos marcados y desarrollados en el "Manual de Métodos Analíticos" implantado por el *National Institute of Occupational Safety and Health, (NIOSH)*, de los Estados Unidos; dichos métodos se encuentran establecidos en 70 Normas Oficiales Mexicanas de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, STPS.

Por otro lado, se utiliza también como soporte técnico en la determinación de los niveles máximos permisibles de exposición para los agentes adversos, el libro publicado anualmente por la *American Conference of Governmental Industrial Hygiene, ACGIH*, de los Estados Unidos titulado "**TLV's Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents in the Work Environmental with Intended Changes.**"

Todo este marco legal permite que no exista ningún aspecto que pueda omitirse en la evaluación de los agentes químicos, ya sea por desidia o desconocimiento de los mismos, y con ello obtener resultados dentro de un marco estandarizado que sean los adecuados para la finalidad que deben cumplir, esto es, asegurar que las condiciones de los ambientes laborales sean las adecuadas para el personal involucrado. Además, permiten la factibilidad de aplicar sanciones a quien no cumpla con los lineamientos establecidos.

CAPÍTULO I

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

Este marco legal fue instituido debido a que se llegó a la conclusión acertada de que es necesario proporcionar las mejores condiciones de operación en los centros de trabajo para los trabajadores y con ello disminuir la presencia de factores adversos que produzcan efectos capaces de disminuir la eficiencia en la realización de las actividades laborales, o bien, de aumentar la existencia de enfermedades ocupacionales y/o de situaciones inseguras o riesgosas.

1.4.3. Normas Oficiales Mexicanas específicas para la Evaluación y análisis de benceno, tolueno y xileno.

En el desarrollo de esta Tesis, las propuestas de los métodos de evaluación y análisis de las exposiciones a los disolventes elegidos en un ambiente laboral, además de los parámetros máximos permisibles de los mismos, se enmarcan en las Normas Oficiales Mexicanas particulares para los agentes químicos y de manera específica en las relacionadas con la evaluación y análisis de exposiciones a benceno, tolueno y xileno.

En este sentido las normas aplicables son las siguientes:

- **NOM – 010 – STPS – 1993.** Relativa a las condiciones de Seguridad e Higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, manejen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el ambiente laboral.
- **NOM – 045 – STPS – 1993.** Higiene Industrial. Medio Ambiente Laboral. Determinación de Benceno en aire. Método de Cromatografía de gases.
- **NOM – 047 – STPS – 1993.** Higiene Industrial. Medio Ambiente Laboral. Determinación de Xileno en aire. Método de Cromatografía de gases.
- **NOM – 050 – STPS – 1993.** Higiene Industrial. Medio Ambiente Laboral. Determinación de Tolueno en aire. Método de Cromatografía de gases.

CAPÍTULO I

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

Con este marco de referencia legal es posible determinar a ciencia cierta si se cumplen con los requerimientos necesarios en los centros de trabajo que brinden las condiciones más seguras para los trabajadores, o en su caso, establecer las condiciones de riesgo existentes con el fin de implantar las medidas de control necesarias para minimizarlas.

Sin embargo, para lograr una sentencia correcta y enfática en este sentido, es necesario tomar en cuenta muchos factores adyacentes, tales como las características y propiedades de los agentes en cuestión, por lo que es necesario definir otros conceptos y aplicarlos de la mejor manera para lograr el objetivo inicial antes mencionado, la prevención de problemas en la salud de los trabajadores.

Posteriormente en el desarrollo de este trabajo estos conceptos se enunciarán de manera particular para los disolventes orgánicos elegidos.

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO:

1 – 9 – 10 – 16 – 21 – 22 – 26 – 29 – 32 – 33 – 56 – 58.

CAPÍTULO II
Toxicología, Generalidades.

CAPÍTULO II.

Toxicología, Generalidades.

II.1 Antecedentes.

La mayoría de los riesgos a la salud en un ambiente ocupacional se origina por la exposición a los distintos agentes químicos presentes en dicho ambiente. Estos agentes químicos pueden encontrarse en distintas formas, de acuerdo al estado de agregación que tengan en el momento de la exposición; de acuerdo con esto, se tiene una clasificación de los mismos que permite su evaluación de manera precisa.

Existen más de nueve millones de compuestos que han sido aislados o sintetizados, sin embargo ha sido documentada información toxicológica para únicamente 100,000 sustancias aproximadamente, además de que la mayoría de la información disponible está basada en estudios sobre animales, por lo que los datos sobre toxicidad humana existentes son relativamente muy pocos.

Debido a esto, el estudio sobre los distintos agentes químicos factibles de encontrarse en un ambiente laboral, representa un área muy importante en el desarrollo de la Higiene Industrial. El mencionado estudio sobre las características de los agentes químicos involucra necesariamente todas las propiedades de los mismos que pudiesen favorecer la formación de condiciones peligrosas e inseguras para la salud ocupacional en un ambiente laboral.

CAPÍTULO II.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

Estas propiedades peligrosas son de diferentes características, considerándose como las más importantes las siguientes:

- TOXICIDAD.
- INFLAMABILIDAD Y EXPLOSIVIDAD.
- REACTIVIDAD.

Basándose en estos tres tipos de propiedades, inherentes a los agentes químicos, se definen todas las medidas de reconocimiento, prevención, evaluación y control aplicables para proveer a un ambiente ocupacional las condiciones de trabajo más seguras y adecuadas.

En el desarrollo de esta Tesis se tomará como objetivo principal establecer el grado de riesgos a la salud que se pueden encontrar en las exposiciones a los agentes químicos, en específico de los disolventes orgánicos aromáticos seleccionados: Benceno, Tolueno y Xileno.

Para poder establecer los riesgos a la salud originados por las exposiciones a agentes químicos, deben desarrollarse de manera precisa los siguientes aspectos:

- a) Conocer la información Toxicológica de las sustancias que intervienen en los procesos que se desarrollan en el lugar de trabajo.
- b) Establecer y reconocer la presencia de las sustancias en el ambiente laboral.

CAPÍTULO II.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

- c) Determinar y definir la naturaleza de las exposiciones a los agentes químicos, además de la frecuencia con la cual se tienen dichas exposiciones.

Una vez desarrollados los aspectos mencionados anteriormente para los agentes orgánicos, debe determinarse y cuantificarse con exactitud la magnitud del riesgo, mediante la evaluación de las exposiciones a los agentes químicos que se realiza a través de la medición de las concentraciones existentes en el ambiente laboral, además de la interpretación adecuada de los datos obtenidos, como se ha mencionado anteriormente.

Una vez obtenidas las conclusiones pertinentes después de la Evaluación de las exposiciones, sobre todo en aquéllos casos en donde se encuentren condiciones con alta peligrosidad, deben establecerse las medidas conducentes a obtener el Control de las mismas y con ellò favorecer el establecimiento de situaciones con mayor seguridad y de menores riesgos en el ambiente laboral examinado y evaluado. Todas estas actividades se realizan en el marco de la Higiene Industrial, como previamente se ha especificado.

II.2 Clasificación de Agentes Químicos.

II.2.1 Definiciones.

Los Agentes Químicos pueden definirse como aquellas sustancias químicas suspendidas en el ambiente laboral, o que tienen contacto directo con la piel, que debido a sus propiedades toxicológicas, su concentración y el período de tiempo durante el cual se tiene la exposición, son factibles de alterar de manera adversa a la salud del hombre.

Como se mencionó anteriormente, existe una enorme cantidad de sustancias químicas que pueden ser utilizadas en el medio industrial, por lo cual es prácticamente imposible realizar una clasificación de las mismas mediante grupos o familias, por lo cual se ha visto con la experiencia que la mejor forma de lograr una clasificación congruente, adecuada y sencilla, es realizar ésta de acuerdo con el estado físico de agregación que presentan los agentes químicos al encontrarse suspendidos en el ambiente. La clasificación de los Agentes Químicos se muestra en la Tabla No. 2.1.

En el campo de acción que abarca esta Tesis, una vez definida la clasificación de los Agentes Químicos, se pondrá especial énfasis en particular a todo lo relacionado con los agentes químicos gaseosos, y de manera específica a los vapores, ya que es la forma en la que se tienen las exposiciones a los disolventes seleccionados: Benceno, Tolueno y Xileno.

Tabla 2.1
Clasificación de los Agentes Químicos.

ESTADO FÍSICO DE AGENTES QUÍMICOS	CLASIFICACIÓN	EJEMPLOS
SÓLIDOS.	Polvos.	Polvos de cal.
	Humos.	Humos De soldadura.
LÍQUIDOS.	Neblinas.	Neblinas De Sosa.
	Rocios.	Aerosoles.
GASEOSOS.	Gases.	Hidrógeno.
	Vapores.	Vapores orgánicos.

II.2.1.1 Agentes Químicos Sólidos:

- a) **Polvos.** Son partículas sólidas suspendidas en el aire del ambiente, con un diámetro de partícula entre 0.1μ y 25μ . Son el resultado de la dispersión de partículas sólidas originadas a partir de la fragmentación de masas sólidas de mayor tamaño en procesos de molienda, quebrado, transporte, etc.
- b) **Humos.** Son partículas sólidas suspendidas en el aire de procedencia distinta a los polvos con un diámetro de partícula que varía de 0.1μ a 5μ , se generan a partir de la condensación de los materiales volatilizados en una fusión de metales, o bien resultan de la combustión incompleta de materiales combustibles.

II.2.1.2 Agentes Químicos Líquidos.

- a) **Neblinas.** Son partículas líquidas suspendidas, generadas por la condensación de algún vapor en el aire del ambiente laboral.
- b) **Rocíos.** Son partículas líquidas suspendidas en el aire generados por la dispersión de una sustancia líquida mediante algún método mecánico.

II.2.1.3 Agentes Químicos Gaseosos.

- a) **Gases.** Son sustancias químicas que en condiciones de presión y temperatura ambientes se encuentran en estado gaseoso en el aire.
- b) **Vapores.** Son la forma gaseosa de sustancias que en condiciones de presión y temperatura ambientes se encuentran en estado líquido o sólido. La cantidad de vapores presentes en el ambiente depende de las características de volatilidad o sublimación, respectivamente, que tienen las sustancias mencionadas.

II.3 Principios Básicos de Toxicología.

II.3.1 Definición.

Etimológicamente, **Toxicología** es el estudio e investigación de los venenos, enmarcando a su detección y los antídotos asociados. En un sentido estricto, se puede decir que la **TOXICOLOGÍA** se relaciona con el estudio del potencial que tienen las sustancias químicas, o las mezclas de ellas, de producir efectos dañinos a los organismos vivos; en otras palabras, estudia las interacciones entre las sustancias químicas y los sistemas biológicos para determinar cuantitativamente la capacidad de dichas sustancias para producir lesiones que favorezcan la aparición

CAPÍTULO II.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

de efectos adversos a la salud en organismos vivos sanos, además de investigar la naturaleza, incidencia y severidad (en función de la dosis recibida), mecanismos de formación, y reversibilidad de los efectos adversos; todo esto se realiza con el fin de obtener soluciones a los problemas que se originan.

II.3.2 Clasificación de los efectos tóxicos.

Por otro lado, la **TOXICIDAD** describe la naturaleza de los efectos dañinos producidos con respecto a las condiciones necesarias para su inducción, por ejemplo, la toxicidad de un material es su capacidad de producir un deterioro biológico, o bien, necesario para causar la muerte. Se define como **INTOXICACIÓN** al conjunto de signos y síntomas manifestados por un organismo que revelan un desequilibrio orgánico, originados por la interacción de un agente tóxico con dicho organismo. Los elementos de la misma son los siguientes:

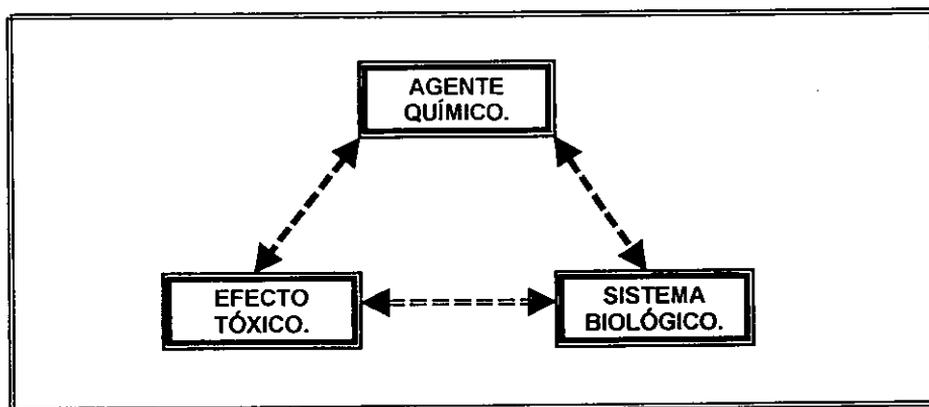


Figura 2.1

ELEMENTOS DE UNA INTOXICACIÓN.

CAPÍTULO II

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

Se ha definido una clasificación fisiológica de los agentes químicos de manera general, considerando sus características tóxicas para conocer más acerca de los efectos adversos a la salud que pueden originar; basándose en estas características, los agentes químicos pueden clasificarse de la siguiente manera:

- 1. Irritantes.** Ejercen una acción corrosiva sobre las membranas mucosas del sistema respiratorio inflamándolas; la exposición continua y prolongada a este tipo de agentes puede causar lesiones crónicas pulmonares. Pueden ser de dos tipos: *Primarios*, los cuales no ejercen una acción tóxica sistemática, o *Secundarios*, los cuales pueden producir efectos tóxicos sistemáticos.
- 2. Corrosivos.** Son los que causan quemaduras locales de tipo químico y destrucción de tejidos al tener contactos con ellos. Este tipo de efectos ocurren al reaccionar químicamente este tipo de agentes químicos con los tejidos en el sitio de contacto.
- 3. Los que producen dermatitis.** La Dermatitis es la formación de escamas y brotes resecaos en la piel al tener contacto con algún agente químico.
- 4. Vesicantes.** Son los que producen la formación de ampollas o vejigas en la piel al tener contacto con la misma.

5. **Alucinógenos.** Llamados también psicodélicos, son aquéllos que producen cambios en la percepción, en los pensamientos o en el humor sin causar alteraciones mayores en el Sistema Nervioso Autónomo.

6. **Narcóticos.** Son los que producen entorpecimiento de los sentidos o de las facultades intelectuales. Además, pueden afectar el Sistema Nervioso Central y el tracto gastrointestinal; los efectos que producen en el Sistema Nervioso Central más notables incluyen analgesia, euforia, efectos sedantes, depresión respiratoria y acción antitusiva. El empleo de este tipo de agentes de manera continua y con exposiciones crónicas, puede desarrollar tolerancia a éstos y dependencia fisiológica.

7. **Asfixiantes.** Tienen la capacidad de interferir en la oxigenación normal de los tejidos sin producir ningún daño en el sistema respiratorio. Pueden ser de dos tipos: *Simples*, son agentes fisiológicamente inertes que actúan como diluyentes del oxígeno disponible del aire, o *Químicos*, aquéllos que ejercen su acción fisiológica en los organismos evitando el transporte del oxígeno en el cuerpo o la oxigenación adecuada de los tejidos debidos ambos efectos a su afinidad química activa con las sustancias encargadas de realizar estas funciones.

8. **Anestésicos.** Son aquéllos agentes químicos que actúan de tal manera que logran una depresión de las actividades del Sistema

Nervioso Central. Los efectos más notables que producen este tipo de agentes químicos son vértigos, desvanecimientos, somnolencia, dolores de cabeza, pérdida del conocimiento y pérdida de respuesta al dolor.

9. **Hepatotóxicos.** Son los agentes químicos que actúan ocasionando efectos adversos al hígado, ocasionándole lesiones que favorecen la presencia de trastornos en su correcto funcionamiento.
10. **Nefrotóxicos.** Son los agentes que pueden inducir efectos adversos sobre los riñones, causando principalmente interrupciones en el funcionamiento de los mismos, necrosis de los órganos adyacentes y con ello un posible fallo renal.
11. **Neurotóxicos:** Son aquéllos que pueden producir efectos tóxicos sobre el Sistema Nervioso Central o sobre el Sistema Nervioso periférico, los cuales pueden originar la presencia de anomalías en la conducta o incluso de tipo neurológico.
12. **Los que actúan sobre el sistema hematopoyético.** Esto es, aquéllos agentes que ocasionan daños en el sistema productor de la sangre, ya sean como inhibidores de la formación de glóbulos blancos, glóbulos rojos, plaquetas, o bien que actúen sobre los mismos de tal manera que afecten sus funciones de manera normal. Un ejemplo de este tipo de alteraciones es el apareamiento de enfermedades como anemia, hemólisis o leucemia por ejemplo.

- 13. Neumoconióticos.** (*Producen lesiones o enfermedades pulmonares.*) Son los agentes que actúan sobre el Sistema respiratorio, pero de manera específica sobre los pulmones, originando la aparición de problemas en el correcto funcionamiento de los mismos; por ejemplo, la formación de un edema pulmonar, que es el exceso de fluidos en los pulmones, causados por lesiones en el epitelio pulmonar originadas por alguna sustancia que tenga la propiedad de realizarlas.
- 14. Cancerígenos o carcinogénicos** Son aquéllos agentes químicos que tienen la propiedad de favorecer la aparición de anomalías de tipo celular, capaces de originar cambios que fomenten la creación de alteraciones en los ácidos nucleicos, con lo cual se provoquen transformaciones en las funciones normales de las mencionadas células y con ello también en tejidos, y en los órganos a los que pertenecen.
- 15. Mutagénicos.** Son los agentes químicos capaces de causar cambios en la información genética almacenada en el DNA de tipo hereditario. Este tipo de cambios puede ser como el origen de desordenes en la fertilidad, muerte prenatal, enfermedades hereditarias y cáncer.
- 16. Teratógenos o teratogénicos.** Son sustancias que producen malformaciones de las células en desarrollo, tejidos u órganos en los

fetos; actúan produciendo efectos degenerativos o un desarrollo retardado de los mismos.

Las propiedades tóxicas de una sustancia pueden relacionarse con la estructura molecular y los sitios reactivos dentro de la molécula que presente; la presencia de ciertos grupos funcionales, o bien, de ciertas características estructurales, tienden a determinar la naturaleza tóxica de dicha sustancia.

Es necesario llevar a cabo estudios toxicológicos para reconocer los diferentes tipos de efectos adversos que pueden aparecer al interaccionar los compuestos químicos con los seres vivos, con el fin de lograr la minimización de los problemas a la salud y suministrar en un momento dado la ayuda requerida y precisa para resolver un eventual daño en un sistema biológico.

II.3.3 Factores que afectan a la toxicidad.

Los factores que influyen en la toxicidad de una sustancia son muy variados y deben ser tomados en cuenta durante el diseño, conducción y evaluación de los estudios toxicológicos; esto se debe a que estos factores intervienen en la naturaleza, severidad, y probabilidad de inducción de alguna lesión ocasionada por una sustancia tóxica. Algunos de los factores más importantes son los siguientes:

- **Naturaleza del Agente Químico.** Se refiere a las propiedades más importantes del mismo que pueden favorecer la formación de efectos

tóxicos. Esto se relaciona con la naturaleza del grupo funcional presente en la molécula, o bien, a la estructura molecular que tenga.

- **Número de Exposiciones.** Los efectos tóxicos pueden variar de acuerdo a la cantidad de exposiciones realizadas en un período de tiempo determinado.
- **Dosis.** Se refiere a la cantidad del agente químico presente en el momento de la exposición que puede ingresar al organismo; de esto depende en muchas ocasiones el grado de afectación que puede tener el mismo, ya que una sustancia considerada como no tóxica puede ocasionar efectos graves si se suministra en grandes cantidades.
- **Magnitud de Exposición.** En otras palabras, se trata de la cantidad de tiempo que dura la exposición al agente químico y de la cantidad de agente. También influye en la posibilidad de que se produzca un efecto tóxico y en la severidad de éste.
- **Especies Examinadas.** Las diferencias entre los metabolismos de especies distintas, e incluso entre individuos de una misma especie, originan que existan variaciones sobre la intensidad relativa de un material capaz de producir una lesión. En otras palabras, la susceptibilidad y los hábitos de un organismo pueden modificar los efectos tóxicos que pueden ser originados.

CAPÍTULO II.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

- **Ruta de Exposición.** Esta tiene una significativa influencia sobre el metabolismo y distribución de la sustancia, la cantidad absorbida y su destino final; esto se refleja en la variación de la naturaleza y magnitud del efecto tóxico.
- **Momento de la Dosificación.** La hora del día, o bien el día del año en el que se recibe la dosis del material tóxico, puede influir en la respuesta bioquímica o fisiológica en contra del efecto tóxico.
- **Formulación.** La formulación de un material, esto es, la manera en la que se encuentra al tratar con él, afecta su potencial para causar algún daño tóxico; este potencial puede aumentar o atenuarse según se comporte el material tóxico en esas condiciones.
- **Impurezas.** La presencia de impurezas puede modificar la respuesta al tóxico, particularmente si éste tiene una alta toxicidad.

II.3.4. Periodos de exposición.

En lo referente al número de exposiciones recibidas y al tiempo de exposición a los agentes químicos, se ha definido una clasificación de las mismas en base a estos parámetros, de la siguiente manera:

- 1. EXPOSICIONES AGUDAS.** Suceden cuando existe una exposición sencilla y elevada a los agentes químicos, o sea, ocurre rápidamente, y se producen efectos inmediatos, que pueden ser retardados o persistentes. El período de exposición en este caso puede ser de 24 horas o menos.
- 2. EXPOSICIONES REPETIDAS DE CORTA DURACIÓN.** Se refieren a exposiciones consecutivas diarias en un período relativamente corto de tiempo (pocos días o pocas semanas); éste no debe exceder del 5% de la vida normal del organismo expuesto.
- 3. EXPOSICIONES SUBCRÓNICAS.** También son exposiciones consecutivas diarias, pero con la diferencia de que se llevan a cabo en un período más largo de tiempo, del 10 al 15 % de la vida normal del organismo.
- 4. EXPOSICIONES CRÓNICAS.** Son exposiciones diarias y repetidas durante un tiempo mayor al de la vida normal del organismo en cuestión, durante las cuales se absorben pequeñas cantidades de manera continua; las dosis pueden ser insignificantes, pero pueden

acumularse durante períodos largos de tiempo (años), y originar efectos de daños paulatinos y en algunas ocasiones irreversibles.

II.3.5. Sitios de exposición.

Por otro lado, el sitio expuesto a los agentes químicos es un aspecto muy importante en el estudio de los efectos tóxicos originados. Basándose en este factor, dichos efectos tóxicos se pueden dividir como **Locales y Sistémicos.**

- **EFFECTOS TÓXICOS LOCALES.** Son los producidos en un sitio específico y limitado, por ejemplo donde el agente químico llega a tener el primer contacto con la superficie del cuerpo, ya sea en la piel, ojos, ó las membranas existentes en los tractos respiratorios y alimenticio.
- **EFFECTOS TÓXICOS SISTÉMICOS.** Ocurren cuando el agente químico es absorbido desde el sitio contaminado y es distribuido mediante el sistema circulatorio hacia varios órganos y tejidos internos. En otras palabras, la lesión se lleva a cabo en un lugar distante al sitio contaminado inicialmente.

Estos efectos tóxicos pueden ser producidos por el agente químico en sí, o bien por compuestos originados por la biotransformación ocurrida después de ser absorbidos. Los efectos tóxicos pueden ocurrir en uno o varios órganos y tejidos.

II.3.6. Tiempo de exposición vs efectos tóxicos.

Por otro lado, también existe una diferencia notable entre las características de los efectos tóxicos asociados con las exposiciones a los agentes químicos, lo cual permite establecer otra clasificación de éstos de acuerdo a su tipo.

Basándose en esto, los efectos tóxicos pueden clasificarse como:

- **EFFECTOS LATENTES.** Son aquéllos que se presentan después de un período de tiempo considerable sin observarse la presencia de alguna señal tóxica, una vez ocurrida la exposición al agente químico, o bien, después de haberse definido los efectos tóxicos agudos inmediatamente después de haberse tenido la exposición. Este tipo de efectos es conocido también como efectos **activo – retardados**.
- **EFFECTOS PERSISTENTES.** Son los que no se notan de manera apreciable después de ocurrida la exposición, sino que son de una magnitud mayor al alejarse de la fuente de exposición; pueden ocurrir como consecuencia de exposiciones agudas o repetidas de corta duración. Este tipo de efecto debe diferenciarse de manera precisa con respecto a los efectos crónicos, ya que no son equivalentes; sin embargo, algunos efectos crónicos son recurrentes, esto es, que aparecen una y otra vez.
- **EFFECTOS ACUMULATIVOS.** Son aquéllos que se presentan empeorando y favoreciendo la progresión de las lesiones ocurridas

CAPÍTULO II.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

después de exposiciones repetidas a los agentes químicos; cada exposición produce un incremento posterior de la lesión agregándolo a la ya existente. Muchos agentes químicos, conocidos por inducir un tipo particular de efectos tóxicos en exposiciones agudas, pueden también producir el mismo efecto después de exposiciones repetidas de manera acumulativa con dosis menores a las establecidas como límite para una exposición aguda.

- **EFFECTOS TRANSITORIOS.** Son los que se presentan donde existe el restablecimiento de alguna lesión tóxica, o bien, la reiteración de alguna aberración bioquímica inducida previamente.

II.3.7. Clasificación de los efectos tóxicos sugerida.

Un estudio completo de las propiedades y características de los posibles efectos tóxicos originados después de una exposición a los distintos agentes químicos, debe abarcar de una manera completa y concisa a todos y cada uno de los factores antes mencionados. Esto requiere de una profundización adecuada al respecto mediante los conocimientos necesarios sobre este tema y además de una consulta de la literatura específica sobre el mismo.

Para fines prácticos, se recomienda englobar en los aspectos más importantes de las exposiciones a agentes químicos a todos los demás con el fin de realizar un estudio de reconocimiento, evaluación y control de éstas. En caso de que el estudio lo requiera, en cualesquiera de las

CAPÍTULO II

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

etapas antes mencionadas, debe adentrarse más en el análisis de la toxicología de un determinado agente en específico.

La clasificación de las características toxicológicas de diversos agentes químicos puede realizarse de manera general, como se sugiere en la Tabla II.2 en aquellas ocasiones en que el estudio lo permita.

Tabla 2.2

Clasificación de los efectos tóxicos ocasionados por diferentes sustancias químicas, con base en la escala de tiempo de exposición y al sitio afectado.

ESCALA DE EXPOSICIÓN	SITIO DE EXPOSICIÓN	EFEECTO	AGENTE QUÍMICO.
<u>AGUDA</u>	LOCAL	DAÑO PULMONAR	Cloruro de hidrógeno
	SISTÉMICO	HEMÓLISIS	Arsina
	MIXTO	DAÑO PULMONAR METAHEMOGLOBINEMIA	Óxidos de nitrógeno
<u>CORTA DURACIÓN</u>	LOCAL	SENSIBILIZACIÓN	Etilendiamina
	SISTÉMICO	NEUROPATÍA PERIFÉRICA	Metil-n-butil cetona
	MIXTO	IRRITACIÓN RESPIRATORIA LESIÓN RENAL	Piridina
<u>CRÓNICA</u>	LOCAL	BRONQUITIS	Bióxido de azufre
	SISTÉMICO	ANGIOSARCOMA HEPÁTICO	Cloruro de vinilo
	MIXTO	ENFISEMA LESIÓN RENAL	Cadmio
<u>LATENTE</u>	LOCAL	EDEMA PULMONAR	Fósgeno
	SISTÉMICO	NEUROPATÍA FIBROSIS PULMONAR	Organofosfatos Paraquat

Finalmente se puede notar que dependiendo de las circunstancias de exposición, cualquier material dado puede, producir más de un tipo de efectos tóxicos; por lo tanto, cuando se describe la toxicidad de un material es necesario definir lo siguiente: si el efecto es local, sistémico, ó mixto; la naturaleza del daño; los órganos ó tejidos afectados y las condiciones de exposición incluyendo ruta, número y magnitud de la exposición.

II.4. Rutas de exposición.

II.4.1. Definiciones.

Las **Rutas de Exposición o Vías de Ingreso**, son aquellas partes o superficies del cuerpo que se encuentran expuestas a tener el primer contacto con un material tóxico; en otras palabras, son el medio a través del cual una sustancia tóxica ingresa al organismo para producir un efecto. En condiciones normales, las rutas de exposición más comunes son:

- **Vía Respiratoria.** (Inhalación).
- **Vía Cutánea.** (Contacto directo con la piel o mucosas).
- **Vía Oral.** (Ingestión).
- **Vía Parenteral.** (Subcutánea e intraperitoneal, utilizada principalmente para fines terapéuticos).
- **Vía Orificios Naturales.** (Rectal, vaginal, ótica, oral, etc.).

II. 5. Exposiciones múltiples.

II.5.1 Efectos asociados.

En la mayoría de las situaciones prácticas, existen exposiciones múltiples a sustancias químicas lo que da lugar a complejas interacciones biológicas con los organismos; por ello, es necesario definir las características particulares de cada efecto ocurrido al presentarse cada exposición múltiple. En general, los tipos de efectos que pueden presentarse son:

- **Independencia.-** Cada material tóxico ejerce su toxicidad sin importar la presencia de otro(s).
- **Adición o Agonismo.-** El efecto global producido es similar a la suma de todos los efectos individuales de cada sustancia.
- **Antagonismo.-** Es aquél que ocurre al oponerse la acción de una sustancia con la de otra. Esto tiene gran aplicación en el campo de estudio sobre antidotos, ya que por lo regular existe una disminución notable en la toxicidad del material más tóxico.
- **Potenciación.-** Existe cuando se aumenta la toxicidad de una sustancia poco tóxica al combinarse con otra.
- **Sinergismo.-** Existe cuando el efecto de dos sustancias químicas suministradas juntas es significativamente mayor que el obtenido al

considerarse por separado. Difiere de la potenciación en el sentido de que en este caso ambos materiales influyen en la lesión y además el efecto neto es mayor que el aditivo.

Sin embargo, cada situación de exposición múltiple debe ser estudiada por separado ya que no siempre ocurren los efectos mencionados anteriormente, ni son perfectamente distinguibles en muchas ocasiones. Se debe tener un análisis preciso y bien definido de los efectos ocurridos con el fin de realizar un proceso de evaluación de riesgos adecuado, lo cual es definitivamente muy complejo.

II.6. Trayectoria y destino final de los agentes químicos.

En otro orden de ideas, es importante mencionar otro aspecto importante en estudio de la toxicidad de las sustancias químicas: **la trayectoria y el destino final que tienen una vez suministrados al organismo**; esto se refiere a explicar de una manera sencilla las distintas opciones que tiene el organismo de responder en contra de un agente químico xenobiótico inducido. En otras palabras, existen diferentes formas de **metabolismo** de los agentes químicos suministrados; con el fin de facilitar la comprensión de este aspecto, se sugiere una esquematización de la manera mostrada en la figura No. 2.2.

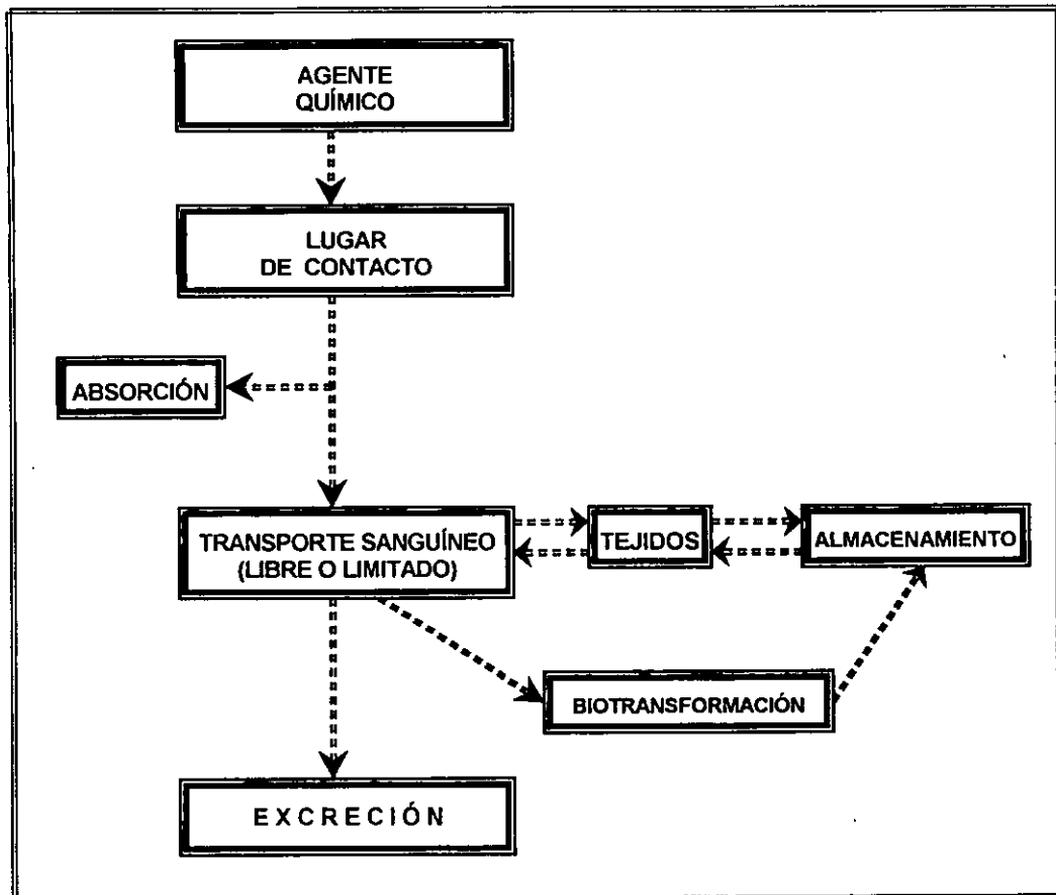


Fig. 2.2

REPRESENTACIÓN ESQUEMÁTICA DE LA TRAYECTORIA QUE SIGUE UNA SUSTANCIA QUÍMICA DESPUÉS DEL PRIMER CONTACTO.

CAPÍTULO II.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

El metabolismo de un material dentro de un organismo puede ser, principalmente, de dos maneras distintas:

1. **Destoxificación.**- Es la formación de un producto transformado con una toxicidad mucho menor, o nula, con respecto a la molécula original.
2. **Activación Metabólica.**- El agente xenobiótico original no es tóxico per se sino que sus metabolitos son los tóxicos.

En este sentido, cabe hacer mención de las vías de eliminación de los agentes químicos tóxicos o las sustancias metabolizadas el cual está dado por el sistema excretor de un organismo, en este caso, del hombre. Estas rutas de eliminación pueden ser las siguientes:

- **Renal.** Mediante el riñón, a través de la orina.
- **Por secreciones.** Por ejemplo, bilis (originada en el hígado), sudor, lágrimas, leche, saliva, etc.
- **Pulmonar.** Mediante los pulmones, a través del aire exhalado.
- **Digestiva.** Se realiza a través de la materia fecal.

El principal órgano excretor es el riñón, ya que a través de la orina se obtiene la eliminación de las sustancias tóxicas y sus metabolitos. En el hígado se realizan primordialmente las transformaciones, el metabolismo de las sustancias extrañas; por otro lado, el hígado puede eliminar a su vez materiales tóxicos mediante la bilis, como se ha mencionado anteriormente.

A pesar de la existencia del sistema excretor, muchas sustancias tóxicas y sus metabolitos pueden almacenarse en tejidos, con lo que existe el riesgo latente de que se mantengan los niveles tóxicos, aún después de terminar la exposición al material tóxico.

Como se ha mencionado anteriormente, el metabolismo de una sustancia tóxica y su potencial para causar un daño tóxico, varían con respecto a la ruta de exposición, la magnitud de la dosis y la duración de la exposición. Todo esto tiene relación con la rapidez que alcanza una sustancia tóxica o un metabolito en alcanzar los tejidos.

II.7. Intoxicaciones debidas a agentes xenobióticos.

II.7.1 Fases de una intoxicación.

Una intoxicación capaz de producir la aparición de efectos adversos en un organismo dado se lleva a cabo mediante FASES, las cuales deben cumplirse de manera secuencial para obtener los efectos mencionados. Estas fases pueden describirse de la siguiente manera:

- 1. Fase de Exposición al agente.** Se refiere al contacto entre el agente y el organismo.
- 2. Fase Toxicocinética.** Se refiere a la absorción, distribución y biotransformación del agente en el organismo.
- 3. Fase Toxicodinámica.** Se refiere a la interacción final del agente con el organismo, y en consecuencia, la aparición de los efectos para finalmente llevar a cabo la excreción o asimilación correspondiente.

En conclusión, la probabilidad de inducción de un efecto tóxico depende principalmente del equilibrio dinámico existente entre la velocidad de absorción de la sustancia y la rapidez de excreción del material absorbido y sus metabolitos.

II.7.2 Evaluación de la intoxicación.

Dentro de cada una de las fases de la intoxicación de un organismo, en este caso específico un ser humano, deben llevarse a cabo mecanismos de evaluación de distintos tipos según sea la fase que se trate; en otras palabras, a cada fase corresponde un seguimiento de los fenómenos originados por el contacto de los agentes tóxicos con el ser humano. Estas evaluaciones deben llevarse a cabo para no permitir el surgimiento de problemas mayores en la salud, y poder tomar en un momento dado las medidas de control adecuadas para minimizar los posibles problemas que se pudiesen presentar; la interrelación entre las fases de la intoxicación y los mecanismos de evaluación y control de los efectos surgidos se muestra en la figura No. 2.3. Esta distribución es la forma más lógica y adecuada de tener un seguimiento preciso de las distintas fases de una intoxicación.

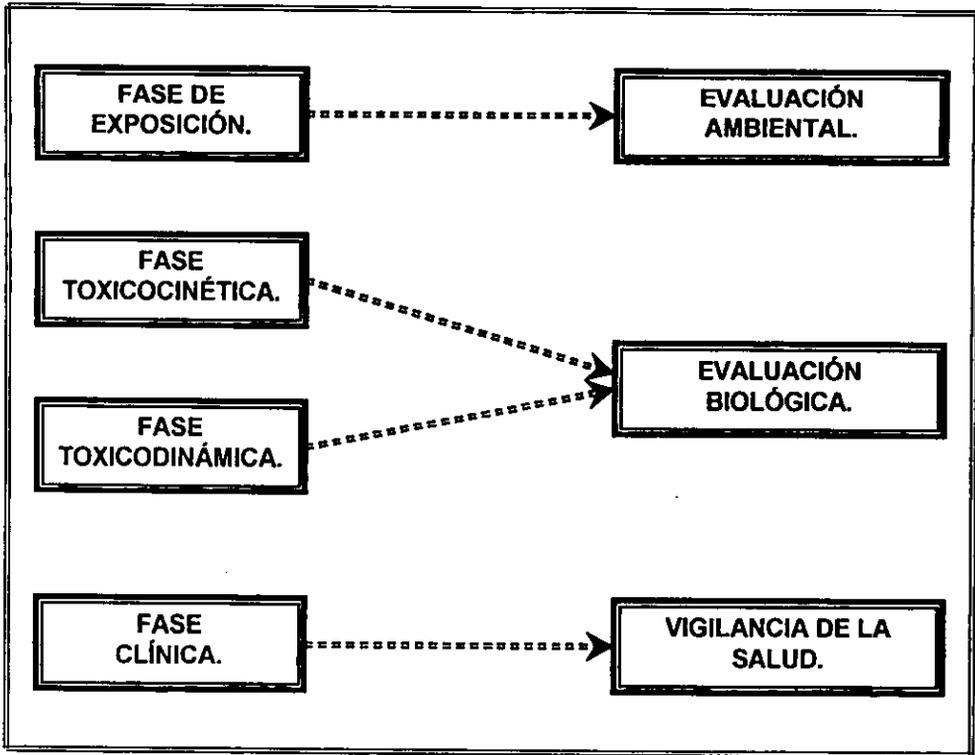


FIG. 2.3
INTERRELACIÓN ENTRE LAS FASES DE INTOXICACIÓN Y LOS MECANISMOS DE EVALUACIÓN.

Como puede observarse en la fig. 2.3, existe otra fase dentro del proceso de intoxicación, la CLÍNICA, la cual se refiere a la etapa en la que el organismo se encuentra ya dañado por los efectos adversos, presentando algún tipo de lesión. En este caso, se requiere una observación y vigilancia médica de la salud, con el fin de contrarrestar y de ser posible eliminar los efectos y las lesiones adquiridas.

Cada uno de estos mecanismos de evaluación debe ser llevado a cabo por un especialista en la materia, por ejemplo, en el caso de un ambiente laboral con presencia de agentes químicos tóxicos, la evaluación ambiental debe ser realizada mediante la aplicación de la Higiene Industrial; por otro lado, la evaluación biológica debe realizarse con estudios dentro de disciplinas tales como fisiología celular, toxicología, ingeniería bio-molecular, etc.; de igual manera, al vigilancia de la salud debe llevarse a cabo dentro del campo de acción de la medicina principalmente.

II.7.3. Vigilancia de la salud. Aspectos principales.

En el contexto de los mecanismos de evaluación, los estudios generales toxicológicos comprenden principalmente el monitoreo de las características funcionales de los organismos, con el fin de evaluar los efectos ocasionados por algún tipo de exposición a una sustancia química; en el caso de una exposición laboral, este tipo de seguimiento debe realizarse en el marco de la vigilancia de la salud antes y después de la exposición a algún agente químico y puede seguir los aspectos que se mencionarán a continuación. Las características funcionales más importantes que deben ser monitoreadas o evaluadas son:

- **Observaciones generales.**- Se inspeccionan las diferencias notables a simple vista en el funcionamiento normal de un ser humano. (aspectos físicos y de personalidad)

CAPÍTULO II.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

- **Peso corporal.-** Es un indicador temprano de la presencia de un efecto tóxico.
- **Consumo de agua y alimentos.-** Observando los cambios en el consumo alimenticio, se puede observar un efecto tóxico.
- **Hematología.-** Los exámenes sanguíneos proveen una información más específica sobre el tipo de efecto tóxico que se tiene en proceso.
- **Patología química (Química Clínica).-** Principalmente incluye la medición de la concentración de ciertos analitos en sangre, o bien, de ciertas activaciones enzimáticas en fluidos tales como: orina, plasma, líquido cefalorraquídeo, etc. Por ejemplo, en el plasma se pueden determinar enzimas para descubrir daño hepático, cardíaco o la presencia de oncoproteínas, etc.
- **Análisis de orina.-** El análisis urinario provee información sobre posibles daños renales o en otros tejidos.
- **Patología.-** Esta se refiere a la interpretación de los resultados de los análisis, y puede decidir si se requiere un estudio más completo que proporcione información más específica sobre los daños ocurridos.
- **Determinaciones del peso de órganos.-** La información obtenida indica los cambios en esos órganos, siempre y cuando sean referidos

CAPÍTULO II.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

cuidadosamente al estado de hidratación y nutrición del organismo estudiado.

- **Investigaciones especiales.-** Estas se realizan de acuerdo a la información toxicológica existente, con el fin de poner énfasis en los órganos que pueden ser afectados.

De manera complementaria al seguimiento de las funciones listadas anteriormente, los estudios toxicológicos pueden ser realizados para exposiciones sencillas o repetidas alrededor de períodos variables de tiempo. Estos estudios, que varían de acuerdo a los factores que afectan la formación y características de los efectos tóxicos, pueden expresar lo que a continuación se describe.

- **Estudios Agudos.-** Proporcionan la siguiente información:
 - a) Naturaleza de cualquier efecto adverso, local o sistémico, surgido de una exposición sencilla.
 - b) Información sobre las condiciones de exposición.
 - c) Datos para ser empleados en estudios subsecuentes.
- **Estudios Repetidos de Corta Duración.-** Estos dan información sobre toxicidad acumulativa y permiten la detección de aspectos que no es posible determinar con los estudios de toxicidad aguda.

- **Estudios Subcrónicos.**- Estos estudios amplían la información sobre los estudios anteriores ya que se refieren a situaciones de riesgo para períodos más largos de tiempo. Las condiciones de exposición subcrónicas detectan todo el potencial tóxico para exposiciones repetidas de larga duración.

- **Estudios Crónicos.**- Se realizan para obtener la siguiente información sobre condiciones de exposición crónicas:
 - a) Sobre el potencial tumorigénico de una sustancia.
 - b) Nivel umbral de toxicidad en una exposición continua.
 - c) Confirmación de toxicidad supuesta en este tipo de condiciones.

Es difícil obtener información completa y suficiente sobre la toxicología de un material con respecto a todas las características requeridas en una evaluación de riesgos completa. Esto se debe al enorme costo que implica realizar todos los estudios mencionados; sin embargo, existen muchas aproximaciones basadas en investigaciones sobre las Relaciones entre la Estructura y la Actividad de las sustancias de manera Cuantitativa (**QSAR's**, por sus siglas en inglés), sobre todo en aquellas sustancias que poseen poca información sobre datos experimentales.

II.8. La toxicología dentro de la Higiene Industrial.

El papel de la toxicología dentro de la Higiene Industrial es muy importante, debido a que es necesario realizar la evaluación de los riesgos toxicológicos inherentes a cualquier agente químico que pudiesen afectar a un individuo o a una población a causa de exposiciones al mismo; de manera general, los factores que se deben considerar en un procedimiento de Evaluación de Riesgos en lo referente a la toxicidad de un material son:

- Propiedades fisicoquímicas.
- Patrones de uso y parámetros ambientales en el lugar de manejo.
- Fuentes de exposición, en condiciones normales o accidentales.
- Medidas de control necesarias para regular una exposición inadecuada.
- Duración, magnitud y frecuencia de exposición.
- Ruta de exposición y naturaleza física de las condiciones de exposición.
- Población expuesta y variabilidad en las condiciones de exposición.
- Experiencia con poblaciones humanas expuestas.

Este tipo de estudios son muy importantes principalmente en los estudios de **reconocimiento** dentro del campo de acción de la Higiene Industrial, mismo que debe enmarcar a todos los conceptos vertidos anteriormente. Es muy notoria la cantidad de disciplinas involucradas en el caso de realizar un reconocimiento y/o evaluación de los riesgos, por

CAPÍTULO II.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

lo que salta a la vista que es imposible que una sola persona se encargue de realizar todas las actividades descritas, por lo cual se nota que dentro de la Higiene Industrial se debe enmarcar a todos los especialistas necesarios, de manera ordenada, para lograr el objetivo inicial de la creación de esta disciplina, que es el de brindar las condiciones laborales óptimas en un centro de trabajo.

REFERENCIAS DEL CAPÍTULO:

2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 11 – 20 – 23 – 27 – 28 – 33 – 34 – 39 – 56.

CAPÍTULO III
Disolventes Orgánicos.

CAPÍTULO III

Disolventes Orgánicos.

III.1 Antecedentes.

Una amenaza potencial a la salud, productividad y eficiencia de los trabajadores en la mayoría de las ocupaciones e industrias es su exposición a los disolventes orgánicos. Los disolventes son sustancias muy importantes en muchas actividades, tanto industriales como de la vida diaria debido a que gracias a ellos es posible transformar productos difíciles de manipular por sí solas en una forma más adecuada para un uso específico.

Debido a la gran cantidad de disolventes que existen, cientos de ellos, es imposible contar con las estrategias adecuadas de evaluación de los riesgos involucrados con sus usos de manera general. El estudio de las propiedades, características, riesgos, modo de uso, etc. de cada uno de ellos se debe realizar de manera individual, con lo cual se permite obtener las bases adecuadas para definir la metodología más apropiada a seguir de evaluación de los riesgos originados por exposiciones a este tipo de agentes químicos.

Sin embargo, se han definido y desarrollado ciertos parámetros y lineamientos basándose en los cuales debe realizarse la evaluación de los agentes químicos en el ambiente laboral de manera particular a cada uno de ellos. Este aspecto se tratará de manera más amplia y

CAPÍTULO III

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

detallada en el siguiente capítulo de esta tesis, y particularmente de manera más específica para los agentes seleccionados, benceno, tolueno y xileno.

Los disolventes orgánicos son los más utilizados en la industria química, sin contar al agua, por lo que es necesario conocer las características toxicológicas y de riesgo de los mismos con el fin de tomarlas en cuenta para establecer las mejores condiciones de trabajo donde sean utilizados. Existe una gran diversidad de disolventes orgánicos con innumerables características, por ejemplo, estado de agregación molecular, reactividad, volatilidad, metodologías de uso y manejo, estructura molecular, etc.; todos ellos pueden tener efectos, tanto ambientales como de la salud, muy variados, siendo los efectos fisiológicos de algunos disolventes orgánicos aromáticos la base del desarrollo del tema de esta tesis como se ha mencionado anteriormente.

III.1.1. Compuestos orgánicos aromáticos.

La definición de un compuesto orgánico aromático, llamado también **areno**, parte de la existencia de cierto tipo de hidrocarburos con una estructura molecular especial en la cual los átomos de carbono (6) se encuentran distribuidos de una manera cíclica y con dobles enlaces en las uniones entre ellos.

El hidrocarburo más sencillo con este tipo de estructura es el **benceno**, y por ello este tipo de estructura es llamado **anillo bencénico**; el tipo de estructura molecular y las propiedades que

CAPÍTULO III.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

presenta fue descubierto por Kekulé en el siglo pasado; este científico descubrió que la molécula de benceno tiene la característica de que presenta una estructura con tres dobles enlaces entre los seis átomos de carbono, con lo cual se tiene en la molécula una *insaturación*. La insaturación de un compuesto orgánico consiste en que dentro de la estructura molecular del mismo no existen enlaces sencillos en las uniones carbono – carbono únicamente, sino que existe la presencia de dobles y/o triples enlaces en las uniones entre carbonos ya mencionadas. En este sentido, la insaturación que se presenta en el benceno se debe a que existen dobles enlaces carbono – carbono, como se ha mencionado; además, Kekulé descubrió y demostró basándose en el modelo molecular que propuso para el benceno, que estos dobles enlaces no se encuentran fijos en un solo lugar, sino que están **deslocalizados** esto es, se encuentran en “movimiento”, lo cual explicó mediante una propiedad que presentan los enlaces de este tipo llamada **resonancia**. (Ver Fig. 3.1)

La **resonancia** o **mesomerismo**, se trata de un concepto matemático basado en consideraciones de la mecánica cuántica, (por ejemplo, las funciones de onda de los electrones, y como se ha descrito en grosso modo anteriormente, es usado para describir o expresar la verdadera estructura química de ciertos compuestos que no puede ser descrita de manera precisa con una estructura de enlaces de valencia. De igual manera, este término fue aplicado originalmente a los compuestos aromáticos, ya que para este tipo de compuestos pueden existir diversas estructuras aproximadas, no resultando ninguna completamente satisfactoria.

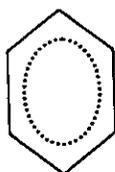
CAPÍTULO III

TESIS:

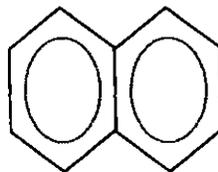
EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

En el caso específico de los dobles enlaces carbono – carbono, como se ha mencionado, se puede decir que los electrones de enlace se encuentran deslocalizados, o sea, no se encuentran en un lugar fijo de manera estable, sino que tienen la propiedad de “desplazarse” hacia otro lugar dentro de la molécula. Esta deslocalización de los electrones de enlace no es particular de las uniones carbono – carbono, sino que también puede observarse en las uniones del átomo de carbono con otros átomos diferentes, como se ha mencionado.

A este tipo de compuestos se les llama *aromáticos* debido al olor fuerte y no desagradable, característico de ellos. Dentro de este tipo de disolventes, existe una clasificación de acuerdo a la cantidad de anillos bencénicos que se encuentran presentes en las moléculas de los compuestos; en este sentido, cuando se tiene la presencia de un anillo únicamente, se dice que se tiene un **Hidrocarburo Aromático Mononuclear (HAM o MAH, Mononuclear Aromatic Hydrocarbon)**. En el caso de que existan más anillos bencénicos unidos entre sí dentro de la molécula, este tipo de compuestos se denotan como **Hidrocarburos Aromáticos Polinucleares (HAP o PAH, Polynuclear Aromatic Hydrocarbon)**. En la figura 3.1 se muestran dos ejemplos de las estructuras de este tipo de compuestos.



BENCENO
(HAM)



NAFTALENO
(HAP)

Fig. 3.1

Representación esquemática de los tipos de hidrocarburos orgánicos aromáticos mostrando su carácter resonante.

En el desarrollo de esta tesis se hará hincapié en el estudio de los Hidrocarburos Aromáticos Mononucleares, (HAM), con estructura molecular más sencilla (Benceno, Tolueno y Xileno), como se ha mencionado anteriormente.

III.2 Justificación.

En nuestro país tanto el benceno, el tolueno y el xileno son utilizados ampliamente dentro de una gran variedad de ramas de la industria petroquímica, por lo cual su producción es muy grande, como lo muestran las tablas y los gráficos que las complementan. (ver los datos en las tablas 3.1, 3.2, 3.3, 3.4.1 y 3.4.2.)

Uno de los usos más importantes de estos tres compuestos es su empleo como agentes disolventes, como intermediarios en algún proceso, o con fines de limpieza y mantenimiento de equipos (*Thinner*). Dentro de este último uso mencionado, se puede decir que estos disolventes también son utilizados en pequeños talleres de distintos tipos, tales como carpinterías, ebanisterías, de manufactura de productos de acrílico, mecánica automotriz, etc., e incluso es utilizado en actividades domésticas. Por esta razón, se observa la necesidad de elaborar un estudio que **revise y actualice** los procedimientos de reconocimiento y evaluación a la exposición de este tipo de disolventes; obviamente, las técnicas de evaluación que se proponen posteriormente en esta tesis, han sido desarrolladas para su aplicación en ambientes laborales, como el título de este trabajo lo indica.

CAPÍTULO III.

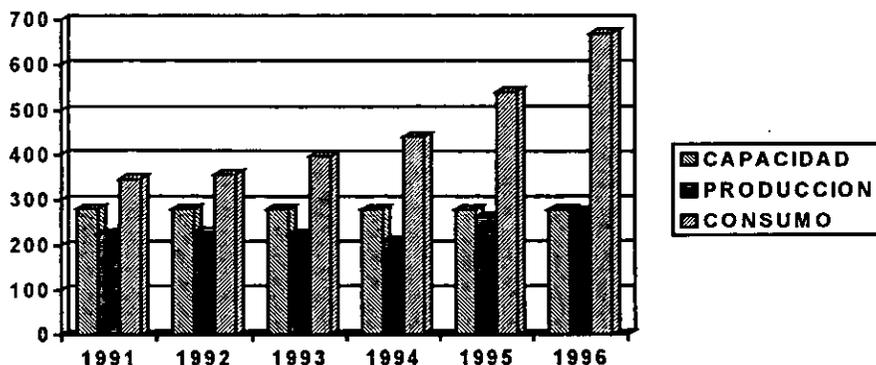
TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

**PRODUCCIÓN DE BENCENO, TOLUENO Y XILENO EN LA
REPÚBLICA MEXICANA.**

Tabla 3.1 Producción de Benceno.

<i>Miles de Toneladas</i>	1991	1992	1993	1994	1995	1996
PRODUCCIÓN.	320	338	353	306	320	288
IMPORTACIÓN	0	0	0	0	0	2
EXPORTACIÓN.	4	0	39	69	63	35
CONSUMO APARENTE	316	338	314	237	257	255
INCREMENTO EN EL CONSUMO APARENTE (%)	10.1	7.0	-7.1	-24.5	8.4	-0.8
CAPACIDAD INSTALADA	399	399	399	399	399	399



MILES DE TONELADAS VS AÑOS DE PRODUCCIÓN.

Fuente: Anuario de la Industria Química, 1997 ANIQ

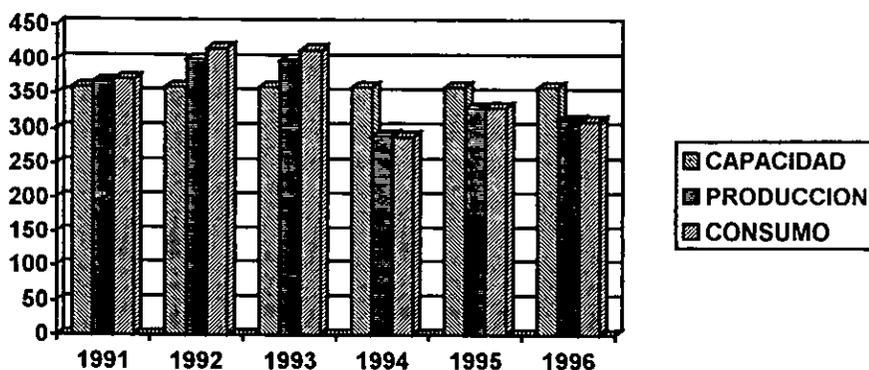
CAPÍTULO III.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

Tabla 3.2 Producción de Tolueno.

<i>Toneladas</i>	1991	1992	1993	1994	1995	1996
PRODUCCIÓN.	367816	401986	399951	291000	329000	312028
IMPORTACIÓN	4623	14814	14857	2565	2660	203
EXPORTACIÓN.	0	0	5	4000	449	2388
CONSUMO APARENTE	372439	416800	414803	289565	331211	309843
INCREMENTO EN EL CONSUMO APARENTE (%)	6.8	-11.9	-0.5	-30.2	14.4	-6.5
CAPACIDAD INSTALADA	360300	360300	360300	360300	360300	360300



MILES DE TONELADAS VS AÑOS DE PRODUCCIÓN.

Fuente: Anuario de la Industria Química, ANIQ 1997

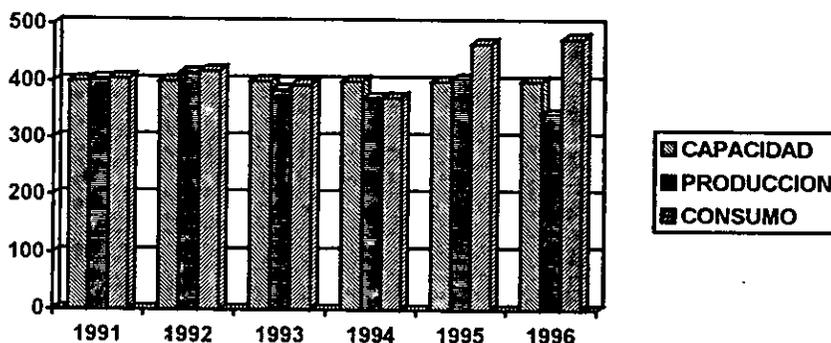
CAPÍTULO III.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

Tabla 3.3 Producción de Xileno.

<i>Toneladas</i>	1991	1992	1993	1994	1995	1996
PRODUCCIÓN.	404497	415042	386861	372000	405000	345364
IMPORTACIÓN	174	3284	8460	284	62291	537
EXPORTACIÓN.	0	0	10	0	18	152
CONSUMO APARENTE	404671	418326	395311	372284	467273	476049
INCREMENTO EN EL CONSUMO APARENTE (%)	2.0	3.4	-5.5	-5.8	25.5	-25.9
CAPACIDAD INSTALADA	400610	400610	400610	400610	400910	400610



MILES DE TONELADAS VS AÑOS DE PRODUCCIÓN.

Fuente: Anuario de la industria química, ANIQ 1997.

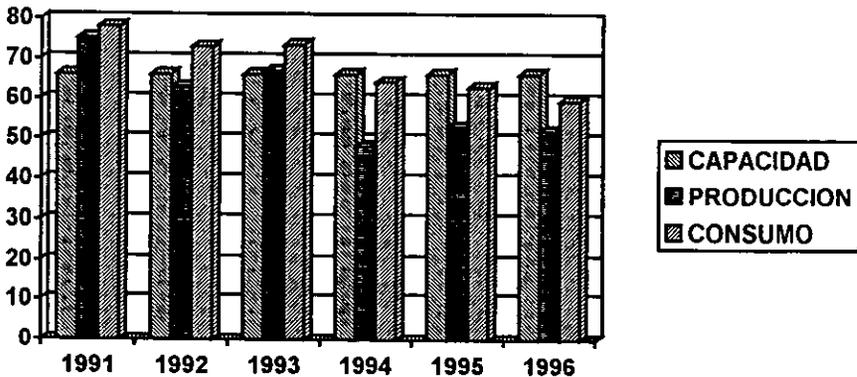
CAPÍTULO III.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

Tabla 3.4.1 Producción de o - Xileno.

<i>Toneladas</i>	1991	1992	1993	1994	1995	1996
PRODUCCIÓN.	75285	62706	67334	48000	53000	52336
IMPORTACIÓN	2824	10301	6125	16318	13000	7488
EXPORTACIÓN.	0	0	0	0	3023	298
CONSUMO APARENTE	78109	73007	73456	64318	62977	59486
INCREMENTO EN EL CONSUMO APARENTE (%)	-11.4	-6.5	0.6	-12.4	-2.1	-5.5
CAPACIDAD INSTALADA	66250	66250	66250	66250	66250	66250



MILES DE TONELADAS VS AÑOS DE PRODUCCION.

Fuente: Anuario de la industria Química. ANIQ 1997.

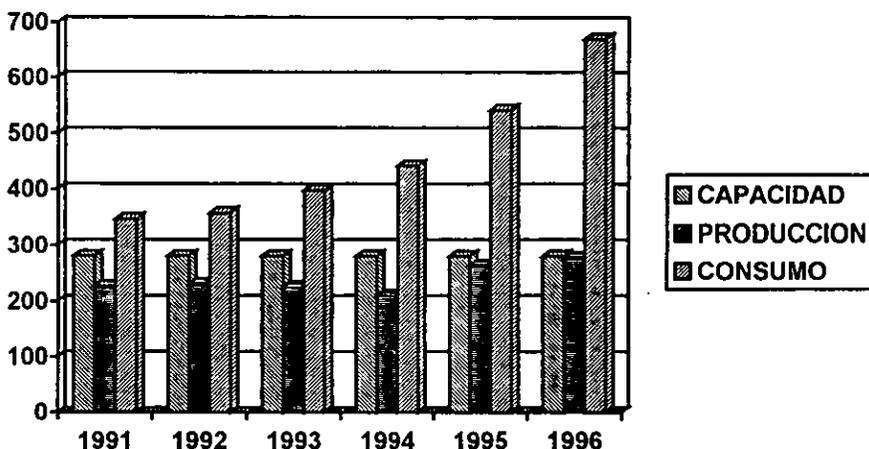
CAPÍTULO III.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

Tabla 3.4.2 Producción de p – Xileno.

<i>Toneladas</i>	1991	1992	1993	1994	1995	1996
PRODUCCIÓN.	226064	228927	224185	209000	263000	276632
IMPORTACIÓN	121803	133349	173730	242796	278122	393797
EXPORTACIÓN.	0	4501	0	10000	0	38
CONSUMO APARENTE	347867	357775	397915	441796	541122	670391
INCREMENTO EN EL CONSUMO APARENTE (%)	-11.1	2.8	11.2	11.0	22.5	23.9
CAPACIDAD INSTALADA	280000	280000	280000	280000	280000	280000



MILES DE TONELADAS VS AÑOS DE PRODUCCIÓN.

Fuente: Anuario de la industria química, ANIQ 1997.

CAPÍTULO III.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

Tabla 3.5

Principales Productores:

DISOLVENTE.	PRODUCTOR.
<i>BENCENO.</i>	Altos Hornos de México. Industria Minera. PEMEX.
<i>TOLUENO.</i>	PEMEX.
<i>XILENOS.</i>	PEMEX.

Tabla 3.6.

Plantas Instaladas:

DISOLVENTE.	PLANTAS.	CAPACIDAD NOMINAL. (TON)	INICIO DE OPERACIÓN
<i>Tolueno.</i>	Cangrejera.	365,000	1982
	Minatitlán.	100,000	1964
<i>O - xileno. *</i>	Cangrejera.	55,000	1982
	Minatitlán.	11,250	1964
<i>P - xileno.</i>	Cosoleacaque.	40,000	1971
	Cangrejera.	240,000	1973
<i>M - xileno y P - xileno.</i>	Cangrejera.	360,000	1982
	Minatitlán.	40,610	1964

** Toda la cantidad de o - xileno que se produce en estas plantas se utiliza en la elaboración de anhídrido ftálico.*

Fuente: Anuario de la Industria Química, ANIQ 1997.

CAPÍTULO III

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

De acuerdo a los datos expresados en las tablas anteriores, se puede inferir la amplia gama de usos que pueden tener estos tres compuestos aromáticos; en lo referente a usos industriales, pueden mencionarse los siguientes: como constituyentes de productos de limpieza industrial, como disolventes de materiales como pinturas de base orgánica (thinners), como sustancias componentes de colorantes, cosméticos, etc. La producción en México de estos tres compuestos es muy importante, aunque ha variado desde la instalación de las distintas plantas debido a que el uso del benceno ha sido restringido en cierta medida por sus características peligrosas descubiertas hace relativamente corto tiempo, mismas que serán discutidas posteriormente.

III.3 Propiedades peligrosas de hidrocarburos aromáticos.

Las propiedades peligrosas de estos compuestos son muy específicas con respecto a los demás tipos de disolventes orgánicos utilizados industrialmente, las cuales serán discutidas de manera particular para todos los disolventes aromáticos, y con énfasis y de manera específica para los tres disolventes seleccionados anteriormente: BENCENO, TOLUENO y XILENOS.

En este sentido, se enunciarán en un principio las características peligrosas de manera general de los compuestos orgánicos aromáticos; posteriormente, se describirán las propiedades físicas y toxicológicas más importantes de los disolventes seleccionados.

III.3.1 Generalidades.

a) **Propiedades toxicológicas.** Los efectos surgidos por la toxicidad aguda de los hidrocarburos aromáticos mononucleares, HAM's, son bajos; la inhalación de vapores en altas concentraciones en aire puede causar narcosis con síntomas de alucinación, excitación, euforia, percepción distorsionada y dolor de cabeza; una intoxicación más severa o fuerte puede favorecer que existan efectos graves de depresión y estupor, incluso evolucionando hacia la aparición de un estado de coma.

Los efectos narcóticos de los alquilbencenos son un poco mayores que de los alcanos con el mismo número de átomos de carbono. El benceno es el único HAM con efectos carcinogénicos humanos comprobados, además de favorecer la aparición de otros efectos crónicos como se verá posteriormente.

Las exposiciones a HAP's, en cambio, debido a la naturaleza de éstos favorece en mayor medida la aparición de los efectos graves citados para el benceno, ya que la mayoría de estos compuestos orgánicos tienen propiedades carcinogénicas humanas reconocidas. La toxicidad oral de estos compuestos es muy baja, mientras que por otro lado, la información publicada sobre su toxicidad aguda es muy pequeña.

CAPÍTULO III.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

b) Inflamabilidad. La inflamabilidad de una sustancia esta en función de sus propiedades físicas, en especial de su punto o temperatura de inflamación; esta temperatura indica el punto en el cual una sustancia logra inflamarse, esto es, incendiarse. De acuerdo a la NOM – 002 – STPS – 1994, *“relativa a las condiciones de seguridad e higiene para la prevención y protección contra incendio en los centros de trabajo”*, el benceno y los alquilbencenos son líquidos inflamables; la clasificación que se tiene de las sustancias según su inflamabilidad, con base en los lineamientos estipulados en la mencionada norma oficial mexicana, requiere inicialmente de la definición de los tipos de fuegos que pueden originarse; con esta información se pueden sentar las bases para definir los límites de inflamabilidad de las sustancias. A continuación se realiza la definición de estos parámetros.

TIPOS DE FUEGO QUE PUEDEN ORIGINARSE.

FUEGO CLASE A: Son los fuegos o incendios ocasionados por combustibles ordinarios, tales como: madera, papel, derivados de celulosa y diversos tipos de plásticos.

FUEGO CLASE B: Es el tipo de fuego originado por hidrocarburos líquidos o gaseosos inflamables, tales como: aceites, grasas, pinturas base disolventes orgánicos, alquitrán, butano, propano, etc.

FUEGO CLASE C: Es el fuego originado a partir de fuentes eléctricas debido a un cortocircuito u otra falla en la instalación eléctrica capaz de producir fuentes de ignición.

Tabla III.3.a
CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES CON RESPECTO A SU INFLAMABILIDAD.

CLASE*	SUBCLASE*	PUNTO DE INFLAMACIÓN. (° C)	PUNTO DE EBULLICIÓN. (°C)**	CLASIFICACIÓN
I		HASTA 37.8		INFLAMABLE
	I A	< 22.8	< 37.8	INFLAMABLE
	I B	< 22.8	> 37.8	INFLAMABLE
	I C	DE 22.8 A 37.8	> 37.8	INFLAMABLE
II		DE 37.8 A 60.0	> 37.8	COMBUSTIBLE
III		SOBRE 60	> 60.0	COMBUSTIBLE
	III A	DE 60.0 A 93.4	> 60.0	COMBUSTIBLE
	III B	93.4 < T _{inf} < 815	> 60.0	COMBUSTIBLE
--	--	> 815	--	NO COMBUSTIBLE

** La clasificación mostrada por clases y subclases, está determinada para líquidos únicamente, al igual que los datos del punto de ebullición. con respecto a sólidos y gases se determina su inflamabilidad con respecto a su punto de inflamación, manteniéndose los intervalos.*

Los puntos de inflamación del benceno, tolueno y xileno se describirán posteriormente; solo baste decir que los tres caen en la clasificación de **líquidos inflamables clase I, subclase I C**. De manera general, se puede decir que la inflamabilidad de los compuestos aromáticos decrece al aumentar el grado de sustituciones en el anillo bencénico o

bien al incrementarse la longitud del sustituyente alquílico. Los aromáticos polinucleares son sólidos no combustibles.

c) Disposición y destrucción.

Los hidrocarburos aromáticos peligrosos se destruyen al someterse a procesos térmicos tales como la incineración de los líquidos o de disoluciones de los sólidos en disolventes orgánicos. Entre los métodos específicos para el tratamiento de este tipo de compuestos, se puede mencionar la degradación anaerobia microbiana en presencia de altas concentraciones de oxígeno disuelto en las soluciones que contengan estas sustancias. Otro método ampliamente utilizado en la destrucción de residuos que contengan a este tipo de hidrocarburos, es la oxidación con peróxido de hidrógeno u ozono en presencia de luz UV. Estos dos métodos son utilizados ampliamente para lograr la destrucción de HAM, hidrocarburos aromáticos mononucleares, como el benceno, el tolueno y el xileno.

Por otro lado, existen otros métodos de disposición final de los residuos involucrados con HAM, tales como reciclaje, reuso o confinamiento de éstos, los cuales dependen del tipo y de las características que tengan los residuos peligrosos, principalmente con cuales sustancias se encuentren combinados, ya que de esta característica en particular depende en mayor medida el tipo de disposición final que se requiere.

d) Métodos de análisis.

En el análisis de hidrocarburos aromáticos se emplean las siguientes técnicas analíticas, principalmente:

- Cromatografía de Gases. *(utilizado para análisis de hidrocarburos en el ambiente laboral)*
- Cromatografía de Líquidos.

De manera alternativa, se pueden utilizar otras técnicas, aunque su valía no supera a las mencionadas anteriormente; entre estas técnicas podemos mencionar a las siguientes:

- Espectrometría de Masas.
- Espectrofotometría UV.
- Espectrofotometría IR.

Sobre este aspecto en particular, se hará una descripción más adecuada en el capítulo posterior, ya que este aspecto es de suma importancia en el proceso de evaluación de los agentes químicos y se requiere realizar con mayor precisión la definición de las metodologías de análisis.

e) Valores máximos permisibles.

Las situaciones de riesgo en un ambiente laboral se determinan por comparación de las condiciones existentes con valores límite de referencia, los cuales deben ser continuamente revisados y actualizados, con el fin de contar con la información más segura y confiable para realizar la evaluación de las exposiciones a los agentes químicos. Lamentablemente, en muchas ocasiones es difícil contar con este tipo de información si no existe en un país un organismo

CAPÍTULO III.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

encargado de realizar los estudios conducentes a obtener estos valores límite. Sin embargo, en Estados Unidos, la *American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH*, ha desarrollado el estudio de valores que ha nombrado **Threshold Limit Values, TLV[®]** (*Valores Límite Umbral*), los cuales tienen aceptación mundial para ser utilizados como guías para la ayuda en el control de los riesgos a la salud; estos valores están propuestos para ser usados en la práctica de la Higiene Industrial y deben aplicarse e interpretarse solo por personal capacitado, entrenado y con experiencia en esta disciplina.

Estos valores no están pensados para ser usados como estándares legales, y la ACGIH deslinda su responsabilidad en este sentido. Simplemente, se pueden utilizar como un marco de referencia, como se ha mencionado anteriormente. Por otro lado, cabe hacer mención que estos valores no es una línea definida de separación entre la concentración segura y la peligrosa, tampoco son índices relativos de toxicidad, ni para la evaluación o el control de las molestias de la contaminación atmosférica para la comunidad, la estimación del potencial tóxico de la exposición continua e ininterrumpida u otros períodos de trabajo prolongados. Además, se debe hacer énfasis en que estos valores solamente deben ser utilizados por personas formadas en el ámbito de la Higiene Industrial.

Cabe hacer mención que en nuestro país existen valores máximos permisibles establecidos en la Norma 010 de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, ya mencionada anteriormente, los cuales se basan principalmente en los **TLV[®]**, mismos que son revisados anualmente.

Se pretende en un futuro cercano igualar los valores de ambas instancias para no quedar a la zaga en el avance del conocimiento sobre las exposiciones a agentes adversos en los ambientes laborales.

Existen tres distintas categorías de TLV° s, las cuales se definen a continuación:

- **TLV – TWA. (Threshold Limit Value – Time Weighted Average)**
(Valor Umbral Límite – Promedio Ponderado en el Tiempo).
Es la concentración promedio ponderada en el tiempo, para una jornada normal de trabajo de 8 horas y una semana laboral de 40 horas, a la que pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente día tras día sin efectos adversos.
- **TLV – STEL. (Threshold Limit Value – Short Term Exposure Limit)**
(Valor Umbral Límite – Límite de Exposición de Corta Duración).
Es la concentración a la cual los trabajadores pueden estar expuestos por períodos cortos de tiempo sin sufrir efectos adversos; este no es un límite de exposición independiente, sino que complementa al límite establecido por el TLV° - TWA cuando se admite la existencia de efectos agudos de una sustancia cuyos efectos tóxicos son, principalmente, de carácter crónico, y son recomendados solamente cuando se tienen evidencias de la existencia de efectos tóxicos en seres humanos o animales resultado de exposiciones intensas de corta duración. El STEL se define como la exposición promedio ponderada en un tiempo de 15 minutos, que no se debe sobrepasar en ningún momento de la jornada laboral, aun cuando el valor del TLV° - TWA sea inferior al

STEL; las exposiciones por encima del TWA y hasta el STEL no deben tener una duración superior a 15 minutos ni repetirse más de cuatro veces al día, debe haber por lo menos un período de 60 minutos entre exposiciones sucesivas de este rango

- **TLV – C. (Threshold Limit Value – Ceiling)**
(Valor Umbral Límite – Techo, Pico o Tope).

Es la concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento durante la exposición en el trabajo; este valor debe determinarse de manera instantánea, o bien, cuando las exposiciones son cortas, mediante muestreo continuo por 15 minutos.

En México, cada uno de los parámetros mencionados anteriormente tienen un nombre y unas siglas propias, (ver *Tabla 3.8*)

Tabla 3.8

Comparación de niveles permisibles.

ACGIH (USA)	NOM – 010 – STPS – 1993 (MEXICO)
TLV – TWA. (Time Weighted Average)	CPT (Concentración Ponderada en el tiempo. 8 horas de duración)
TLV – STEL (Short Time Exposure Limit)	CCT (Concentración para Exposición de Corto Tiempo)
TLV – C (Ceiling)	P (Concentración Pico)

CAPÍTULO III.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

Es importante hacer notar que si se excede cualquiera de estos valores, existe el riesgo potencial de que esta sustancia provoque alteraciones a la salud de las personas que se encuentren expuestas. Sin embargo, los niveles de concentración de una sustancia en el aire del ambiente laboral son muy variables, por lo cual los promedios ponderados por el tiempo permiten desviaciones hacia arriba del límite, considerando que éstas son compensadas por variaciones hacia abajo de los mismos durante una jornada laboral; las desviaciones hacia arriba de las concentraciones no deben superar *tres* veces el valor TLV[©] - TWA durante más de 30 minutos en una jornada de trabajo, no debiendo sobrepasar bajo ninguna circunstancia dicho valor. Cuando se dispone de la información toxicológica correspondiente, los valores STEL y los C tienen prioridad sobre los límites de desviación citados anteriormente para realizar la evaluación adecuada.

En la lista de sustancias del libro de la ACGIH existen algunas que tienen la notación "*skin*" (*piel*) la cual sugiere que existe una contribución potencial de los riesgos por vía cutánea (incluyendo membranas mucosas y ojos) a la exposición total ya sea por la sustancia suspendida en el aire o bien de manera particular por el contacto directo con la misma. Las sustancias con notación *skin* y un TLV[©] bajo, pueden presentar problemas a altas concentraciones particularmente si un área significativa de la piel está expuesta durante períodos largos de tiempo; tal situación se puede presentar aun en el caso de contar con protección respiratoria, pero sin proteger a la superficie corporal en exposiciones a agentes con esta notación.

Los TLV^os se expresan en las siguientes unidades de concentración:

- Para gases y vapores orgánicos en: ppm o mg/m³.
- Para polvos, humos o fibras, en: mg/m³ o mppcf.

Dónde:

- a) **ppm**: se refiere a *partes del contaminante por un millón de partes de aire* en una relación volumen/volumen a 25 ° C y una presión de 760 mmHg. (*Condiciones normales de presión y temperatura*).
- b) **mg/m³**: se refiere a mg del contaminante por metro cúbico de aire contaminado.
- c) **mppcf**: se refiere a millones de partículas por metro cúbico, basadas en técnicas de conteo de partículas. (*en desuso*)

Los valores de los TLV^os para vapores orgánicos, nuestro caso particular, se dan generalmente en ppm; sin embargo, es necesario utilizar esta información en muchas ocasiones en mg/m³ o viceversa, por lo cual se deben utilizar los siguientes factores de conversión:

$$\text{TLV}^{\circ} \text{ en mg/m}^3 = \frac{(\text{TLV}^{\circ} \text{ en ppm}) (\text{peso molecular de la sustancia en gramos})}{22.45}$$

$$\text{TLV}^{\circ} \text{ en ppm} = \frac{(\text{TLV}^{\circ} \text{ en mg/m}^3) (22.45)}{(\text{Peso molecular de la sustancia en gramos})}$$

Donde 22.45 es el volumen molar en litros.

CAPÍTULO III.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

Cuando están presentes dos o más sustancias peligrosas que actúen sobre el mismo sistema de órganos, se debe prestar atención primordialmente a su efecto combinado; a falta de información por el contrario, se debe considerar a los **efectos de los distintos riesgos como aditivos**. Numéricamente, el valor del TLV© de la mezcla debe cumplir con:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \frac{C_3}{T_3} + \dots + \frac{C_n}{T_n} < 1$$

Donde:

$C_{1,2,\dots,n}$ = Concentración ambiental observada para cada una de las sustancias componentes de la mezcla.

$T_{1,2,\dots,n}$ = Concentración umbral límite correspondiente a cada una de las sustancias componentes de la mezcla.

Nota: Se deben considerar los casos donde los efectos no sean aditivos de manera particular para realizar la determinación de la aportación real de cada agente.

III.4. BENCENO

III.4.1. Definición.

El benceno es uno de los compuestos químicos más producidos en el mundo, por ejemplo en Estados Unidos, donde ocupa el lugar número dieciséis de la producción. Debido a sus características de resonancia, ya discutidas anteriormente, se tienen diversas formas para la representación de su estructura de manera escrita; a continuación se muestran las principales maneras de mostrar su estructura.

- I. Anillo bencénico completo mostrando todos sus elementos:
- II. Anillo bencénico mostrando únicamente los dobles enlaces.
- III. Anillo bencénico simple con números indicando las posiciones de los átomos de Carbono en donde pueden introducirse átomos sustituyentes o grupos funcionales. (2= *orto*, 3= *meta*, 4= *para*).
- IV. Estructura generalizada donde el círculo inscrito dentro del hexágono sugiere y esquematiza la existencia de la resonancia del benceno. Esta es la estructura más utilizada en la actualidad.

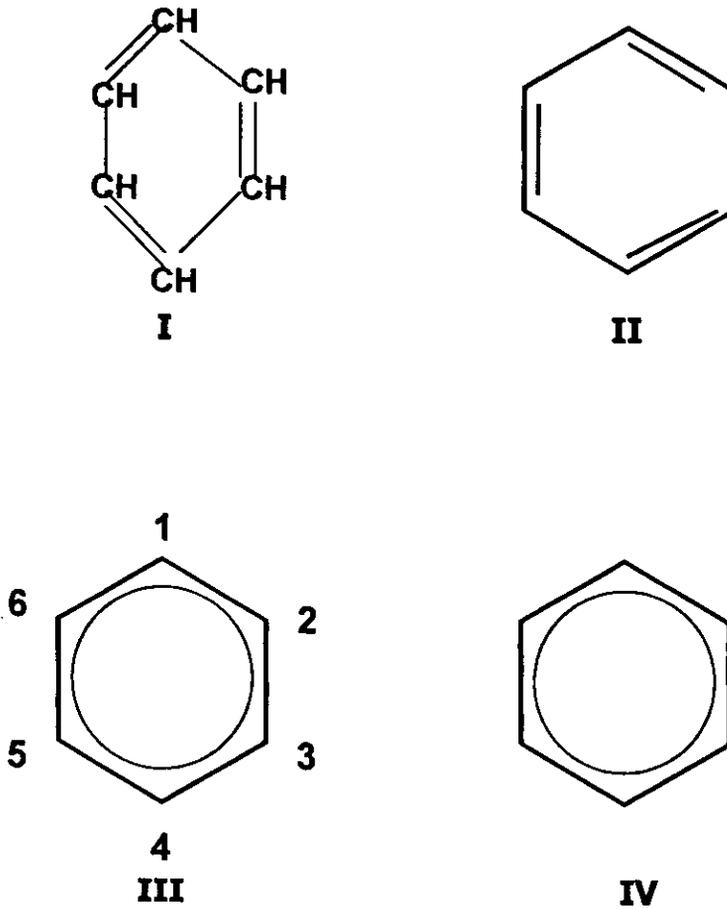


Fig. 3.2

Representación de las diferentes estructuras del Benceno.

III.4.2. Propiedades.

El benceno es un líquido de incoloro a amarillo tenue, de características no polares y de naturaleza altamente refractiva. Cuenta con un olor aromático característico; sus vapores son altamente inflamables mostrando una flama humeante. Sus propiedades más representativas se enlistan a continuación:

- Contaminante prioritario (EPA); también designado como residuo peligroso, con la clave: RCRA U109.
- Número CAS: 71 – 43 – 2.
- Número UN: UN 1114
- Fórmula C_6H_6 ; Peso Molecular 78. 12 g/ gmol.
- Primer miembro de la clasificación de los compuestos aromáticos.
- Sinónimos: Benzol, ciclohexatrieno, (6) – Anuleno, nafta de hulla, fenil hidruro, benzoleno, bicarburato de hidrógeno, aceite de carbón, nafta de hulla, nafta mineral, benzol de motor, feno, pirobenzol.

• Propiedades físicas:

Punto de fusión: 5.5 ° C @ 760 mmHg

Punto de ebullición: 80.1 ° C @ 760 mmHg

Punto de inflamación: - 11.11 ° C

Punto de autoignición: 562.22 ° C

Densidad: 0.8790 g/cm³ @ 20 ° C

Tensión superficial: 29 dinas / cm

Viscosidad: 0.6468 cP @ 20 ° C

Índice de refracción: 1.5011 @ 20 ° C

Velocidad de evaporación (Acetato de butilo = 1): 5.1

Presión de vapor: 100 mmHg @ 26.1 ° C

Volatilidad: 100%

Límite inferior de explosividad: 1.4%

Límite superior de explosividad: 8.0%

Densidad del vapor: 2.77 g/cm³

Solubilidad: totalmente miscible en alcohol etílico, acetona, éter, tetracloruro de carbono, disulfuro de carbono y ácido acético.

Ligeramente soluble en agua: 0.18 g / 100 g H₂O @ 25 ° C.

Concentración mínima perceptible por olor: 4.68 ppm.

III.4.3 Principales métodos de obtención.

- a) Hidrodealquilación del tolueno o pirólisis de gasolina.
- b) Transalquilación del tolueno por reacciones de desproporcionamiento.
- c) Reformación catalítica del petróleo.
- d) Destilación fraccionada del alquitrán de hulla.

III.4.4 Principales Usos.

El benceno es usado como disolvente para ceras, resinas y aceites; como removedor de pinturas; como diluyente para lacas; en la manufactura de pigmentos, productos farmacéuticos, cosméticos y linóleo; y como materia prima para producir una gran cantidad de compuestos orgánicos, tales como: etilbenceno (para producir el monómero del estireno), dodecilbenceno (producción de detergentes), ciclohexano (producción de nylon), fenol, nitrobenceno (obtención de anilina), anhídrido maleico, clorobenceno, bifenilo, hexacloruro de benceno, ácido bencénsulfónico, por citar a algunos de los derivados bencénicos más importantes por su uso industrial.

III.4.5 Riesgos a la Salud.

III.4.5.1 Fundamentos de seguridad.

- a) **PROPIEDADES CARCINOGÉNICAS:** El benceno es un agente carcinógeno humano confirmado que puede producir leucemia mielítica, enfermedad de Hodgkin y linfomas por su inhalación; además, existen datos experimentales sobre sus características como una sustancia neoplastigénica, carcinogénica y tumorigénica. Además, tres estudios realizados de manera independiente han demostrado recientemente que existe un incremento en la incidencia de leucemia no linfocítica aguda en trabajadores expuestos al benceno.
- b) **EFFECTOS LOCALES:** agente irritante, vía inhalación, cutánea y ocular.
- c) **NIVEL DE TOXICIDAD AGUDA:** moderadamente tóxico por inhalación e ingestión.
- d) **MAYORES RIESGOS A SU EXPOSICIÓN:** personas con ciertas tendencias inmunológicas sensibles al benceno, con una nutrición deficiente, con anemia, o con enfermedades asociadas e inducidas con el consumo de drogas o medicamentos.
- e) **DATOS ADICIONALES:** el uso de bebidas alcohólicas puede incrementar los efectos tóxicos; por otro lado, el uso de estimulantes

tales como la efedrina, puede causar arritmias cardíacas, y afectar a la placenta. Además, han sido reportadas interacciones adversas con el uso de diversos medicamentos.

El benceno es considerado como un veneno experimental a través de vías de ingreso en los humanos tales como por contacto con la piel (cutánea), intraperitoneal, intravenosa, etc. Es un tóxico moderado por ingestión y vía subcutánea; es un irritante severo para los ojos y moderado para la piel.

III.4.5.2 Efectos en la salud.

a) VÍA INHALACIÓN.

Agente irritante, narcótico, depresor de la médula ósea y carcinógeno. Esta es la principal vía de ingreso en las industrias.

•**EXPOSICIONES AGUDAS:** Los síntomas de una intoxicación aguda por benceno en seres humanos son: alucinaciones, percepción distorsionada, euforia, somnolencia, náuseas, vómitos y dolor de cabeza, debido a que este compuesto tiene características anestésicas; este tipo de intoxicación puede ocurrir a partir de una exposición a vapores de benceno con una concentración en el aire de 3000 ppm o más; en este tipo de exposiciones también puede originarse una irritación del tracto respiratorio. Exposiciones más severas pueden causar edema pulmonar.

El benceno puede ocasionar efectos sistémicos por inhalación principalmente sobre el Sistema Nervioso Central (SNC), además de cambios sanguíneos, incremento de la temperatura corporal, efectos

CAPÍTULO III.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

(experimentales) teratogénicos y reproductivos, además de mutación en seres humanos. Es una sustancia narcótica.

En este tipo de exposiciones pueden originarse daños no muy graves al hígado y a los riñones; en el caso de una intoxicación grave, pueden aparecer desordenes cardíacos y una peculiar coloración de la piel que persisten incluso por cuatro semanas, aproximadamente.

Han sido encontrados también daños en los cromosomas después de una exposición al benceno que sobrepase los niveles tóxicos definidos; también han sido reportados efectos hematológicos retardados, incluyendo anemia, aunque se considera que en este tipo de exposiciones no existe una elevada hematotoxicidad.

En exposiciones agudas consideradas fatales, la muerte sobreviene debido a asfixia, depresión profunda del Sistema Nervioso Central (SNC), fallo respiratorio o cardíaco y colapso circulatorio. Estos efectos pueden ocurrir en un intervalo de tiempo de unos pocos minutos a unas cuantas horas; incluso, la muerte por complicaciones respiratorias, circulatorias o en el SNC, puede ocurrir hasta cinco días después de la exposición.

En la industria, como se ha mencionado, la ruta primaria de intoxicación por benceno es la inhalación; sin embargo, también han sido reportados casos de envenenamiento por contacto con la piel, como se discutirá posteriormente. Investigaciones recientes indican que los efectos adversos pueden notarse en concentraciones menores a 1 ppm, por lo cual se sugiere que las exposiciones al benceno deben reducirse al menos a 0.1 ppm, donde se ha observado que no existen dichos efectos tóxicos; en este caso específico de exposición al

benceno la eliminación del mismo se lleva a cabo principalmente por los pulmones.

•**EXPOSICIONES CRÓNICAS:** exposiciones prolongadas al benceno pueden causar síntomas notorios en los sistemas nervioso central, hematopoyético e inmune; los efectos iniciales pueden incluir dolor de cabeza, somnolencia, náuseas, anorexia, dolor abdominal y fatiga, además de garganta y boca reseca, debilidad, letargo, modorra, nerviosismo e irritabilidad.

Los trabajadores expuestos al benceno en combinación con otros solventes, tales como tolueno y xilenos (en *thinners*), muestran polineuritis. En algunos casos reportados, incluso en algunos considerados como exposiciones agudas, se sugiere que una exposición sistemática a esta mezcla de solventes origina la aparición de neuritis óptica o retrobulbar.

Efectos hematológicos pueden aparecer después de unas pocas semanas o años de exposición (según la susceptibilidad de la persona expuesta), e incluso después de un tiempo razonablemente largo una vez cesada la exposición. El grado de exposición bajo el cual no ocurren efectos sobre el torrente sanguíneo no han sido definidos con exactitud; esto se debe a que, como se ha mencionado, el nivel de afectación en este grado de exposición no es igual para todos los casos, debido a las variaciones morfológicas y funcionales de las personas expuestas; por otro lado, los síntomas presentados no siempre son los acordes a los resultados obtenidos en los laboratorios. Sin embargo, la mayoría de los padecimientos descritos en este apartado, pueden ser reversibles si son tratados adecuadamente por

personal médico al inicio de los primeros síntomas, aunque la recuperación total puede ser lenta y tener algunos lapsos de decaimiento.

Las exposiciones crónicas a altos niveles de concentración de benceno, por largos períodos de tiempo, pueden producir alteraciones muy graves en la médula ósea, y anemias fuertes con presencia de hemorragias e infecciones. Puede ocurrir la muerte en un intervalo de tres meses después del diagnóstico de estos padecimientos debido a su naturaleza irreversible; sin embargo, este diagnóstico debe ser realizado con absoluta precisión y certeza, ya que en algunas ocasiones existen reacciones alérgicas que presentan la misma sintomatología, pero que son de una naturaleza menos grave ya que son procesos reversibles. Por otro lado, en este tipo de exposición se han realizado estudios en el sentido de observar la relación del benceno con la aparición de varios tipos de leucemia, obteniéndose resultados positivos de acuerdo a esta relación. En este sentido, puede decirse que otros estudios han brindado la certeza de que exposiciones crónicas ocupacionales al benceno favorecen la aparición de mielomas y linfomas, de naturaleza igual a las observadas en la enfermedad de Hodking.

En otro orden de ideas, se tienen evidencias de daños y aberraciones en los cromosomas que aparecen en la conformación de las células de la médula ósea, una vez tenida la exposición crónica al benceno, e incluso entre tres y veinticuatro años después de que la exposición ha cesado. También se han obtenido muestras de efectos adversos en el sistema inmune, asociados tal vez con la aparición de

algún tipo de leucemia; estos efectos son en el sentido de evitar que el sistema inmune realice su funcionamiento con eficacia, ya que lo inhibe, mientras que favorece que una enfermedad inducida, por ejemplo, se desarrolle.

Finalmente, se han observado alteraciones menstruales en mujeres expuestas, además de daños a escala testicular en machos de animales estudiados (ratones, conejos y cerdos). Este tipo de investigaciones ha mostrado también la presencia de embrio/fetotoxicidad.

b) **VIA CUTÁNEA.** Por esta vía, el benceno produce irritación.

•**EXPOSICIONES AGUDAS:** En el caso de este tipo de exposiciones, el benceno puede producir irritaciones muy fuertes que pueden derivar en la formación de quemaduras, edemas y ampollas; bajo condiciones normales, los efectos sistémicos producidos en este tipo de exposiciones pueden variar debido a que se tiene un nivel bajo de absorción de esta sustancia. Sin embargo, una exposición a benceno vía cutánea puede contribuir a la aparición de los efectos originados por la inhalación del mismo. La absorción del benceno líquido a través de la piel puede ser peligrosa siendo el principal modo de eliminación es el metabolismo, al reaccionar con radicales hidroxilos para formar fenoles que son excretados por la orina, aunque solo se transforma una tercera parte del benceno absorbido, mientras las otras dos terceras partes pueden ser degradadas en los tejidos o bien oxidadas y exhaladas como bióxido de carbono.

•**EXPOSICIONES CRÓNICAS:** contactos repetidos y prolongados pueden producir destrucciones en la piel, las cuales pueden derivar en dermatitis con eritemas, escoriaciones, resequedad, vejigas, fisuras, posiblemente acompañadas de paralización de los dedos, efectos que se presentan incluso después de que la dermatitis aparece; además, pueden originarse infecciones secundarias. Aunque estudios en animales han fallado en demostrar la aparición de efectos cancerígenos, puede decirse que éstos han sido inadecuados; por otro lado, se han observado efectos adversos sobre el sistema hematopoyético.

c) **VÍA CONTACTO CON LOS OJOS.** Los efectos son de irritación.

•**EXPOSICIONES AGUDAS:** Pueden causar irritación; concentraciones de vapor del orden de 3000 ppm en aire son muy irritantes, incluso en exposiciones truncadas. El lagrimeo posterior causa una sensación calcinante ligera, e incluso alguna lesión en la córnea a escala epitelial de rápida recuperación.

•**EXPOSICIONES CRÓNICAS.** Una exposición repetida o prolongada puede causar conjuntivitis.

d) **VÍA INGESTIÓN.** El benceno por esta vía tiene efectos narcóticos y cancerígenos.

•**EXPOSICIONES AGUDAS:** Pueden causar irritaciones locales y una sensación de quemadura en la boca, la garganta y el estómago, además de lesiones inflamatorias y con hemorragia en las membranas mucosas que se encuentren en contacto con el líquido.

CAPÍTULO III

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

Una vez que han aparecido los diversos efectos originados por la absorción del benceno, las sustancias utilizadas en el tratamiento de los mismos, son: Indometacina, aspirina y meclofenamato.

III.4.6 Límites de Exposición.

Tabla 3.9

Límites de exposición a BENCENO en ambientes laborales.

LÍMITE DE EXPOSICIÓN	ACGIH (USA) 1998		LÍMITE DE EXPOSICIÓN	NOM - 010 - STPS - 1993. (MEXICO)	
	ppm	mg/m ³		ppm	mg/m ³
TLV - TWA (skin)	0.5, A1	1.6, A1	CPT	10, A1	30, A1
TLV - STEL (skin)	2.5, A1	--	CCT	25, A1	75, A1
TLV - C (skin)	8, A1	--	P	--	--

Nota: A1: Agente carcinógeno humano confirmado. Sustancia con propiedades carcinogénicas confirmadas en seres humanos, basándose en estudios epidemiológicos y toxicológicos, además de evidencias reportadas en casos clínicos evaluados de personas expuestas.

III.5 TOLUENO.

III.5.1 Definición.

El tolueno es el compuesto químico producido en Estados Unidos en el lugar veinticuatro; Contaminante prioritario por la EPA, designado como residuo peligroso.

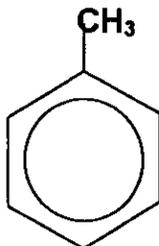


Fig. 3.3

Representación esquemática de la estructura del tolueno.

III.5.2. Propiedades.

El tolueno es un líquido incoloro, no polar y de naturaleza altamente refractiva. Cuenta con un olor aromático; sus vapores son altamente inflamables. Sus propiedades más representativas se enlistan a continuación:

- Contaminante prioritario (EPA); también designado como residuo peligroso, con la clave: RCRA U220.
- Número CAS: 108 – 88 – 3.
- Número UN: UN 1294
- Fórmula C₇H₈; Peso Molecular 92.15 g/ gmol.
- Primer miembro de la clasificación de los alquilbencenos.
- Sinónimos: Metilbenceno, Fenilmetano, toluol, metilbenzol, metacida, tolu – sol, 0 – dope thinner.

• Propiedades físicas:

Punto de fusión: $-95.00\text{ }^{\circ}\text{C}$ @ 760 mmHg

Punto de ebullición: $110.70\text{ }^{\circ}\text{C}$ @ 760 mmHg

Punto de inflamación: $4.40\text{ }^{\circ}\text{C}$

Punto de autoignición: $536\text{ }^{\circ}\text{C}$

Densidad: 0.8669 g/cm^3 @ $20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Índice de refracción: 1.4970 @ $20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Velocidad de evaporación (Acetato de butilo = 1): 2.24

Presión de vapor: 22 mmHg @ $20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Volatilidad: 100%

Límite inferior de explosividad: 1.2%

Límite superior de explosividad: 7.1%

Densidad del vapor: 3.14 g/cm^3

Solubilidad: totalmente miscible en alcohol etílico, acetona, éter, tetracloruro de carbono, disulfuro de carbono, ligroína y ác. Acético.

Prácticamente insoluble en agua: $0.05\text{ g/100 g H}_2\text{O}$ @ $25\text{ }^{\circ}\text{C}$

Concentración mínima perceptible por olor: 10 – 15 ppm.

III.5.3 Principales métodos de obtención.

a) Reformación catalítica del petróleo.

b) Destilación fraccionada de aceites ligeros del carbón de hulla.

III.5.4 Principales usos.

El tolueno tiene una amplia gama de usos a escala industrial. Se utiliza para producir Trinitrotolueno (agentes explosivos), toluendiisocianatos (resinas de poliuretano), toluensulfonatos (detergentes), benceno, ácido benzoico, derivados bencílicos, sacarina, fenol y caprolactama, además de combustibles para aviación de alto octanaje; por otro lado se emplea como ingrediente de colorantes, medicinas y detergentes. Es un disolvente industrial, tanto solo como combinado con otros disolventes (thinners), para hules, pinturas, recubrimientos, compuestos vinílicos y aceites, así como disolvente adhesivo para juguetes de plástico y modelos a escala.

III.5.5 Riesgos a la Salud.

III.5.5.1 Fundamentos de Seguridad:

- a) **PROPIEDADES CARCINOGÉNICAS:** No existen evidencias adecuadas de este tipo de efectos en estudios realizados con exposiciones en humanos ni en animales.
- b) **EFFECTOS LOCALES:** el tolueno es un agente irritante, por inhalación y por contacto con la piel y con los ojos.
- c) **NIVEL DE TOXICIDAD AGUDA:** Moderadamente tóxico por inhalación e ingestión; ligeramente tóxico por absorción en la piel. Los principales efectos a los órganos que son más atacados por exposiciones a tolueno son los siguientes: represor del SNC, agente neurotóxico, afectaciones al corazón, al torrente sanguíneo, al hígado y los riñones.

d) **MAYORES RIESGOS EN LA EXPOSICIÓN:** Existen mayores riesgos en personas asmáticas o con algún otro problema respiratorio, o bien con enfermedades cardiovasculares, fumadores y bebedores crónicos de alcohol etílico.

e) **DATOS ADICIONALES:** estimulantes tales como epinefrina pueden inducir fibrilación ventricular; el tolueno es un agente inhibidor de la fosforilación de las mitocondrias. El alcohol etílico puede incrementar los efectos tóxicos.

El metabolismo del tolueno en el cuerpo realiza la transformación de éste en ácido benzoico, después en ácido hipúrico, y en benzoilglucoronida; las dos últimas sustancias son excretadas por la orina con pequeñas cantidades de cresoles.

III.5.5.2 Efectos a la salud.

a) **VÍA INHALACIÓN.** Por esta vía, el tolueno es un agente irritante, narcótico y neurotóxico; en concentraciones de 2000 ppm se tiene un alto grado de peligrosidad para la vida y la salud.

- **EXPOSICIONES AGUDAS.** El nivel de exposición requerido para producir narcosis puede existir aún sin la presencia de irritación del tracto respiratorio, por lo cual, la detección del tolueno mediante el olor puede ser insuficiente para alertar sobre los posibles riesgos a la salud, ya que este disolvente origina fatiga al sentido del olfato. A partir de una exposición a 200 – 600 ppm en aire de tolueno durante un tiempo de 8 horas, se pueden originar los siguientes efectos: leve irritación de la parte superior del tracto respiratorio, fatiga, debilidad, confusión, dolor de cabeza, náuseas, somnolencia y dilatación de las

pupilas. A mayores concentraciones estos efectos se incrementan y aparecen otros tales como secreciones nasales y sabor metálico; estos efectos pueden durar algunos días y luego desaparecer. Con relación a este aspecto, se tienen el caso reportado de un trabajador encontrado inconsciente después de una exposición a altas concentraciones de tolueno durante 18 horas, el cual una vez evaluado médicamente presentó daños renales y hepáticos, logrando una recuperación completa después de 6 meses. Esto nos habla de los niveles de reversibilidad de los efectos originados en exposiciones agudas; por otro lado, en casos de exposiciones a concentraciones de tolueno extremadamente altas puede originar la muerte debido a un paro respiratorio.

- **EXPOSICIONES CRÓNICAS.** Las exposiciones prolongadas y repetidas al tolueno pueden causar muchos efectos adversos, entre los cuales se pueden considerar como los más significativos los siguientes: irritación de las mucosas, vómitos, insomnio, dolor en el pecho, dolor de cabeza, vértigo, pérdida de apetito, mal sabor, pérdida momentánea de la memoria, palpitaciones, debilidad extrema, pérdida de coordinación y de tiempo de respuesta a estímulos, perturbaciones oculares en general (tales como vista distorsionada), e incluso de manera ocasional, se han reportado casos de daños severos en la médula ósea. Una evaluación médica a trabajadores expuestos durante mucho tiempo a concentraciones entre 100 – 1100 ppm de tolueno en aire revela daños hepáticos severos, macrocitosia ligera, y linfocitosia total, aunque no se han reportado casos de leucopenia; en casos de exposiciones mayores,

los estudios en este sentido demuestran que este problema si se puede presentar, notándose que después de 6 meses en los individuos estudiados existe un incremento del tiempo de coagulación, además de que se tienen muestras de la presencia de efectos periodontales y afectaciones cardíacas. La inhalación del tolueno de manera repetida e inducida como una droga, puede provocar las siguientes repercusiones: encefalopatía irreversible con daño cerebral, movimientos rítmicos inconscientes, conducta anormal, sensibilidad emocional, distorsionamiento de la visión y de las actividades cerebrales, alucinaciones, letargos, sueño, reducción de las funciones renales, pérdida de potasio, y por consecuencia, falta de electrolitos en el cuerpo. Todos estos efectos, y algunos más, pueden originarse por el abuso del tolueno de manera prolongada cuando es utilizado como una "droga". Las mujeres expuestas al tolueno en los centros de trabajo pueden presentar desde alteraciones menstruales hasta daños fetales (en caso de encontrarse embarazadas), en exposiciones repetidas a concentraciones de 60 – 100 ppm de tolueno en aire; sin embargo, no se han observado efectos de tipo reproductivo en seres humanos, únicamente en animales se han notado éstos.

b) VÍA CUTÁNEA. El tolueno es un agente irritante por esta vía.

- **EXPOSICIONES AGUDAS:** El contacto con el tolueno líquido produce irritación, resequedad, fracturas en la piel y dermatitis en el sitio expuesto; la absorción del tolueno a través de la piel puede

ocurrir, pero en un nivel muy bajo incapaz de producir signos de una toxicidad sistémica.

- **EXPOSICIONES CRÓNICAS:** El contacto prolongado y repetido de la piel con el tolueno líquido originan los efectos mencionados para las exposiciones agudas, pero con una intensidad un poco mayor. De manera general se puede afirmar que por esta vía, el tolueno no es un agente tóxico para los seres humanos.

c) VÍA CONTACTO CON LOS OJOS. Se tiene irritación.

- **EXPOSICIONES AGUDAS:** El contacto del tolueno líquido con los ojos puede ocasionar una quemadura en la córnea si no es removido rápidamente. Los vapores de tolueno pueden originar irritación y lagrimación en una concentración de 300 – 800 ppm, y en concentraciones más elevadas puede tenerse una afectación mayor de la visión. En trabajadores expuestos a vapores de mezclas de disolventes conteniendo tolueno, (*thinners*), se han reportado casos de daños en la córnea, persistiendo éstos incluso tiempo después de haber sido retirado del lugar de la exposición.
- **EXPOSICIONES CRÓNICAS:** un contacto prolongado y repetido con el tolueno puede originar conjuntivitis.

d) VÍA INGESTIÓN. Por esta vía se producen efectos narcóticos.

- **EXPOSICIONES AGUDAS:** Pueden ocasionar náuseas, vómitos, cólicos, diarreas, dolor de cabeza, debilidad, euforia y mala coordinación de los movimientos; si se han ingerido grandes cantidades, los efectos pueden generar inconsciencia. Pueden ocurrir daños renales y hepáticos moderados, además de acidosis

CAPÍTULO III.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

metabólica. La dosis letal para humanos es de aproximadamente 15 a 30 mL.

- **EXPOSICIONES CRÓNICAS:** no se tienen reportados muchos estudios sobre los efectos producidos después de este tipo de exposiciones para seres humanos; únicamente se cuenta con estudios en animales, sin efectos graves reportados, aunque estudios recientes infieren sobre la posibilidad de producir efectos reproductivos.

III.5.6 Límites de Exposición.

Tabla 3.10

Límites de exposición a TOLUENO en ambientes laborales.

LÍMITE DE EXPOSICIÓN	ACGIH (USA) 1998		LÍMITE DE EXPOSICIÓN	NOM - 010 - STPS - 1993. (MEXICO)	
	ppm	mg/m ³		ppm	mg/m ³
TLV - TWA (<i>skin</i>)	50, A4	188, A4	CPT	100	375
TLV - STEL (<i>skin</i>)	--	--	CCT	150	560
TLV - C (<i>skin</i>)	--	--	P	--	--

Nota: A4 es un agente no clasificado como carcinógeno en humanos, o sea, que no hay datos adecuados para clasificar el agente

CAPÍTULO III.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

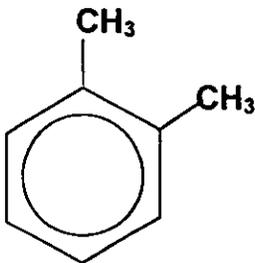
en relación con su carcinogenicidad en los humanos y/o animales.
(mismo caso que el xileno).

III.6 XILENOS.

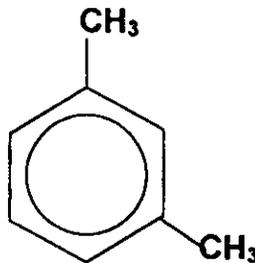
III.6.1. Definición.

Se le llama así de manera genérica y comercial al disolvente que comprende a la mezcla de los tres isómeros estructurales del hidrocarburo aromático definido como **xileno**; estos isómeros son los siguientes: *o* - xileno, *m* - xileno y *p* - xileno (1,2; 1,3 y 1,4 dimetilbenceno, respectivamente). En la composición del disolvente conocido de manera genérica como xileno, predominan los dos últimos isómeros.

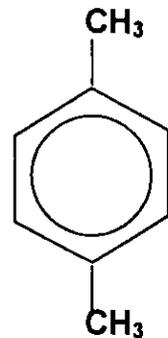
En los Estados Unidos se considera a la producción en volumen del xileno en el lugar número veintiséis global dentro de la producción de sustancias químicas. Contaminante prioritario de la EPA; clasificado como residuo peligroso.



o- xileno



m - xileno



p - xileno

Figura 3.4. Representación esquemática de los isómeros del xileno.

III.3.6.2 Propiedades.

El xileno es un líquido incoloro, no polar y de naturaleza altamente refractiva. Cuenta con un olor aromático similar al del tolueno; sus vapores son altamente inflamables. Sus propiedades más representativas se enlistan a continuación, diferenciando los datos para cada uno de los isómeros, aunque para fines de esta tesis el análisis de los mismos se enfocará a la mezcla de los tres. (donde se encuentre un solo dato significa que es el referido al xileno como tal)

- Contaminante prioritario (EPA); también designado como residuo peligroso, con la clave: RCRA U239.
- Número CAS: 1330 – 20 – 7. (*Xileno*).
- Número CAS: 95 – 47 – 6. (*o – Xileno*).
- Número CAS: 108 – 38 – 3. (*m – Xileno*).
- Número CAS: 106 – 42 – 3. (*p – Xileno*).
- Número UN: UN 1307
- Fórmula C_8H_{10} ; Peso Molecular 106.18 g/ gmol.
- Segundo miembro de la clasificación de los alquilbencenos.
- Sinónimos: dimetilbenceno, metiltolueno, xilol, thinner humiseal # 33.
- Propiedades físicas:

Composición del xileno comercial: o – xileno 7.63%; m – xileno 65.01%; p – xileno 7.84%; tolueno 0.14%; etilbenceno 19.27%; compuestos no aromáticos 0.07%; compuestos aromáticos 0.04%

Punto de fusión: -54 a -55 ° C @ 760 mmHg

Punto de fusión: -25.2 ° C @ 760 mmHg (*o – xileno*)

Punto de fusión: -47.9 ° C @ 760 mmHg (*m – xileno*)

Punto de fusión: 14 ° C @ 760 mmHg (*p – xileno*)

CAPÍTULO III.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

Punto de ebullición: 138 a 144 ° C @ 760 mmHg

Punto de ebullición: 144 ° C @ 760 mmHg (*o - xileno*)

Punto de ebullición: 139 ° C @ 760 mmHg (*m - xileno*)

Punto de ebullición: 138.3 ° C @ 760 mmHg (*p - xileno*)

Punto de inflamación: 27.2 a 46.1 ° C

Punto de inflamación: 32 ° C (*o - xileno*)

Punto de inflamación: 46 ° C (*m - xileno*)

Punto de inflamación: 46 ° C (*p - xileno*)

Punto de autoignición: 464 – 529 ° C

Punto de autoignición: 464 ° C (*o - xileno*)

Punto de autoignición: 530 ° C (*m - xileno*)

Punto de autoignición: 530 ° C (*p - xileno*)

Densidad: 0.8640 g/cm³ @ 20 ° C

Densidad: 0.8800 g/cm³ @ 20 ° C (*o - xileno*)

Densidad: 0.8684 g/cm³ @ 20 ° C (*m - xileno*)

Densidad: 0.8611 g/cm³ @ 20 ° C (*p - xileno*)

Índice de refracción: 1.5050 @ 20 ° C (*o - xileno*)

Índice de refracción: 1.4973 @ 20 ° C (*m - xileno*)

Índice de refracción: 1.5004 @ 20 ° C (*p - xileno*)

Velocidad de evaporación (Acetato de butilo = 1): 0.6

Presión de vapor: 7 – 9 mmHg @ 20 ° C

Presión de vapor: 5.2 mmHg @ 25 ° C (*o - xileno*)

Presión de vapor: 10 mmHg @ 20 ° C (*m - xileno*)

Presión de vapor: 10 mmHg @ 20 ° C (*p - xileno*)

Volatilidad: 100%

Volatilidad: 100% (*o - xileno*), (*m - xileno*) y (*p - xileno*)

Autor:

Victor José Cruz Guzmán.

Página III - 48

CAPÍTULO III.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

Límite inferior de explosividad: 1.0%

Límite superior de explosividad: 7.0%

Límite inferior de explosividad: 1.0% (*o* - xileno)

Límite superior de explosividad: 6.0% (*o* - xileno)

Límite inferior de explosividad: 1.1% (*m* - xileno)

Límite superior de explosividad: 7.0% (*m* - xileno)

Límite inferior de explosividad: 1.1% (*p* - xileno)

Límite superior de explosividad: 7.0% (*p* - xileno)

Densidad del vapor: 3.7 g/cm³

Densidad del vapor: 3.7 g/cm³ (*o* - xileno)

Densidad del vapor: 3.66 g/cm³ (*m* - xileno)

Densidad del vapor: 3.66 g/cm³ (*p* - xileno)

Solubilidad: tanto el xileno (mezcla de los tres isómeros), como cada uno de ellos, son totalmente miscibles en alcohol etílico, acetona, éter de petróleo, tetracloruro de carbono, disulfuro de carbono, ligroína y ác. Acético. Prácticamente insolubles en agua, de 0.0003 a 0.00175 g/100 g H₂O @ 25 ° C

Concentración mínima perceptible por olor: 0.3 ppm.

III.6.3 Principales métodos de obtención.

- a) Destilación fraccionada del petróleo y del carbón de hulla. (90%)
- b) Reformación catalítica del petróleo, seguida de la separación del *p* - xileno por cristalización continua.
- c) Transalquilación del tolueno.

III.6.4 Principales Usos.

Las mayores aplicaciones del xileno en la industria, como la mezcla de los tres isómeros principalmente, son como combustible de aviación, disolvente para pinturas, resinas alquílicas, lacas y hule. Por otro lado, también es utilizado en la manufactura de recubrimientos, colorantes, tintas, medicinas, pesticidas, y como intermediarios en la síntesis de muchos compuestos orgánicos de gran relevancia industrial, tales como ácido tereftálico y anhídrido ftálico, entre otros.

III.6.5 Riesgos a la Salud. (Se considera a la mezcla de xilenos)

III.6.5.1 Fundamentos de Seguridad.

- a) **PROPIEDADES CARCINOGENICAS:** No tiene reportada ninguna.

- b) **EFFECTOS LOCALES:** Se considera un agente irritante a través de su inhalación, por contacto con la piel y con los ojos.

- c) **NIVEL DE TOXICIDAD AGUDA:** Es moderadamente tóxico por las vías antes mencionadas.

- d) **MAYORES RIESGOS A SU EXPOSICIÓN:** Ocurren en mujeres embarazadas expuestas al xileno.

- e) **DATOS ADICIONALES:** Los efectos más considerables se tienen en el Sistema Nervios Central, el hígado y los riñones. El consumo de bebidas alcohólicas puede incrementar los efectos tóxicos; ciertos

estimulantes hormonales, tales como la epinefrina o la efedrina, pueden inducir la formación de fibrilación ventricular.

Respecto al metabolismo de los xilenos en el cuerpo humano, se realiza una eliminación de aproximadamente el 5% del material absorbido sin presentar ningún cambio después de unas cuantas horas; otro 2% de lo absorbido es hidroxilado para formar xilenoles y mediante esto se logra la eliminación; el material absorbido restante es metabolizado para formar los isómeros *orto-*, *meta-* y *para-* del ácido metilbenzoico, para posteriormente ser excretados a través de la orina como ácidos metilhipúricos. Pueden existir pequeñas cantidades remanentes de xilenos que son acumuladas en los tejidos adiposos, con la característica de que en el caso de exposiciones repetidas, puede existir una acumulación y almacenamiento en la sangre.

III.6.5.2 Efectos en la Salud.

a) VÍA INHALACIÓN. El xileno por esta vía es un agente irritante y narcótico; una exposición a una concentración de 1000 ppm puede ser inmediatamente peligrosa para la salud e incluso para la vida.

- **EXPOSICIONES AGUDAS:** en este tipo de exposiciones puede ocurrir una irritación aguda del tracto respiratorio superior, a concentraciones de 200 ppm de xileno en aire. En exposiciones a concentraciones más elevadas se puede originar una irritación más severa e incluso principios de excitación del SNC, seguidos de depresión del mismo. Los síntomas de la intoxicación por xilenos más notables son: dificultad y dolor para respirar, sensibilidad

emocional y euforia, dolor de cabeza, náuseas, pérdida de apetito, dolor abdominal, confusión y modorra, visión distorsionada, salivación excesiva, y una sensación de incremento de la temperatura corporal; en algunas exposiciones se puede llegar incluso a la inconsciencia y a estado de coma, seguidos de principios de asfixia; posteriormente, pueden desarrollarse daños en el hígado y los riñones, aunque de una naturaleza moderada, y finalmente, la muerte sobreviene debido a un paro respiratorio. Con respecto a la información reportada, se tiene que un grupo de personas que inhalaron una cantidad de 12.3 gmol/L de xileno mientras se ejercitaban mostró deficiencias en tres "tests" neuro – psicológicos aplicados posteriormente; por otro lado, se conoce el caso de tres pintores expuestos a una concentración de 10,000 ppm durante 18.5 horas en el cual resultó uno de ellos muerto por edema pulmonar y hemorragia cerebral, mientras que los otros dos se mantuvieron inconscientes durante un lapso de 19 – 24 horas, experimentando amnesia regresiva, hipotermia y congestión pulmonar, además del desarrollo de daños pulmonares y hepáticos; su completa recuperación les tomó un período de 15 días.

- **EXPOSICIONES CRÓNICAS:** una inhalación prolongada o repetida de xileno por encima de 200 ppm ocasionan los mismos síntomas descritos anteriormente, con la diferencia de que éstos aparecen de una manera más retardada. Además, se tiene reportado que si existe este tipo de exposiciones a concentraciones más bajas, (90 ppm), pueden originarse perturbaciones en la coordinación manual, el

tiempo de reacción y el balance corporal de las personas expuestas; de acuerdo a los daños que se originan de manera más particular, se ha reportado que pueden desarrollarse anemia, hemorragias nasales, y alteraciones en los tractos respiratorio y digestivo. Por otro lado, también se han reportado efectos adversos en el riñón, hígado, sistema cardiovascular, e incluso en la médula ósea, aunque estos últimos son inciertos; en otro orden de ideas, exposiciones de este tipo al xileno por parte de mujeres, pueden ocasionar alteraciones de tipo menstrual, tales como menorragia, metrorragia, infertilidad, e incluso (en caso de embarazo), aparición de condiciones patológicas adversas durante la gestación.

b) VÍA CUTÁNEA. El xileno es un agente irritante.

- **EXPOSICIONES AGUDAS:** el xileno líquido puede ocasionar resequedad, sensación quemante, vasodilatación, eritemas y posiblemente, ampollas. El xileno es fácilmente absorbido por la piel, intacta o con lesiones, con una velocidad de 4 – 10 mg/cm²/hora, pero no han sido reportados efectos sistémicos derivados de dicha absorción.
- **EXPOSICIONES CRÓNICAS:** este tipo de exposiciones puede ocasionar los mismos efectos mencionados anteriormente, además de leves lesiones de la epidermis; además, se han reportado algunos casos de urticaria alérgica al contacto con xileno.

c) VÍA CONTACTO CON LOS OJOS. Se origina irritación.

- **EXPOSICIONES AGUDAS:** una concentración de 200 ppm ha ocasionado irritación conjuntival en seres humanos, incrementándose ésta en exposiciones a concentraciones más elevadas; en el caso de exposiciones a vapores de xilenos, se han notado un excesivo lagrimeo y sensación de aversión a la luz. Una salpicadura accidental causa un daño superficial doloroso de rápida recuperación, aunque se puede presentar una quemadura en la córnea de tipo reversible.
- **EXPOSICIONES CRÓNICAS:** este tipo de exposiciones a vapores de xileno puede originar además de los efectos mencionados anteriormente, visión distorsionada y conjuntivitis; además, se ha notado en algunos trabajadores expuestos la presencia de afecciones de tipo epitelial reversibles.

d) VÍA INGESTIÓN. El xileno es un agente narcótico por esta vía.

- **EXPOSICIONES AGUDAS:** pueden ocasionar una sensación quemante en la boca y el estómago, salivación excesiva, desórdenes gastrointestinales agudos con náuseas y vómitos, además de síntomas de depresión del SNC, además de lesiones en los riñones y el hígado. La introducción de unos cuantos mililitros de xileno en los pulmones puede originar tos muy fuerte, neumonitis química, edema pulmonar y hemorragia interna.

CAPÍTULO III.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

- **EXPOSICIONES CRÓNICAS:** no existen muchos datos al respecto para seres humanos, pero se ha reportado que en ratones hembras preñadas, se observan efectos adversos sobre la fertilidad en el embrión o en el feto, a bien, el desarrollo de anomalías específicas, tales como disminución del tamaño del feto, y alteraciones craneo – faciales y del sistema músculo – esquelético, además de mortalidad del producto.

III.6.6 Límites de Exposición. (ACGIH, 1997)

Tabla 3.11

Límites de exposición a XILENO en ambientes laborales.

LÍMITE DE EXPOSICIÓN	ACGIH (USA) 1998		LÍMITE DE EXPOSICIÓN	NOM – 010 – STPS – 1993. (MEXICO)	
	ppm	mg/m ³		ppm	mg/m ³
TLV – TWA (<i>skin</i>)	100, A4	435, A4	CPT	100	435
TLV – STEL (<i>skin</i>)	150, A4	655, A4	CCT	150	655
TLV – C (<i>skin</i>)	651, A4	2822, A4	P	–	–

Nota: A4 es un agente no clasificado como carcinógeno en humanos, o sea, que no hay datos adecuados para clasificar el agente en relación con su carcinogenicidad en los humanos y/o animales. (*mismo caso que el tolueno*).

CAPÍTULO III.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

REFERENCIAS DE ESTE CAPÍTULO:

10 - 16 - 17 - 18 - 19 - 28 - 34 - 39 - 41 - 42 - 43 - 44 - 45 - 46 -
47 - 48 - 49 - 50 - 51 - 56 - 58 - 59 - 60.

CAPÍTULO IV
Métodos de Caracterización, Evaluación
y Control de Benceno, Tolueno y Xileno
en el Ambiente Laboral.

CAPÍTULO IV.

Métodos de Caracterización, Evaluación y Control de Benceno, Tolueno y Xileno en el Ambiente Laboral.

IV.1. Antecedentes.

La base fundamental de la Evaluación es aquella que permite decidir sobre la existencia de una situación inadmisibles o tolerable para la salud en un ambiente laboral. Esta decisión debe basarse en la cuantificación del posible riesgo según los criterios establecidos por la Higiene Industrial normalmente aceptados, además debe basarse en la observación y examinación de las medidas de control existentes para disminuir los riesgos.

El punto de partida para la evaluación de un riesgo a la salud ocupacional, se realiza a través de mediciones o toma de muestras, las cuales deben ser auténticamente representativas de las condiciones reales del trabajo y de la exposición en cada puesto. Para lograr este objetivo es necesario conocer con absoluta certeza cual es la técnica de muestreo o monitoreo, (tanto ambiental como biológico o médico), más adecuadas para el tipo de agente químico que se desee evaluar. Realizar una evaluación adecuada de una exposición a algún agente capaz de producir un riesgo a la salud, con respecto a la definición de la severidad y naturaleza del mismo, no es una tarea sencilla, ya que el juicio final debe enmarcar muchos factores importantes, como los que a continuación se mencionan:

- **Toxicidad del agente.**
- **Niveles de exposición o dosis recibida.**
- **Análisis riguroso del proceso o la operación involucrada.**
- **Observación detallada de las actividades y los posibles incidentes, eventualidades y accidentes ocurridos en el área a determinar.**
- **Estimación de los riesgos y de la epidemiología del área.**
- **Entrevistas con los trabajadores, con el fin de definir las condiciones de trabajo de manera particular.**
- **Determinación de la variabilidad de la respuesta a los agentes adversos entre las personas involucradas en el área laboral a evaluar.**

Todos estos factores deben ser considerados en el momento de realizar una evaluación con la finalidad de cumplir el objetivo principal que persigue ésta, o sea, lograr la prevención de exposiciones peligrosas y con ello conservar de manera óptima la salud de las personas involucradas en un ambiente laboral.

De manera complementaria a los factores mencionados anteriormente, es necesario realizar un **reconocimiento** de los riesgos involucrados en algún proceso u operación; esto se logra con la consideración de todas las materias primas e intermediarios involucrados, de los cambios que sufren para la obtención de los productos y subproductos finales, considerando condiciones normales de operación, así como los posibles incidentes que pudiesen derivarse y originar condiciones de emergencia. Este reconocimiento se logra

CAPÍTULO IV

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

mediante la revisión de la literatura involucrada con los agentes existentes, un inventario de los mismos, para con estos datos poder anticipar los posibles riesgos y sentar las bases adecuadas para la posterior evaluación de los mismos y obtener finalmente los juicios correctos al respecto.

Una vez obtenidas estas bases, es necesario contar con una descripción completa del proceso o las operaciones para establecer las áreas con mayor riesgo y con base en ello, especificar las áreas más adecuadas para llevar a cabo la evaluación; una herramienta muy útil en este sentido son las hojas de flujo de proceso, ya que simplifican de manera notable la identificación de las áreas con mayor riesgo, debido a que se pueden observar de manera global todas las operaciones a las que se encuentran sujetos los materiales. Con esta información se puede lograr una definición de los riesgos asociados a cada operación industrial, considerando el apoyo de la experiencia del higienista industrial; este apoyo es imprescindible para definir de manera específica los riesgos ya que éstos se encuentran determinados de manera general para cada operación, obviamente en el caso de los procesos más utilizados y, por ende, conocidos. En el caso particular del tipo de agentes químicos seleccionados en esta tesis, disolventes orgánicos aromáticos, podemos decir que las operaciones industriales más importantes involucradas con exposiciones a éstos son las que se exponen a continuación.

IV.1.1 Operaciones industriales y sus riesgos a la salud asociados.

A continuación se describen brevemente las operaciones de procesos a nivel industrial en las cuales se involucran riesgos a la salud originados por la exposición a vapores de disolventes orgánicos.

- **Operaciones de recubrimiento de materiales.** Existen ciertos tipos de recubrimientos que contienen en su composición disolventes orgánicos volátiles, por lo que en el área donde se realice este tipo de operación esta sujeta a exposiciones a estos materiales.

- **Fabricación de recubrimientos base orgánica.** Esta operación involucra el manejo de disolventes orgánicos por lo que pueden existir exposiciones a los mismos.

- **Operaciones con tanques abiertos.** Este tipo de tanques es empleado industrialmente en operaciones tales como desengrasado de materiales, electro – deposición de metales, entintado, laminado, terminado de piel, etc. De manera general, puede definirse a esta operación como aquella que envuelve la inmersión de algún material en líquidos contenidos en tanques, tinas, tinajas o algún equipo similar con la particularidad de que estos recipientes operan en condiciones de contacto directo con la atmósfera laboral.

- **Operaciones de pintado con equipos rociadores (sprays).** En este tipo de operaciones deben examinarse los riesgos involucrados con la inhalación o el contacto con la piel de los disolventes empleados, o bien, de los pigmentos utilizados.

- **Estaciones de vertido de líquidos.** En estas operaciones pueden existir fugas de los líquidos manejados, ya sea en el llenado o vaciado de sus contenedores.
- **Mezclado en fase húmeda.** El mezclado de materiales húmedos puede originar riesgos por exposiciones a vapores de disolventes orgánicos, neblinas e inclusive de polvos.

Otra herramienta importante en la observación de los procesos o las operaciones realizadas, es el establecimiento y seguimiento de listas de verificación de las condiciones de trabajo. Un ejemplo de estas listas de verificación se ha referido en el capítulo I de esta tesis. Estas listas de verificación deben incluir una descripción completa del proceso y de las operaciones, del equipo utilizado, de los métodos de control y limpieza requeridos y de los lineamientos de seguridad establecidos.

IV.2 Tipos de evaluación de agentes químicos.

IV.2.1 Fundamentos.

Una parte importante del proceso de evaluación es la realización de un estudio de campo completo por parte del higienista industrial, el cual debe involucrar un recorrido a través de los puestos de trabajo, conducido por el encargado del proceso; en este recorrido, el higienista industrial deberá reconocer todas las trayectorias recorridas por los materiales desde su ingreso como materias primas o intermediarios, hasta la obtención de los productos y subproductos finales. Este recorrido requiere, además, que el responsable de la evaluación utilice su percepción sensorial (visión, olfato, tacto y oído) para notar

CAPÍTULO IV.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

condiciones inseguras y/o imprevistas, para descubrir problemas no considerados previamente. Por otro lado, se deben apreciar los tipos, lugares y efectividad de las medidas de control establecidas de todo tipo (ventilación, dilución, aislamientos y equipos de seguridad personal). Finalmente, deben llevarse a cabo la observación del personal involucrado en las operaciones para determinar los métodos de operación particulares y las diversas vías de ingreso de los agentes contaminantes; además, es necesario realizar entrevistas con el personal expuesto para conocer sus quejas y padecimientos y con todo esto hacer las consideraciones pertinentes sobre la evaluación final y la adecuación de las medidas de control.

La etapa siguiente en el proceso de evaluación, es el **monitoreo** y el **muestreo** de los agentes adversos en el ambiente laboral. El principal objetivo de estas actividades es conocer el nivel de exposición que tiene el personal en el puesto de trabajo evaluado; otras razones para llevarlas a cabo es la necesidad de identificar los lugares susceptibles de originar exposiciones más grandes (pico), además de evaluar los cambios realizados en los procesos y/o en las medidas de control, si los hubiere.

El monitoreo es un programa continuo de observación, medición y juicio sobre las exposiciones a agentes en un ambiente laboral. Es más que simplemente realizar un muestreo de aire, o bien, un seguimiento médico del comportamiento de la salud de un empleado; se puede decir que es una combinación completa de estas dos acciones, con el fin de

decidir si el ambiente laboral en cuestión reúne las condiciones más seguras para la realización de las actividades normales de trabajo.

IV.2.2 Principales tipos de monitoreo.

De manera general, existen tres tipos de monitoreo empleados en la evaluación de las exposiciones a un agente en el medio laboral, los cuales se describen a continuación.

a) **Monitoreo personal.** Es la medición, de manera particular en un empleado, de la exposición a algún agente contaminante presente en el aire; esto, en teoría, refleja el nivel de exposición actual. Este tipo de monitoreo se realiza en un intervalo de tiempo definido de tal manera que enmarque todas las actividades del personal expuesto con el fin de obtener la información más representativa posible; otra consideración importante, es la de colocar el medio encargado de recolectar la muestra del aire contaminado lo más cerca que se pueda a la principal vía de acceso al organismo del afectado. Sin embargo, pueden existir alteraciones en la toma de muestras en este tipo de monitoreo, ya que la dispersión de contaminantes no es uniforme y en muchas ocasiones en el lugar seleccionado para colocar el medio de recolección de la muestra, no existe la exposición real, con lo que se puede subestimar la cantidad total del contaminante evaluado; por otro lado, puede existir el caso contrario, en el cual el lugar seleccionado para colocar el medio de recolección se encuentre en una zona tal que la concentración sea muy elevada sin llegar a ser la real en la exposición, con lo cual se puede

sobrestimar el nivel de exposición. El muestreo personal se realiza mediante el uso de bombas portátiles operadas por baterías que el trabajador porta consigo durante el monitoreo en la jornada de trabajo; este tipo de muestreo tiene como ventajas el que ofrece libertad de movimiento y como se ha mencionado anteriormente, obtiene resultados representativos para la exposición a ese empleado en particular; sus principales desventajas, sin embargo, son en el sentido de que las bombas de muestreo pueden presentar ruido y ser muy pesadas, además de que el trabajador puede apagarlas o bien prescindir de ellas en el momento que lo desee y por consiguiente, alterar los resultados del monitoreo; además, debido a que es operado por medio de baterías puede variar la cantidad de muestra succionada, o bien, puede interrumpirse la operación por un fallo o descarga imprevista de las baterías. Por todo lo anterior, se recomienda que para realizar un monitoreo efectivo de este tipo, las bombas de muestreo personal deben recibir un mantenimiento y calibración continuos y periódicos para asegurar su funcionamiento óptimo, además de que en el momento del monitoreo debe existir la supervisión del mismo por personal capacitado y entrenado de la mejor manera posible.

- b) Monitoreo por área.** Este es otro método utilizado en Higiene Industrial para evaluar una exposición; en este caso, la exposición se evalúa en términos de la concentración de una sustancia en particular en un área y período de tiempo determinados dentro del ambiente laboral. El dispositivo de medición se coloca de manera adyacente a la estación de trabajo normal; dicho dispositivo es fijo y puede

combinar las mediciones obtenidas por él con las de otros dispuestos en otro lado y ser almacenadas en un centro de control con lo que se tiene un monitoreo de varias áreas simultáneamente. Esta técnica de monitoreo se aplica principalmente en el caso de existir la necesidad de desarrollar, implementar o proponer medidas de control. De manera ideal, el monitoreo por área refleja de manera precisa los patrones de exposición en una determinada área de trabajo, lo cual es suficiente en términos de evaluación y no es necesario realizar monitoreos personales; por ejemplo, si se conoce la concentración de un vapor y su duración alrededor de determinado equipo, se puede determinar la exposición de un empleado mediante la observación de los movimientos del mismo, además del registro de la frecuencia de su presencia y la duración del tiempo invertido en dicha área de trabajo. Sin embargo, este tipo de monitoreo no se realiza de manera rutinaria, debido a que por ser un análisis muy profundo de la exposición en un área determinada, requiere de una enorme cantidad de tiempo y de equipo de monitoreo para lograr resultados confiables; a pesar de ello, se recomienda el empleo de este tipo de monitoreo sobre todo para observar las variaciones de la concentración del contaminante con respecto al tiempo, y con ello como se mencionó anteriormente, se puede decidir sobre los mecanismos de control sobre las exposiciones a agentes químicos. Finalmente, se puede decir sobre los principales inconvenientes que puede presentar este tipo de monitoreo, son la falta de supervisión continua de su operación por personal entrenado y capacitado lo que puede ocasionar paros imprevistos; otro inconveniente común en este tipo

de monitoreo es la colocación inadecuada de la sonda de muestreo, ya que como ocurre en el monitoreo personal, se puede sobrestimar o subestimar la exposición por las situaciones ya citadas.

c) Monitoreo biológico. Este tipo de monitoreo se extiende el concepto de muestreo hacia los individuos afectados; el análisis de orina, sangre o aire exhalado por el afectado, puede proveer información acerca del impacto de la absorción del agente químico. De manera general, se puede clasificar a este monitoreo en tres categorías: medición o determinación del contaminante tal cual, determinación de los metabolitos asociados con el contaminante una vez absorbido y medición de las enzimas o funciones que reflejen daños causados por la exposición al agente químico en cuestión. La existencia de estas tres categorías se debe principalmente a que en muchas ocasiones no es posible realizar la determinación del contaminante por sí mismo, sino que con base en los productos o efectos surgidos del metabolismo realizado en el cuerpo se puede obtener la información que se busca. El monitoreo biológico debe realizarse en combinación con un muestreo enmarcado dentro de la Higiene Industrial, con el fin de correlacionar los datos obtenidos de ambas determinaciones y obtener las mejores conclusiones sobre el ambiente laboral. Además de estos monitoreos, se debe tener un control médico preciso de los trabajadores involucrados en una exposición a agentes químicos, ya que en muchas ocasiones los resultados obtenidos en el laboratorio no representan la realidad de los efectos producidos y requieren de un diagnóstico médico para obtener el estado final de la salud del trabajador de manera correcta.

CAPÍTULO IV.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

Todas estas acciones deben ser realizadas por especialistas en la materia que se trate, ya que no es sencillo interpretar los datos obtenidos y se requiere de experiencia por parte del personal encargado de emitir un dictamen final.

Asistencia médica. La asistencia médica puede extender el monitoreo biológico hacia una observación más específica sobre los efectos ocurridos en las poblaciones expuestas a un agente específico. El objetivo primordial de la asistencia médica es reconocer de manera temprana alguna enfermedad ocupacional o bien brindar las condiciones para brindar el tratamiento requerido para prevenir alguna lesión posterior; otra aplicación de la asistencia médica es reconocer las condiciones en las cuales es necesario remover a algún trabajador afectado por una exposición grave. Por otro lado, el apoyo médico también es una herramienta preventiva importante en el diseño de estrategias de control mediante la medición y comprobación de la efectividad de los niveles máximos permisibles de exposición ya que una evaluación médica tiene la facultad de decidir sobre la reestructuración de los valores de los niveles de exposición. Una evaluación médica puede ser aplicada tanto a un grupo de trabajadores como a un empleado en particular para lograr sus objetivos de acuerdo al grado y tipo de exposición que se tenga en un centro de trabajo, con la idea de reconocer siempre las condiciones más peligrosas para la salud en un ambiente laboral. Con la finalidad de que se tenga siempre la mejor evaluación médica se debe elaborar un programa médico continuo que incluya un historial médico y ocupacional de los trabajadores, además de una examinación física adecuada, con especial atención a los

CAPÍTULO IV.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

posibles órganos objetivo de los efectos adversos y de las funciones fisiológicas más afectadas; por esta razón, los reportes médicos deben ser mantenidos para permitir las desviaciones del estado de salud de los trabajadores involucrados.

El concepto del monitoreo biológico ha permitido desarrollar un listado de *Índices Biológicos de Exposición* que expresan de cierta manera las afectaciones a los organismos ocasionadas por los agentes químicos. La definición precisa de este tipo de indicadores ha sido realizada en el capítulo anterior. **NIOSH** (National Institute for Occupational Safety and Health, de los Estados Unidos), ha promovido el uso del monitoreo biológico para investigar las exposiciones ocupacionales y las lesiones relacionadas con ellas. El alcance de este trabajo no es el de ahondar más en este sentido, ya que éste requiere de personal capacitado y entrenado en el mismo para obtener la información y los resultados pertinentes para una adecuada evaluación biológica; en este trabajo simplemente se tomarán como referencia los valores de TLV[®] recomendados para realizar la evaluación de los agentes en cuestión.

El monitoreo biológico es una vía para comparar el grado de exposición o la dosis suministrada con respecto a los efectos causados; sin embargo, se debe recordar que este tipo de monitoreo ocurre casi siempre después de que el organismo del trabajador ha sido afectado, por lo cual se sugiere que éste debe realizarse en conjunción con otras medidas de control y no sólo como una medida de control independiente. Se puede decir enfáticamente que el monitoreo biológico y la asistencia médica no se deben emplear como sustitutos de los

muestreos del ambiente laboral, sino como un complemento de los mismos.

IV.2.3 Estrategias de muestreo de agentes químicos.

La investigación preliminar y el estudio de campo inicial identifican los riesgos potenciales a los cuales un trabajador puede estar expuesto; la tarea siguiente es idear una estrategia de muestreo de los agentes químicos para determinar la intensidad de exposición, la fuente de la misma y la adecuación de los posibles mecanismos de control. De igual manera se deben incluir las posibles fuentes de error, la precisión y exactitud deseadas en la determinación y el grado de confianza necesaria para la interpretación de los resultados.

Si se requiere realizar un muestreo que permita resolver un problema originado por una exposición elevada, es necesario establecer las condiciones para medir la exposición en el que se considere como el "peor caso". Para ello, el higienista industrial debe conocer el proceso de manera adecuada y además recurrir a su experiencia para determinar dicho caso de la mejor manera.

Realizar la evaluación de este caso, o sea, el caso con la mayor exposición considerando a un área con problemas graves por solucionar, ofrece tres ventajas: primero, porque este caso ha sido designado para resolver el problema y con ello se puede determinar con precisión la fuente del agente más problemático, y esto favorece la implementación de los mecanismos de control más correctos; segundo, los resultados obtenidos enseñan a los empleados lecciones muy valiosas sobre las indicaciones de mal funcionamiento de los equipos para con ello conocer, identificar y corregir las señales de alarma que

CAPÍTULO IV.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

indiquen una sobreexposición y el impacto de las prácticas deficientes de trabajo sobre la generación de una mayor exposición y al mismo tiempo observar que si los procedimientos de trabajo son los adecuados se pueden reducir dichas exposiciones a niveles más bajos; finalmente, la evaluación del peor caso durante el tiempo más largo de exposición permite asegurar, con base en los resultados obtenidos, las condiciones reales de exposición.

Otra aproximación realizada en el proceso de muestreo, es obtener las condiciones de exposición "típicas", aunque dichas condiciones no son tan fáciles de determinar como se pudiese creer; esto se debe principalmente a que a diario existen variaciones en las exposiciones a los agentes químicos lo cual dificulta su determinación. Además, se debe tomar en consideración al personal que labora en el área de trabajo donde se llevará a cabo el muestreo, ya que éste puede alterar las condiciones de operación por el simple hecho de saber que se van a encontrar bajo observación, o por otro lado, el personal administrativo puede tomar las medidas necesarias para mostrar al encargado del muestreo el mejor aspecto de la operación de la planta. Todo lo anterior influye para que no se obtenga una representatividad real de las exposiciones en los ambientes laborales.

Por lo anteriormente expuesto, se puede decir que la mejor estrategia a seguir para realizar un muestreo representativo de las condiciones laborales, es combinar tanto al peor caso como a las condiciones típicas de trabajo seleccionando a cada uno de ellos

mediante la respuesta a las siguientes cuestiones: ¿A Qué?, ¿Dónde?, ¿Cuándo?, ¿Cómo? y ¿A Quién? Se debe realizar un muestreo.

IV.2.3.1. ¿A qué y cómo muestrear? Antes de todo, se debe tener en mente y siempre presente que las muestras que se obtengan deben representar de manera adecuada a las exposiciones de los trabajadores al agente que se pretende evaluar; la decisión acerca de qué agentes deben ser evaluados se basa en factores tales como las cantidades existentes y las metodologías que se pueden aplicar, reportes laborales de experiencias adversas, preocupaciones o inquietudes acerca de alta toxicidad, volatilidad, carcinogenicidad o teratogenicidad de los agentes en cuestión, además de la cantidad proporcional existente en caso de tratarse de mezclas de agentes. En el caso de los muestreos promedio ponderados por el tiempo, el ***NIOSH Manual of Analytical Methods (1994)***, (*Manual de Métodos Analíticos del Instituto Nacional de Salud y Seguridad Ocupacional de los Estados Unidos*), puede ser tomado como referencia para brindar las técnicas correctas de muestreo, obviamente si en la normativa existente en México no existe una NOM específica. En el caso de benceno, tolueno y xileno si existen las normas correspondientes. (ver el Capítulo I).

El manual de procedimientos mencionado ha demostrado con la experiencia que con las técnicas de muestreo que sugiere se obtienen resultados reproducibles y adecuados en el muestreo de agentes químicos. En este manual se establecen los medios de captura para cada agente en específico, además de los rangos de velocidad de flujo en los dispositivos de recolección de acuerdo al tipo de agente. En el caso de realizar la evaluación de materiales que no se encuentren

listados en este manual, el muestreo puede dificultarse y lo recomendable es consultar a algún laboratorio acreditado con experiencia en este tipo de evaluaciones. Por otro lado, todas las muestras obtenidas deben ser enviadas a un laboratorio analítico acreditado para emitir los resultados de la evaluación, debiendo ser reportados con la fecha en la que se realizó el análisis.

IV.2.3.2. ¿Dónde realizar un muestreo? El muestreo de los agentes químicos debe realizarse en la inmediata vecindad de los trabajadores expuestos y en la duración correspondiente al proceso en cuestión, o bien, con respecto al límite de exposición apropiado y que se esté manejando. El aparato muestreador se debe colocar directamente en el empleado (en el caso de un monitoreo personal), y debe acompañarlo durante todo el tiempo que dure el muestreo, además de reflejar todos los movimientos del trabajador en relación con la fuente de la exposición, tanto en los períodos de labor como en los de descanso. En el caso de un monitoreo de área, el equipo de muestreo debe instalarse en un lugar tal que permita conocer el nivel de exposición de los empleados durante un período laboral en una determinada área de interés. Sin embargo, si el objetivo de la evaluación es obtener el nivel de exposición de un empleado, normalmente la evaluación es realizada con un muestreo personal.

IV.2.3.3. ¿A Quién realizar el muestreo? Para definir a quién o a quienes se debe realizar el muestreo, es necesario basarse en los estudios de reconocimiento iniciales, ya que éstos pueden indicar la

CAPÍTULO IV

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

existencia de exposiciones excesivas a algún agente muy tóxico por parte de algún determinado trabajador, teniendo preferencia éste en la selección del lugar del muestreo ya que se encuentra en el lugar más cercano a la fuente de exposición. Por otro lado, se deben considerar en la selección del trabajador los patrones de conducta del movimiento del aire, la distancia del mismo con respecto a los sistemas de ventilación, de fuentes de abastecimiento de aire, y con respecto a puertas o ventanas abiertas al exterior, ya que todos estos factores influyen en la exposición al agente químico. Además, se deben considerar los hábitos de trabajo del empleado de manera individual, ya que éstos también afectan a los niveles de exposición; finalmente, es necesario mencionar que un monitoreo inicial es frecuentemente limitado a una muestra representativa de la población expuesta considerada como la de mayor riesgo, por lo que los resultados obtenidos deben ser extrapolados con respecto a los límites establecidos y con base en esto, decidir sobre la necesidad de realizar un muestreo más extenso que abarque a otros trabajadores.

IV.2.3.4. ¿Cuándo realizar un muestreo? Si existen variaciones muy grandes de la temperatura ambiente de estación en estación, teniendo las ventanas abiertas en una de ellas mientras que en la otra se encuentran cerradas, el muestreo debe realizarse en ambos períodos, o bien, si es el caso de tener las ventanas abiertas, el muestreo debe realizarse con las mismas cerradas y determinando el peor caso. Si se cuenta con aire acondicionado, los niveles de concentración del contaminante pueden ser aproximadamente constantes durante todo el

año; por otro lado, si la planta cuenta con más de un turno de trabajo, los muestreos deben realizarse en cada uno de ellos, ya que las concentraciones de los contaminantes pueden variar ampliamente de hora en hora durante el día.

IV.2.3.5. ¿Cuánto debe durar el muestreo? El volumen del aire muestreado y la duración del muestreo se basan en la sensibilidad del procedimiento analítico para analizar la muestra posteriormente, o de la sensibilidad del instrumento de lectura directa según sea el caso (*las diferencias en este sentido se describirán posteriormente*), la concentración estimada en el aire, y los estándares de comparación a emplearse; otra vez, es necesario consultar el Manual de Métodos Analíticos de NIOSH y las NOM's correspondientes. La duración del período de muestreo debe representar adecuadamente un período identificable de operación, frecuentemente, estos períodos de muestreo son especificados por las regulaciones tomadas para establecer los estándares de comparación; sin embargo, para turnos de trabajo muy largos, los estándares de comparación deben ser calculados para dichos turnos. Existen ocasiones en las cuales la concentración del agente en el aire es muy baja, por lo cual los mecanismos de muestreo deben recopilar la cantidad suficiente de muestra para poder determinar de manera precisa y exacta las diminutas cantidades del contaminante.

IV.2.3.6. ¿Qué anotar durante el muestreo? Las anotaciones fundamentales deben incluir la siguiente información: fecha, instrumento de muestreo, flujo inicial y final de la bomba de muestreo, hora de inicio y de término del muestreo, localización del área y/o equipo donde se

realiza el muestreo, datos del personal responsable del muestreo, descripción breve del proceso en cuestión y observaciones acerca de los sistemas de control existentes, de ventilación, las posibles consideraciones adoptadas en el muestreo y observaciones generales, por ejemplo, sobre el equipo de protección personal, los hábitos de trabajo, etcétera. Para facilitar esta labor, se debe desarrollar un formato u hoja de campo que contenga los espacios suficientes para anotar los datos mencionados anteriormente. (Ver Anexo 1)

IV.2.3.7. ¿Cuántas muestras se deben tomar? No existe un número predeterminado o definido de muestras que se deben tomar para realizar una adecuada evaluación, este número depende del objetivo del muestreo, de la cantidad de tareas diferentes que realiza el empleado en cuestión en un día de trabajo y de las variaciones de la concentración de los contaminantes inherentes al proceso de generación del mismo. Para definir adecuadamente la cantidad de muestras a tomar, es necesario recurrir a la experiencia del higienista industrial con respecto al proceso que se esté evaluando.

IV.2.3.8. ¿Cuándo se debe detener el monitoreo? El monitoreo debe realizarse durante una operación rutinaria, observando además los resultados del último realizado y considerando a la sustancia que se está monitoreando; cualquier cambio en el proceso debe ser considerado para determinar la finalización del monitoreo. Si se observa que los resultados anteriores de la concentración del contaminante son

CAPÍTULO IV.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

bajos, y de acuerdo a la experiencia del higienista industrial, se puede determinar que ya no es necesario realizar más evaluaciones.

IV.2.3.9. ¿Quién debe conducir el muestreo? Aunque el concepto de monitoreo del aire y el manejo de los instrumentos de muestreo pueden parecer muy simples, existen muchas consideraciones que deben ser analizadas en el momento de establecer la estrategia de monitoreo y después para la interpretación de los resultados para establecer el juicio adecuado sobre la exposición a los agentes químicos. Por lo anterior, es necesario que el encargado de realizar el muestreo sea una persona capacitada y entrenada adecuadamente en el marco de la Higiene Industrial, además de ser supervisada por un experto en dicha área con la experiencia suficiente, como se ha mencionado anteriormente. Ambos deben identificar las posibles fuentes de desviación y error de los mecanismos de muestreo, ya sea en la calibración, mantenimiento, y empleo de los equipos para minimizarlos y operarlos con condiciones óptimas; además, deben ser capaces de resolver los posibles problemas que pudiesen surgir en el momento del monitoreo; finalmente, deben estar conscientes de las limitaciones del muestreo por sí mismo y de la importancia de interrelacionar éste con las entrevistas y las observaciones de las condiciones de trabajo, para definir los aspectos globales de una evaluación de un ambiente laboral de manera confiable.

IV.2.3.10. Precisión y exactitud requeridas. El término muestrear implica la particularidad de medir solamente una porción del ambiente, y, una vez obtenidos los resultados del mismo, inferir y extrapolar las condiciones del resto del medio; dentro de esta actividad existen implicados, además, errores asociados a las técnicas de monitoreo de dos tipos principalmente: sistemáticos y aleatorios, los cuales pueden

CAPÍTULO IV.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

interferir en la interpretación correcta de los resultados. Por este motivo es necesario reconocer las posibles fuentes de error, preferentemente lo más temprano posible para lograr su minimización, eliminación, o control de tal manera que sean tomadas en cuenta para la evaluación final de los resultados.

Para realizar estas acciones, es necesario conocer los conceptos de **precisión y exactitud** referentes al manejo de los resultados.

EXACTITUD: Esta se refiere a la relación que existe entre el valor medido y el valor real; el caso ideal es obtener valores medidos lo más cercano posible a los valores reales.

PRECISIÓN: Este es el grado de concordancia entre los resultados obtenidos por las mediciones repetidas bajo las mismas condiciones y parámetros establecidos.

Es posible obtener un conjunto de mediciones que sean precisas pero no exactas, y viceversa. La exactitud es afectada por fuentes de error que son consideradas como controlables; este tipo de errores son llamados también como errores sistemáticos, e incluyen a los errores intrínsecos del método y del instrumento, y a los del operador; cuando sea posible, estos errores deben ser identificados antes de iniciar el muestreo, para ser controlados y/o eliminados.

La precisión es afectada por errores indeterminados y aleatorios, los cuales no pueden ser controlados; estos incluyen a las fluctuaciones de las concentraciones ocurridas en el día, variaciones de las condiciones de operación de los equipos de muestreo (flujos de las bombas, por ejemplo), y fluctuaciones de los métodos analíticos (tales como variaciones en las propiedades de los reactivos o de los

CAPÍTULO IV.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

instrumentos de medición. Para minimizar estos errores se utilizan técnicas estadísticas que favorecen la obtención de una mayor precisión.

Para asegurar la obtención de precisión y exactitud en los muestreos a realizar, se deben seguir los siguientes lineamientos, como una recomendación:

- Obtener lo más rápido posible los datos acerca de la precisión y exactitud de los equipos de muestreo por parte de los fabricantes.
- Establecer un procedimiento continuo y constante de calibración de los equipos de muestreo, que además contenga la documentación que avale dicho procedimiento.
- Se deben consultar las normas oficiales mexicanas de la STPS y el manual de Métodos Analíticos de NIOSH de ser necesario, para conocer la precisión y la exactitud de los métodos seleccionados. Se debe considerar, además, que al reportar los resultados obtenidos del muestreo, es necesario citar a dicho manual como aseguramiento de la veracidad de los resultados obtenidos.
- El análisis de las muestras debe realizarse por laboratorios enmarcados dentro de programas de aseguramiento de calidad y reconocidos en el área de la Higiene Industrial, además de ser reconocidos por parte de las instancias legales que avalen los resultados reportados.

IV.2.4 Interpretación de resultados.

La interpretación de los resultados obtenidos después del muestreo es la etapa final de la evaluación del ambiente al cual los trabajadores se encuentren expuestos. El mejor juicio del higienista industrial sobre las condiciones de exposición a los agentes químicos debe basarse en: el tipo de agentes químicos evaluados, los lugares elegidos para la evaluación y el tiempo de muestreo; se deben considerar, además, las posibles fuentes de error y las limitaciones de las técnicas de muestreo. Los resultados obtenidos deben ser interpretados para lograr el objetivo primordial de la realización de una evaluación de agentes químicos: verificar la concordancia de los resultados con respecto a los lineamientos legales establecidos, la investigación de los problemas existentes, la determinación de los sistemas de control adecuados, o el desarrollo e implantación de un plan de Seguridad e Higiene Industrial preciso.

IV.3. INSTRUMENTOS PARA LA EVALUACIÓN DE AGENTES QUÍMICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

Los instrumentos para la evaluación de los riesgos a la salud en el ambiente laboral se pueden clasificar en 3 tipos:

- 1. Instrumentos de lectura directa.**
- 2. Instrumentos que separan el contaminante de una cantidad conocida de aire para su análisis posterior.**
- 3. Equipos que colectan un volumen conocido de aire para su análisis posterior.**

La mayoría de los instrumentos utilizados en Higiene Industrial se encuentran en los primeros dos tipos; para seleccionar el tipo de instrumento adecuado se deben considerar factores importantes para lograr la mejor evaluación del ambiente laboral, que a continuación se numeran:

- Tipo de información que se requiere obtener.
- Portabilidad y facilidad de uso.
- Eficiencia del equipo o dispositivo.
- Confiabilidad del equipo bajo varias condiciones de trabajo.
- Disponibilidad.
- Preferencias personales basadas en experiencias previas y otros factores.

IV.3.1 Instrumentos de lectura directa.

Los instrumentos de lectura directa se emplean para determinar las concentraciones de un ambiente laboral de manera instantánea, solo que para su adecuada aplicación se requiere una calibración adecuada y de una utilización precisa con conocimiento de sus características y limitaciones. Además este tipo de instrumentos se emplean ampliamente en los monitoreos continuos de un ambiente laboral; este tipo de instrumentos se clasifican en:

1. Instrumentos que dan una lectura inmediata de agentes químicos en una carátula, registrador o impresor.
2. Instrumentos que dan un cambio de color en un tubo indicador.

El empleo de estos instrumentos tiene ciertas ventajas y desventajas las cuales deben ser tomadas en consideración.

Las ventajas más importantes son:

- Estimación inmediata de la concentración de un agente químico, lo cual permite una evaluación *in situ* del ambiente laboral.
- Los monitoreos continuos permiten el registro permanente de la concentración de un agente químico las 24 horas del día.
- Estos instrumentos tienen la factibilidad de conectarse a un sistema de alarmas.
- Las evaluaciones con este tipo de instrumentos no requieren de análisis *a posteriori* en el laboratorio.

Las desventajas más importantes del empleo de estos instrumentos son:

- Alto costo inicial del instrumento, en el caso de monitoreos continuos.
- Se requiere un protocolo de calibración continuo y frecuente.
- Estos instrumentos no son específicos.
- Estos instrumentos no tienen la capacidad de ser portátiles.
- Solo sirven para lecturas instantáneas.
- La información obtenida a partir de este tipo de instrumentos puede ser interferida por otros agentes diferentes al que se pretenda evaluar.

Los monitoreos continuos, como se ha mencionado anteriormente, requieren de un estudio aparte, por lo cual se enlistan a continuación los instrumentos que se emplean en este tipo de monitoreos sin explicar más a fondo sus características.

- **Cromatógrafo de gases portátil.** (Gases solventes o vapores orgánicos).
- **Analizador infrarrojo.** (Para determinar CO y CO₂ principalmente).
- **Contadores de partículas.** (Para la determinación de polvos).
- **Tubos detectores Colorimétricos.** (En esta clasificación se encuentran los tubos Draeger, MSA, etc. Se emplean para la determinación semicuantitativa de gases y vapores en el ambiente laboral, aunque tienen limitaciones y errores potenciales en su manejo.)

IV.3.2 Instrumentos que separan el contaminante de una cantidad conocida de aire para su análisis posterior.

Éstos se utilizan para hacer pasar un volumen conocido de aire a través de un medio de adsorción, absorción o filtración con el fin de separar el contaminante del aire contaminado; con este tipo de monitoreo se obtiene una muestra representativa del ambiente laboral durante un período de tiempo definido y se conoce como **muestreo integrado**. El contaminante muestreado se concentra en o sobre el medio de colección, y se selecciona el tiempo de muestreo con base en los estándares establecidos para cada evaluación en particular para su análisis subsecuente en el laboratorio. Todos estos parámetros se han establecido con el fin de obtener la mayor representatividad en la evaluación a realizar.

Este tipo de muestreo se debe realizar cuando la composición del aire contaminado no es uniforme o cuando se requiere establecer el cumplimiento o falta de cumplimiento de las concentraciones máximas permisibles; para lograr estos objetivos de la manera más adecuada, el higienista industrial debe emplear su criterio para establecer la estrategia necesaria para obtener muestras representativas de las condiciones de exposición de los trabajadores.

Para realizar este tipo de muestreo es necesario contar con un sistema de muestreo con los siguientes elementos:

- Medidor de flujo.
- Regulador de flujo.
- Bomba de succión.
- Medio de colección.

Existen unas bombas para muestreo que integran todos estos elementos en un instrumento portátil que permite su uso en muestreos tanto de tipo personal como de área.

IV.3.2.1 Medidor de flujo. En el proceso de muestreo de agentes contaminantes es necesario medir la cantidad de aire que pasa a través del medio de colección con precisión, lo cual se debe realizar con un medidor de flujo, siendo los más utilizados los **rotámetros** y los **contadores de vueltas**; los rotámetros son los medidores de flujo más utilizados comercialmente porque miden directamente el flujo de aire, además de que existe un rango confiable de precisión en sus mediciones, siempre y cuando sean calibrados individualmente. La calibración de estos dispositivos debe realizarse de manera continua para minimizar los errores inherentes a los mismos y con ello obtener los mejores resultados.

IV.3.2.2 Regulador de flujo. El control del flujo del aire que pasa a través del medio de colección es una variable muy importante que debe ser considerada, ya que de ésta depende la eficiencia del mencionado medio de colección que se esté utilizando; el control del flujo se realiza principalmente con el empleo de válvulas de aguja o bien de orificios críticos. Tanto el orificio crítico como las válvulas de aguja se emplean para obtener un flujo de aire constante, sólo que con una válvula de aguja el flujo de aire puede ser ajustado para obtener el valor requerido, mientras que el orificio crítico no tiene esta flexibilidad. El flujo en los instrumentos de muestreo puede variar a medida que el elemento de

tales como la efedrina, puede causar arritmias cardiacas, y afectar a la placenta. Además, han sido reportadas interacciones adversas con el uso de diversos medicamentos.

El benceno es considerado como un veneno experimental a través de vías de ingreso en los humanos tales como por contacto con la piel (cutánea), intraperitoneal, intravenosa, etc. Es un tóxico moderado por ingestión y vía subcutánea; es un irritante severo para los ojos y moderado para la piel.

III.4.5.2 Efectos en la salud.

a) VÍA INHALACIÓN.

Agente irritante, narcótico, depresor de la médula ósea y carcinógeno. Esta es la principal vía de ingreso en las industrias.

•**EXPOSICIONES AGUDAS:** Los síntomas de una intoxicación aguda por benceno en seres humanos son: alucinaciones, percepción distorsionada, euforia, somnolencia, náuseas, vómitos y dolor de cabeza, debido a que este compuesto tiene características anestésicas; este tipo de intoxicación puede ocurrir a partir de una exposición a vapores de benceno con una concentración en el aire de 3000 ppm o más; en este tipo de exposiciones también puede originarse una irritación del tracto respiratorio. Exposiciones más severas pueden causar edema pulmonar.

El benceno puede ocasionar efectos sistémicos por inhalación principalmente sobre el Sistema Nervioso Central (SNC), además de cambios sanguíneos, incremento de la temperatura corporal, efectos

(experimentales) teratogénicos y reproductivos, además de mutación en seres humanos. Es una sustancia narcótica.

En este tipo de exposiciones pueden originarse daños no muy graves al hígado y a los riñones; en el caso de una intoxicación grave, pueden aparecer desordenes cardíacos y una peculiar coloración de la piel que persisten incluso por cuatro semanas, aproximadamente.

Han sido encontrados también daños en los cromosomas después de una exposición al benceno que sobrepase los niveles tóxicos definidos; también han sido reportados efectos hematológicos retardados, incluyendo anemia, aunque se considera que en este tipo de exposiciones no existe una elevada hematotoxicidad.

En exposiciones agudas consideradas fatales, la muerte sobreviene debido a asfixia, depresión profunda del Sistema Nervioso Central (SNC), fallo respiratorio o cardíaco y colapso circulatorio. Estos efectos pueden ocurrir en un intervalo de tiempo de unos pocos minutos a unas cuantas horas; incluso, la muerte por complicaciones respiratorias, circulatorias o en el SNC, puede ocurrir hasta cinco días después de la exposición.

En la industria, como se ha mencionado, la ruta primaria de intoxicación por benceno es la inhalación; sin embargo, también han sido reportados casos de envenenamiento por contacto con la piel, como se discutirá posteriormente. Investigaciones recientes indican que los efectos adversos pueden notarse en concentraciones menores a 1 ppm, por lo cual se sugiere que las exposiciones al benceno deben reducirse al menos a 0.1 ppm, donde se ha observado que no existen dichos efectos tóxicos; en este caso específico de exposición al

CAPÍTULO IV.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

vez realizada esta operación durante el período de muestreo, el contaminante es retenido, adsorbido, en el medio de colección, y se procede a tapar las puntas del tubo con tapones de plástico de manera efectiva para después ser almacenado a temperaturas bajas mientras es enviado al laboratorio para su análisis; una vez en el laboratorio, se extraen ambas secciones por separado para desorber el contaminante mediante el empleo de un solvente adecuado, y finalmente analizar ambas soluciones resultantes mediante algún método analítico y con ello cuantificar la cantidad del contaminante retenido en cada sección. En el Manual de Métodos Analíticos de NIOSH se establecen los métodos analíticos más adecuados, además del tipo de tubo que debe ser utilizado para una gran cantidad de agentes químicos; el de uso más común es el de **carbón activado**. En el caso específico de los muestreos de benceno, tolueno y xilenos, es el más recomendable y el que se utiliza en mayor medida.

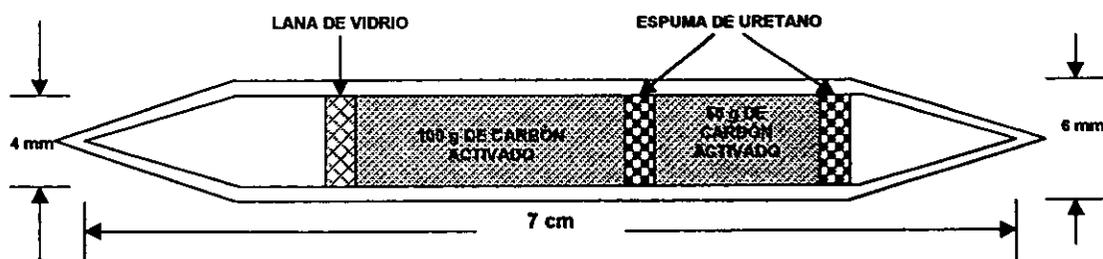


Fig. 4.1

Esquema de un tubo de carbón activado.

2. **Filtros.** Estos se utilizan como medio de colección para partículas sólidas, de algunas neblnas ácidas o alcalinas, y rocíos de algunos materiales viscosos. Los filtros pueden ser de ésteres de celulosa, de fibra de vidrio, y de PVC; se seleccionan de acuerdo al tamaño y diámetro del poro del filtro en relación con el agente que se desee recolectar. Para fines de este trabajo no se profundizará más en la descripción de estos dispositivos.

3. **Burbujeadores.** Estos dispositivos fueron ampliamente utilizados en las etapas iniciales de la Higiene Industrial para realizar la determinación de diversos agentes químicos, incluido el benceno, aunque su utilización ha decaído debido al desarrollo de técnicas más sencillas que no impliquen el manejo de sustancias líquidas en recipientes factibles de romperse, derramarse, etc., por ejemplo; a pesar de ello, en algunos casos especiales en la actualidad se recomienda su uso. El método consiste en hacer pasar el aire contaminado a través de una boquilla sumergida en una cantidad conocida de una solución especial en la cual se absorbe el contaminante, para después ser llevada al laboratorio donde se repone la cantidad de solución evaporada durante el muestreo, y se procede a cuantificar la cantidad del contaminante disuelto.

4. **Monitores pasivos.** Estos dispositivos utilizan el principio de difusión de las sustancias, con lo que se eliminan las bombas de succión, en especial de los contaminantes presentes en el aire hasta un medio de captura (una película de material adsorbente); la cantidad del

contaminante colectado depende del tiempo de exposición del monitor al ambiente a muestrear, y de la concentración presente en dicho ambiente. Esta es una técnica de reciente desarrollo, y aunque su manipulación es muy simple, no se recomienda su empleo de manera generalizada, ya que esta técnica se encuentra limitada a sólo algunas sustancias en específico, se basa en el uso de relaciones y ecuaciones empíricas, y además se ha observado en experiencias con este tipo de monitores que los resultados obtenidos se ven afectados seriamente por condiciones ambientales severas, tales como una alta humedad en el ambiente, por ejemplo, lo cual no ocurre con los tubos de carbón activado.

IV.3.3. Calibración.

Los instrumentos de muestreo de aire deben ser calibrados periódicamente para poder establecer con precisión la calidad de un ambiente laboral; existen varias fuentes de error asociados a los instrumentos de muestreo de agentes químicos, siendo las más importantes las siguientes: **Eficiencia de colección, el volumen muestreado y la determinación de la masa del contaminante.**

Cada una de estas fuentes de error está asociada a un componente del sistema de muestreo, y por consiguiente se han diseñado diferentes técnicas para la calibración de los medidores de flujo adaptados a las bombas de muestreo, se han elaborado patrones y métodos estándares para obtener referencias de las eficiencias de colección, además de que se han desarrollado aparatos de gran

precisión para obtener las determinaciones cuantitativas de los contaminantes en los ambientes de trabajo. A continuación se describen brevemente por separado cada uno de estos aspectos.

IV.3.3.1 Calibración de los medidores de flujo. Existen varios instrumentos de calibración de flujo, entre los cuales el más utilizado y simple de ellos es el **medidor de burbuja**; este consta de un tubo de vidrio de diámetro constante de superficie interna lisa, la cual es humedecida con una solución jabonosa, para después formar una burbuja en la parte inferior del tubo y realizar la succión de la misma por la parte superior con la bomba de muestreo, con lo cual la burbuja se desplaza hacia arriba; el volumen del aire succionado por unidad de tiempo se puede obtener determinando el tiempo que tarda en recorrer la burbuja la distancia establecida entre dos marcas definidas en el tubo con lo cual se obtiene un volumen conocido, repitiendo este procedimiento por lo menos unas 5 veces para obtener un promedio representativo. Al momento de la calibración, las baterías de las bombas deben estar completamente cargadas, se debe colocar todo el sistema de muestreo, y este procedimiento se debe realizar antes y después del muestreo, anotándose en una hoja de campo los datos obtenidos (ver anexo A). Existen dispositivos que ya realizan todas estas operaciones de manera automática, con los cuales se puede obtener de manera directa el flujo de aire y el promedio de las mediciones de los mismos, aunque la construcción de un instrumento de calibración de este tipo, es relativamente sencilla.

CAPÍTULO IV.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

IV.3.3.2 Eficiencia de colección. Existen métodos para preparar concentraciones conocidas del contaminante en el aire para determinar la respuesta del instrumento de medición y con ello se puede obtener la curva de calibración de los mismos; estos métodos son de dos tipos: **dinámicos y estáticos**. Los dinámicos consideran la inyección del contaminante por algún medio a una corriente de aire limpio para con ello generar una corriente de aire contaminado de concentración conocida, misma que se emplea para calibrar los instrumentos de medición y observar su respuesta a diferentes rangos de concentración. Los estáticos son más simples y consisten en introducir una cantidad conocida del contaminante en cuestión dentro de un recipiente cerrado de volumen definido y conocido, con lo cual se obtiene una atmósfera de aire contaminado de concentración fija y conocida; una vez obtenida dicha atmósfera, se procede a hacer pasar una pequeña muestra de ésta a través del instrumento de medición y con ello verificar su respuesta. Estos procedimientos se emplean cuando se tienen instrumentos de lectura directa, que como se ha mencionado se emplean en monitoreos continuos y no en el caso que nos ocupa en este trabajo. Para obtener la concentración de la atmósfera inducida en el recipiente es necesario emplear la siguiente ecuación:

$$C = \frac{v * (24.45/PM) * (T/298.15) * (760/P) * \rho * 10^6}{V}$$

CAPÍTULO IV.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

Donde:

V= volumen del contaminante inducido, en mL.

PM = peso molecular de la sustancia, en g/gmol.

T= Temperatura absoluta del aire ambiente, en K.

P= Presión atmosférica, en mmHg.

ρ = densidad del contaminante, en g/mL.

V= Volumen del recipiente, en L.

C= Concentración del contaminante, en ppm.*

**Nota: esta concentración está referida a Condiciones Normales de Presión y Temperatura.*

IV.4. ANÁLISIS DE MUESTRAS.

Los avances de la Química Analítica han hecho posible la medición de cantidades extremadamente pequeñas de sustancias, elementos, iones o partículas. Con este alto grado de sensibilidad, se pueden tomar cantidades de muestra muy pequeñas y con ellas determinar con precisión las cantidades de los contaminantes presentes en los ambientes laborales; el higienista industrial debe estar involucrado muy estrechamente con las actividades del laboratorio encargado de hacer los análisis, para verificar la validez de los procedimientos y las limitaciones de los mismos, con el fin de planear todas las estrategias de evaluación de las exposiciones a gentes químicos.

Los métodos analíticos más utilizados dentro del campo de acción de la Higiene Industrial en los laboratorios son los siguientes: **métodos colorimétricos, gravimétricos, volumétricos y el análisis instrumental**. En los últimos años el desarrollo de los instrumentos de análisis ha logrado la simplificación y/o sustitución de las antiguas técnicas analíticas, ya que con ellos se pueden determinar muy pequeñas cantidades de sustancias en rangos inimaginables anteriormente; estos instrumentos se basan en métodos de separación físicos o químicos, y entre los cuales se pueden mencionar a los siguientes: **cromatografía de gases, espectrofotometría de absorción atómica, infrarroja, y visible – ultravioleta**. Estos métodos de análisis instrumental son los más utilizados en Higiene Industrial, aunque para el caso específico del análisis de benceno, tolueno y xileno se ha

CAPÍTULO IV.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

establecido que el método más adecuado es el de cromatografía de gases, ya que además ha sido estipulado en la normatividad mexicana para la evaluación de estos agentes químicos. (Ver capítulo I). Por esta razón, el método de cromatografía de gases será el que a continuación se describa de manera más amplia.

- **Cromatografía de gases.** Este método instrumental consiste básicamente en separar los componentes de una mezcla para su posterior cuantificación, basándose en la diferencia existente entre los pesos moleculares de los componentes. La separación de los componentes es realizada al interaccionar éstos entre dos fases, una llamada estacionaria o fija que puede ser un sólido si se trata de un mecanismo de adsorción o bien un líquido distribuido sobre un soporte sólido si es un mecanismo de absorción; la segunda fase se denomina móvil y siempre es gaseosa.

El principio de operación consiste en inyectar una pequeña cantidad de muestra, del orden de los microlitros, en el cromatógrafo donde se vaporiza y se transporta a la columna cromatográfica mediante un gas inerte de arrastre (helio, argón, nitrógeno o hidrógeno, principalmente) a una temperatura definida y controlada; una vez en contacto la muestra con la fase estacionaria, ambas entran en equilibrio y empieza el proceso de separación, basándose principalmente en la diferencia de densidades originada por los diferentes pesos moleculares, además de las diferencias de solubilidad, absorción y estructura química; una vez iniciado este proceso, las fracciones componentes de la muestra se mueven a diferentes velocidades, por las mismas causas

CAPÍTULO IV

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

mencionadas anteriormente, y salen de la columna como componentes individuales para después ser llevados a un detector por medio del gas de arrastre, para producir una señal misma que es proporcional a la cantidad existente de cada componente; esta señal es amplificada y es enviada a un dispositivo de registro donde se forma un "pico", mismo que al repetirse forma una especie de gráfico que es llamado cromatograma, que relaciona tiempo contra intensidad de la serie de picos que representan los componentes eluidos o "diluidos" en la columna; el tiempo que transcurre entre la inyección de la muestra y la aparición del primer "pico" es llamada tiempo de retención y es característico para cada sustancia, con lo cual se tiene una identificación inicial cualitativa del componente; para realizar las determinaciones de manera cuantitativa se debe medir el área existente bajo cada "pico", ya que ésta es directamente proporcional a la cantidad presente de cada componente. Este análisis depende de la eficiencia de separación de los componentes en cada muestra, misma que está determinada por la sección adecuada de los materiales de empaque de la columna y las temperaturas de inyección, columna y el tipo de detector que se utilice.

Una vez determinados los cromatogramas de las muestras analizadas, éstos se comparan con las áreas obtenidas de la inyección de estándares patrón certificados y establecidos por las NOM's correspondientes. La comparación entre los cromatogramas obtenidos de las muestras y el obtenido para el estándar específico se realiza de la siguiente manera:

- Se comprueba de manera cualitativa si el contaminante a determinar existe en la muestra mediante la comparación de los

tiempos de retención obtenidos para la muestra y el estándar patrón.

- Una vez verificada la existencia de la sustancia a analizar dentro de la muestra, se cuantifican las áreas obtenidas en los cromatogramas respectivos. Una vez obtenidas las áreas, se precede a realizar la comparación de éstas con respecto al área obtenida para el estándar patrón. La relación se hace partiendo de la base siguiente: se conoce el volumen introducido ($1 \mu\text{L}$) y con la densidad de la sustancia se conoce la cantidad de materia correspondiente al área del cromatograma; por lo anterior, la masa del contaminante presente en la muestra se obtiene mediante la división del área obtenida para la muestra entre el área del estándar patrón y multiplicando este resultado por la masa obtenida del estándar patrón. Los resultados obtenidos, así como las operaciones involucradas se muestran en la memoria de cálculo que se presenta en el reporte de resultados. (ver anexo B, pág. B – 2). Asimismo, se presentan los cromatogramas de los estándares patrón de benceno, tolueno y xilenos. (ver anexo C).

Como se ha mencionado, esta técnica tiene su mayor aplicación dentro de la Higiene Industrial para la determinación analítica de gases y vapores orgánicos, así como para la determinación de algunos metabolitos dentro de los monitoreos biológicos, tal como la determinación de fenol en orina. (Principal metabolito originado por la interacción del benceno con el organismo).

IV.5. PRINCIPIOS DE CONTROL.

Una vez realizadas las estrategias y mecanismos de monitoreo y obtenida la evaluación de las exposiciones al agente químico en cuestión en ambientes laborales, se debe establecer un dictamen sobre las condiciones existentes, con base en los resultados obtenidos del análisis realizado a las muestras y del manejo posterior de éstos; a partir de este dictamen, el higienista industrial debe establecer un juicio para decidir si se requiere algún mecanismo de control, o no. En apego a este juicio, se debe decidir sobre la implantación de las estrategias de control en caso de no existir, o bien, sobre la modificación de los mecanismos existentes; en ambos casos, siempre se debe tener en mente el objetivo primordial de la realización de la evaluación de un ambiente laboral, enmarcado como fundamento de la Higiene Industrial: brindar al personal involucrado en dicho ambiente de trabajo las condiciones más saludables y óptimas para prevenir, controlar y minimizar los riesgos a la salud de dicho personal.

Lo anterior no es una tarea fácil, ya que el proponer cualesquier tipo de control de las exposiciones a los agentes químicos, involucra la utilización de grandes cantidades de recursos económicos, humanos, materiales y logísticos, mismas que de ninguna manera son de una magnitud despreciable; es por ello que el juicio obtenido sobre la evaluación del ambiente laboral, debe demostrar y definir enfáticamente la necesidad del mecanismo de control propuesto.

La definición de un mecanismo de control requiere que el higienista industrial se encuentre debidamente capacitado y entrenado en este sentido, además de que tiene que contar con una amplia

CAPÍTULO IV.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

experiencia en estos aspectos, ya que con estas herramientas se obtiene un alto grado de confiabilidad y certeza de las razones de dicha definición de las estrategias de control.

De una manera general, se siguen ciertos principios básicos de control, principios que se originan en los fundamentos principales de todo control de riesgos; estos principios tienen un orden de importancia, el cual debe seguirse siempre y cuando esto sea posible en el establecimiento de una estrategia o mecanismo de control. Los mencionados principios de control son los siguientes, en el orden que son mostrados:

- 1. Eliminación de la fuente de riesgo.** Es el método de control más efectivo; significa la sustitución, parcial o definitiva, de un proceso, equipo o material con un alto grado de riesgo por otro con riesgo menor. Es más factible la realización de un cambio de equipo como medida de control.
- 2. Aislamiento de la fuente de riesgo.** Este método se puede llevar a cabo por medio de barreras o distancia; puede ser la técnica más costosa y la menos usada probablemente. Comúnmente se utilizan la extracción y la ventilación, aunque actualmente existen muchos procesos que se manejan a control remoto o por medio de robots; la extracción del agente siempre debe considerar que se cubra, tanto como sea posible, al proceso o equipo involucrado, además de que se debe asegurar que la dirección del aire sea siempre hacia la toma o campana.

3. Protección del trabajador. Este debe ser considerado como el último recurso para el control ambiental y que se usará solo cuando se haya implantado un control de ingeniería. El equipo de protección personal será aceptado sin ningún problema mientras se implantan otros mecanismos de control, donde no se puedan implantar éstos, en exposiciones cortas donde no se considere práctico implantar otras técnicas, cuando existan riesgos de exposiciones súbitas como medida adicional de seguridad y en situaciones de emergencia.

4. Disminución de la exposición. (En algunos casos). En este caso se puede presentar el problema de que se puede aumentar el número de personas expuestas durante un tiempo de exposición menor, si es requerido por parte del proceso involucrado, lo cual implica que los posibles daños a la salud tiendan a incrementarse, ya que éstos dependen en gran medida de la susceptibilidad de cada persona, como se ha mencionado anteriormente.

Basándose en estos principios, el control de agentes químicos (o físicos, biológicos, etc., según sea el caso), debe planearse primero tomando en consideración la eliminación total del agente; si esto no fuera posible, debe realizarse su aislamiento o extracción del ambiente donde se encuentre el trabajador; de no ser factible esto, o mientras se implanta alguno de los anteriores, se puede proporcionar equipo de

CAPÍTULO IV

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

protección personal al personal involucrado; en el caso de no poder implantar alguna de las estrategias anteriores, y solo en casos muy especiales por los requerimientos del proceso, se puede reducir el tiempo de exposición límites tales que aseguren al mínimo las probabilidades de daños.

En el anexo B de esta tesis se muestra un ejemplo sobre la realización de un monitoreo de un ambiente laboral, con todos los aspectos que deben ser tomados en cuenta para realizar la evaluación de un ambiente laboral. En este apartado, se vierten de manera práctica los conceptos desarrollados en este sentido con el fin de realizar de una mejor manera la evaluación de un ambiente de trabajo.

No se muestran los datos completos debido a que por políticas de la empresa que facilitó la labor de monitoreo, y de la empresa donde se realizó éste, se los resultados obtenidos se manejan de manera confidencial.

REFERENCIAS DE ESTE CAPÍTULO:

7 - 8 - 12 - 13 - 14 - 15 - 24 - 25 - 30 - 31 - 35 - 36 - 37 - 38 - 52 -
53 - 54 - 56 - 57 - 58.

Autor:

Victor José Cruz Guzmán.

Página IV- 45

CONCLUSIONES.

Después de haber realizado la recopilación de toda la información requerida para la realización de esta tesis, he descubierto que el estudio completo de todas las variables que involucran la realización de una evaluación completa de un ambiente laboral, es prácticamente imposible de realizar por una sola persona de manera aislada, ya que es necesario contar con una amplia gama de conocimientos, aptitudes, experiencia y recursos de todos tipos, por lo cual es necesario contar con el apoyo de diferentes especialistas para realizar una tarea confiable y correcta.

En este sentido, con la elaboración de esta tesis, he observado el amplio campo de acción que enmarca la Higiene Industrial y la necesidad de conocer más acerca de ésta. En un principio tenía ideas vagas y un tanto confusas acerca de la Higiene Industrial en específico, mismas que se han aclarado totalmente, y me han abierto nuevas perspectivas acerca de mi posterior desarrollo profesional. Con respecto a ello, sé que requiero profundizar y ampliar más mis conocimientos acerca de esta ciencia, además de iniciar con la adquisición de experiencia en la misma, ya que es indispensable contar con ella para realizar la aplicación de esta disciplina de la mejor manera posible.

Por otro lado, de manera más específica al trabajo desarrollado, puedo decir sin ninguna duda que este tipo de evaluaciones deben

CAPÍTULO V.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

realizarse de una manera continua en los centros de trabajo; sin embargo, sé que esto no es una tarea sencilla ni barata, ni nueva dentro de las industrias, por lo que mi propuesta básica es que se deben abrir o generar nuevos espacios especializados en estas labores, con la consiguiente capacitación y entrenamiento que debe iniciar desde las etapas más tempranas del aprendizaje profesional, o sea, en el transcurso de la carrera de Ingeniería Química. Un recién egresado de esta carrera debe contar con las herramientas necesarias para su desarrollo posterior en cualquier área; en el caso particular de la Higiene Industrial, estas herramientas deben involucrar conocimientos firmes en Química Orgánica e Inorgánica, Toxicología, Seguridad Industrial, Termodinámica, Procesos Industriales, Estadística, Química Analítica, Actividades de Laboratorio, Bioquímica, Ingeniería Ambiental, Relaciones Humanas, por mencionar algunas de las más importantes de manera enunciativa y no numerativa. Todas estas ramas del conocimiento son brindadas en la carrera, pero a mi criterio se debería desarrollar más el estudio de éstas en específico, ya que en muchas ocasiones las cátedras no son lo suficientemente satisfactorias; estoy consciente de que esto no es sencillo, además de que se requiere del aporte del alumno para lograr esta meta, pero mi propuesta es que se motive más sobre el conocimiento de estas disciplinas, mencionando el campo de aplicación tan grande y fascinante, además de importante, que tienen dentro de la Higiene Industrial.

CAPÍTULO V.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

En otro orden de ideas, considero que la selección de estos tres agentes químicos, (benceno, tolueno y xileno), ha sido correcta, ya que tienen un campo de aplicación muy importante dentro de la industria, además de que tienen propiedades químicas, físicas y toxicológicas muy especiales, como se habrá notado, por lo que yo creo que este trabajo puede ser una herramienta muy útil para conocer los riesgos involucrados en el manejo de estos disolventes orgánicos, la manera de cuantificarlos, y establecer algún mecanismo de control; estas tareas pueden establecerse en los laboratorios de la Facultad de Química, por ejemplo, aunque con las consideraciones necesarias ya que son condiciones diferentes a las que se han tomado como soporte para el desarrollo de esta Tesis. Este trabajo también sugiere la necesidad de una actualización constante de los conceptos vertidos, ya que día con día aparecen nuevos conocimientos acerca de los mismos, por lo que yo considero que esta tesis no debe ser tomada como una guía fiel para realizar la evaluación de un ambiente laboral, sino debe ser considerada como un soporte para futuros desarrollos en esta área.

Con respecto a los resultados obtenidos de la evaluación de benceno, tolueno y xileno en los centros de trabajo que se obtuvieron, se puede observar que en ellos existen concentraciones de exposición muy bajas con respecto a los estándares establecidos, lo cual significa que existe una preocupación real por parte de los responsables en el sentido de brindar las mejores condiciones de trabajo, además de que dicha preocupación no está determinada únicamente por la necesidad

CAPÍTULO V

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

de cumplir con los requerimientos legales, sino que se tiene el objetivo de conservar la salud de los trabajadores, ya que con ello se obtiene un mejor rendimiento de los mismos; esto también significa que los procesos se encuentran en óptimas condiciones de operación, lo que los hace más rentables. Con respecto al caso particular del benceno, se observó una tendencia generalizada acerca de su eliminación en los procesos industriales, debido a sus propiedades tan tóxicas y peligrosas; tanto el tolueno como el xileno siguen siendo utilizados en mayor medida, aunque con todas las precauciones en su manejo que sean posibles.

En otro orden de ideas, en el desarrollo del muestreo con los métodos descritos, se observó que éstos brindan resultados confiables, siempre y cuando sean realizados con todas las recomendaciones citadas; por esta razón, y mientras no surja otra técnica mejor, se recomienda utilizar una bomba de muestreo con las características mencionadas, como medio de colección para estos tres disolventes a los tubos de carbón activado, como técnica de análisis a la cromatografía de gases, y como patrón de referencia además de los niveles máximos permisibles establecidos por la STPS en la NOM – 10 – STPS – 1993 a los valores TLV© de la ACGIH lo más actualizados que sea posible para cada uno de los disolventes. Estas actividades deben ser realizadas por personal capacitado y reconocido por las instancias legales y por la comunidad industrial, ya que de no ser así, se pueden obtener resultados erróneos.

CAPÍTULO V.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

Finalmente, puedo concluir con certeza que es necesario realizar con mayor profundidad estudios acerca de los efectos ocasionados por estos agentes en la salud de las personas para actualizarlos, además de que estos estudios deben ser puestos a disposición de los higienistas industriales y médicos con la mayor brevedad posible, para que cuenten con más herramientas para lograr el objetivo final de una evaluación de un ambiente laboral: **obtener y brindar las condiciones de trabajo más seguras para la salud de las personas involucradas.**

ANEXO A

Hoja de datos para el muestreo.

ANEXO A

Tesis: EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGANICOS AROMATICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

**INFORME VERIFICATIVO DE EXPOSICIÓN DEL TRABAJO
Hoja De Datos Para el Muestreo.**

No. De muestra: _____ Fecha: _____ Tipo de muestreo: _____
 Sitio de muestreo: _____
 Nombre del trabajador evaluado: _____
 Temperatura ambiente: _____ ° C. Presión Atmosférica: _____ mmHg.
 Responsable de la toma de muestra: _____

DESCRIPCIÓN DEL TREN DE MUESTREO. (Señalar con: sí o no)
 Filtro: _____; Impactor enano: _____; Trampa de humedad: _____
 Bomba de muestreo: _____

DATOS DE CALIBRACIÓN.
 No. De equipo de muestreo: _____ Marca: _____ Modelo: _____
 Fecha de calibración: _____ Hora de calibración: _____
 No. Serie calibrador: _____ Responsable calibr. _____

	1	2	3	4	5	Promedio
Lecturas (cc/min)						

VERIFICACIÓN DEL FLUJO AL FINAL DEL MUESTREO.
 Fecha de calibración: _____ Hora de calibración: _____
 No. Serie calibrador: _____ Responsable calibr. _____

	1	2	3	4	5	Promedio
Lecturas (cc/min)						

Análisis químico solicitado: _____
 Método análisis: _____ Interferencias: _____
 Hora inicio toma de muestra: _____ Hora final toma muestra: _____
 Fecha inicio muestreo: _____ Fecha final muestreo: _____
 Condiciones de operación evaluadas: _____

 Métodos de control existentes: _____
 Tipo de protección personal utilizada: _____

ANEXO B

Determinación del nivel de Exposición a Benceno, Tolueno y Xileno en el Ambiente Laboral.

DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN A BENCENO, TOLUENO Y XILENO EN EL AMBIENTE LABORAL.

OBJETIVOS:

Determinar el nivel de exposición laboral a benceno, tolueno y xileno manejados en las distintas áreas involucradas en una empresa de lacas y barnices, involucrada con el manejo de disolventes orgánicos aromáticos.

CONTAMINANTES CONSIDERADOS:

- Benceno
- Tolueno
- Xileno

METODOLOGÍA:

Para el desarrollo del trabajo de muestreo se seleccionaron los puestos y condiciones de exposición de mayor riesgo. Todas las muestras que se tomaron fueron de tipo personal y se realizaron bajo condiciones normales de operación de la planta.

ANEXO B.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

Para la toma de muestras se utilizaron instrumentos portátiles de muestreo de aire, cuyo flujo fue calibrado antes y después de cada muestra, utilizando un calibrador electrónico de burbuja de jabón, con el cual es posible conocer con precisión el volumen de aire de muestra.

Las muestras de vapores orgánicos originados por: benceno, tolueno y xileno, se tomaron utilizando tubos empacados con carbón activado y se analizaron por cromatografía de gases con detector de ionización de llama.

La toma y análisis de las muestras se realizaron siguiendo lo establecido en las siguientes metodologías.

Benceno

NOM – 045 – STPS – 93. "Higiene Industrial, Medio Ambiente Laboral.
Determinación de **Benceno** en aire.
Método de Cromatografía de Gases"

Tolueno

NOM – 050 – STPS – 93 "Higiene Industrial, Medio Ambiente Laboral.
Determinación de **Tolueno** en aire.
Método de Cromatografía de Gases"

Xileno

NOM – 047 – STPS – 93 "Higiene Industrial, Medio Ambiente Laboral.
Determinación de **Xileno** en aire.
Método de Cromatografía de Gases"

ANEXO B.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

Los resultados obtenidos se compararon con los valores máximos permisibles de exposición establecidos en la NOM – 010 – STPS – 1993, Relativo a las condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo donde se Produzcan, Almacenen o Manejen Sustancias Químicas Capaces de Generar Contaminación en el Ambiente Laboral.

Los períodos de muestreo utilizados en la mayoría de las muestras fueron de 5 a 7 horas, para comparar los resultados de éstas contra los niveles máximos permisibles tipo concentración ponderada en el tiempo para 8 horas de exposición.

En las siguientes operaciones se tomaron muestras de periodos cortos para comparar los resultados contra los niveles máximos permisibles tipo concentración para exposición de corto tiempo:

(CCT o TLV – STEL)

M 7: Exposición a Xileno durante toma de muestras a análisis en el área de envasado de producto final.

M 8: Exposición a Xileno en el área de embarques del producto terminado.

En la tabla de resultados se presenta además una comparación con los Valores Umbral Límite, TLV© recomendados por la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) de los Estados Unidos de America.

EQUIPO UTILIZADO

- Instrumentos portátiles para muestreo de aire marca: Gilian, modelo GilAir.
- Calibrador de Flujo Electrónico Marca Gilian Modelo Gilibrator.
- Cromatógrafo de gases Varian, modelo G-Star, 3400X, equipado con software star versión 4, con columnas capilares y detector de ionización de llama.

CONCLUSIONES.

De acuerdo a la tabla de resultados que se ha presentado, puede concluirse que en ningún caso se rebasa los niveles máximos permisibles de exposición indicados en la NOM -010 - STPS - 93.

Mediante la observación de los coeficientes de exposición, se nota que todas las operaciones evaluadas en esta empresa pueden ser consideradas como ampliamente seguras con respecto a la salud de los trabajadores, ya que estos resultados demuestran que se tiene una exposición muy pequeña.

ANEXO B

Tesis: *EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL*

INFORME DE EVALUACIÓN

ETERMINACION DEL NIVEL DE EXPOSICION A BENCENO, TOLUENO Y XILENO EN AMBIENTE LABORAL

Ubicación de fecha y hora en la toma de muestra

Muestra	Area	Contaminante	Fecha inicio	Fecha final	Hora inicio	Hora final
M1	Laboratorio Aseg. Calidad	Benceno	30/09/97	30/09/97	11:25	17:26
M2	Envasado producto final	Benceno	30/09/97	30/09/97	11:00	17:00
M3	Laboratorio Aseg. Calidad	Tolueno	30/09/97	30/09/97	11:03	17:05
M4	Envasado producto final	Tolueno	30/09/97	30/09/97	11:03	17:06
M5	Laboratorio Aseg. Calidad	Xileno	1/10/97	1/10/97	11:30	17:30
M6	Envasado producto final	Xileno	1/10/97	1/10/97	11:05	17:05
M7	Envasado producto final	Xileno	1/10/97	1/10/97	11:20	12:20
M8	Embarques	Xileno	20/10/97	20/10/97	11:30	12:30

2. Memoria de Calculo Hoja de cálculo para compuestos orgánicos

No. de muestra	No. de tubo	Determinación	Estandar Patrón			Muestra						Total mg/m ³	
			Area standard	µL	Densidad	Cantidad mg	Tiempo muestreo (min)	Flujo (mL/min)	Vol. m ³	Area de muestra	mg muestra		CONC. mg/m ³
M1	91A	BENCENO	31864	1	0.88	0.88	361	216.5	0.078	0	0.000	0.000	0.000
	91B	BENCENO	31864	1	0.88	0.88	361	216.5	0.078	0	0.000	0.000	0.000
M2	92A	BENCENO	31864	1	0.88	0.88	360	214.5	0.077	0	0.000	0.000	0.000
	92B	BENCENO	31864	1	0.88	0.88	360	214.5	0.077	0	0.000	0.000	0.000
M3	93A	TOLUENO	28872	1	0.94	0.94	362	212.5	0.077	26	0.001	0.011	0.012
	93B	TOLUENO	28872	1	0.94	0.94	362	212.5	0.077	3	0.000	0.001	0.001
M4	94A	TOLUENO	28872	1	0.94	0.94	363	214.5	0.078	35	0.001	0.015	0.017
	94B	TOLUENO	28872	1	0.94	0.94	363	214.5	0.078	5	0.000	0.002	0.002
M5	95A	XILENO	22270	1	0.87	0.87	360	190.5	0.069	20	0.001	0.011	0.013
	95B	XILENO	22270	1	0.87	0.87	360	190.5	0.069	2	0.000	0.001	0.001
M6	96A	XILENO	22270	1	0.87	0.87	365	190.5	0.070	5	0.000	0.003	0.003
	96B	XILENO	22270	1	0.87	0.87	365	190.5	0.070	1	0.000	0.001	0.001
M7	97A	XILENO	22270	1	0.94	0.94	60	221.5	0.013	5	0.000	0.016	0.019
	97B	XILENO	22270	1	0.94	0.94	60	221.5	0.013	1	0.000	0.003	0.003
M8	98A	XILENO	22270	1	0.87	0.87	60	224.0	0.013	3	0.000	0.009	0.012
	98B	XILENO	22270	1	0.87	0.87	60	224.0	0.013	1	0.000	0.003	0.003

ANEXO B

Tesis: EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

DETERMINACIÓN DEL NIVEL DE EXPOSICIÓN A BENCENO, TOLUENO Y XILENO EN AMBIENTE LABORAL

Resumen de resultados

Tabla de resultados

Muestra	Area	Agente Químico.	Conc. (mg/m ³)	Niveles de Referencia. (mg/m ³)			Coef. de exposición
				STPS	ACGIH, 1998		
				CPT	TWA	STEL	
M1	Laboratorio de Aseguramiento Calidad	Benceno	N. D.	1.6	0	8	0.0000
M2	Envasado de Producto Final.	Benceno	N. D.	1.6	1.6	8	0.0000
M3	Laboratorio de Aseguramiento Calidad	Tolueno.	0.0080	190	188.4	-----	0.000042
M4	Envasado de Producto Final.	Tolueno.	0.0110	190	188.4	-----	0.000058
M5	Laboratorio de Aseguramiento Calidad	Xileno	0.0040	435	434.2	651.3	0.000009
M6	Envasado de Producto Final.	Xileno	0.0010	435	434.2	651.3	0.000002
M7	Envasado de Producto Final.	Xileno	0.0090	435	434.2	651.3	0.000014
M8	Embarques	Xileno	0.0040	435	434.2	651.3	0.000006

. : No Detectado por el equipo de análisis.

Coeficiente de Exposición = $\frac{\text{Conc. de contaminante}}{\text{Nivel de referencia requerido}}$

ANEXO C
Cromatogramas.

ANEXO C.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS.

A continuación se muestran los cromatogramas obtenidos para las soluciones estándar patrón de Benceno, Tolueno y Xileno.

Las operaciones involucradas con los resultados obtenidos están anotadas en la memoria de cálculo. La descripción de éstas es la que sigue:

a)

$$\text{Conc. contaminante} = \frac{(\text{masa muestra})}{(\text{vol. aire muestreado})} [=] \text{mg/m}^3$$

b)

$$\text{Masa muestra} = \frac{\text{Area de muestra}}{\text{Area de estándar patrón}} * (\text{densidad contam.}) (\text{vol. patrón}) [=] \text{mg}$$

c)

$$\text{Volumen aire muestreado} = \frac{(\text{tiempo muestreo})(\text{flujomuestreo})}{(1000000)} [=] \text{m}^3$$

con las siguientes unidades:

Masa muestra: **mg**.

Volumen aire muestreado: **m³**.

Area del estándar y la muestra: **adimensional**.

Densidad muestra: **g/mL**.

Volumen patrón de contaminante inyectado al cromatógrafo: **μL**.

Tiempo muestreo: **min**.

Flujo muestreo: **mL/min**.

Los cromatogramas de los estándares se muestran en las hojas siguientes. El primero corresponde a un blanco de bisulfuro de carbono con el cual se hizo la desorción del carbón activado para observar impurezas; se encontró una de benceno que no interfiere en las determinaciones posteriores ya que fue tomado en cuenta.

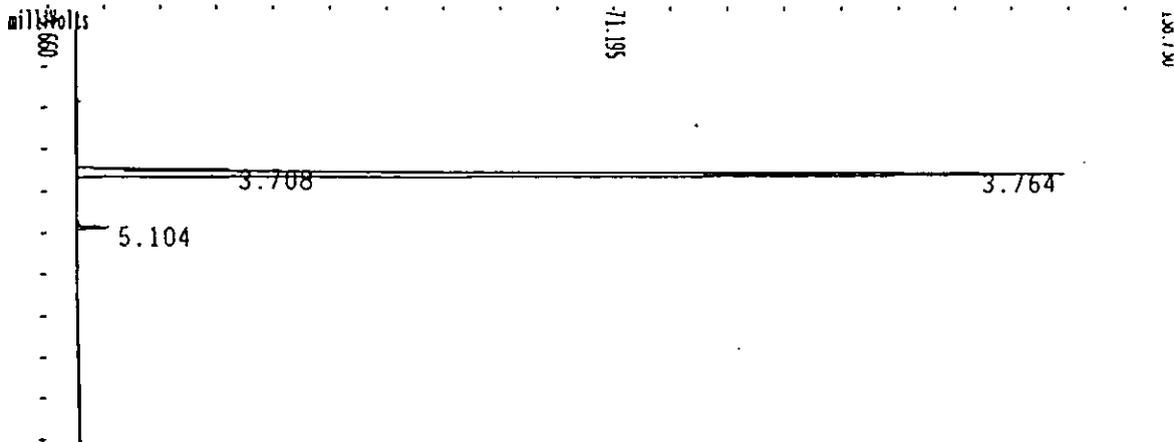
Run File : C:\STAR\MODULE16\tmm013.RUN
Method File : C:\STAR\ALTOPEB.MTH
Sample ID : Blanco Reactivo

Injection Date: 10-SEP-98 2:13 PM Calculation Date: 10-SEP-98 2:23 PM

Operator : GHM Detector Type: ADCB (10 Volts)
Workstation: MS-DOS_6 Bus Address : 16
Instrument : Varian Star #1 Sample Rate : 40.00 Hz
Channel : A = A Run Time : 10.400 min

***** Star Chromatography Software ***** Version 4.0 *****

Chart Speed = 0.70 cm/min Attenuation = 58 Zero Offset = 2%
Start Time = 0.000 min End Time = 10.400 min Min / Tick = 1.00



File : C:\STAR\MODULE16\tmm013.RUN
Mod File : C:\STAR\ALTOPEB.MTH
Sample ID : Blanco Reactivo

Injection Date: 10-SEP-98 2:13 PM Calculation Date: 10-SEP-98 2:23 PM

Operator : GHM Detector Type: ADCB (10 Volts)
Injection Station: MS-DOS_6 Bus Address : 16
Instrument : Varian Star #1 Sample Rate : 40.00 Hz
Injection Volume : A = A Run Time : 10.400 min

***** Star Chromatography Software ***** Version 4.0 *****

Mode : Analysis
Injection Measurement: Peak Area
Injection Calculation Type: Percent

Peak No.	Peak Name	Result (min)	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes
1		6.1935	3.708	0.000	4400	BV	2.3	
2		92.1985	3.764	0.000	65500	VB	5.5	
3		1.6079	5.104	0.000	1142	VB	2.7	
Totals:		99.9999		0.000	71042			

Total Unidentified Counts : 71043 counts

Accepted Peaks: 5 Rejected Peaks: 2 Identified Peaks: 0

Injection Volume Standard: N/A Multiplier: 1.000000 Divisor: 1.000000

Injection Volume Offset: -1 microVolts

Injection Volume (used): 50 microVolts - monitored before this run

Injection Volume Injection

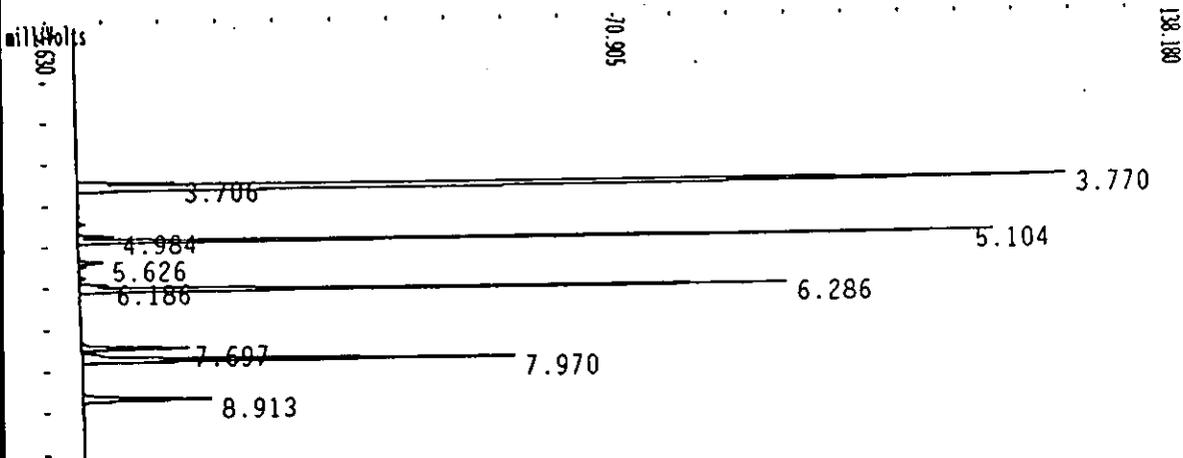
File : C:\STAR\MODULE16\tmm014.RUN
Method File : C:\STAR\ALTOPEB.MTH
Sample ID : Std. 1 ul c/u

Injection Date: 10-SEP-98 2:31 PM Calculation Date: 10-SEP-98 2:41 PM

Operator : GHM Detector Type: ADCB (10 Volts)
Workstation: MS-DOS_6 Bus Address : 16
Instrument : Varian Star #1 Sample Rate : 40.00 Hz
Channel : A = A Run Time : 10.400 min

***** Star Chromatography Software ***** Version 4.0 *****

Flow Rate = 0.70 cm/min Attenuation = 58 Zero Offset = 2%
Start Time = 0.000 min End Time = 10.400 min Min / Tick = 1.00



File : C:\STAR\MODULE16\tmm014.RUN
 Mod File : C:\STAR\ALTOPEB.MTH
 File ID : Std. 1 ul c/u

Action Date: 10-SEP-98 2:31 PM Calculation Date: 10-SEP-98 2:41 PM

Operator : GHM Detector Type: ADCB (10 Volts)
 Station: MS-DOS_6 Bus Address : 16
 Instrument : Varian Star #1 Sample Rate : 40.00 Hz
 Inlet : A = A Run Time : 10.400 min

***** Star Chromatography Software ***** Version 4.0 *****

Mode : Analysis
 Measurement: Peak Area
 Calculation Type: Percent

Peak Name	Result ()	Ret. Time (min)	Time Offset (min)	Area (counts)	Sep. Code	Width 1/2 (sec)	Status Codes
1	1.8706	3.706	0.000	3144	BV	2.8	
2 CS ₂	39.1925	3.770	0.000	65868	VB	5.5	
3	0.8991	4.984	0.000	1511	BV	3.2	
4 Benzene	18.9598	5.104	0.000	31864	VB	2.6	
5	0.5610	5.626	0.000	943	VV	2.8	
6	0.7160	6.186	0.000	1203	PV	3.4	
7 Toluene	17.1794	6.286	0.000	28872	VB	3.1	
8	3.0990	7.697	0.000	5208	BV	3.5	
9 Xylene	13.2507	7.970	0.000	22270	VB	3.7	
0	4.2718	8.913	0.000	7179	BB	4.1	
Totals:	99.9999		0.000	168062			

Total Unidentified Counts : 168063 counts
 Accepted Peaks: 14 Rejected Peaks: 4 Identified Peaks: 0
 Amount Standard: N/A Multiplier: 1.000000 Divisor: 1.000000
 Baseline Offset: -1 microVolts
 Response (used): 60 microVolts - monitored before this run
 Manual injection

BIBLIOGRAFÍA.

REFERENCIAS.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

REFERENCIAS.

- 1. Encyclopedia of Chemical Technology**
Kirk – Othmer.
3ª Edición.
Vol. 13 "Higiene Industrial"
Páginas: 263 – 275.
- 2. Encyclopedia of Chemical Technology**
Kirk – Othmer.
3ª Edición.
Apéndice: "Toxicología"
Páginas: 360 – 395.
- 3. "Congreso Nacional de Seguridad 1996; memoria".**
Asociación Mexicana de Higiene Industrial, A. C.
México, D.F. 1996
Toxicología.
Páginas: 343 & ss.
- 4. "Introduction to Industrial Hygiene".**
Ronald M. Scott
1ª Edición;
Estados Unidos de América, 1995
Cap. 1: "Kinds of toxic effects".
Páginas: 3 & ss.
- 5. "Introduction to Industrial Hygiene".**
Ronald M. Scott
1ª Edición;
Estados Unidos de América, 1995
Cap. 2: "Measuring and reporting relative toxicity".
Páginas: 19 & ss.

REFERENCIAS

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

6. "Introduction to Industrial Hygiene".

Ronald M. Scott

1ª Edición;

Estados Unidos de América, 1995

Cap. 3: "Toxicokinetics".

Páginas: 45 & ss.

7. "Introduction to Industrial Hygiene".

Ronald M. Scott

1ª Edición;

Estados Unidos de América, 1995

Cap. 7: "Protecting the worker, part I: monitoring the plant atmosphere".

Páginas: 121 & ss.

8. "Introduction to Industrial Hygiene".

Ronald M. Scott

1ª Edición;

Estados Unidos de América, 1995

Cap. 7: "Protecting the worker, part II: providing clean air".

Páginas: 151 & ss.

9. Curso de Higiene Industrial.

Servicios técnicos de Prevención de MAPFRE, Mutua Patronal de Accidentes de Trabajo.

Editorial MAPFRE, 1ª Edición.

España, 1985

Cap. 1: "Introducción a la Higiene Industrial"

Páginas: 1 – 10.

10. Curso de Higiene Industrial.

Servicios técnicos de Prevención de MAPFRE, Mutua Patronal de Accidentes de Trabajo.

Editorial MAPFRE, 1ª Edición.

España, 1985

Cap. 3: "Contaminantes Químicos"

Páginas: 37 – 59.

REFERENCIAS.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

11. Curso de Higiene Industrial.

Servicios técnicos de Prevención de MAPFRE, Mutua Patronal de Accidentes de Trabajo.

Editorial MAPFRE, 1ª Edición.

España, 1985

Cap. 4: "Toxicología de los contaminantes químicos"

Páginas: 73 – 102.

12. Curso de Higiene Industrial.

Servicios técnicos de Prevención de MAPFRE, Mutua Patronal de Accidentes de Trabajo.

Editorial MAPFRE, 1ª Edición.

España, 1985

Cap. 5: "Evaluación Ambiental de los riesgos producidos por los contaminantes químicos"

Páginas: 125 – 149.

13. Curso de Higiene Industrial.

Servicios técnicos de Prevención de MAPFRE, Mutua Patronal de Accidentes de Trabajo.

Editorial MAPFRE, 1ª Edición.

España, 1985

Cap. 6: "Muestreo de contaminantes químicos"

Páginas: 159 – 188.

14. Curso de Higiene Industrial.

Servicios técnicos de Prevención de MAPFRE, Mutua Patronal de Accidentes de Trabajo.

Editorial MAPFRE, 1ª Edición.

España, 1985

Cap. 7: "Análisis de los contaminantes químicos"

Páginas: 191, 224 – 236.

REFERENCIAS.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

15. Curso de Higiene Industrial.

Servicios técnicos de Prevención de MAPFRE, Mutua Patronal de Accidentes de Trabajo.

Editorial MAPFRE, 1ª Edición.

España, 1985

Cap. 8: "Control de los contaminantes químicos"

Páginas: 243 – 299.

16. Curso de Higiene Industrial.

Servicios técnicos de Prevención de MAPFRE, Mutua Patronal de Accidentes de Trabajo.

Editorial MAPFRE, 1ª Edición.

España, 1985

Cap. 8: "Contaminantes químicos en algunos procesos industriales"

Páginas: 305 – 392.

17. Handbook of Toxic and Hazardous Chemicals".

Marshall Sittig.

Noyes Publications.

3ª Edición;

Estados Unidos de América, 1991

"Benceno"

Página: 75 & ss.

18. Handbook of Toxic and Hazardous Chemicals".

Marshall Sittig.

Noyes Publications.

3ª Edición;

Estados Unidos de América, 1991

"Tolueno"

Página: 659 & ss.

19. Handbook of Toxic and Hazardous Chemicals".

Marshall Sittig.

Noyes Publications.

3ª Edición;

Estados Unidos de América, 1991

"Xileno"

Página: 714 & ss.

REFERENCIAS.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

20. **"Nociones Básicas de Toxicología"**.
Nilda A.G.G. de Fernícola; Pedro Jauge.
Centro panamericano de ecología humana y salud.
Organización Panamericana de la Salud.
OMS.
México, 1985.

21. **"Patty's Industrial Hygiene and Toxicology"**.
G.D. Clayton & F.F. Clayton.
John Wiley & sons, inc.
3ª Edición;
New York, 1981
Vol. I: "General Principles".
Cap. 1: " Industrial Hygiene: Retrospect and Prospect"
Páginas: 1 & ss.

22. **"Patty's Industrial Hygiene and Toxicology"**.
G.D. Clayton & F.F. Clayton.
John Wiley & sons, inc.
3ª Edición;
New York, 1981
Vol. I: "General Principles".
Cap. 4: " The Industrial Hygiene Survey and Personnel"
Páginas: 99 & ss.

23. **"Patty's Industrial Hygiene and Toxicology"**.
G.D. Clayton & F.F. Clayton.
John Wiley & sons, inc.
3ª Edición;
New York, 1981
Vol. I: "General Principles".
Cap. 6: " The mode of entry and action of toxic materials"
Páginas: 135 & ss.

REFERENCIAS.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

24. "Patty's Industrial Hygiene and Toxicology".

G.D. Clayton & F.F. Clayton.

John Wiley & sons, inc.

3ª Edición;

New York, 1981

Vol. I: "General Principles".

Cap. 17: " Industrial Hygiene sampling and analysis"

Páginas: 707 & ss.

25. "Patty's Industrial Hygiene and Toxicology".

G.D. Clayton & F.F. Clayton.

John Wiley & sons, inc.

3ª Edición;

New York, 1981

Vol. I: "General Principles".

Cap. 18: " Industrial Hygiene engineering controls"

Páginas: 771 & ss.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

26. "Patty's Industrial Hygiene and Toxicology".

G.D. Clayton & F.F. Clayton.

John Wiley & sons, inc.

3ª Edición;

New York, 1981

Vol. I: "General Principles".

Cap. 23: " Potential exposures in industry – their recognition and control"

Páginas: 1149 & ss.

27. "Patty's Industrial Hygiene and Toxicology".

G.D. Clayton & F.F. Clayton.

John Wiley & sons, inc.

4ª Edición;

New York, 1991

Vol. II: "Toxicology".

Cap. 1: " Industrial Toxicology: retrospect and prospect".

Páginas: 1 & ss.

Autor:

Victor José Cruz Guzmán.

Página VI

REFERENCIAS.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

28. "Patty's Industrial Hygiene and Toxicology".

G.D. Clayton & F.F. Clayton.

John Wiley & sons, inc.

4ª Edición;

New York, 1991

Vol. II: "Toxicology".

Cap. 21: " Aromatic Hydrocarbons".

Páginas: 1301 – 1339.

29. "Handbook of Occupational Safety and Health".

Edited by: Lawrence Slote.

John Wiley & sons, inc.

1ª Edición;

New York, 1987

Part V: Occupational Safety and Health information.

Cap. 2: " How to locate information sources for occupational safety and health".

Páginas: 247 & ss.

30. "Handbook of Occupational Safety and Health".

Edited by: Lawrence Slote.

John Wiley & sons, inc.

1ª Edición;

New York, 1987

Part VII: Occupational Safety and Health information.

Cap. 20: " How to apply economic decision analysis techniques to occupational safety and health".

Páginas: 590 & ss.

31. "Monitoring for Health Hazards at Work".

Indira Ashton, Frank S. Gill

Blackwell Scientific Publications.

2ª Edición;

Oxford, 1992

REFERENCIAS.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

32. "Fundamentals of Industrial Hygiene".

Edited by: Barbara A. Plog; Jill Neland, et al.

National Safety Council.

4ª Edición;

Ithasca, Illinois, 1996

Part I: History and development.

Cap. 1: "Overview of industrial hygiene".

Páginas: 3 & ss.

33. "Fundamentals of Industrial Hygiene".

Edited by: Barbara A. Plog; Jill Neland, et al.

National Safety Council.

4ª Edición;

Ithasca, Illinois, 1996

Part III: Recognition of Hazards.

Cap. 6: "Industrial toxicology".

Páginas: 123 & ss.

34. "Fundamentals of Industrial Hygiene".

Edited by: Barbara A. Plog; Jill Neland, et al.

National Safety Council.

4ª Edición;

Ithasca, Illinois, 1996

Part III: Recognition of Hazards.

Cap. 7: "Gases, vapores and solvents".

Páginas: 153 & ss.

35. "Fundamentals of Industrial Hygiene".

Edited by: Barbara A. Plog; Jill Neland, et al.

National Safety Council.

4ª Edición;

Ithasca, Illinois, 1996

Part IV: Evaluation of Hazards.

Cap. 15: "Evaluation".

Páginas: 453 & ss.

REFERENCIAS.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

36. **"Fundamentals of Industrial Hygiene"**.
Edited by: Barbara A. Plog; Jill Neland, et al.
National Safety Council.
4ª Edición;
Itasca, Illinois, 1996
Part IV: Evaluation of Hazards.
Cap. 16: "Air sampling".
Páginas: 486 & ss.
37. **"Fundamentals of Industrial Hygiene"**.
Edited by: Barbara A. Plog; Jill Neland, et al.
National Safety Council.
4ª Edición;
Itasca, Illinois, 1996
Part IV: Evaluation of Hazards.
Cap. 17: "Direct – reading instruments for gases vapores and particulates".
Páginas: 509 & ss.
38. **"Fundamentals of Industrial Hygiene"**.
Edited by: Barbara A. Plog; Jill Neland, et al.
National Safety Council.
4ª Edición;
Itasca, Illinois, 1996
Part V: Control of Hazards.
Cap. 18: "Methods of control".
Páginas: 531 & ss.
39. **"The Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices"**.
Edited by: American Conference of Governmental Hygienists.
National Safety Council.
Año de edición: 1998
Páginas: 13 & ss.

REFERENCIAS.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL

41. **"Hojas de Datos de Seguridad en Disco Compacto"**.
Ed. By: Occupational Health Services, Inc.
Estados Unidos de América, 1991
"Benceno".

42. **"Hojas de Datos de Seguridad en Disco Compacto"**.
Ed. By: Occupational Health Services, Inc.
Estados Unidos de América, 1991
"Tolueno".

43. **"Hojas de Datos de Seguridad en Disco Compacto"**.
Ed. By: Occupational Health Services, Inc.
Estados Unidos de América, 1991
"Xileno".

44. **"Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials"**.
Revised by: Richard Lewis Sr.
Van Nostrand Reinhold Company, Base de datos en CD
8ª Edición
New York 1994
"Benceno".

45. **"Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials"**.
Revised by: Richard Lewis Sr.
Van Nostrand Reinhold Company, Base de datos en CD
8ª Edición
New York 1994
"Tolueno".

46. **"Sax's Dangerous Properties of Industrial Materials"**.
Revised by: Richard Lewis Sr.
Van Nostrand Reinhold Company, Base de datos en CD
8ª Edición
New York 1994
"Xileno".

REFERENCIAS.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

47. **"Hawley's Condensed Chemical Dictionary"**.
Revised by: Richard J. Lewis Sr.
Van Nostrand Reinhold Company, Base de datos en CD
12ª Edición
New York 1994
"Hidrocarburos Aromáticos, Aromaticidad".
48. **"Hawley's Condensed Chemical Dictionary"**.
Revised by: Richard J. Lewis Sr.
Van Nostrand Reinhold Company, Base de datos en CD
12ª Edición
New York 1994
"Benceno".
49. **"Hawley's Condensed Chemical Dictionary"**.
Revised by: Richard J. Lewis Sr.
Van Nostrand Reinhold Company, Base de datos en CD
12ª Edición
New York 1994
"Tolueno".
50. **"Hawley's Condensed Chemical Dictionary"**.
Revised by: Richard J. Lewis Sr.
Van Nostrand Reinhold Company, Base de datos en CD
8ª Edición
New York 1994
"Xileno".
51. **"Hawley's Condensed Chemical Dictionary"**.
Revised by: Richard J. Lewis Sr.
Van Nostrand Reinhold Company, Base de datos en CD
8ª Edición
New York 1994
"Petroquímicos, petróleo, etc.".
52. **"Occupational Exposure Sampling Strategy Manual"**.
Leidel, N. A; Busch, K.A; et al.
U. S. Department of Health, Education and Welfare". NIOSH
2ª Edición
USA 1994

REFERENCIAS.

TESIS:

EVALUACIÓN DE ALGUNOS DISOLVENTES ORGÁNICOS AROMÁTICOS EN EL AMBIENTE LABORAL.

53. "Higiene Industrial".

Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social No. 61

FREMAP, España, 1995

" Muestreo de contaminantes químicos".

Páginas: 1 – 26.

54. "Higiene Industrial".

Mutua de Accidentes de Trabajo y Enfermedades Profesionales de la Seguridad Social No. 61

FREMAP, España, 1995

" Análisis de contaminantes químicos".

Páginas: 3, 36 – 68.

55. " Anuario Estadístico de la Industria Química"

ANIQ, 1997.

56. "Apuntes de Higiene Industrial".

Rodríguez García Juan, CIH

México, D.F., 1997

57. "Manual de Métodos Analíticos".

National Institute of Occupational Safety and Health. (NIOSH)

Estados Unidos de América, 1995

Partes correspondientes a: Benceno, Tolueno y Xileno.

58. Normas Oficiales Mexicanas de la STPS 045, 045, 050.

59. "The Index Merck".

Artículos correspondientes a Benceno, Tolueno y Xileno.

60. "Química Orgánica"

Morrison, R. & Boyd R.

Addison – Wesley Iberoamericana, México, 1987.

2ª Edición en español.

Caps. 1, 8, 9 y 14.