

Balace de Solventes

Zona
Metropolitana
del Valle de
México



Agosto 2006



GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL
México, la Ciudad de la Esperanza



BALANCE DE SOLVENTES

ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO

CONTENIDO

PRESENTACIÓN	8
ACRÓNIMOS	9
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA EN EL ÁMBITO NACIONAL.....	13
II.1 PRODUCCIÓN DE LA PETROQUÍMICA SECUNDARIA	13
III. CONSUMO DE SOLVENTES.....	14
III.1 CONSUMO NACIONAL DE COMPUESTOS QUÍMICOS RELACIONADOS CON SOLVENTES.	14
III.2 CONSUMO PARA LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO DE COMPUESTOS QUÍMICOS RELACIONADOS CON SOLVENTES.....	15
IV. USOS DE LOS SOLVENTES EN LA INDUSTRIA.....	16
IV.1 USO DEL SOLVENTE EN OPERACIONES DE LIMPIEZA Y DESENGRASE	26
IV.2 USO DEL SOLVENTE EN LA ELABORACIÓN DEL PRODUCTO.....	30
IV.3 APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS	42
V. EMISIONES GENERADAS POR EL CONSUMO DE SOLVENTES EN LA INDUSTRIA DE LA ZMVM	50
V.1 EMISIONES AL AIRE	50
V.2 EMISIONES DE RESIDUOS PELIGROSOS	59
V.3 EMISIONES AL AGUA	60
VI. CONCLUSIONES.....	63
VII. BIBLIOGRAFÍA	65
ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS.....	66
ANEXO A. DESGLOSE A NIVEL NACIONAL.....	68
ANEXO B. METODOLOGÍA PARA LA SELECCIÓN DE PETROQUÍMICOS RELACIONADOS CON SOLVENTES A NIVEL NACIONAL.....	76
ANEXO C. DESGLOSE A NIVEL ZMVM.....	84
ANEXO D. OBTENCIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN PARA EL BALANCE DE SOLVENTES	93

DIRECTORIO

ALEJANDRO DE JESÚS ENCINAS RODRÍGUEZ
JEFE DE GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL

EDUARDO VEGA LÓPEZ
SECRETARIO DEL MEDIO AMBIENTE

J. VÍCTOR HUGO PÁRAMO FIGUEROA
DIRECTOR GENERAL DE GESTIÓN AMBIENTAL DEL AIRE

JORGE SARMIENTO RENTERÍA
DIRECTOR DE INVENTARIO DE EMISIONES Y FUENTES ESTACIONARIAS

COORDINADORES

Maria Cristina Ruiz Ramírez
Subdirectora de Fuentes Estacionarias

Saúl Rodríguez Rivera
Subdirector de Inventario y Modelación

INTEGRACIÓN DEL DOCUMENTO

José Luis Sagú González
Juan Carlos Enciso Ibarra
María Magdalena Armenta Martínez
María del Carmen Mendoza Pelcastre
Miguel Ángel Flores Román
Rogelio Jiménez Olivero

PRESENTACIÓN

El presente documento, identifica cuantos y que tipo de solventes se están consumiendo por los establecimientos industriales, algunos servicios y su utilización a escala comercial y doméstica todos ellos ubicados en la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM), la cual presenta graves problemas de calidad del aire sobre todo en la formación de ozono troposférico (O₃); sirviendo de base para establecer planes de prevención y control para el uso adecuado de los solventes.

En el Capítulo I de este documento, se describe la importancia del estudio para la Zona Metropolitana del Valle de México.

En el Capítulo II, se expone la situación de la industria petroquímica en el ámbito nacional abarcando los conceptos básicos desde su descripción hasta el comportamiento histórico de su producción del año 2001 al 2003.

En el Capítulo III, se hace una descripción del consumo de compuestos petroquímicos relacionados con solventes en la Zona Metropolitana del Valle de México.

En el Capítulo IV, se cuantifican los consumos de solventes para los tres principales usos en los diferentes establecimientos industriales, servicios a escala comercial y doméstica. Así mismo, se hace la identificación por compuesto de los principales solventes.

En el Capítulo V, se indican las emisiones generadas por el consumo de solventes en la industria de la ZMVM. Además se realiza un comparativo de las emisiones obtenidas en el balance de solventes y las obtenidas en el inventario de emisiones. Así mismo se presentan las estimaciones de residuos peligrosos publicadas en otros documentos y se hace una estimación muy general de la cantidad de emisiones.

Finalmente, en el Capítulo VI se presentan las conclusiones y recomendaciones donde se pueden apreciar los resultados obtenidos que permitirán a su vez, contar con las herramientas para una mejor gestión y control de la calidad del aire de esta Ciudad.

MTRO. EDUARDO VEGA LÓPEZ.

ACRÓNIMOS

AEP	Anuario Estadístico de la Petroquímica
ANAFAPYT	Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas A.C.
AP 42	Compilación de Factores de Emisión de contaminantes al aire, USEPA
BNE	Balance Nacional de Energía
BS-ZMVM	Balance de Solventes utilizados en la Zona Metropolitana del Valle de México
CANALAVA	Cámara Nacional de Lavanderías
CFC	Clorofluorocarbonos
CMAP	Clasificación Mexicana de Actividades y Productos
CONAPO	Consejo Nacional de Población
COT	Compuestos Orgánicos Totales
COV	Compuestos Orgánicos Volátiles
D.F.	Distrito Federal
DIEFE	Dirección de Inventarios de Emisiones y Fuentes Estacionarias
Edo. Méx.	Estado de México
USEPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de Norteamérica (Environment Protection Agency)
FE	Factor de Emisión
FISI	Fideicomiso para la investigación Sobre Inhalantes
Freón TF	1,1,2-Tricloro-1,2,2-trifluoroetano
GDF	Gobierno del Distrito Federal
GTZ	Sociedad Alemana de Cooperación Técnica
HC	Hidrocarburos
IE	Inventario de Emisiones
INEGI	Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática
IPN	Industria Petroquímica Nacional
Kg	Kilogramos
Lb	Libras
LAUDF	Licencia Ambiental Única para el Distrito Federal
MTBE	Metil Terbutil Eter
NOx	Óxidos de Nitrógeno
O₃	Ozono
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PIB	Producto Interno Bruto
PJ	Peta Joules
PVC	Cloruro de Polivinilo
SCC	Código de Clasificación Industrial de los EUA (Source Code Classification)
SE	Secretaría de Energía
SIEM	Sistema de Información Empresarial Mexicano
SMA	Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal
ton	Toneladas
ZMVM	Zona Metropolitana del Valle de México
SBR	Hule de estireno-butadieno

I. INTRODUCCIÓN

En la Zona Metropolitana del Valle de México, constituida por las 16 Delaciones políticas del Distrito Federal y 18 municipios conurbados del Estado de México, considerada una de las zonas más densamente pobladas del mundo, viven más de 18 millones de habitantes, los cuales en la mayoría de sus actividades cotidianas emplean solventes, a veces sin percatarse de su uso, de igual forma se han ubicado en la metrópoli, un gran número de industrias que son altamente consumidoras de este tipo de compuestos, por tal motivo surge como una necesidad cuantificar el volumen de solventes que está siendo utilizado en las actividades cotidianas de la gran urbe, así como identificar los diferentes compuestos que conforman estos solventes, y con esto evaluar con mayor precisión las emisiones provenientes de las diferentes actividades que los utilizan.

El uso de los solventes se relaciona principalmente con el proceso de separación, al disolver selectivamente un material de una mezcla, o al servir como auxiliar en la fabricación de materiales (casi siempre polímeros), reduciendo su viscosidad.

Por lo regular los solventes se encuentran formando parte de una mezcla ó también puede ser un solo producto, por lo que, algunas veces después de su utilización se recuperan y se vuelven a utilizar. La recuperación de solventes se debe principalmente al costo y a los problemas de contaminación y toxicidad que pueden causar, aunque en algunos casos como en la aplicación de pinturas en estructuras es casi imposible su recuperación, se utilizan solventes de bajo costo.

Como es sabido, los solventes son *“Cualquier Compuesto Orgánico Volátil que utilizado solo o combinado con otros agentes sin llevar a cabo algún cambio químico, disuelve materias primas, productos o residuos; también son agentes limpiadores, y se usan también como medios disolventes, dispersantes, así como para ajustar la viscosidad y la tensión superficial, pueden ser usados como plastificantes o como preservadores”*, Así mismo, podría significar cualquier compuesto orgánico que teniendo una temperatura de 293.15° K., presenta una presión de vapor de 0.01 kPa. o más, teniendo una correspondiente volatilidad inferior en las condiciones particulares de uso.¹

|

¹ Development of an improved product based approach for the calculation of NMVOC emission from solvent use in Germany and uncertainty analysis, Jochen Theloke, Rainer Friedrich; University of Stuttgart, Institute of Energy Economics and the Rational Use of Energy, Germany

Los solventes industriales pueden ser materiales puros o mezclas, provenientes de unas cuantas clases químicas como hidrocarburos, hidrocarburos clorados y solventes oxigenados (alcoholes, esteres, cetonas, éteres de glicol). También existen algunos solventes diversos de suma importancia como los solventes apróticos, como la dimetilformamida, que disuelve el poliacrilonitrilo, y el tetrahidrofurano, que disuelve el Cloruro de Polivinilo (PVC) y ciertos poliuretanos.

El presente estudio, se enfoca en determinar el uso de solventes en operaciones de limpieza y desengrase como componente en una formulación o como adelgazante de recubrimientos; identifica los giros que emplean la mayor cantidad de solventes y elabora de una manera sencilla un balance entre el consumo por tipo de solventes y las emisiones al aire, agua y residuos de estos compuestos. Los recubrimientos para superficies son un ejemplo del uso de solventes, como auxiliares en el proceso ya que es difícil formar una película a partir de un polímero sólido, por lo que es necesario que éste se encuentre en solución.

Además de la aplicación en los recubrimientos de superficies, los solventes son utilizados en gran variedad de fines por ejemplo: en la fabricación de películas fotográficas, en ingredientes de medicamentos, en productos para la salud y cosméticos, tintas, pulimentos, limpiadores, insecticidas y también se utilizan como intermediarios químicos.

Dentro de los planes del control de la contaminación en áreas urbanas de diferentes países, se especifican diferentes estrategias para limitar la generación de ozono (O_3). Estas se basan en el control de emisiones de Óxidos de Nitrógeno (NO_x) y Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), considerando no sólo su reactividad en el aire, sino también en el aumento de la radiación ultravioleta como consecuencia de la pérdida del ozono estratosférico.

Los hidrocarburos han dejado de constituir, por sí mismos, un parámetro de calidad del aire, debido a la amplia diversidad de especies y a sus diferentes propiedades tóxicas y reactivas. Por ello diversos hidrocarburos se regulan de manera independiente. Sin embargo, la principal razón para su control radica en que muchos de ellos son precursores de oxidantes fotoquímicos ya que su concentración en el medio ambiente, en los hombres y en los animales significa un alto riesgo ya que puede causar efectos para la salud.

Debido a lo anterior, la Dirección de Inventarios de Emisiones y Fuentes Estacionarias, integró el presente Balance de Solventes para la ZMVM y con ello determinar su influencia en la generación de emisiones de COV.

El desarrollo del éste análisis, contiene inicialmente una revisión de la información al Anuario Estadístico Petroquímica 2003, tanto de la producción nacional, así como las importaciones y exportaciones de los solventes, posteriormente se revisó la base de datos del Inventario de Emisiones 2004, elaborado por la Secretaría del Medio Ambiente del GDF, para caracterizar a la industria que de acuerdo con su giro utilizan estos compuestos como materias primas, lo cual sirvió para obtener el consumo de los diferentes solventes.

II. LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA EN EL ÁMBITO NACIONAL

La industria petroquímica, tiene la función principal de transformar el gas natural y algunos derivados del petróleo en materias primas para la fabricación de productos químicos, que a su vez, se transforman en plásticos, hules, fibras, pinturas, adhesivos, fertilizantes, pesticidas, solventes, productos farmacéuticos entre otros artículos empleados en las diferentes áreas de la actividad económica.

En México, esta industria se encuentra dividida en dos fracciones; la petroquímica básica en la que se comprende la producción de ocho productos (etano, propano, butano, pentano, hexano, heptano, materia prima para negro de humo y metano) que son los que dan inicio a todas las actividades petroquímicas y resultan de un primer proceso industrial (sólo el gobierno federal puede extraerlos); y la petroquímica secundaria, que comprende todos los derivados de los productos básicos.

La industria petroquímica es la plataforma fundamental para el crecimiento y desarrollo de importantes cadenas industriales como la textil y la del vestido; la automotriz y del transporte; la electrónica; el de la construcción; elaboración de plásticos; alimentos; fertilizantes; farmacéutica y química, entre otras.

II.1 Producción de la petroquímica secundaria

El Anuario Estadístico de la Petroquímica 2003, muestra un desglose por grupos de productos de la industria petroquímica secundaria (intermedia y final) del cual se desprende que en el 2002, la producción nacional de petroquímicos secundarios (intermedios y finales) fue de 16.1 millones de toneladas. La tabla 1, muestra la producción de todas las ramas de la petroquímica.

Tabla 1. Evolución de la producción en la industria petroquímica secundaria 2001-2003

PETROQUÍMICA SECUNDARIA		PRODUCCIÓN[Ton]		
		2001	2002	2003
INTERMEDIOS	<i>Intermedios</i>	10,131,960	9,846,244	9,848,749
FINALES	<i>Adhesivos</i>	66,812	63,182	56,467
	<i>Aditivos para alimentos</i>	21,552	21,595	20,793
	<i>Agentes tensoactivos</i>	545,982	467,791	469,962
	<i>Colorantes</i>	12,197	11,798	13,250
	<i>Elastómeros y negro</i>	266,622	277,778	296,555
	<i>Explosivos</i>	177,228	90,312	100,444
	<i>Farmoquímicos</i>	2,913	3,134	2,706
	<i>Fertilizantes nitrogenados</i>	1,603,051	1,063,909	978,086
	<i>Fibras químicas</i>	956,412	866,969	778,215
	<i>Hulequímicos</i>	4,512	4,703	4,222
	<i>Indicadores y catalizadores</i>	5,953	6,618	8,987
	<i>Materias primas de aditivos</i>	393,841	404,259	379,557
	<i>Plaguicidas</i>	23,836	23,521	18,113
	<i>Plastificantes</i>	71,797	67,334	66,324
	<i>Propelentes y refrigerantes</i>	24,503	26,263	29,265
	<i>Químicos aromáticos</i>	7,124	7,139	7,644
	<i>Resinas sintéticas</i>	2,729,193	2,836,186	2,937,549
	<i>Otras especialidades</i>	2,234	1,583	1,139
		TOTAL	17,047,722	16,090,318

Fuente: Anuario estadístico petroquímico 2003

Analizando la producción de petroquímicos secundarios, se observa una reducción de poco menos de un millón de toneladas entre los años de 2001 y 2002, sin embargo ésta es menor del 2002 al 2003 (72,291 toneladas).

III. CONSUMO DE SOLVENTES

III.1 Consumo nacional de compuestos químicos relacionados con solventes.

La producción nacional de petroquímicos secundarios en el año 2003, fue de 16'018,027 toneladas y de ellos los relacionados con solventes o recubrimientos fueron de 9'079,197 toneladas, lo que representa el 57% del total de la petroquímica secundaria. La metodología para determinar estas cantidades se encuentra descrita en el Anexo B de este documento.

Se importaron algunos compuestos que ascendieron a 5'858,791 toneladas y se exportaron 1'303,716 toneladas, resultando de esta manera que el consumo total nacional de petroquímicos secundarios relacionados con solventes durante el 2003 fue de 13'634,272 toneladas.

A manera de resumen de lo anterior la figura 1, muestra el consumo nacional de compuestos petroquímicos relacionados con solventes de una manera mucho más sencilla. La metodología para determinar estas cantidades se encuentra descrita en el Anexo B de este documento.

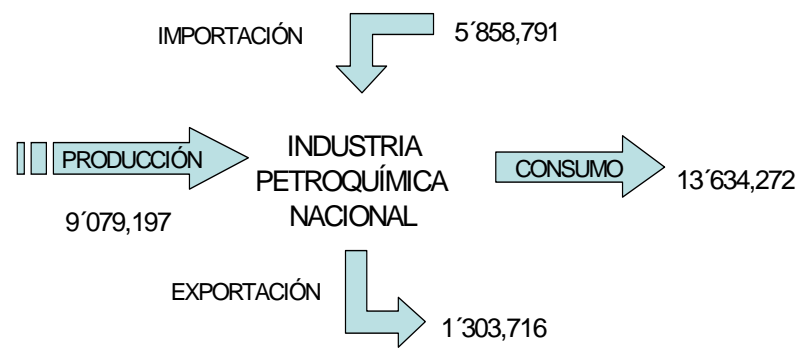


Figura 1. Consumo nacional de compuestos petroquímicos relacionados con solventes

III.2 Consumo para la Zona Metropolitana del Valle de México de compuestos químicos relacionados con solventes.

La figura 2, muestra el consumo de compuestos petroquímicos relacionados con solventes en la ZMVM, a la que se le atribuye un consumo de 1'568,415 toneladas anuales.

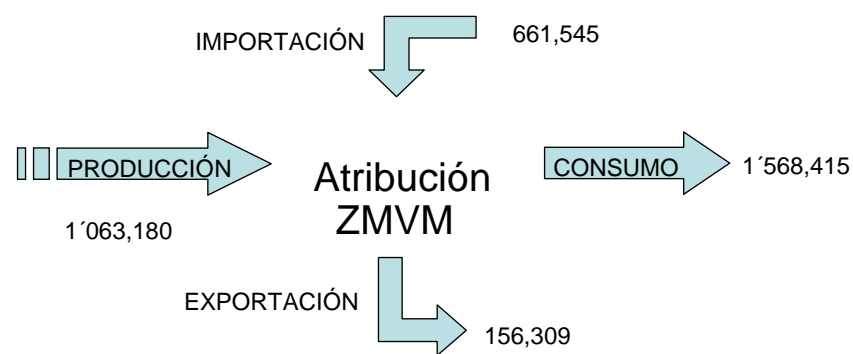


Figura 2. Consumo de la ZMVM de compuestos petroquímicos relacionados con solventes

A continuación en la figura 3, se puede observar que en el Estado de México se consumieron 1'215,522 toneladas de petroquímicos secundarios relacionados con solventes, cantidad mucho mayor que la que se consumió el Distrito Federal la cual es de 352,893 toneladas al año.

	PRODUCCIÓN	IMPORTACIÓN	EXPORTACION	CONSUMO
NACIONAL	16'018,027	11'273,561	2'804,507	24'487,081
	Relacionada con solventes			
	9'079,197	5'858,791	1'303,716	13'634,272
DF	Relacionada con solventes			
	239,216	148,848	35,170	352,893
EDO MEX	823,965	512,697	121,140	1'215,522
ZMVM	1'063,180	661,545	156,309	1'568,415

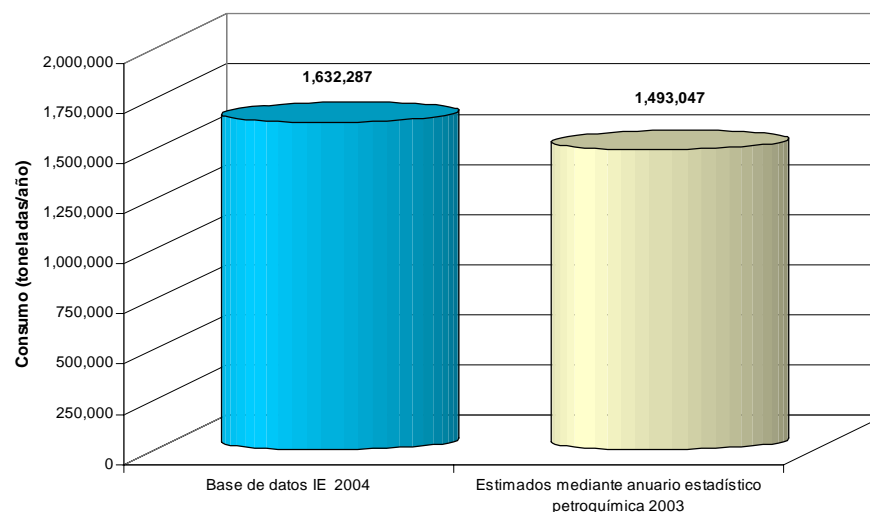
Nota: Los valores de consumo pueden variar a los de la tabla 5, dependiendo de los decimales empleados en el porcentaje respecto del Nacional.

Figura 3. Balance del consumo de petroquímicos relacionada con solventes en la ZMVM

IV. USOS DE LOS SOLVENTES EN LA INDUSTRIA

Hasta esta parte de este instrumento, se han determinado las cantidades del consumo en la Zona Metropolitana del Valle de México de aquellos compuestos petroquímicos relacionados con solventes, mediante datos reportados por el Anuario Estadístico de la petroquímica 2003, y debido a que en esta información no se realizó un desglose detallado por giro industrial, resultó necesario considerar la información de la Base de datos del Inventario de Emisiones 2004 y de esta forma realizar la distribución de acuerdo con las actividades realizadas.

Como primer paso se obtuvo el consumo reportado en el Inventario de emisiones 2004 localizándose una ligera diferencia entre ambos consumos, tal como se puede observar en la Gráfica 1. Cabe destacar que en el caso específico de productos que contienen solventes se considero que un 77% correspondía a solventes.

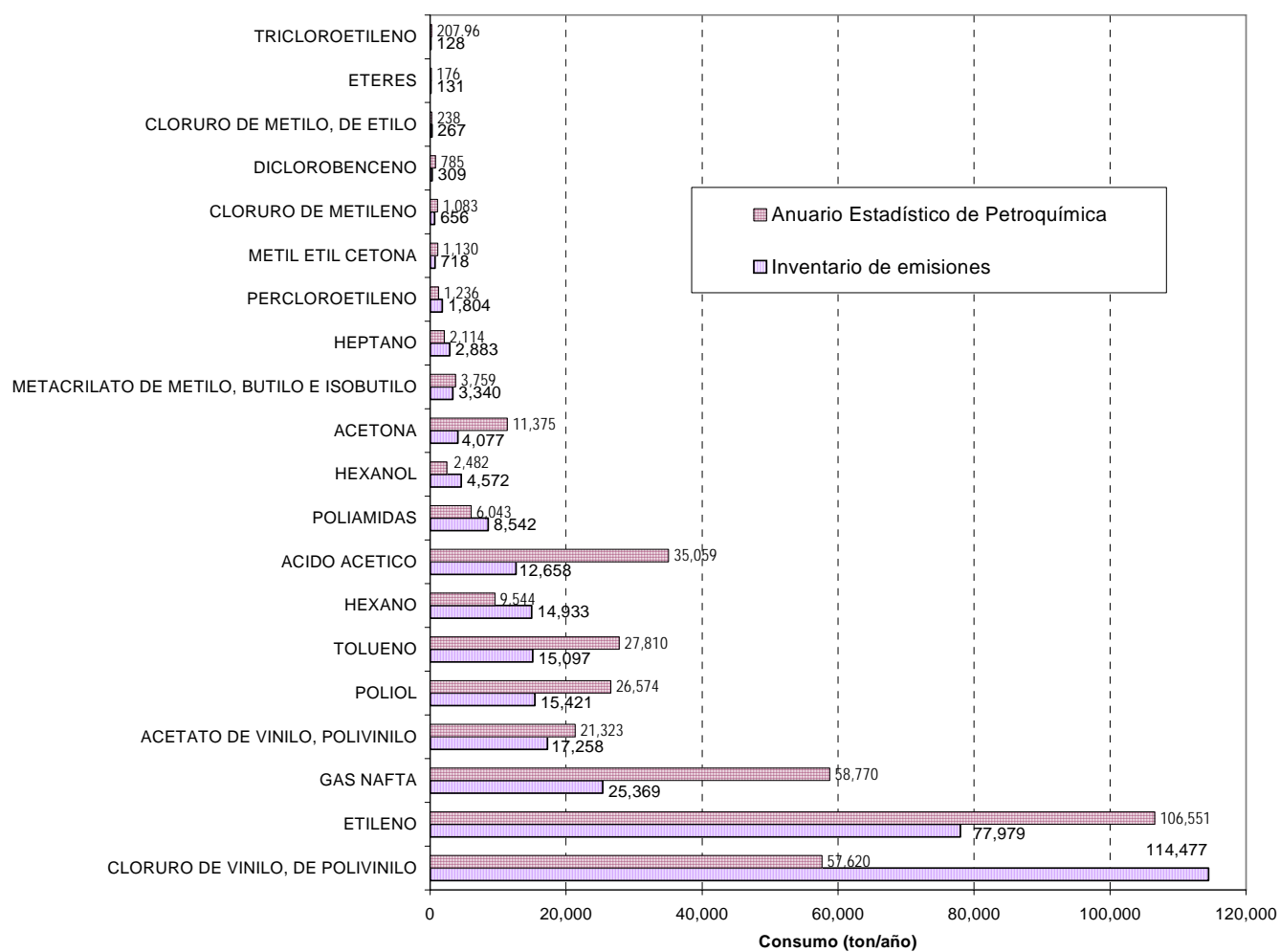


Gráfica 1. Consumo de solventes, Anuario Estadístico Petroquímica 2003 Vs Base de datos del inventario ZMVM 2004

Las diferencias en la información es debida a diversos factores, entre los que se pueden destacar como principales: en la base de datos no se encuentran todos los establecimientos sujetos a la obligación de reportar sus consumos de materias primas en los formatos aprobados por las autoridades ambientales tanto federales como estatales, aunado a la falta de control de calidad en la información presentada.

Otro punto comparado fue diferenciar por nombres químicos a los diferentes solventes entre los consumos reportados por la industria que están incluidos en la base de datos del inventario de emisiones y el consumo estimado con información reportada por el Anuario Estadístico de la Petroquímica 2003.

De un total de 249 solventes o productos que contienen solventes que están integrados en ambas fuentes de información, se encontró que 78 coinciden en ambas bases; de las cuales sólo 20 presentan una tendencia similar en el consumo, de éstas el cloruro de vinilo ó de polivinilo es el que se consume más, seguido por el etileno, el gas nafta, el acetato de vinilo, polivinilo y el polioli, como se puede apreciar en la gráfica 2.



Gráfica 2. Solventes con tendencias similares en el Inventario de Emisiones y en el Balance Petroquímica 2003

A continuación se describen los principales usos que se dan a los tres compuestos de mayor consumo.

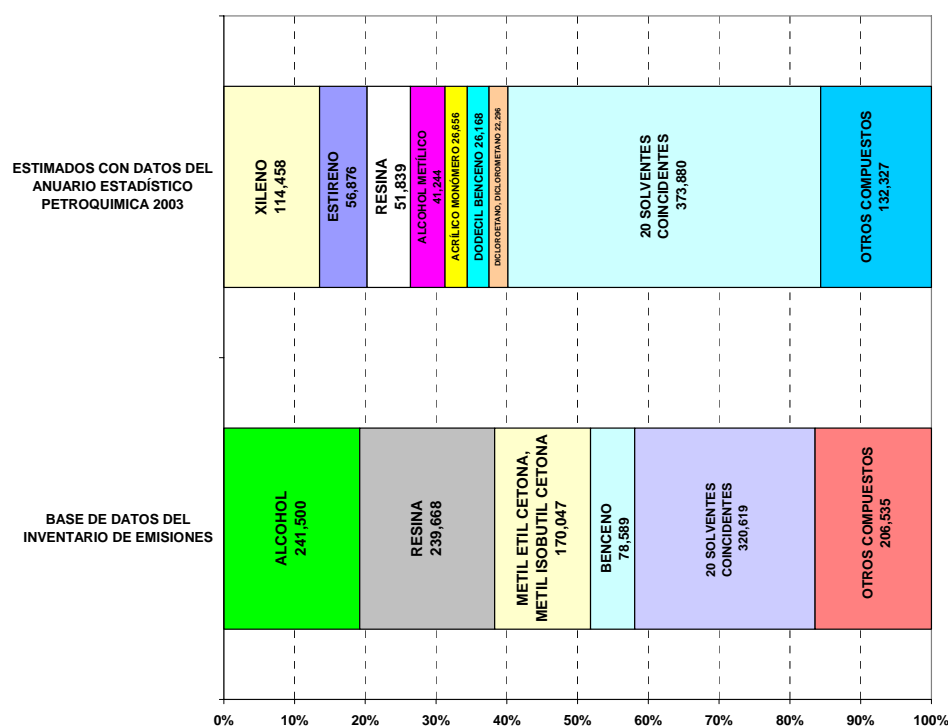
Cloruro de vinilo.- El Cloruro de vinilo, es un gas incoloro que polimeriza bajo la acción de la luz, es muy soluble en disolventes orgánicos. Se manufactura en grandes cantidades a partir del dicloruro de etileno (EDC). Sus principales usos son como monómero en la fabricación de plásticos y resinas polivinílicas (PVC), como refrigerante e intermediario químico. Es muy inflamable y produce explosiones con facilidad, por lo que su manejo, independientemente de sus riesgos tóxicos, requiere estrictos controles de contaminación atmosférica. Este químico pertenece al denominado grupo de Hidrocarburos Halogenados.

Actualmente está prohibido su uso como refrigerante en artefactos domésticos y como propelente de aerosoles debido a su acción cancerígena².

Etileno.- Es un gas a temperatura ambiente. A temperatura muy baja es un líquido. Se utiliza como refrigerante y en soldadura y en corte de metales. También se utiliza para fabricar óxido de etileno, gas mostaza y otros orgánicos, y para acelerar la maduración de las frutas. Esta es una sustancia sumamente inflamable, reactiva y presenta peligro de incendio y explosión.³

Gas Nafta.- Es un solvente para pinturas y diversos usos industriales, es ampliamente utilizado como desmanchador en tintorerías

Es importante mencionar que los otros 58 solventes o productos que coinciden en el inventario de emisiones y el anuario estadístico 2003, tienen un comportamiento diferente en su consumo para cada fuente de información, como se puede observar en la gráfica 3.



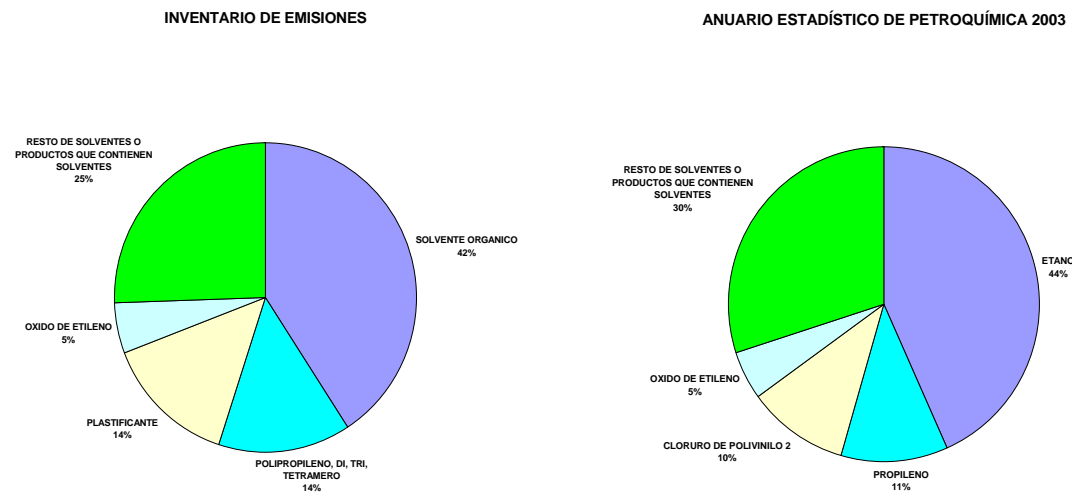
Gráfica 3. Solventes y productos coincidentes en el Inventario de Emisiones 2004 y en el Balance Petroquímica 2003

² <http://members.tripod.com/RENDALES/MVC.html>

³ <http://www.state.nj.us/health/eoh/rtkweb/0873sp.pdf>, enero 2006

Así por ejemplo tenemos que en la información concentrada en la base de datos del inventario de emisiones 2004, los solventes o productos que los contienen y que reportan un mayor consumo son el alcohol, las resinas, seguido del metil etil cetona, metil isobutil cetona, benceno. Mientras que con la información estimada mediante el Anuario Estadístico Petroquímica 2003, los productos y solventes de mayor consumo son el xileno, el estireno, las resinas, el alcohol metílico entre otros.

El resto de los solventes o productos que contienen solventes (171), se encuentran distribuidos como se muestra en la gráfica 4.



Gráfica 4. Resto de solventes o productos que contienen solventes, incluidos en el Inventario de Emisiones 2004 y en el Balance Petroquímica 2003

Como se puede observar en la gráfica anterior, el 42% de los compuestos que no fueron posibles de comparar son aquellos denominados solventes orgánicos en general, es decir se desconoce el tipo de compuesto, esto se debe principalmente a que en el reporte de la LAUDF el industrial no proporciona la información específica de los compuestos que utiliza, ya sea para una actividad del proceso productivo o como servicio auxiliar, y sólo engloba sus compuestos en solventes orgánicos.

En lo que respecta a la gráfica del Anuario Estadístico de Petroquímica 2003, para el resto de los compuestos que contienen solventes destacan, el etano, el propileno, el cloruro de polivinilo (que se refiere a la categoría de resinas sintéticas dentro del anuario estadístico de petroquímica 2003), y el oxido de etileno, los cuales son considerados dentro del Balance de Solventes, debido a las siguientes consideraciones: El etano es considerado como uno de

los principales disolventes orgánicos tóxicos, aún cuando es un gas incoloro, ya que presenta una presión de vapor a 20°C de 37.8 bar; el cloruro de vinilo y el óxido de etileno⁴, se encuentra también dentro de la Lista Especial de Sustancias Peligrosas para la Salud⁵ por que son inflamables y reactivos. Por último el propileno es un gas incoloro con un ligero olor, el cual es empleado para la fabricación de muchas sustancias químicas orgánicas, incluyendo resinas, plásticos, caucho sintético y gasolina; es también una sustancia inflamable y presenta una presión de vapor a 20° C de 10.2 bar, según el Proyecto de Agenda de sectores, el 49% del polipropileno se emplea en la fabricación de solventes.

Con estas diferencias en la información y considerando que en este momento la única fuente de información que permite hacer el desglose del consumo de solventes por giros industriales es la que está incluida en la base de datos del Inventario de emisiones para la ZMVM del año 2004, la cual contiene la información presentada por la industria de los consumos de materias primas o productos que contienen solventes, se procedió a realizar un análisis de acuerdo a los siguientes tres usos principales, desglosando sus actividades en específico.

Uso del solvente en operaciones de limpieza y desengrase

- Limpieza y desengrase de superficies industriales
- Lavado en seco

Uso del solvente como ingrediente o componente en una formulación

- Fabricación de productos químicos básicos orgánicos (351211)
- Fabricación de productos químicos básicos inorgánicos (351212)
- Fabricación de colorantes y pigmentos (351213)
- Fabricación de gases industriales (351214)
- Fabricación de fibras químicas (351300)
- Industria farmacéutica (352100)
- Fabricación de pinturas, barnices, lacas y similares (352210)
- Fabricación de adhesivos, impermeabilizantes y similares (352231)
- Fabricación de tintas para impresión y escritura (352232)
- Fabricación de llantas y cámaras (355001)
- Elaboración de productos de plástico (3560)
- Fabricación de fibra de vidrio y sus productos (362013)

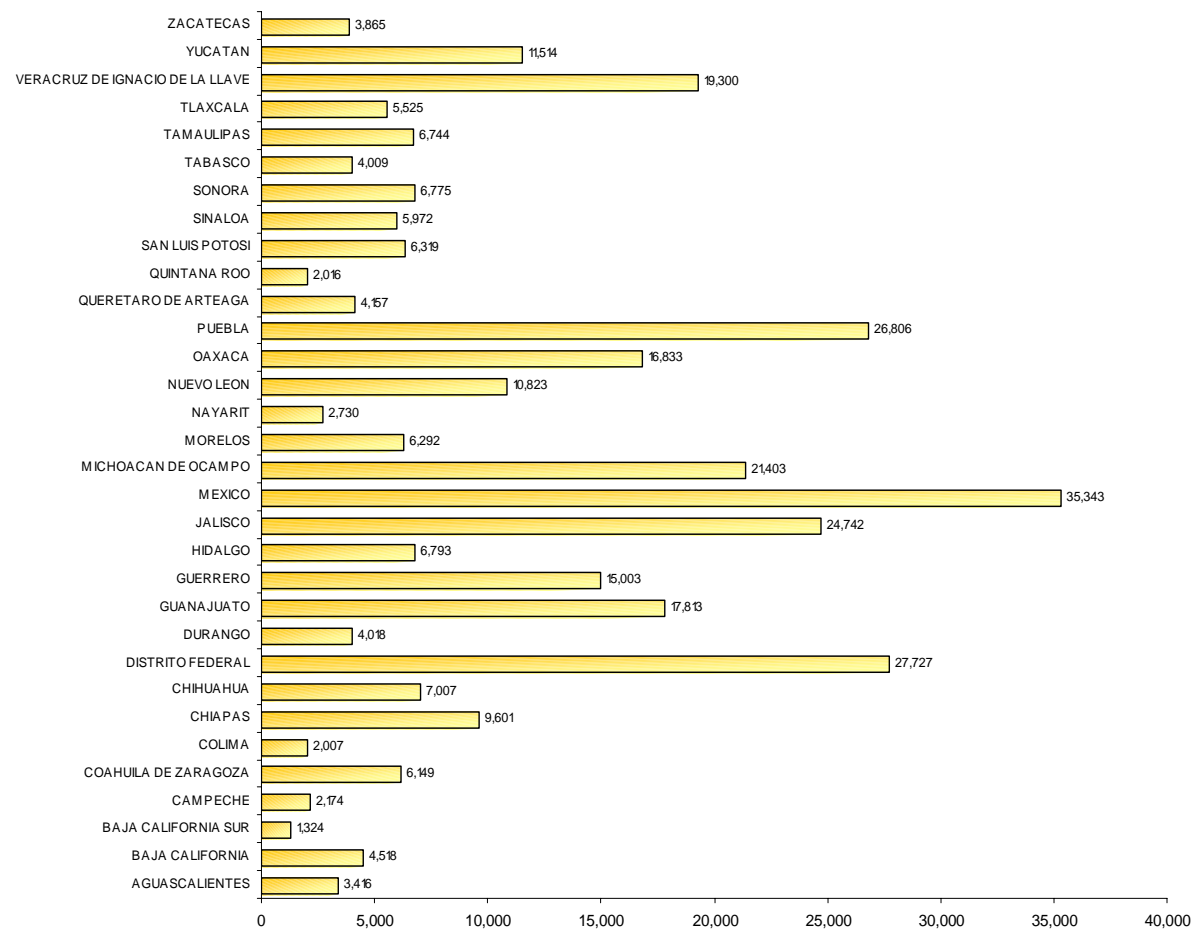
⁴ Proyecto de Agenda de sectores 1995.

⁵ Lista Especial de Sustancias Peligrosas para la Salud, Departamento de salud y servicios para personas mayores de New Jersey.

Aplicación de recubrimientos

- Recubrimiento de superficies industriales
- Pintura automotriz
- Recubrimiento de superficies arquitectónicas
- Pintura de tránsito
- Artes gráficas
- Curtido y acabado de cuero
- Aplicación de asfalto
- Uso comercial y doméstico de solventes

De acuerdo con el INEGI, a nivel industrial, las entidades que tienen el mayor número de industrias manufactureras son: el Estado de México y el Distrito Federal, aunque para el caso de los 18 municipios que integran la ZMVM, éstos concentran 21,889 industrias manufactureras equivalentes al 62% del total existente en el Estado de México⁶.



Gráfica 5. Unidades económicas del sector industrial 2004, Fuente: Censos económicos INEGI, 2004

⁶ Censos económicos INEGI, 2004

El INEGI agrupa a las actividades económicas industriales empleando la Clasificación Mexicana de Actividades y Productos (CMAP).

La clasificación CMAP agrupa a la industria manufacturera en el sector 3, el cual comprende 9 subsectores, los cuales se listan a continuación.

- 31 Producción de alimentos, bebidas y tabaco
- 32 Producción de textiles, prendas de vestir e industria del cuero
- 33 Industrias de la madera y productos de madera. Incluye muebles
- 34 Producción de papel, productos de papel, imprentas y editoriales
- 35 Producción de sustancias químicas, productos derivados del petróleo y del carbón de hule y de plástico.
- 36 Producción de bienes a base de minerales no metálicos
- 37 Industrias metálicas básicas
- 38 Manufacturas de productos metálicos, maquinaria y equipo
- 39 Otras industrias manufactureras

Tomando en consideración lo anterior a continuación en la Tabla 2 se presentan los principales solventes empleados para los tres usos principales.

Tabla 2. Usos de los principales solventes dentro del balance

NOMBRE	Limpieza y desengrase	Elaboración del producto	Aplicación como adelgazante en el recubrimiento
Hidrocarburos alifáticos			
Ciclohexanona			
Keroseno			
Etileno			
Naftas disolvente			
Hidrocarburos aromáticos			
Benceno			
Decahidronaftaleno			
Thiner			
Tolueno			
Varsol (Solvente Stoddard)			
Xileno			
Hidrocarburos halogenados			
1,1 dicloroetano			
1,1,1 tricloroetano			
Clorobenceno			
Cloroformo			
Cloronitrobenceno			
Cloruro de etileno			

Cloruro de metilo			
Cloruro de vinilo			
Dibromuro de etileno			
Diclorodifluorometano			
Dicloroetano			
Diclorometano			
Dicloruro de etileno			
Disulfuro de carbono			
o-Diclorobenceno			
p-Diclorobenceno			
Percloroetileno			
Tetracloroetileno			
Tetracloruro de carbono			
Tetrahidrofurano			
Tricloroetileno			
Triclorofluorometano			
Alcoholes, Glicoles, Eteres, Fenoles, Epóxidos			
3 pentanol			
Alcohol Butílico			
Alcohol Etilico			
Alcohol Isopropílico			
Alcohol polivinílico			
Butanol			
Cresoles			
Dietil eter			
Dietilenglicol			
Etanol			
Éter dietílico del etilenglicol			
Etil cetato			
Etilenglicol			
Fenol			
Isobutanol			
Isopropanol			
Metanol			
Óxido de Etileno			
Óxido de propileno			
Pentaclorofenol			
Propanol			
Propilenglicol			
Cetonas, Aldehídos			
Acetaldehído			
Acetona			
Aldehídos tóxicos			
Dietilcetona			
Formaldehídos			
Metil Etil Cetona			
Metil Isobutil Cetona			
Esteres, Amidas			
Acetato de butilo			
Acetato de etilo			

Acetato de isobutilo			
Acetato de Metilo			
Acetato de monometil éter del etilenglicol			
Butilacetato			
Dietilformamida			
Dimetilformamida			
Ácidos, Nitrilos			
Acrilonitrilo			
Nitrobenceno			
Compuestos heterocíclicos			
Furfural			

Fuentes: Anuario estadístico petroquímica 2003, Compilación de informes de actividades del proyecto FISI, EPA, AP-42, Estadística de pinturas y recubrimientos ANAFAPYT, www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaq, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, www.marn.gob.sv/conveniobasilea.

IV.1 Uso del solvente en operaciones de limpieza y desengrase

Limpieza y desengrase de superficies industriales

Descripción

Esta clasificación comprende todos aquellos solventes que son empleados en servicios auxiliares por los subsectores 31, 32 (excepto 323001 Curtido y acabado de cuero), 34 (excepto 3420 Imprentas editoriales e industrias conexas), las actividades restantes del subsector 35 que no se emplean en la elaboración del producto, subsector 36 (excepto 362013 Fabricación de fibra de vidrio y sus productos), subsector 37, 381100 Fundición y moldeo de piezas, y 39 completo, las excepciones son debidas a que son consideradas en algunos de los otros usos de este estudio.

En muchos de los subsectores anteriores, por ejemplo el 31 Productos alimenticios, bebidas y tabaco, es lógico pensar que las materias primas no serán solventes, con excepción de algunos procesos, sin embargo al analizar la base del Inventario de Emisiones nos encontramos que sí aparecen ciertos solventes en el listado de materias primas, sobre todo en la limpieza mecánica de los equipos de proceso.

La limpieza y desengrase se realiza sobre todo en partes metálicas para remover sólidos que pueden interferir con la operación y desempeño de algún equipo o para preparar equipo para operaciones posteriores tales como pintado o recubrimiento.

La limpieza de superficies industriales es un proceso físico en el cual se utilizan solventes orgánicos (ej. Destilados de petróleo, hidrocarburos clorados, cetonas y alcoholes, entre otros) y se seleccionan dependiendo del coeficiente de solubilidad, la sustancia a remover, su toxicidad, flamabilidad, velocidad de evaporación y otras propiedades fisicoquímicas. Entre las sustancias a remover se encuentran las grasas, aceites, ceras, depósitos de carbón, óxidos y alquitranes de superficies tales como metales, plásticos, vidrios y otros.

Las operaciones de limpieza y desengrase también pueden ser realizadas en actividades auxiliares como la aplicación de recubrimientos de protección (tales como pinturas, barnices, esmalte o galvanizado), antes del ensamblado de las piezas, antes y después de operaciones metal mecánicas (tales como soldado o tratamiento térmico); y antes del empaquetado.

En la categoría de limpieza y desengrasado con solvente se reconocen tres operaciones distintas: limpieza en frío, desengrasado por vapor y limpieza de precisión ⁷(Higgins, 1995).

Limpieza en frío

La limpieza en frío es la operación de limpieza con solvente más simple, barata y la más común. El solvente generalmente es empleado a temperatura ambiente o levemente superior a ésta. Es aplicado mediante cepillos o mediante la inmersión de los objetos en un baño de solvente. El solvente más comúnmente usado en la limpieza en frío es un aceite mineral altamente inflamable, conocido por su nombre comercial como *Varsol* (o solvente *Stoddard*).

Desengrasado por vapor

En el desengrasado por vapor se emplean hidrocarburos clorados no inflamables en forma de vapor para limpiar superficies principalmente metálicas. En comparación con la limpieza en frío, en el desengrasado por vapor se limpia más rápidamente debido al empleo de temperaturas más altas. Algunos de los solventes comúnmente usados en este tipo de aplicaciones son los solventes clorinados tales como: el 1,1,1-tricloroetano, *percloroetileno*, tricloroetileno, freón TF y cloruro de metileno.

Limpieza de precisión

La limpieza de precisión de instrumentos y componentes electrónicos demanda el uso de solventes de elevada pureza, alto poder solubilizante, y de evaporación rápida. La etapa de limpieza puede incluir una o más de las siguientes operaciones: limpieza alcalina, desengrasado por vapor, y limpieza con solvente líquido. La verificación del grado de limpieza obtenido se realiza lavando el artículo con solvente en una sala limpia o en un sistema cerrado para minimizar su contaminación. El solvente usado en el último enjuague es recolectado y analizado para determinar su grado de contaminación mediante filtración, conteo y clasificación por microscopio de las partículas retenidas sobre el material filtrante. Además, el solvente es analizado para determinar los residuos no volátiles, generalmente aceites.

Luego de la limpieza, el artículo es colocado en bolsas dobles de polietileno o similares, y selladas.

El Freón TF (CFC-113) y el alcohol isopropílico son los dos solventes más usados en el último enjuague, siendo la selección de solvente restringida por las características de inflamabilidad, compatibilidad del material, y uso final del producto.

⁷ Compilación de informes de actividades del proyecto Fisi, tomo I, Fideicomiso para la investigación sobre inhalantes, 1994.

Lavado en seco

Descripción

La operación de lavado en seco consiste en la limpieza de textiles mediante el uso de solventes de petróleo y solventes sintéticos. Los primeros son compuestos de hidrocarburos económicos a diferencia de los solventes sintéticos que son hidrocarburos no inflamables pero más costosos. El gas nafta y el percloroetileno son ejemplos, de solventes de petróleo y sintéticos cada uno para la limpieza en seco.

La extracción del exceso de solvente en la prenda se realiza por medio de una corriente de vapor de agua. Las emisiones de COV, se presentan cuando los solventes se evaporan durante el proceso, especialmente en el equipo de lavado y de los sistemas de recuperación o disposición de solventes.

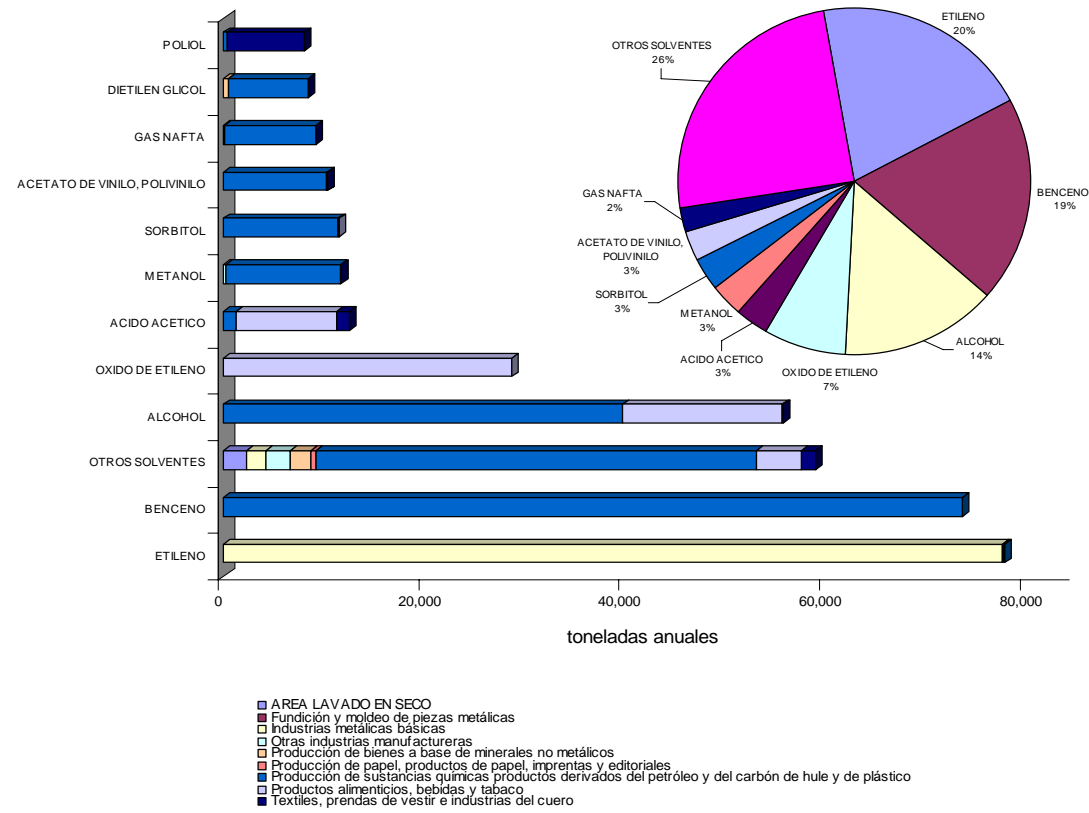
Hay 2 tipos básicos de la limpieza en seco, los que se realizan en máquinas de transferencia y las de seco a seco. Las máquinas de transferencia lavan y secan en máquinas separadas. Generalmente, la lavadora extrae el solvente en exceso de la ropa para ser transferidos al secador, pero algunas plantas más viejas tienen extractores separados para este propósito. Las máquinas de seco a seco son una sola unidad que realizan todo (el lavado, la extracción, y las operaciones de secado).

Todas las máquinas que emplean el solvente de petróleo, son del tipo transferencia, a diferencia de las que emplean solventes sintéticos que pueden ser de cualquier tipo.

“El análisis comparativo de diferentes estudios realizados por organizaciones públicas y privadas indican que en el Distrito Federal la actividad de lavanderías y tintorerías para el año 2003 estuvo conformada por aproximadamente⁸ 3,831 establecimientos, de los cuales el 11% utilizaron percloroetileno (40% en circuito abierto y 60% en circuito cerrado) y sólo 4% utilizan gas nafta⁹.

⁸ CANALAVA, Estadísticas de socios en el Distrito Federal, 2003

⁹ GTZ-TIUF Reporte # 9



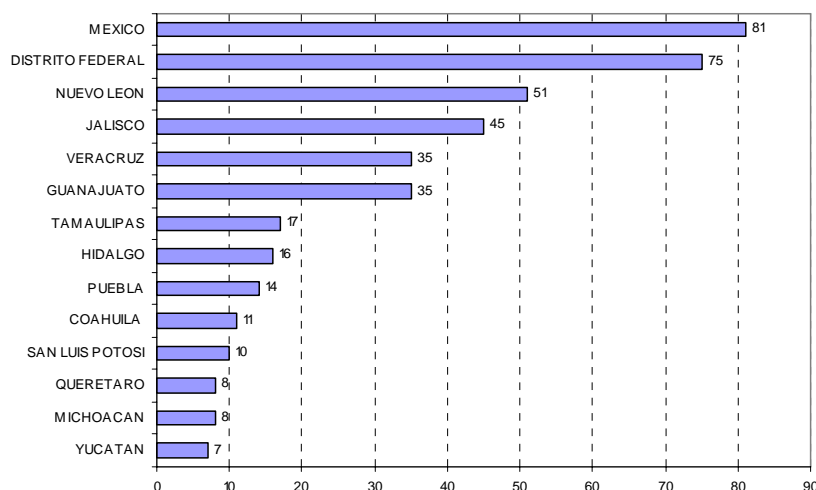
Gráfica 5. Principales solventes consumidos en limpieza y desengrase

De todas las actividades que se agruparon dentro de limpieza y desengrase es el subsector 35 (Sustancias químicas, productos derivados del petróleo), el que más aporta en el consumo de la mayoría de los solventes, sin embargo para el caso del etileno es el subsector 37 el que más aporta con etileno, el siguiente subsector es el 31 (productos alimenticios), contribuyendo principalmente con óxido de etileno y con alcoholes, el tercer subsector es el Textil, prendas de vestir e industrias del cuero. En lo que respecta a los solventes empleados, el etileno es el que más se utiliza con un 20% del total de los solventes, después es el benceno con 19%, seguido de los alcoholes con 14%, el resto de los solventes aparece en menos del 10% en aportación individual.

IV.2 Uso del solvente en la elaboración del producto

Las actividades industriales que utilizan solventes para la fabricación de sus productos fueron identificadas y seleccionadas en base a su CMAP para este estudio en función de los solventes empleados lo que dio como resultado que 12 ramas industriales fueran seleccionadas, de las cuales 11 se encuentran contempladas dentro del subsector 35 “Sustancias químicas, productos derivados del petróleo y de carbón, de hule y del plástico”, y sólo una se encuentra en el subsector 36, la clase industrial 362013 “Fabricación de fibra de vidrio y sus productos”.

Dentro de esta clasificación el subsector 35 es el que más actividades integra, una de ellas es la rama 3512, de la cual se muestra en la gráfica siguiente, que la ZMVM reúne cerca del 38% de los establecimientos del país, pertenecientes a esta rama demostrando así la relevancia de la zona en la producción de sustancias químicas.



Gráfica 6. Rama 3512 Fabricación de sustancias químicas básicas. Fuente: Censos económicos INEGI, 2004

Fabricación de productos químicos básicos orgánicos (351211)

Descripción

En esta actividad se considera, la fabricación de algunos aceites minerales para transformadores, ácidos grasos, fluidos para metal, lubricantes, plastificantes, saborizantes líquidos y en polvo y en general productos químicos preparados para la industria.

Los procesos para generar estos bienes, emplean diversos solventes como acetaldehído, acetato de vinilo, acetona, ácido acético, alcohol isopropílico, cloroformo, fenoles, glicoles, hexano, metanol, tolueno y en general solventes orgánicos.

Fabricación de productos químicos básicos inorgánicos (351212)

Descripción

Esta actividad al igual que la anterior agrupa la fabricación de varios productos intermedios como acetatos, ácido fosfórico, sosa, estearato de sodio, calcio, fosfatos, productos de butadieno y estireno, sales químicas industriales, entre otros.

Su importancia económica es también relevante ya que muchos de los productos se emplean para otros procesos, y forman parte importante de una cadena productiva importante.

Fabricación de colorantes y pigmentos (351213)

Descripción

En la fabricación de colorantes es necesario tener en mente varios factores con el propósito de obtener la mayor calidad y productividad posible. De entre éstos factores se pueden nombrar los siguientes a) Materias primas e intermedios: En esta clasificación se encuentran los solventes, colorantes y pigmentos, los cuales deben de ser de la calidad adecuada para el colorante que se desea obtener, así como que su disponibilidad sea la más accesible posible debiéndose no perder la idea de racionalización de los mismos. b) Tecnología: los procedimientos de operación para la producción de colorantes deben de ser lo mas claro posible en cuanto a seguridad y variables del proceso como: temperatura, PH, exceso de reactivos, etc.

Dos reacciones muy usadas para la fabricación de colorantes son las que se llevan a cabo entre una amina aromática con el ácido nitroso para producir un compuesto *díazo*, el cuál posteriormente se combinará con un "acoplador" y así formar dicho colorante. Los colorantes basados en esta reacción son considerados la clase química más grande que existe, con la gama de tonos más amplia y los más diversos usos. Debido a la facilidad y economía en la preparación de colorante por esta técnica, ha sido seleccionada en multitud de casos para su uso en escala industrial. Para la fabricación de colorantes ácidos y directos, se tienen definidos los siguientes pasos: 1) Diazotación, 2) Copulación, 3) Filtración y lavado, 4) Secado, 5) Molienda.

Para los colorantes básicos y dispersos, se fabrican en equipos más sofisticados que los ácidos y directos usándose equipo a prueba de explosión muchas veces debido al tipo de medios de reacción que se usan, los pasos que tiene este proceso son: 1) Solución o Diazotación, 2) Condensación o Copulación, 3) Filtración, 4) Lavado.

El grupo sulfónico ($-H_2SO_4$) permite en la mayor parte de los colorantes la solubilidad en agua y el vehículo usado para teñir es el agua, aunque no todos los colorantes usan como vehículo el agua, en la mayoría de los casos los solventes son empleados como medio de disolución de colorantes y pigmentos.

Fabricación de gases industriales (351214)

Descripción

El proceso de obtención de gases industriales no es único, varía dependiendo del gas que se desea obtener. Para producir oxígeno, nitrógeno y argón, el proceso consiste en purificar el aire y luego enfriarlo, por compresión - descompresión, hasta $-193^{\circ}C$, temperatura a la cual se licúa. El estado líquido permite separar cada uno de sus componentes por destilación. Este método asegura una eficiente obtención de gases de alta pureza.

En general, todas las sustancias pueden estar en cualquiera de los tres estados de la materia (sólido, líquido o gas), dependiendo de las condiciones de temperatura y presión a que estén sometidas. Pero por definición los gases son aquellos elementos y compuestos que a presión y temperatura ambiente permanecen en estado gaseoso.

La baja densidad es una característica de los gases, lo que hace que una pequeña cantidad de gas ocupe un gran volumen, por lo cual es indispensable someterlos a altas presiones y/o bajas temperaturas, para reducir su volumen y poder transportarlos y almacenarlos.

En la fabricación de gases industriales los solventes son utilizados como medio estabilizador dentro de los cilindros de entrega, (ej. el acetileno puro sometido a presión es inestable, se descompone con inflamación dentro de un amplio rango de presión y temperatura, por lo que se entrega diluido en un solvente, que generalmente es acetona), o como componente principal (los gases refrigerantes, son compuestos que tienen la estructura de un hidrocarburo pero que incluyen átomos de Fluor, Cloro y/o Bromo).

Fabricación de fibras químicas (351300)

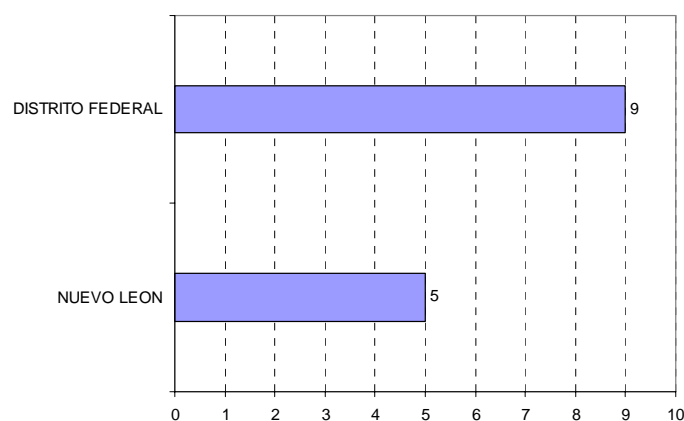
Descripción

Hay 2 tipos de productos sintéticos de fibra, los semisintéticos o de celulósicos (Rayón y acetato celulosa), y los sintéticos verdaderos o no celulósicos (poliéster, el nylon, el acrílico y modacrílico, y poliolefinas).

Los semisintéticos se producen de materias poliméricas naturales tales como celulosa. Los sintéticos verdaderos son producto de la polimerización de unidades químicas más pequeñas a cadenas más largas de polímeros moleculares. Las fibras se forman al forzar a un líquido viscoso o la solución del polímero a pasar por los orificios pequeños de un tamiz y solidificarse inmediatamente o precipitando los filamentos resultantes. Este preparado del polímero se puede utilizar también en la fabricación de otros productos aparte de las fibras, tales como los plásticos y productos sintéticos de caucho.

Las fibras sintéticas (ambas semisintéticas y sintéticas verdaderas) son producidas típicamente por 2 métodos fácilmente distinguibles, el de fundición y extrusión, y el de extrusión con solventes. El proceso de fundición y extrusión utilizan el calor para fundir el polímero de fibra a una viscosidad conveniente para ser introducido al tamiz. El de extrusión con solvente utiliza grandes cantidades de solventes orgánicos, que se recupera generalmente para razones económicas, estos son empleados para disolver el polímero de fibra en una solución líquida, hasta un punto óptimo de ser introducido al tamiz.

En la gráfica 7, se puede observar que el Distrito Federal cuenta con un número importante de establecimientos que se dedican a esta actividad, estando por encima del Estado de Nuevo León, conocido por sus niveles de industrialización de calzado.



Gráfica 7. Rama 3513 Industria de las fibras artificiales y/o sintéticas, Fuente: Censos económicos INEGI, 2004

Industria farmacéutica (352100)

Descripción

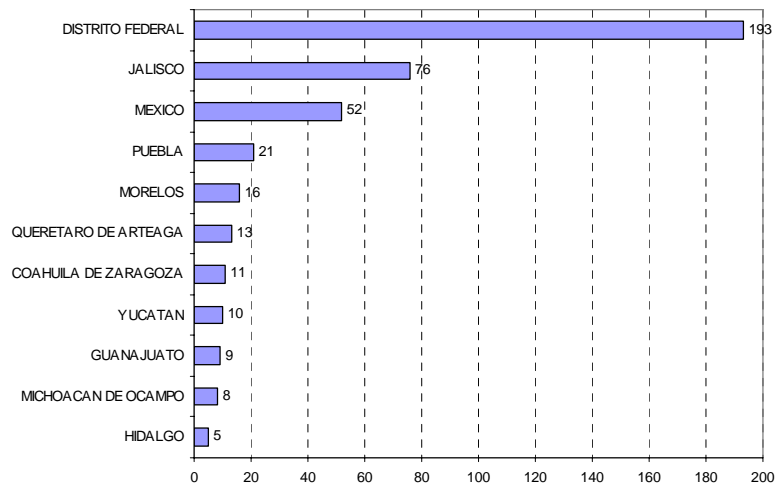
Los productos farmacéuticos por lo general son producidos en plantas relativamente pequeñas que usan procesamientos por lotes. Una planta farmacéutica típica utiliza el mismo equipo para hacer varios productos diferentes muchas veces. En muy raras ocasiones el equipo está dedicado a la fabricación de un sólo producto.

Varias sustancias químicas orgánicas son usadas como materias primas y como solventes, y algunos compuestos químicos como el etanol, la acetona, el isopropanol, y el anhídrido acético son usados de ambos modos. Los solventes casi siempre son recuperados y usados muchas veces.

En un procesamiento típico por lotes, los reactantes sólidos y solventes son enviados a un reactor donde son almacenados (por lo general calentados) hasta que el producto deseado se forme. El solvente es destilado, el residuo puede ser tratado varias veces con solventes adicionales para purificarlo. El material purificado es separado del solvente restante por la centrifugadora y finalmente es secado para quitar los últimos rastros de impurezas. Por lo general, la recuperación de solvente es practicada en los procesos donde es conveniente y rentable hacerlo. Algunas operaciones implican pequeñas pérdidas de solventes, y los vapores son emitidos a la atmósfera. Generalmente, todas las operaciones son realizadas dentro un edificio, y algunos vapores pueden ser agotados por el sistema de ventilación de edificio.

Ciertos productos farmacéuticos - sobre todo antibióticos - son producidos por procesos de fermentación. En estos casos, el reactor contiene una mezcla acuosa nutritiva con organismos vivos como hongos o bacteria. El antibiótico ordinario es recuperado por la extracción de solvente y es esencialmente purificado por los mismos métodos descritos anteriormente. Asimismo, otros productos farmacéuticos son producidos por la extracción de la planta natural o fuentes de animal. La producción de la insulina del cerdo o el páncreas de ternera son un ejemplo.

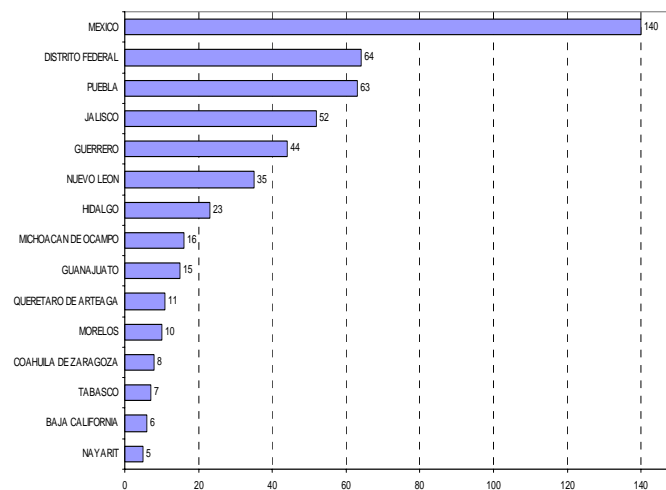
El número de establecimientos con los que cuenta el Distrito Federal supera aproximadamente en cuatro veces lo que se reporta para el Estado de México, estando Jalisco por arriba de este último. Sin embargo en conjunto, el Distrito Federal y el Estado de México, agrupan cerca del 60% de los establecimientos del país para esta rama.



Gráfica 8. Rama 3521 Industria farmacéutica, Fuente: Censos Económicos INEGI, 2004

Fabricación de otras sustancias y productos químicos

La rama 3522 fabricación de otras sustancias y productos químicos fue una de las principales ramas que se analizaron para el balance de solventes, en ella se agrupan muchas de las actividades que sobresalen en el balance como la fabricación de pinturas, adhesivos o tintas para impresión, actividades que consumen una importante cantidad de solventes. En la gráfica 8 se aprecia que el Estado de México y el Distrito Federal siguen siendo los principales lugares en donde se establecen las industrias del ramo químico.



Gráfica 9. Rama 3522 Fabricación de otras sustancias y productos químicos Fuente: Censos Económicos INEGI, 2004

Fabricación de pinturas, barnices, lacas y similares (352210)

Descripción

La fabricación de pinturas involucra la dispersión de un colorante o pigmento en un vehículo que generalmente es una resina, seguida por la adición de un solvente orgánico el cual se agrega únicamente para ajustar la viscosidad. Los procesos físicos que se llevan a cabo son el pesado, mezclado, tamizado, pigmentado, adelgazamiento y envasado. No existe reacción química, los procesos se llevan a cabo a temperatura ambiente.

Por otra parte en la fabricación de barnices, también se involucra el mezclado y adición de varios ingredientes pero aquí si hay reacción química iniciada por calentamiento.

Así mismo es importante resaltar que las pinturas o recubrimientos que existen los podemos clasificar en recubrimientos a base de solvente, recubrimientos a base de agua y otros.

Fabricación de adhesivos, impermeabilizantes y similares (352231)

Descripción

Esta actividad enmarca la producción de adhesivos, impermeabilizantes y productos similares, los cuales emplean para su fabricación muchos procesos unitarios diferentes. En el caso de adhesivos, la preparación comprende todas las operaciones para dejar el adhesivo en condiciones de empleo (peso de los distintos elementos, mezcla, adición y batido, calentamiento o enfriamiento cuando sea necesario). En los adhesivos de varios componentes o que haya que incorporar endurecedores se realizará el mezclando con la dosis definida a la temperatura especificada en el momento de su utilización.

La composición de un adhesivo generalmente se compone por a) un material que actúa de ligante, generalmente corresponden con productos orgánicos de síntesis; b) endurecedores, sustancias que se añaden para acelerar su fraguado; c) cargas; sustancias que se añaden para mejorar las características del adhesivo. Pueden ser productos insecticidas, fungicidas, ignífugas, etc.; d) complementos, sustancias que se añaden para rebajar su precio; e) solventes, vehículo en que va disuelto el adhesivo, pueden ser acuosos, orgánicos, hidrodispersables, espumas, etc.

Tipos

En función del material utilizado para realizar la unión se distinguen los siguientes tipos de colas o adhesivos algunos de los cuales sólo se mencionan por su valor histórico.

- Adhesivos o colas inorgánicos (de silicato sódico)

- Adhesivos orgánicos
- Adhesivos o colas naturales: animales (pieles, huesos, pescado, albúmina, caseína) y vegetales (almidón, semilla de soya)
- Adhesivos sintéticos.

Fabricación de tintas para impresión y escritura (352232)

Descripción

Hay cuatro clases principales de tinta para impresión: tintas para texto impreso y tintas litográficas, llamadas comúnmente pastas de petróleo o tintas pasta; y tintas para flexografía y rotograbado, a las que se les conoce como tintas solventes. Estas tintas varían considerablemente en apariencia física, composición, el método de aplicación, y de mecanismo secante. Las tintas de flexografía y rotograbado tienen muchos elementos en común con las tintas pasta pero difieren en que estas tienen la viscosidad muy baja y casi siempre secan por la evaporación de los solventes los cuales suelen ser sumamente volátiles.

Hay tres procesos generales en el fabricación de tintas para impresión: (1) "cocinar" el vehículo y agregando tintas, (2) moliendo el pigmento dentro de un vehículo, empleando un molino del rodillo, y (3) remplazando el agua en la pulpa húmeda del pigmento por un vehículo de tinta (comúnmente conocido como el proceso de coloreado). El "barniz" de tinta o vehículo se "cocinan" generalmente en hervidores grandes de 200 a 600 °F (93 a 315°C) por un promedio de 8 a 12 horas. El mezclado del pigmento y el vehículo se hace en batidoras de masa o en tanques agitados. La molienda se realiza más a menudo en molinos de 3 rodillos o de 5 rodillos horizontales o verticales.

Fabricación de llantas y cámaras (355001)

Descripción

En la industria de las llantas el polímero de mayor importancia es el polibutadieno; sólo el 23% de la producción mundial de este polímero, se utiliza en otros productos. En las llantas, especialmente en la banda de rodadura, el polibutadieno tiene un lugar importante, ya que provee alta resistencia al desgaste y menos resistencia a la rodada que cualquier otro elastómero.

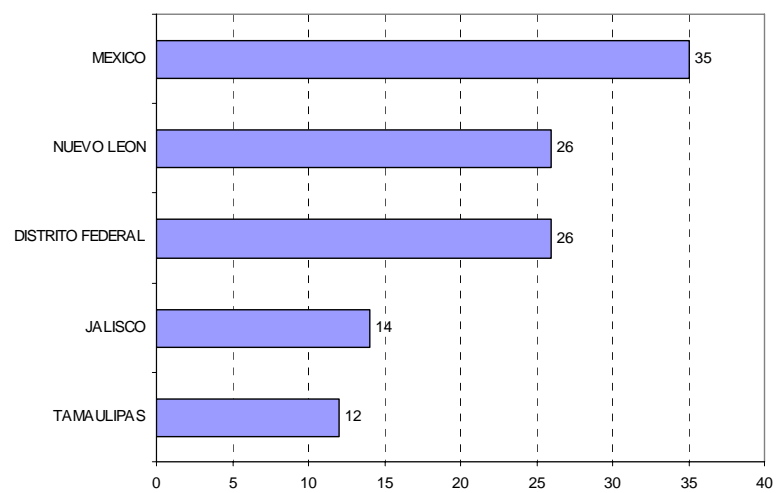
La importancia del polibutadieno surge de la gran disponibilidad de butadieno, su fácil polimerización y copolimerización con otros monómeros y polímeros, en presencia de

solventes. Además, el polibutadieno se mezcla fácilmente con hule de estireno-butadieno (SBR) y con el hule natural, lo que amplía más sus aplicaciones.

Su principal inconveniente se presenta cuando el piso está mojado. Para eliminar este obstáculo, se suele mezclar el polibutadieno con hule de estireno-butadieno (SBR) o con hule natural en cantidades variables dependiendo de la aplicación.

El hule estireno-butadieno (SBR) tiene múltiples aplicaciones: se usa para recubrimiento de cierto tipo de papel. En la fabricación de llantas se emplea para recubrir las cuerdas.

La gráfica 10 muestra las entidades que tienen el mayor número de industrias dedicadas a la fabricación del hule, siendo el Estado de México quién ocupar el primer lugar con 35 establecimientos, le siguen el Distrito Federal y el Estado de Nuevo León con 26 establecimientos.



Gráfica 10. Rama 3550 Industria del hule, Fuente: Censos Económicos INEGI, 2004

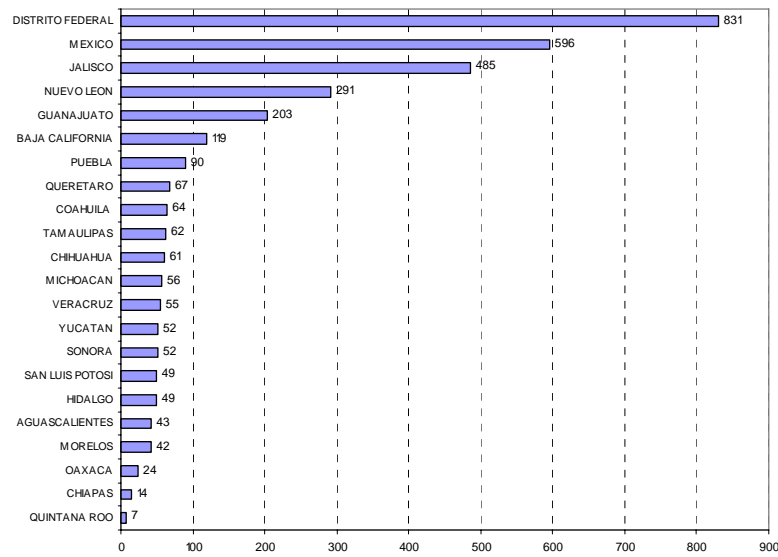
Por otra parte el hule (butilo) se usa principalmente para las cámaras de aire de las llantas. Su gran resistencia a la abrasión, a la ruptura, al calor, su añejamiento y su baja permeabilidad al aire hacen que el hule butilo sea el material ideal para esta aplicación. En Estados Unidos el 75% del hule butilo se emplea en la industria llantera.

Elaboración de productos de plástico (3560)

Descripción

La fabricación de productos plásticos incluye una multitud muy variada de procesos específicos a los productos. En la industria de plásticos la tecnología principal de fabricación es el moldeo por inyección. Esta implica la inyección de resinas de plástico fundido en la maquinaria de moldeo por inyección para formar los productos que luego se empacan y se envían al comercio.

El proceso de fabricación de productos plásticos generalmente entraña los siguientes seis pasos: 1) Los materiales vírgenes se reciben, almacenan y preparan. Las resinas de plástico que vienen en bolitas se depositan en recipientes, cajas, bolsas plásticas, y/o en silos. Las partes de metal o de plástico se preensamblan. 2) Las resinas de plástico son fundidas por calor o mezcladas en un medio disolvente y se transfieren a las máquinas de moldeo por inyección a través de tubos o de un sistema de bomba por vacío. Entre los tipos de resinas están el estireno, polietileno, polipropileno, PVC, uretano y otros. Las tintas que se utilizan para darle color a los plásticos también son bombeadas a las máquinas de moldeo. Generalmente este proceso es controlado por computadora que al mismo tiempo mide la cantidad de plástico y tinta necesaria para cada lote. 3) La maquinaria de moldeo por inyección le da forma a las resinas y enfría los productos a través de un sistema a base de agua que no tiene contacto alguno con estos. En algunas plantas se separan las partes rechazadas y los residuos de plástico, los cuales se muelen y se reutilizan en el proceso de moldeo. Frecuentemente se necesita limpiar los productos y la maquinaria utilizada para remover los agentes residuales liberados por el moldeo y los materiales no deseados, por lo que es necesario utilizar un disolvente adecuado, de acuerdo con el tipo de resina utilizado. 4) Los productos se ensamblan con las piezas de metal ó de plástico y si es necesario se pintan o estampan. 5) Luego estos se inspeccionan visualmente. 6) Y finalmente se les empacan, y se almacenan o envían al mercado.



Gráfica 11. Rama 3560 Elaboración de productos de plástico, Fuente: Censos económicos INEGI, 2004

Fabricación de fibra de vidrio y sus productos (362013)

Descripción

La fabricación de la fibra de vidrio es la conversión a alta temperatura de varias materias primas (predominantemente borosilicatos) en una fundidora homogénea, seguido por la fabricación del producto de la fundición en fibra de vidrio. Los dos tipos básicos de productos de fibra de vidrio, el textil y la lana, son fabricados por procesos semejantes.

La producción de la fibra de vidrio se puede dividir en tres fases: materias primas empleadas, la fundición del vidrio y la refinación del producto.

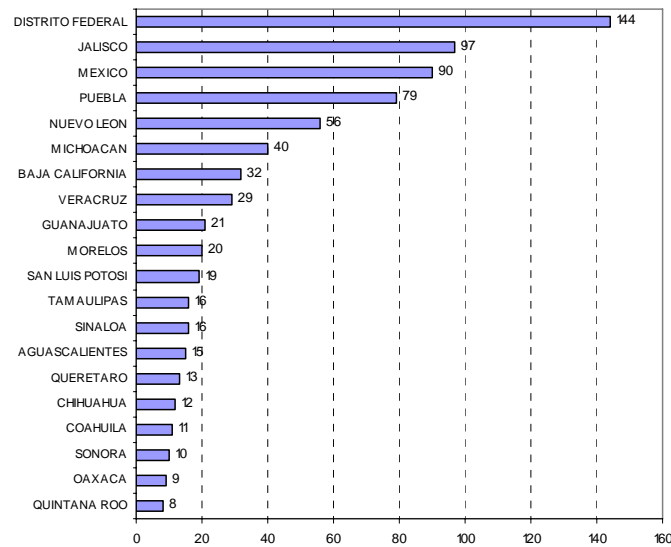
Durante el proceso de fabricación de un laminado de plástico reforzado con fibra de vidrio, cualquiera que sea su forma (tanques, tinas, tuberías, etc.), se ocupan solventes como el monomero de estireno que aunque en su mayoría se volatiliza en minutos, una pequeña parte queda como residuo atrapado entre las capas internas. Este residuo se elimina gradualmente al paso del tiempo y aunque se considera totalmente eliminado (curado) en 90 días se ha comprobado presencia de solventes aún cumplido un año.

Normalmente la utilización de los productos de fibra de vidrio es urgente en cuanto se completa su fabricación, requiriéndose ponerlos a funcionar de inmediato y por tanto entrar en contacto directo con sustancias propias de los procesos industriales, mismas que se

corre el riesgo de contaminar por el solvente que aún se esta liberando en el laminado (equipo).

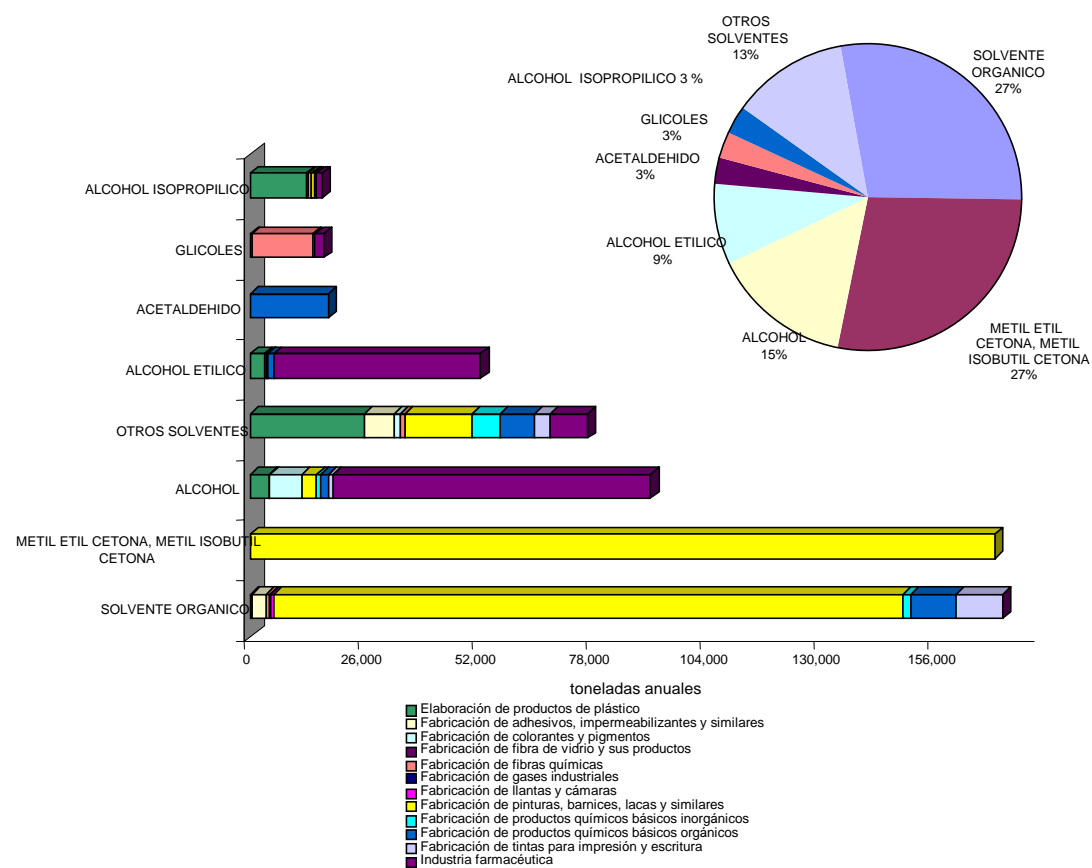
Para acelerar este proceso de eliminación de solvente a unas cuantas horas es necesario realizar el proceso de Post-Curado consistente en someter la pieza a una temperatura de 90 a 100 °C por un lapso de 3 a 6 horas ocupándose para ello agua caliente o vapor. Si la pieza fuera a ser empleada en procesos de alimentos, bebidas y/o fármacos debe repetirse una segunda vez el mismo procedimiento 24 horas después de realizado el primer ciclo.

La siguiente gráfica muestra que el Distrito Federal y el Estado de México tienen alrededor del 32% de establecimientos industriales dedicados a esta rama.



Gráfica 12. Rama 3620 Fabricación de vidrio y productos de vidrio, Fuente: Censos económicos INEGI, 2004

A continuación se presenta el análisis de los principales solventes consumidos por las diferentes ramas en la elaboración del producto del que tenemos que la fabricación de pinturas, barnices, lacas y similares emplea la mayoría del solvente orgánico (27%) y de las cetonas, las cuales representan también el 27% del consumo del total de solventes. El siguiente subsector que más solventes emplea es la industria farmacéutica, la cual contribuye en general con alcoholes, sumando un total de 119,613 toneladas.



Gráfica 13. Principales solventes consumidos en la elaboración del producto

IV.3 Aplicación de recubrimientos

Recubrimiento de superficies industriales

Descripción

Las operaciones de recubrimiento de superficiales consisten en aplicar una delgada capa (de pintura, de laca, de esmalte, de barniz, etc.) a un objeto, para propósitos decorativos o protectores. Los productos utilizados para este recubrimiento de superficies incluyen a un portador líquido que puede ser base agua o base solvente, el cual se evapora durante el secado o el proceso de curado.

Las principales aplicaciones de recubrimiento se tienen en: a) la fabricación de equipos originales como pueden ser; muebles, recipientes de hojalata, automóviles, equipo de transportación, maquinaria, aparatos, rollos de metal, madera, alambre así como otros productos diversos, b) recubrimientos arquitectónicos y c) recubrimientos con propósitos

especiales, como son los relativos a las operaciones de mantenimiento en instalaciones industriales y otras, repintado de automóviles, pinturas de tráfico, para fines marítimos y rocíos de aerosol.

Después de que la capa ha sido aplicada, es curada o secada de manera convencional o por la acción de la radiación. La curación convencional es lograda por el empleo de hornos termales. El calor de estos hornos hace que los solventes y/o el agua atrapada en la capa se eliminen a la atmósfera. Las capas también pueden ser curadas usando la radiación. Los dos tipos de radiación para el curado, utilizados en este momento son, las radiaciones ultravioletas (UV) y el haz de electrones (EB, por sus siglas en inglés).

Pintura automotriz

Descripción

Para la realización de esta actividad el cuerpo del automóvil es montado por medio de un número de secciones metálicas soldadas. El cuerpo y las partes a recubrir pasan por el mismo proceso de preparación metálica.

Primeramente, las superficies son limpiadas con solvente para eliminar los rastros de aceite y grasa, enseguida se somete a un proceso de fosfatizado el cual prepara las superficies para el uso del "primer". El tratamiento con fosfato es necesario para retardar la oxidación del hierro y del acero, mejorando la adherencia del "primer" y el metal. El proceso de fosfatizado ocurre de la siguiente manera; limpieza por medio de acción de un detergente, y el rocío de la superficie metálica con fosfato de zinc.

Las partes y cuerpos pasan por un proceso de aplicación de agua fresca en forma de rocío. Posteriormente la capa del primer debe ser aplicada y se debe de pasar al horno de secado.

El "primer" es aplicado para proteger la superficie metálica de la corrosión y asegurar la buena adherencia de las capas subsecuentes.

El *topcoat* (capa final) proporciona la variedad de colores (selección de colores) y el aspecto superficial. Los abrigos son aplicados en 1 a 3 pasos para asegurar que el grosor de la capa sea suficiente. Un horno cuece cada uso de capa final, o la capa puede ser aplicada mojado sobre mojado. La capa final es cocido al horno en un horno de alta temperatura.

La capa final en la industria de automóvil tradicionalmente han sido lacas y esmaltes base solvente, aunque últimamente muchos compuestos en polvo han sido probados en varias plantas como capa final.

Después de la aplicación de la capa final, el ensamble es completado. El paso final de las operaciones de recubrimiento superficial es generalmente el proceso de reparación, en el cual la capa dañada es reparada en una cabina.

Recubrimiento de superficies arquitectónicas

Descripción

Los recubrimientos para superficies arquitectónicas son utilizados para proteger y mejorar las superficies interiores y exteriores de las construcciones (casas y edificios en general).

El proceso implica la aplicación de una delgada capa de recubrimiento tal como pintura, aprestador, barniz o laca a las superficies arquitectónicas, y el uso de solventes para adelgazar y limpiar. Esta categoría no incluye el pintado de carrocerías, la aplicación de pintura de tráfico, el recubrimiento industrial de superficies, los recubrimientos industriales de mantenimiento, ni las pinturas utilizadas en artes gráficas.

Pintura de tránsito

Descripción

Se refiere al mantenimiento y reparación que se les da a los carriles, banquetas, marcas de dirección, señales de tránsito, superficies pavimentadas y no pavimentadas para facilitar el tráfico de vehículos, tanto en obras nuevas como las ya establecidas.

Las señales de tráfico pueden utilizar pinturas con base solvente o base agua, que generalmente se aplican con spray, o en forma de cintas termoplásticas o preformadas que son aplicadas con epóxicos sobre la superficie de los caminos.

Factores tales como las condiciones climáticas, la durabilidad de la pintura, tipo de pavimento, densidad del tráfico y posición de las señales, determinarán la frecuencia con la que la pintura debe ser reaplicada y, por lo tanto, tendrán influencia sobre las emisiones.

Artes gráficas

Descripción

Las artes gráficas incluyen las operaciones que están relacionadas con la impresión de periódicos, revistas, libros y otros materiales impresos. La impresión puede ser realizada sobre diversos sustratos (por ejemplo; papel con y sin estuco, metal o tela).

Las operaciones que se llevan a cabo para la impresión son la litografía, el rotograbado, la tipografía y la flexografía.

La composición de las tintas de impresión es sumamente variable, pero todas constan de tres componentes principales: pigmentos, aglutinantes y solventes. La mayoría de los solventes utilizados en las operaciones de artes gráficas se consumen en las formulaciones de tintas de impresión, y cantidades menores son utilizadas para la limpieza del equipo o como componentes en las soluciones de fuente. Los solventes se evaporan de las tintas hacia la atmósfera durante el proceso de secado.

Curtido y acabado de cuero

Descripción

El curtido es el proceso químico mediante el cual se convierten pellejos de animales en cuero (terminado y/o acabado del cuero o pieles). Las pieles tienen la capacidad de absorber el ácido tánico y otras sustancias químicas que les impiden descomponerse, hacerlos resistentes a la humedad y mantenerlos flexibles y duraderos. Los tres tipos de pieles más usadas a menudo en la fabricación de cuero son del ganado vacuno, la oveja y cerdos.

El curtido es esencialmente la reacción de fibras de colágeno con el ácido tánico, cromo, alumbre, u otros agentes químicos. Los agentes de curtido más comunes usados son el cromo trivalente, ácido tánico, el alumbre, el formaldehído, sustancias químicas artificiales, aceites pesados entre otros.

La producción de piel puede dividirse en tres fases: preparación del cuero para el curtido, incluye procesos como la eliminación del pelo y la carne adherida; proceso de curtido y proceso de acabado o terminado del cuero. El acabado incluye tareas mecánicas para dar forma y alisar la piel, y métodos químicos para colorear, lubricar, suavizar y aplicar un acabado superficial a la piel.

El acabado superficial final que se le da a las pieles o cueros curtidos puede contener disolventes, plastificantes, aglutinantes y pigmentos. En la mayoría de casos, los cueros pintados o rociados no se secan en estufas, sino en bandejas colocadas en estanterías. Esta práctica proporciona una amplia superficie de evaporación y contribuye a la contaminación del aire.

Aplicación de asfalto

Descripción

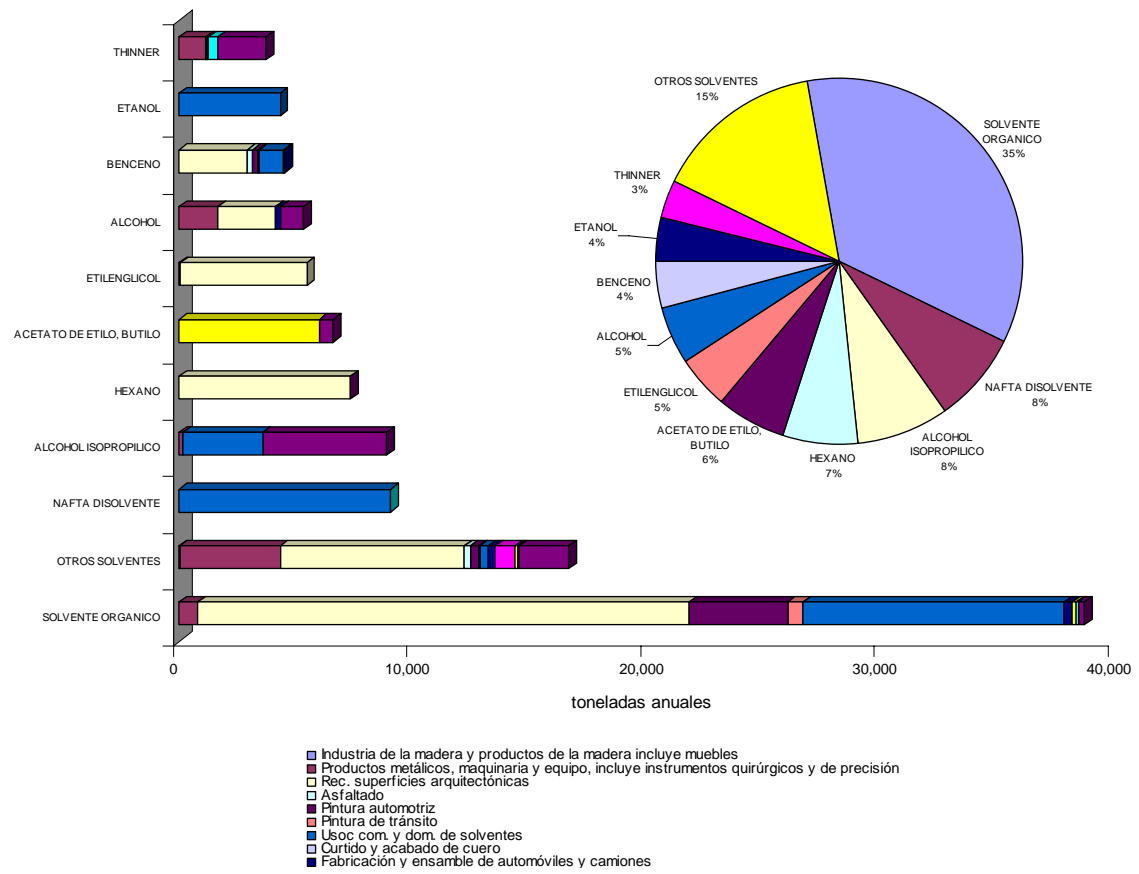
Las superficies y pavimentos de asfalto están compuestos por un agregado compactado y un adhesivo de asfalto. El agregado transmite la carga desde la superficie hacia la base, absorbe el desgaste abrasivo del tráfico y proporciona una superficie antiderrapante. El adhesivo mantiene al agregado unido y evita los movimientos o pérdida de éste. Esta categoría de fuente maneja las emisiones de hidrocarburos de la evaporación de estos adhesivos.

Los aglomerantes de asfalto pueden ser cementos asfálticos o asfaltos licuados. Los primeros son el residuo de los procesos de destilación. Por otro lado, existen dos tipos de asfaltos licuados: los diluidos y los emulsificados. Los asfaltos diluidos son cementos asfálticos adelgazados o “diluidos” con destilados volátiles de petróleo, y en general están clasificados como de cura rápida, media y lenta. La caracterización del asfalto se basa en el solvente que es utilizado como diluyente, y el tiempo necesario para su curado (por ejemplo; la gasolina o nafta son utilizadas como diluyentes para un curado rápido, mientras que el queroseno y otros aceites combustibles de baja volatilidad son utilizados para un curado medio y lento. Los asfaltos emulsificados usan una mezcla de agua y emulsificante (por ejemplo; jabón), en lugar de un solvente diluyente, y su curado depende de la evaporación del agua o del enlace iónico.

El tipo y cantidad de diluyente usado son las dos variables principales que afectan las emisiones a la atmósfera, esto es; emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV), como resultado de la evaporación del solvente destilado de petróleo, o el diluyente. Las emisiones ocurren tanto en el sitio de trabajo, como en la planta que realiza la mezcla (los COV son liberados durante la mezcla y el almacenaje). Sin embargo, la fuente más grande de emisiones, se da durante el asfaltado de un camino.

En la siguiente gráfica se muestran cuales son los principales solventes que se emplean en la aplicación de recubrimientos, destacando los solventes orgánicos (35% del total),

empleados como diluyente en la aplicación de pinturas, barnices y lacas, y la actividad que más lo emplea es el recubrimiento de superficies, seguido por el uso comercial y doméstico de solventes. Otra actividad que también ocupa un lugar importante es la producción de maquinaria y equipo, empleando principalmente thinner, alcohol y otros solventes.



Gráfica 14. Principales solventes consumidos en la aplicación de recubrimientos

Uso comercial y doméstico de solvente

Descripción

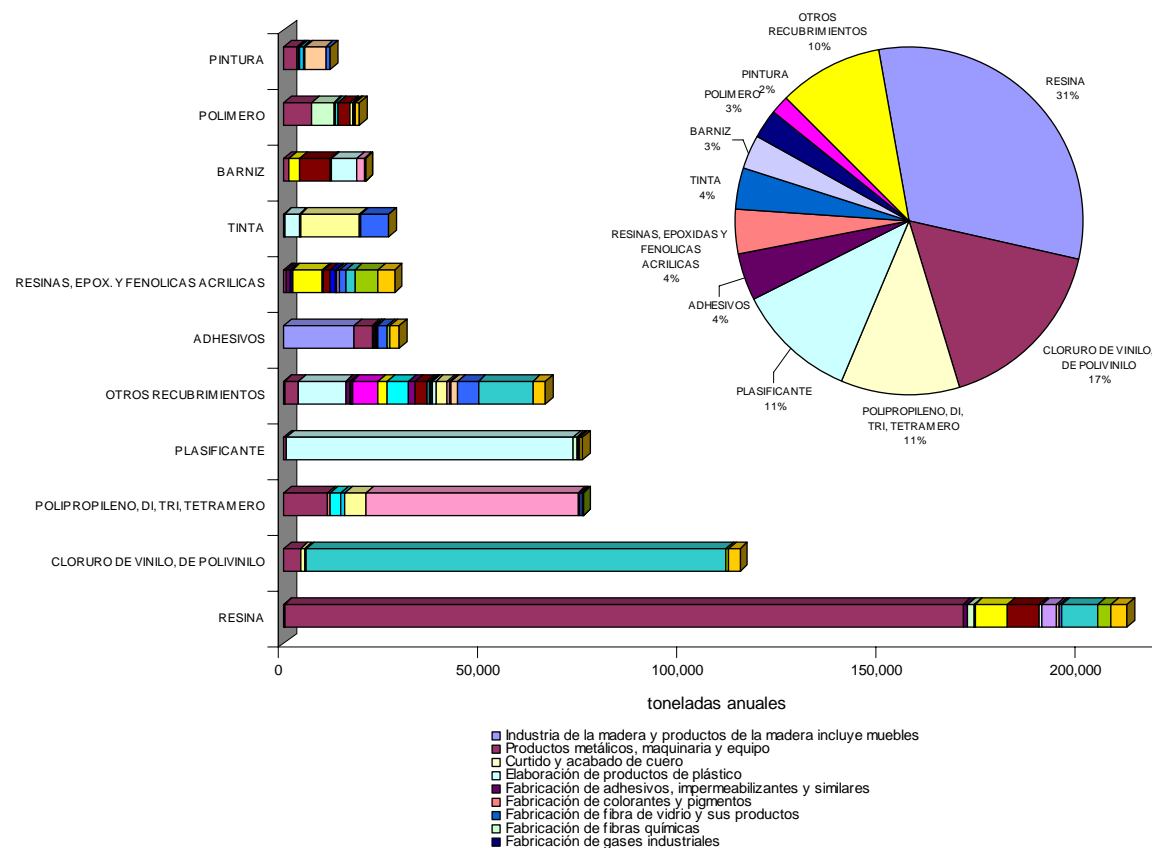
Los productos de consumo comercial y doméstico que liberan COVs, incluyen a los aerosoles, productos domésticos, artículos de aseo y cuidado personal, los de cuidado automotriz (líquidos lava parabrisas, pulidores y ceras), adhesivos y selladores no industriales, desodorantes espaciales, usos de control de polilla, y detergentes de lavandería y tratamientos.

Debido a los ingredientes (hidrocarburos) de los productos comerciales y de consumo que sirven como agentes para el secado (a través de la evaporación), co-solventes y agentes limpiadores que son emitidos durante el uso del producto.

Los componentes volátiles orgánicos de estos productos que son liberados a la atmósfera incluyen a naftas especiales, alcoholes, cloro y fluorocarbonos.

En este concepto también se consideraron los recubrimientos aplicados, agrupando en este punto a todos los que aparecen en las actividades anteriores.

La gráfica 12 muestra que el recubrimiento más empleado para uso comercial y doméstico fueron las resinas, con casi una tercera parte del total, seguido por el cloruro de vinilo, polímeros, plástificantes y adhesivos, que en conjunto agrupan el 75% de todos los recubrimientos, siendo la fabricación de productos metálicos, maquinaria y equipo, la actividad que más los emplea. En otros se agruparon recubrimientos como pintura, tintas varias y lacas entre otros, que en conjunto aportan solamente el 10%.



Gráfica 15. Principales recubrimientos empleados

V. EMISIONES GENERADAS POR EL CONSUMO DE SOLVENTES EN LA INDUSTRIA DE LA ZMVM

V.1 Emisiones al Aire

Las emisiones al aire que se generan en las actividades descritas en este estudio varían dependiendo de la actividad, se consideraron las obtenidas en el inventario de emisiones 2004, el cual considera los equipos de control de emisiones con que cuenta la industria manufacturera y el uso específico de las materias primas de acuerdo con su actividad. El no incluir el tipo de control para el cálculo de emisión en muchas ocasiones se debe a que la industria no reporta que tipo de control posee.

Para el caso de limpieza y desengrase, las emisiones se estiman generalmente con los datos de los consumos de solventes empleados considerando que éstos se evaporarán casi en su totalidad estar realizando la limpieza, cabe destacar que dentro de las materias primas reportadas para las actividades que integran limpieza y desengrase de superficies, también están reportados algunos recubrimientos como pinturas, adhesivos, barnices, etc., los cuales fueron considerados en lo relativo a recubrimientos industriales.

La operación de lavado en seco consiste en la limpieza de ropa mediante el uso de solventes orgánicos no acuosos, como el percloroetileno y gas nafta, entre los de mayor uso. La extracción del exceso de solvente en la prenda se realiza por medio de una corriente de vapor de agua. Las emisiones de COV, se presentan cuando los solventes se evaporan durante el proceso, especialmente en el equipo de lavado y de los sistemas de recuperación o disposición de solventes.

Para las actividades de Fabricación de productos químicos básicos orgánicos; Fabricación de productos químicos básicos inorgánicos; Fabricación de colorantes y pigmentos; Fabricación de gases industriales no se encontraron factores de emisión relacionados, sin embargo las emisiones se dan durante el proceso de fabricación del producto, ya sea durante el mezclado de las materias primas, algún proceso de destilación, al condensar los productos o durante el envasado o empaquetado; aunque es importante no perder de vista que si bien la cantidad de solventes empleados es alta, éstos no se pueden perder, ya que forman parte del proceso y/o producto en general y la mayoría de los casos se emplean procesos cerrados, aún cuando las pérdidas se pueden dar en válvulas, bombas o compresores; en lo que se refiere a la fabricación de gases industriales los solventes son utilizados como medio estabilizador dentro de los cilindros de entrega, (ej. el acetileno puro

sometido a presión es inestable, se descompone con inflamación dentro de un amplio rango de presión y temperatura, por lo que se entrega diluido en un solvente, que generalmente es acetona), o como componente principal (los gases refrigerantes, son compuestos que tienen la estructura de un hidrocarburo pero que incluyen átomos de Fluor, Cloro y/o Bromo).

En lo que se refiere a la fabricación de fibras químicas los solventes son empleados dentro del proceso productivo para dar cuerpo al polímero y poder trabajar fácilmente con él, por cuestiones económicas este solvente en la mayoría de los casos es recuperado, sin embargo durante el proceso pueden existir fugas que permitan que los solventes se liberen a la atmósfera.

Por su parte en la Industria farmacéutica las emisiones consisten casi completamente en solventes orgánicos que se escapan de secadores, reactores, sistemas de destilación, tanques de almacenaje, y otras operaciones. Estas emisiones son exclusivamente compuestos orgánicos no metánicos. Las emisiones de otros agentes contaminantes son insignificantes y no son tratadas aquí. No es práctico intentar evaluar emisiones de las etapas que intervienen en el proceso de producción o asociar emisiones con las etapas individuales debido a la gran variedad de las operaciones de que pueden ser realizadas por un solo equipo en una fábrica. Es más razonable de obtener datos sobre compras totales de solventes por una planta, asumiendo que estos representan reemplazos de los solventes perdidos por la evaporación.

En el caso de la fabricación de pinturas, barnices, lacas y similares las emisiones generadas en la producción de recubrimientos, varía dependiendo del tipo de recubrimiento. Para el caso de pinturas se tiene que aproximadamente del 1 al 2% del solvente se pierde como emisión a la atmósfera y del 0.5 al 1% del pigmento se emite como partículas. Mientras que para la fabricación de barnices las emisiones de compuestos orgánicos volátiles varían dependiendo del tipo de solvente utilizado, del tiempo y temperaturas de calentamiento entre otros factores, así como la tecnología de control de emisiones de COV.

En la Fabricación de tintas para impresión y escritura el barniz o la preparación de vehículo por calentamiento es por mucho la emisión más significativa de las emisiones en la industria. La refrigeración de los componentes de barniz (resinas, aceites, derivados de petróleo y los solventes) produce la emisión de olores. Cerca de los 350° F (175C) los productos comienzan a descomponerse, teniendo como resultado la emisión de diversos productos. Las emisiones continúan a lo largo del proceso de "cocción", teniendo una tasa máxima de emisiones después que la temperatura máxima se ha alcanzado. Las emisiones

de la fase de "cocción" pueden ser reducidas en más del 90 por ciento con el uso de extractores o condensadores seguidos después de los quemadores. Las emisiones provenientes de la cocción del barniz incluyen, vapor del agua, ácidos grasos, glicerina, acroleína, fenoles, aldehídos, acetonas, terpenos del petróleo y bióxido de carbono.

También existen emisiones de los solventes utilizados en tintas de flexografía y rotograbado. La cantidad, composición, y tasa de emisión por la fabricación de tinta dependen de la temperatura de "cocción" y el tiempo, los ingredientes empleados, el método de introducir los agregados, el grado de batido.

Para la actividad de fabricación de llantas y cámaras, el empleo de solventes es uno de los menos significativos, el factor de emisión para solventes en esta actividad es de apenas 4.9 kg. por tonelada de solvente, por lo tanto la emisión de COV es baja y el número de empresas que se encuentran reportadas en esta actividad es solamente de seis.

En el caso específico de la fabricación de fibra de vidrio y sus productos, se tienen únicamente seis empresas, y el consumo de solventes por esta actividad es de siete toneladas, sin embargo también reporta dentro de sus materias primas una cantidad importante de resinas y recubrimientos, por lo que se asume que el solvente reportado es utilizado en los servicios de limpieza y desengrase.

Hasta el momento se han descrito las actividades que emplean solventes para la limpieza y desengrase, y como ingrediente o componente en una formulación, a continuación se describirán las operaciones en las cuales son empleados solventes y recubrimientos para proteger las superficies industriales.

Dentro de aplicación de recubrimientos, se encuentra el recubrimiento de superficies industriales en la cual se agrupan principalmente en dos subsectores, el subsector 33 referente a la industria de la madera y productos de la madera, incluyendo muebles; y el subsector 38 que comprende la generación de productos metálicos, maquinaria y equipo, a excepción de la actividad 381100 (Fundición y moldeo de piezas metálicas). Esos dos subsectores comprenden la mayoría de las operaciones en las cuales la industria emplea, volúmenes altos de recubrimientos tales como pinturas, lacas, barnices, adhesivos, etc.

En algunos casos como en el curtido y acabado de cuero que pertenece al subsector 32 de la industria textil, aunque sólo emplean 3 toneladas de solventes y 4 de recubrimiento por 4 empresas, se tomó la decisión de analizar esta actividad por considerarla de importancia.

Otra actividad que realiza aplicación de recubrimientos es la de imprentas, editoriales e industrias conexas (rama 3420), para la cual se contabilizaron 373 empresas, 220 que emplean solventes y 321 que consumen recubrimientos, la emisión reportada de COV en el inventario de emisiones es de 13,090 ton/año.

Dentro de esta categoría de aplicación de recubrimientos se agrupan varias actividades consideradas como fuentes de área, que también fueron motivo de análisis para este balance, la primera de ellas es la aplicación de pintura automotriz, para obtener el consumo de solventes y recubrimientos de esta, se tomó en consideración el porcentaje de venta de pintura automotriz en la ZMVMV proporcionado por ANAFAPYT¹⁰, sobre el total nacional, con esta fracción y el valor actualizado de las ventas nacionales de pinturas, se obtiene el volumen vendido de pintura automotriz a escala nacional y por medio del producto Interno Bruto del sector manufacturero para la ZMVM, se obtiene un valor de venta.

Una metodología similar a la anterior se aplicó para obtener las ventas de pinturas de tránsito y arquitectónicas. En los análisis que se hacen por fuente de área, no es posible obtener el número de autos, casas o metros pintados para cada caso, debido a que el inventario es reportado de forma per cápita.

Para la aplicación de asfalto, si se contó con datos representativos para la ZMVM, como es la distribución de mezcla asfáltica y el contenido de COV evaporativos de la mezcla, con estos datos y un perfil de especiación para esta actividad, se obtuvieron datos de solventes relacionados (478 ton/año), el cual se considera igual que el mismo volumen de la emisión.

¹⁰ Estadística de pinturas y recubrimientos, 1996, ANAFAPYT, A.C. México

La última categoría de fuente de área que se analizó fue el uso comercial y doméstico de solventes, que se refiere a todos aquellos compuestos que empleamos de manera cotidiana, ya sea para el cuidado personal o de la casa, auto, jardín, etc., que contengan como ingrediente algún solvente. En este caso en particular la metodología para obtener los solventes se basó en documentos de la EPA¹¹, y en estadísticas de gasto por familia de productos para el cuidado personal y del hogar de INEGI¹², de estos dos documentos fue posible obtener factores de emisión para el ámbito nacional para algunos de estos productos. En este caso el valor de emisión y de consumo obtenidos fue menor que el reportado en el IE, esto debido seguramente a que no se obtuvo FE para la mayoría de los productos.

En las siguientes tablas (3 y 4) se presentan los factores de emisión empleados para cada actividad, así como los resultados obtenidos (tabla 5).

Tabla 3. Factores de emisión para lavado en seco

Compuesto	FE [kg/hab]	Emisión COV [ton/año]
Percloroetileno	0.051	530
Naftas precursoras de aromáticos	0.053	280
Ambos compuestos	0.104	810

Fuente: Diagnóstico ambiental de los establecimientos manufactureros, comerciales y de servicios ubicados en el Distrito Federal, SMA, GDF 2004..

¹¹ Emission inventory improvement program, Vol. III, capítulo 5, Solvent use, EPA, 1996.

¹² INEGI, www.inegi.gob.mx, Gasto corriente total, monetario y no monetario de los hogares, México. 2006

Tabla 4. Factores de emisión empleados en las principales actividades

SCC*	Descripción del proceso	Factor de emisión	Unidades	Concepto
4-01-003-99	Otros no clasificados	908	kg/Tons solvente	FE empleados para la limpieza y desengrase de puerfices industriales
4-02-009-01	General: Especifico en comentarios	908	kg/toneladas de solvente	
4-02-011-05	Limpieza del equipo	90.8	kg/toneladas de solvente en recubrimiento	
3-01-014-01	Mezcla y manejo general (c, PART)	15.01488	kg/Tons. pintura producida	FE para la fabricación de pinturas, barnices, lacas y similares
3-01-018-39	Resinas poliester alquidalicas: Tanque de adelgazamiento de resinas	3.3533232	kg/Tons. de solvente para adelgazamiento usado	
3-01-020-01	Vehículo de cocimiento: General	60.05952	kg/Tons. producidas	
FE PROMEDIO (3-01-015-01, 02, 03, 04) FABRICACION DE BARNICES		46.295875	kg/Tons. producida	
3-01-018-39	Resinas poliester alquidalicas: Tanque de adelgazamiento de resinas	3.3533232	kg/Tons. de solvente para adelgazamiento usado	FE para la fabricación de adhesivos, impermeabilizantes y similares
3-01-018-39	Resinas poliester alquidalicas: Tanque de adelgazamiento de resinas	3.3533232	kg/Tons. de solvente para adelgazamiento usado	
3-01-014-01	Mezcla y manejo general (c, PART)	15.01488	kg/Tons. pintura producida	FE para la fabricación de tintas para impresión y escritura **
3-01-015-02	Oleo resinas	75.0744	kg/Tons. producidas	
3-01-020-01	Vehículo de cocimiento: General	60.05952	kg/Tons. producidas	
4-01-003-99	Otros no clasificados	908	kg/Tons. de solvente	FE para la industria farmaceutica
3-01-060-11	Procesos de recubrimiento / Procesos de granulación	0.0265	kg/Tons. de solvente	
3-08-007-03	Consumo de solvente	294.646	kg/Tons. de solvente	FE para la elaboración de productos de plástico
4-02-001-01	Pinturas: Base Solvente	508.48	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-003-01	General: Barniz/Laca	454	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-005-01	General: Esmaltado	381.36	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-007-01	General: Aplicación de Adhesivo	576.58	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-05-003-01	Flexográfica 2751	322.794	kg/Toneladas de tinta	
FE PROMEDIO DE LAS DISTINTAS TINTAS PARA IMPRESION (4-05-002-01, 4-05-005-01, 4-05-004-01, 4-05-003-01)		210.883	kg/Toneladas de tinta	
3-08-007-03	Consumo de solvente	294.646	kg/Tons. de solvente	FE para la elaboración de fibras químicas
3-08-001-08	Mezclado de solventes	4.9032	kg/Tons. de solvente	FE para la fabricación de llantas y cámaras
4-05-005-99	Otros no clasificados (c, COV's)	908	kg/Toneladas solvente añadido	
4-01-003-99	Otros no clasificados	908	kg/Tons solvente	FE para la fabricación de fibra de vidrio y sus productos
4-02-009-01	General: Especifico en comentarios	908	kg/toneladas de solvente	
4-01-003-10	Acetona	908	kg/Tons solvente	
3-08-007-23	Resina - general por rodillo	250.248	kg/Tons. de recubrimiento aplicado	
4-02-001-01	Pinturas: Base Solvente	508.48	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-004-01	General: Laqueado	699.16	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-007-01	General: Aplicación de Adhesivo	576.58	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-009-01	General: Especifico en comentarios	908	kg/toneladas de solvente	FE para el recubrimiento de superficies industriales
4-01-003-99	Otros no clasificados	908	kg/Tons solvente	
4-02-001-01	Pinturas: Base Solvente	508.48	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-003-01	General: Barniz/Laca	454	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-004-01	General: Laqueado	699.16	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-005-01	General: Esmaltado	381.36	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-006-01	General: Primer	599.28	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-007-01	General: Aplicación de Adhesivo	576.58	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-001-01	Pinturas: Base Solvente	508.48	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-003-01	General: Barniz/Laca	454	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-004-01	General: Laqueado	699.16	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-005-01	General: Esmaltado	381.36	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-006-01	General: Primer	599.28	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-007-01	General: Aplicación de Adhesivo	576.58	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-05-002-01	Impresión Tipográfica 2751	108.052	kg/Toneladas de tinta	
FE PROMEDIO DE LAS DISTINTAS IMPRESIONES (TINTAS):4-05-002-01, 4-05-003-01, 4-05-004-01, 4-05-005-01		208.63	kg/ton de tinta	
4-05-005-99	Otros no clasificados (c, COV's)	908	kg/Toneladas solvente añadido	FE para la elaboración de artes gráficas
4-02-001-01	Pinturas: Base Solvente	508.48	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-003-01	General: Barniz/Laca	454	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-005-01	General: Esmaltado	381.36	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-006-01	General: Primer	599.28	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-02-007-01	General: Aplicación de Adhesivo	576.58	kg/Toneladas de recubrimiento Aplicado	
4-05-002-01	Impresión Tipográfica 2751	108.052	kg/Toneladas de tinta	
4-05-004-01	Litográfica 2752	89.892	kg/Toneladas de tinta	
4-05-005-01	Fotograbado 2754	322.794	kg/Toneladas de tinta	
FE PROMEDIO DE LAS DISTINTAS TINTAS PARA IMPRESION (4-05-002-01, 4-05-005-01, 4-05-004-01, 4-05-003-01)		210.883	kg/Toneladas de tinta	

* SCC: Source Code Classification

** Los factores de emisión para esta categoría son referentes al producto, no a la materia prima

Tabla 5. Tabla resumen del consumo de solventes

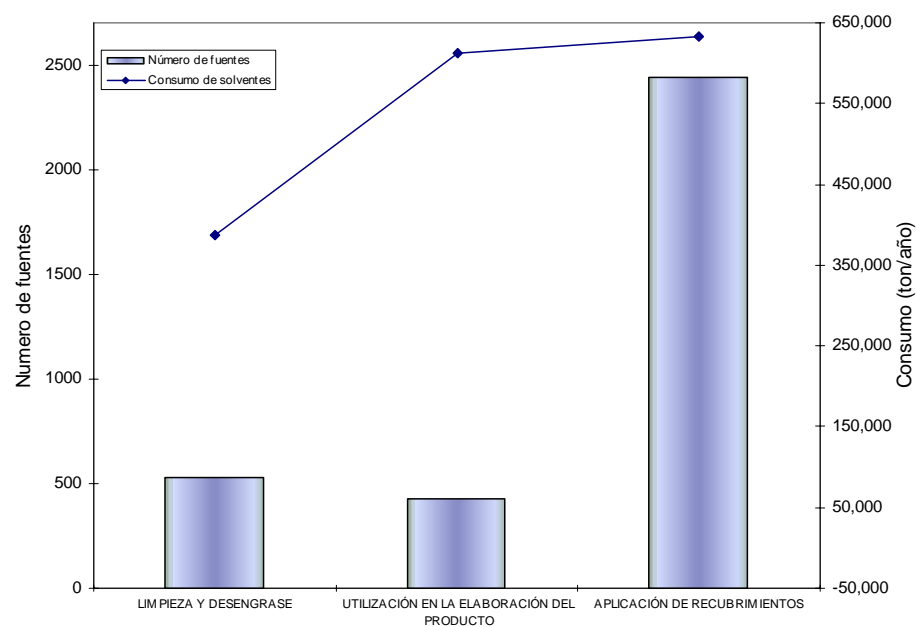
RAMA	ACTIVIDAD	NO. INDUSTRIAS QUE CONSUMEN SOLVENTES	CONSUMO DE SOLVENTES TON/AÑO	EMISION COVS (TON/AÑO)
	TOTAL	529	387,450	40,549
LIMPIEZA Y DESENGRASE	31 Producción de alimentos, bebidas y tabaco	51	59,261	1,533
	32 Producción de textiles, prendas de vestir e industria del cuero	99	10,668	1,625
	34 Producción de papel, productos de papel, imprentas y editoriales	42	1,137	8,373
	35 Producción de sustancias químicas productos derivados del petróleo y del carbón de hule y de plástico	191	226,559	19,543
	36 Producción de bienes a base de minerales no metálicos	17	2,848	3,988
	37 Industrias metálicas básicas	22	79,845	3,376
	381100 Fundición y moldeo de piezas metálicas	6	19	140
	39 Otras industrias manufactureras	101	4,800	1,161
	AREA Lavado en seco	N.D.	2,314	810
		TOTAL	426	612,509
UTILIZACIÓN EN LA ELABORACIÓN DEL PRODUCTO	352210 Fabricación de pinturas, barnices, lacas y similares	49	333,028	2,159
	352231 Fabricación de adhesivos, impermeabilizantes y similares	31	10,879	750
	352232 Fabricación de tintas para impresión y escritura	40	15,386	1,277
	352100 Industria farmacéutica	120	131,355	12,382
	3560 Elaboración de productos de plástico	113	46,393	16,463
	351214 Fabricación de gases industriales	12	415	274
	351213 Fabricación de colorantes y pigmentos	10	8,629	270
	351211 Fabricación de productos químicos básicos orgánicos	18	39,976	1,871
	351212 Fabricación de productos químicos básicos inorgánicos	14	8,900	44
	351300 Fabricación de fibras químicas	7	16,824	269
	355001 Fabricación de llantas y cámaras	6	716	543
	362013 Fabricación de fibra de vidrio y sus productos	6	7	93

RAMA	ACTIVIDAD	CONSUMO (TON/AÑO)			EMISIÓN (TON/AÑO)	
		NO. INDUSTRIAS QUE CONSUMEN SOLVENTES	CONSUMO DE SOLVENTES TON/AÑO	NO. INDUSTRIAS QUE CONSUMEN RECUBRIMENTOS	CONSUMO DE RECUBRIMENTOS TON/AÑO	COVS
	TOTAL	670	110,752	1,768	677,370	176,834
APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS	323001 Curtido y acabado de cuero	1	3	3	4	2
	332001 Fabricación y reparación de muebles principalmente de madera	65	511	110	7,782	3,889
	33 RESTO	18	75	35	18,624	224
	381300 Fabricación y reparación de muebles metálicos	41	6,384	61	2,287	2,472
	384110 Fabricación y ensamble de automóviles y camiones	2	913	3	843	1,004
	384121 Fabricación y ensamble de carrocerías y remolques para automóviles y camiones	14	931	20	2,174	671
	38 RESTO	309	8,178	448	207,041	7,940
	OPERACIONES AUXILIARES de recubrimiento en el resto de los giros	N.D.	N.D.	767	413,503	76,945
	AREA Pintura automotriz	N.D.	4,797	N.D.	N.D.	4,797
	AREA Recubrimiento de superficies arquitectónicas	N.D.	47,045	N.D.	N.D.	47,045
	AREA Pintura de tránsito	N.D.	735	N.D.	N.D.	735
	AREA Aplicación de asfalto	N.D.	478	N.D.	N.D.	478
	3420 Imprentas, editoriales e industrias conexas	220	11,321	321	25,113	13,026
	AREA Uso comercial y doméstico de solventes	N.D.	29,383	N.D.	N.D.	17,606
	GRAN TOTAL		1,625	1,110,712	1,768	677,370

N.D. No Determinado

La tabla anterior resume de manera concreta cuales fueron los resultados que se obtuvieron de este estudio, así podemos observar que en el grupo de limpieza y desengrase que aún cuando cuenta con un gran número de industrias que consumen solventes (529 empresas) solamente cuenta con un consumo de 387,450 toneladas anuales de solventes, lo cual representa una emisión de 40,549 toneladas de COV emitidas, esto es debido a que se agrupan giros como el alimenticio donde además de los solventes de limpieza y desengrase también existen solventes que son consumidos o que pueden ser utilizados para la fabricación del producto como el ácido acético o los alcoholes. El resto del subsector 35 (Producción de sustancias químicas, productos derivados del petróleo), es el que más contribuye con el 58% de los solventes consumidos para las actividades de limpieza y desengrase y emite un poco más del 48% de los COV generados por este rubro.

La siguiente gráfica muestra una comparación en base al número de empresas y el uso de solventes de las siguientes actividades: limpieza y desengrase, utilización en la elaboración del producto y aplicación de recubrimientos, Se observa que los solventes utilizados en la elaboración del producto fueron consumidos por 426 empresas, que presentan un consumo de 612,509 toneladas, el más elevado de las tres categorías, pero solamente emiten 36,396 toneladas de COV, esto debido a que en este punto el solvente no debe evaporarse, ya que formará parte de un producto, y solamente un 6% es emitido a la atmósfera.



Gráfica 16. Comparativo por actividad

De la misma manera se observa que los solventes consumidos en la aplicación de recubrimientos son del orden de 632,327 ton/año (considerando el consumo de solventes como tal y un 77% de solventes contenido en los recubrimientos), la emisión total para este rubro fue de 176,834 ton/año.

A continuación se presenta una tabla comparativa entre la emisión generada únicamente por las empresas que utilizan algún tipo de solvente o recubrimiento y el total de ellas dentro del Inventario de Emisiones, esto con la finalidad de comparar la emisión de COV que se genera al emplear estos compuestos.

Es importante mencionar que en el análisis realizado a la base de datos del inventario de emisiones 2004 para las industrias, se tiene que existen 2,511 industrias que no reportan consumo de solventes o recubrimiento, y sin embargo existen algunas de estas industrias que reportan medición de emisiones de COV o que en el cálculo del inventario de emisiones se estimó una emisión por actividades que no están relacionadas con el uso de solventes y recubrimientos.

Por ejemplo en el subsector 31 referente a la producción de alimentos y bebidas se tiene un total de 521 industrias con una emisión de 4,774 toneladas anuales de COV, de las cuales solamente 64 industrias consumen algún tipo de solvente y/o recubrimiento y emiten 1,533 toneladas de este contaminante. Como se observa en este subsector existen emisiones de COV que provienen de otras actividades como la fermentación, el horneado, el ahumado entre otras. Es importante mencionar que dentro de las 521 industrias que conforman el giro alimenticio también existen industrias que no emiten COV como las dedicadas a la fabricación de harinas.

Esta misma situación se presenta en los demás subsectores y ramas que se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 6. Resumen comparativo entre emisiones

RAMA	BALANCE DE SOLVENTES		INVENTARIO DE EMISIONES		EMISIÓN NO CONSIDERADA (%)
	No. DE INDUSTRIAS	COV (TON/AÑO)	No. DE INDUSTRIAS	COV (TON/AÑO)	
31 Producción de alimentos, bebidas y tabaco	64	1,533	521	4,774	67.9
32 Producción de textiles, prendas de vestir e industria del cuero	169	1,625	420	2,311	29.7
34 Producción de papel, productos de papel, imprentas y editoriales	110	8,373	183	8,746	4.3
35 Producción de sustancias químicas productos derivados del petróleo y del carbón de hule y de plástico	234	19,543	439	19,744	1.0
36 Producción de bienes a base de minerales no metálicos	32	3,988	198	4,121	3.2
37 Industrias metálicas básicas	42	3,376	221	4,421	23.6
381100 Fundición y moldeo de piezas metálicas	15	140	77	243	42.7
39 Otras industrias manufactureras	149	1,161	282	1,195	2.8
352210 Fabricación de pinturas, barnices, lacas y similares	52	2,159	64	2,178	0.9
352231 Fabricación de adhesivos, impermeabilizantes y similares	35	750	40	783	4.1
352232 Fabricación de tintas para impresión y escritura	50	1,277	57	1,284	0.5
352100 Industria farmacéutica	124	12,382	174	12,402	0.2
3560 Elaboración de productos de plástico	151	16,463	307	17,487	5.9
351214 Fabricación de gases industriales	14	274	24	275	0.5
351213 Fabricación de colorantes y pigmentos	11	270	21	270	0.1
351211 Fabricación de productos químicos básicos orgánicos	18	1,871	23	1,953	4.2
351212 Fabricación de productos químicos básicos inorgánicos	17	44	45	108	59.5
351300 Fabricación de fibras químicas	13	269	18	271	0.7
355001 Fabricación de llantas y cámaras	12	543	15	747	27.2
362013 Fabricación de fibra de vidrio y sus productos	10	93	15	99	5.9
381300 Fabricación y reparación de muebles metálicos	68	2,472	101	2,624	5.8
332001 Fabricación y reparación de muebles principalmente de madera	113	3,889	127	3,897	0.2
384110 Fabricación y ensamble de automóviles y camiones	4	1,004	5	1,005	0.1
384121 Fabricación y ensamble de carrocerías y remolques para automóviles y camiones	21	671	29	672	0.1
33 RESTO	532	7,940	1,093	8,765	9.4
38 RESTO	36	224	63	288	22.2
3420 Imprentas, editoriales e industrias conexas	335	13,026	373	13,090	0.5
323001 Curtido y acabado de cuero	4	2	7	4	50.0
TOTAL	2,435	105,363	4,942	113,759	373

La emisión no considerada se refiere a la diferencia que existe entre las emisiones de COV de las industrias que conforman el inventario de emisiones y las emisiones de COV de las industrias que utilizan solventes y/o recubrimientos.

V.2 Emisiones de residuos peligrosos

Los solventes son considerados de acuerdo a nuestra legislación como residuos peligrosos, sin embargo se desconoce de manera precisa cuanto se genera de estos residuos en nuestro País, ya que se estima que existen más de 100,000 empresas generadoras y que sólo 27,280 cumplen con la manifestación de estos residuos. Por lo que de la misma manera existe incertidumbre para determinar cuanto se genera en la ZMVM, ya que se han realizado diversos estudios mismos que utilizan diferentes estimaciones¹³.

En la misma referencia bibliográfica se menciona una estimación del volumen de generación de residuos peligrosos la cual se muestra en la tabla 7, observándose que en el año 2000 la ZMVM generó 708,600 toneladas de residuos peligrosos y que el 88% de los RP es generado por empresas ubicadas en el D.F. y el 78% por empresas ubicadas en el Estado de México, consideradas como grandes generadoras (más de 1,000 ton/año).

13 Bases Conceptuales y de Diagnóstico del Programa para la Prevención y Manejo Integral de Residuos Peligrosos Bases Conceptuales y de Diagnóstico del Programa para la Prevención y Manejo Integral de Residuos ZMVM . SEMARNAT, Gobierno Del Distrito Federal, Gobierno Del Estado De México, CAM

Tabla 7. Volumen de generación de residuos peligrosos manifestado en el año 2000 por establecimientos registrados en la Zona Metropolitana del Valle de México

Entidad	Número de establecimientos registrados	Número de manifiestos analizados	Volumen de residuos manifestados [ton/año]
Distrito Federal	3,544	8,507	454,600
Municipios conurbados del Estado de México	2,587	6,359	254,000

Fuente: Empresa Consultora SEPSA. Enero 2001.

En cuanto a la caracterización de los residuos peligrosos, los solventes representan el 64% para el Distrito Federal mientras que para el Estado de México, representan el 10%. La cantidad de solventes generados como residuos en la ZMVM se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 8 Generación de solventes en la ZMVM

	Solventes como residuos [ton/año]
Distrito Federal	290,944
Estado de México	25,400
Total ZMVM	316,344

Fuente: Dirección de Inventario de Emisiones y Fuentes Estacionarias. Subdirección de Fuentes Estacionarias

V.3 Emisiones al agua

En la Zona Metropolitana del Valle de México, se dan básicamente tres usos al agua: el 67% se destina al sector doméstico, el 17% se utiliza en las industrias y el 16% se utiliza en escuelas, hospitales y oficinas. El agua residual que sale del uso doméstico, de industrias, escuelas y hospitales está contaminada principalmente con compuestos químicos que comúnmente son solventes industriales, como el benceno y los combustibles como la gasolina y sus derivados¹⁴.

Existe una gran variedad de factores que rigen este tipo de descargas, como por ejemplo tenemos que en la industria farmacéutica las cantidades de descargas al agua varían por tipo de solvente empleado. La tabla 9 muestra los porcentajes de la última disposición de los solventes que son utilizados por la industria farmacéutica.

¹⁴ http://www.copo.df.gob.mx/calendario/calendario_2004/marzo/agua.html

Tabla 9. Última disposición de solventes en la industria farmacéutica

Solvente	Última disposición [%]				
	Emisiones al aire	Drenaje	Incineración	Residuo sólido	Producto
Ácido Acético	1	82	-	-	17
Anhídrido Acético	1	57	-	-	42
Acetona	14	22	38	7	19
Acetonitrilo	83	17	-	-	-
Amil Acetato	42	58	-	-	-
Amil Alcohol	99	-	-	-	1
Benceno	29	37	16	8	10
Butanol	24	8	1	36	31
Tetracloruro de Carbono	11	7	82	-	-
Cloroformo	57	5	-	38	-
Ciclohexilamina	-	-	-	-	100
O-Diclorobenceno	2	98	-	-	-
Dietilamina	94	6	-	-	-
Dietilcarbonato	4	71	-	-	25
Dimetil Acetamida	7	-	-	93	-
Dimetil Formamida	1	3	3	6	-
Dimetil Sulfoxido	1	28	71	-	-
1,4-Dioxano	5	-	-	95	-
Etanol	10	6	7	1	76
Acetato de Etilo	30	47	20	3	-
Bromuro de Etilo	-	100	-	-	-
Etilenglicol	-	100	-	-	-
Etil Éter	85	4	-	11	-
Formaldehído	19	77	-	-	4
Formamida	-	67	-	26	7
Freón	0.1	-	-	-	99.9
Hexano	17	-	15	68	-
Isobutiraldehído	50	50	-	-	-
Isopropanol	14	17	17	7	45
Isopropil Acetato	28	11	61	-	-
Isopropil Éter	50	50	-	-	-
Metanol	31	45	14	6	4
Metil Cellosolve	47	53	-	-	-
Cloruro de Metileno	53	5	20	22	-
Metil Etil Cetona	65	12	23	-	-
Metil Formato	-	74	-	12	14
Metil Isobutil Cetona	80	-	-	-	20
Poliétilen Glicol 600	-	-	-	-	100
Piridina	-	100	-	-	-
Solvente Skelly B (Hexanos)	29	2	69	-	-
Tetrahidrofurano	-	-	100	-	-
Tolueno	31	14	26	29	-
Tricloroetano	100	-	-	-	-
Xileno	6	19	70	5	-

Fuente: AP 42 sección 6.13, tabla 6.13-1

Debido a lo anterior en este documento no se realizan estas estimaciones detalladas debido a que falta hacer un análisis por tipo de compuesto, cantidad que permanece en el producto, etc.

Aunque para propósitos comparativos generales podemos decir que de los solventes utilizados de acuerdo a la base de datos del inventario de emisiones 2004, el cual fue determinado por la suma de solventes reportados como tal, más la suma del solvente que forma parte de los recubrimientos considerando un 77% de contenido de solvente en estos. (1'632,287 ton/año). Se tiene que el 11% se emite al aire (176,834 ton/año), el 19% se genera como residuo sólido peligroso (316,565 ton/año) y el 70% restante (1'138,888 ton/año) es vertido al agua ó se encuentra contenido en algunos productos finales, tal y como se puede observar en la Figura 4.

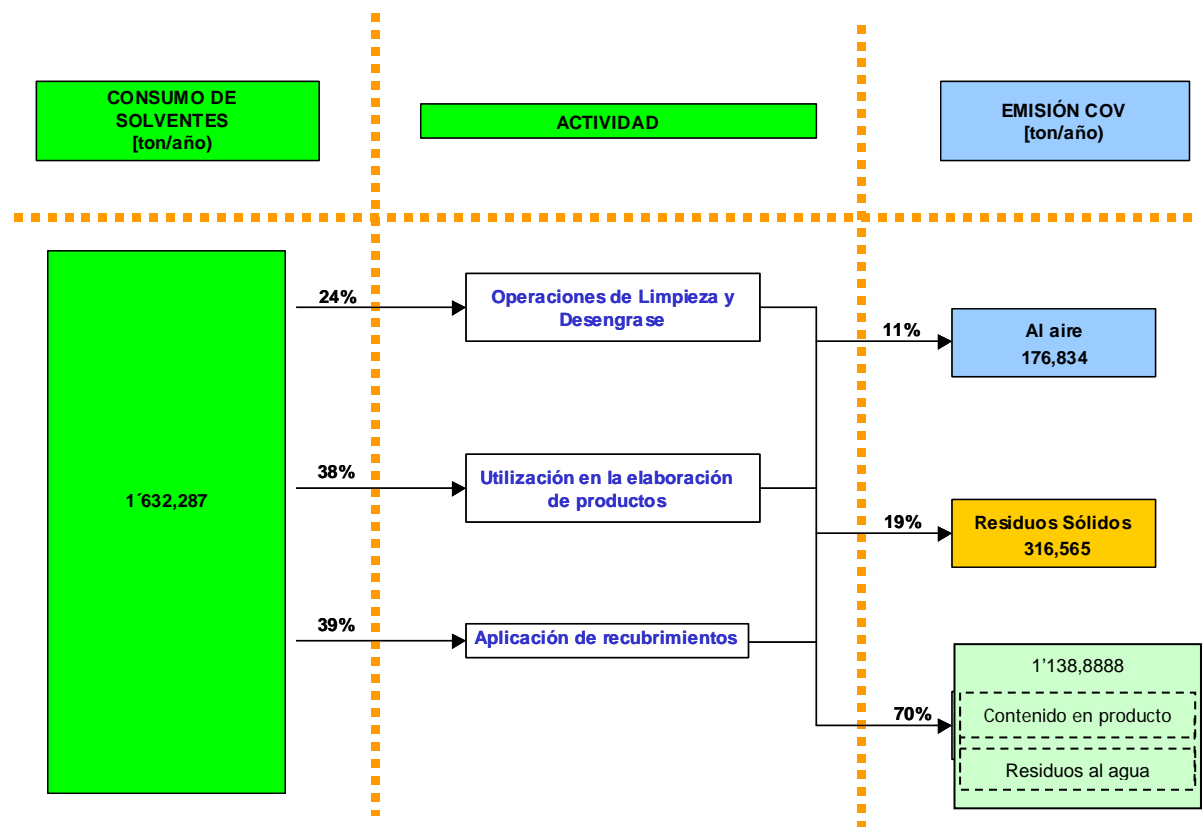


Figura 4. Emisiones de solventes a distintos medios

VI. CONCLUSIONES

La determinación del consumo de solventes en la ZMVM, no resulto ser una fácil si no todo lo contrario debido a diversos factores que incrementan la incertidumbre en la información, como el que las empresas no reporten el nombre específico de los solventes utilizados y sus cantidades, ya que existe una confusión respecto al manejo de los nombres químicos y las unidades reportadas. Adicionalmente tenemos que existen establecimientos industriales, comerciales y de servicios que no reportan un consumo de solventes y que sin embargo reportan emisiones de COV.

Por otra parte, aunado a lo anterior, no están integrados en la base de datos del inventario de emisiones la totalidad de los establecimientos, debido al incumplimiento en materia de emisiones a la atmósfera en la entrega del anexo "A" de la Licencia Ambiental Única para el Distrito Federal para los establecimientos de jurisdicción local y la Cédula de Operación Anual para los establecimientos de jurisdicción federal y los que se ubican en el Estado de México, siendo nuestra principal fuente en la retroalimentación de las bases de datos de los inventarios de emisiones.

Por lo que es necesario: incrementar la calidad de la información recabada en los diversos cuestionarios que utilizan las instituciones ambientales tanto del Distrito Federal y del Estado de México, así como de la Federación.

Al buscar información alterna que nos permitiera comparar o corroborar la información obtenida del inventario de emisiones, identificamos que los datos de consumos de solventes existen pero a nivel nacional y que no existe información de los consumos de solventes por entidad federativa. De esta manera la única posibilidad para determinar los consumos de solventes en la ZMVM partiendo de una fuente diferente al inventario de emisiones, fue mediante una metodología indirecta, que toma como referencia los datos de consumos a nivel nacional (Anuario Estadístico Petroquímico, 2003), que posiblemente no fue la más precisa pero nos proporciona el comportamiento de cómo se están dando estos consumos.

Lo anterior se puede constatar al comparar el consumo total de solventes determinado con información directa de la base de datos del inventario de emisiones que asciende a 1'632,287 toneladas al año de solventes contra 1'493,047 toneladas al año que se obtienen partiendo de los consumos nacionales reportados en el Anuario Estadístico Petroquímica 2003. Se observa que la diferencia de 139,240 toneladas al año, del inventario con respecto de los datos del anuario representa solamente un 8.5%, lo cual da certeza a los datos obtenidos del inventario.

De la base de datos del inventario de emisiones se identificó que los tres compuestos relacionados con solventes de mayor consumo son los adhesivos en primer lugar, seguido por los alcoholes y el polietilenglicol; mientras que los estimados para la ZMVM que toman como referencia el anuario estadístico de la petroquímicas son: el xileno, el gas nafta y el cloruro de vinilo, polivinilo. De esto último identificamos que es necesario realizar un análisis más detallado que nos permita eliminar este tipo de incongruencias en la información, ya que como se mencionó las cantidades totales de solventes son parecidas, pero al comparar por tipo de compuesto se observa que estos presentan diferencias en sus consumos.

Adicionalmente este trabajo nos permitió obtener factores de emisión nacionales y locales para algunas categorías como son: el Uso comercial y doméstico de solventes, aplicación de pintura de tránsito y aplicación de pintura automotriz, cuya documentación se encuentra en el Anexo D.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- ANAFAPYT, A.C., 1996. Estadística de pinturas y recubrimientos.
- CANALAVA, 2003. Estadísticas de socios en el Distrito Federal.
- Departamento de salud y servicios para personas mayores de New Yersey, Lista Especial de Sustancias Peligrosas para la Salud y hojas de seguridad.
- EPA, 1995. AP-42 sección 4.2.2.1 General Industrial Surface Coating.
- EPA, 1995. Proyecto de Agenda de sectores.
- EPA, 1996. Emission inventory improvement program, Vol. III, capítulo 5, Solvent use.
- Fideicomiso para la investigación sobre inhalantes, 1994. Compilación de informes de actividades del proyecto FISI, tomo I.
- Gobierno del Distrito Federal, 2005. Diagnóstico ambiental de los establecimientos manufactureros, comerciales y de servicios ubicados en el Distrito Federal.
- Gobierno del Distrito Federal, 2006. Inventario de Emisiones de la Zona Metropolitana del Valle de México 2004. <http://www.sma.df.gob.mx>
- GTZ-TIUF Reporte # 9.
- INEGI, 1996. Encuesta del Área Metropolitana de la Ciudad de México de Ingreso y gasto de los hogares.
- INEGI, 1998. Censos económicos.
- INEGI, 2003. Encuesta Industrial Mensual, Volumen y valor de producción para la fabricación de pinturas, barnices, lacas y similares, Resumen Anual.
- INEGI, 2003. Sistema de cuentas nacionales de México, Producto Interno Bruto por Entidad Federativa, 1998-2003.
- INEGI, www.inegi.gob.mx, Gasto corriente total, monetario y no monetario de los hogares.
- Radian Internacional, Asociación de Gobernadores del Oeste de Denver, Colorado y el Comité Asesor Binacional, 1997. Manuales del Programa de Inventarios de Emisiones de México, Volumen V.
- Secretaría de Energía, 2004. Anuario estadístico, Petroquímica 2003.
- Secretaría de Energía, 2005. Balance Nacional de Energía 2003.
- SEMARNAT, Gobierno del Distrito Federal, Gobierno del Estado de México, CAM. Bases Conceptuales y de Diagnóstico del Programa para la Prevención y Manejo Integral de Residuos Peligrosos Bases Conceptuales y de Diagnóstico del Programa para la Prevención y Manejo Integral de Residuos ZMVM.
- University of Stuttgart, Institute of Energy Economics and the Rational Use of Energy, 2000. Development of an improved product based approach for the calculation of NMVOC emission from solvent use in Germany and uncertainty analysis, Jochen Theloke, Rainer Friedrich.
- www.conapo.gob.mx/00cifras/5.htm, Agosto – Septiembre 2005.
- http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/139/minimizacion.html?id_pub=139, Agosto – Septiembre 2005.
- <http://www.cdc.gov/niosh/>, Agosto – Septiembre 2005.
- <http://www.energia.gob.mx/wb>, Agosto – Septiembre 2005.
- <http://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs>, Agosto – Septiembre 2005.
- <http://www.imp.mx/petroleo/apuntes/estructura7.htm>, Agosto – Septiembre 2005.
- <http://ambiental.uaslp.mx/eventos/foroconf>, Agosto – Septiembre 2005.

ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

TABLA 1. EVOLUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA SECUNDARIA 2001-2003	14
FIGURA 1. CONSUMO NACIONAL DE COMPUESTOS PETROQUÍMICOS RELACIONADOS CON SOLVENTES	15
FIGURA 2. CONSUMO DE LA ZMVM DE COMPUESTOS PETROQUÍMICOS RELACIONADOS CON SOLVENTES	15
FIGURA 3. BALANCE DEL CONSUMO DE PETROQUÍMICOS RELACIONADA CON SOLVENTES EN LA ZMVM	16
GRÁFICA 1. COMPARACIÓN DE DOS METODOLOGÍAS QUE DETERMINAN EL CONSUMO DE SOLVENTES	17
GRÁFICA 2. SOLVENTES CON TENDENCIAS SIMILARES EN EL INVENTARIO DE EMISIONES Y EN EL BALANCE PETROQUÍMICA 2003	18
GRÁFICA 3. SOLVENTES Y PRODUCTOS COINCIDENTES EN EL INVENTARIO DE EMISIONES 2004 Y EN EL BALANCE PETROQUÍMICA 2003	19
GRÁFICA 4. RESTO DE SOLVENTES O PRODUCTOS QUE CONTIENEN SOLVENTES, INCLUIDOS EN EL INVENTARIO DE EMISIONES 2004 Y EN EL BALANCE PETROQUÍMICA 2003	20
GRÁFICA 5. UNIDADES ECONÓMICAS DEL SECTOR INDUSTRIAL 2004	22
TABLA 2. USOS DE LOS PRINCIPALES SOLVENTES DENTRO DEL BALANCE	23
GRÁFICA 5. PRINCIPALES SOLVENTES CONSUMIDOS EN LIMPIEZA Y DESENGRASE	29
GRÁFICA 6. RAMA 3512 FABRICACIÓN DE SUBSTANCIAS QUÍMICAS BÁSICAS.	30
GRÁFICA 7. RAMA 3513 INDUSTRIA DE LAS FIBRAS ARTIFICIALES Y/O SINTÉTICAS	33
GRÁFICA 8. RAMA 3521 INDUSTRIA FARMACÉUTICA	35
GRÁFICA 9. RAMA 3522 FABRICACIÓN DE OTRAS SUBSTANCIAS Y PRODUCTOS QUÍMICOS	35
GRÁFICA 10. RAMA 3550 INDUSTRIA DEL HULE	38
GRÁFICA 11. RAMA 3560 ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE PLÁSTICO	40
GRÁFICA 12. RAMA 3620 FABRICACIÓN DE VIDRIO Y PRODUCTOS DE VIDRIO	41
GRÁFICA 13. PRINCIPALES SOLVENTES CONSUMIDOS EN LA ELABORACIÓN DEL PRODUCTO	42
GRÁFICA 14. PRINCIPALES SOLVENTES CONSUMIDOS EN LA APLICACIÓN DE RECUBRIMIENTOS	47
GRÁFICA 15. PRINCIPALES RECUBRIMIENTOS EMPLEADOS	49
TABLA 3 FACTORES DE EMISIÓN PARA LAVADO EN SECO	54
TABLA 4. FACTORES DE EMISIÓN EMPLEADOS EN LAS PRINCIPALES ACTIVIDADES	55
TABLA 5. TABLA RESUMEN DEL CONSUMO DE SOLVENTES	56

GRÁFICA 16. COMPARATIVO POR ACTIVIDAD	57
TABLA 6. RESUMEN COMPARATIVO ENTRE EMISIONES	59
TABLA 7. VOLUMEN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS PELIGROSOS MANIFESTADO EN EL AÑO 2000 POR ESTABLECIMIENTOS REGISTRADOS EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO	60
TABLA 8 GENERACIÓN DE SOLVENTES EN LA ZMVM	60
TABLA 9. ÚLTIMA DISPOSICIÓN DE SOLVENTES EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA	61
FIGURA 4. EMISIONES DE SOLVENTES A DISTINTOS MEDIOS	62
FIGURA B.1. DIAGRAMA CONDENSADO DE LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA RELACIONADA CON SOLVENTES	77
TABLA B.1.. CONSUMO NACIONAL 2003 DE COMPUESTOS PETROQUÍMICOS RELACIONADOS CON SOLVENTES	80
TABLA B.2. DATOS PARA OBTENER LA PRODUCCIÓN DE PETROQUÍMICOS SECUNDARIOS PARA LA ZMVM	82
TABLA B.3. CONSUMO 2003 PARA LA ZMVM DE COMPUESTOS PETROQUÍMICOS SECUNDARIOS	83

ANEXO A. Desglose a nivel nacional

La fuente del total de las tablas contenidas en este anexo es.-

Fuente: Elaborado con datos del Anuario estadístico petroquímico 2003.

Tabla A.1. Producción, Importación, Exportación y consumo de Adhesivos a escala Nacional tomado en el BS ZMVM

Adhesivos	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Acrílica	726	-	-	726
Epóxica	1,341	-	-	1,341
Acetato de Etilen Vinilo (EVA)	3,721	-	-	3,721
Neopreno	8,565	-	-	8,565
Poliuretano	5,996	-	-	5,996
Acetato de Polivinilo (PVA)	22,847	-	-	22,847
Cloruro de Polivinilo (PVC)	624	-	-	624
Hule Estireno-Butadieno (SBR)	5,916	-	-	5,916
Adhesivos especiales	-	435	31	404
Otros Adhesivos	6,731	32,217	2,584	36,364
Subtotal	56,467	32,652	2,615	86,504

Tabla A.2. Producción, Importación, Exportación y consumo de Agentes Tensoactivos a escala Nacional tomado en el BS ZMVM

Agentes Tensoactivos	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Alcoholes grasos etoxilados	16,185	-	-	16,185
Alquil fenol etoxilado	10,340	-	-	10,340
Ésteres y otros	270	-	-	270
Subtotal	26,795	0	0	26,795

Tabla A.3.. Producción, Importación, Exportación y consumo de Colorantes a escala Nacional tomado en el BS ZMVM

Colorantes	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Solventes	-	143	48	95
Subtotal	0	143	48	95

Tabla A.4. Producción, Importación, Exportación y consumo de Fibras químicas a escala Nacional tomado en el BS ZMVM

Fibras químicas	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Fibras Acrílicas	131,067	16,697	69,403	78,361
Fibras Acetato de celulosa	29,686	871	8,355	22,202
Fibras Poliamídicas	55,428	12,176	31,627	35,977
Fibras Polipropilénicas	11,318	13,280	589	24,009
De alcohol polivinilo	0	51	0	51
De cloruro de polivinilo	0	0	0	0
De politetrafluoroetileno	0	2	0	2
Subtotal	227,499	43,077	109,974	160,602

Tabla A.5. Producción, Importación, Exportación y consumo de Indicadores y Catalizadores a escala Nacional tomado en el BS ZMVM

Indicadores y catalizadores	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Ácido p-toluen sulfónico	-	92	9	83
Dimetil etil amina	-	8	0	8
Octoatos, cloruros, naftenatos e isononanoatos metálicos	4,468	0	0	4,468
Indicadores Peróxido de alcoholes, ésteres y cetonas	-	1,435	5	1,430
Subtotal	4,468	1,535	14	5,989

Tabla A.6. Producción, Importación, Exportación y consumo de petroquímicos Intermedios a escala Nacional tomado en el BS ZMVM

Intermedios	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Acetaldehído	57,226	n.s.	34,644	22,582
Monobutílico de dietilenglicol	-	131	0	131
Monobutílico del etilenglicol	-	703	2	701
Monoetilico del etilenglicol	-	53	17,796	-17,743
Monometílico del etilenglicol	-	3	20	-17
Aceto acetato de etilo o metilo	-	472	n.s.	472
Acetato de etilo	76,215	-	-	76,215
Acetato de vinilo	96,294	2,270	31,181	67,383
Acetona cianhidrina	0	-	-	0
Ácido acético	6,608	289,503	3,954	292,157
Ácido dodecilbencensulfónico ²	253,065	-	-	253,065
Ácido monocloroacético o dicloroacético	4,569	-	-	4,569
Acrilatos	-	0	0	0
Acrilatos 2-etil hexilo	-	3,153	0	3,153
Acrilatos Butilo	-	32,262	941	31,321
Acrilatos Metilo o etilo	-	5,778	39,259	-33,481
Acrlonitrilo	76,481	79,534	2,414	153,601
Alcoholes oxo 2-butanol	-	552	0	552
Alcoholes oxo 2-etil hexanol	-	42,658	0	42,658
Alcoholes oxo Alcohol isodecílico	-	86	0	86
Alcoholes oxo Alcohol tridecílico o isononílico	-	3,116	0	3,116
Alcoholes oxo Hexanol	-	20,683	3	20,680
Alcoholes oxo Isobutanol	-	2,816	n.s.	2,816
Alcoholes oxo N-butanol	-	15,948	113	15,835
Alcoholes oxo Octanol	-	101	0	101
Alcoholes oxo Otros	-	806	2	804
Alcoholes oxo Terbutanol	-	61	0	61
Alquilfenoles Dodecilfenol	5016	-	-	5,016
Alquilfenoles Nonilfenol	0	-	-	0
Anilina y sus sales	-	1,009	n.s.	1,009
Aromáticos pesados	0	-	-	0
Aromina 100	83,651	-	-	83,651
Benceno	113,991	10	22,631	91,370
Benzaldehído	-	392	4	388
Bisfenol A	-	756	0	756
Butadieno (e isopreno)	14,610	139,764	3,139	151,235
Butanol	0	-	-	0
Ciclohexano	0	83,110	37	83,073
Ciclohexanona (y	70,001	1,413	5	71,409

metilciclohexanona)				
Clorobenceno (mono y tri) Clorobencenos	-	0	0	0
Clorobenceno (mono y tri) Mezcla isomérica	-	0	0	0
Clorobenceno (mono y tri) O y p-diclorobenceno	-	5,327	649	4,678
Clorobenceno (mono y tri) Triclorobenceno	-	n.s.	583	-583
Diclorobencenos Ortodiclorobenceno	349	-	-	349
Diclorobencenos Paradiclorobencenos	1,513	-	-	1,513
Clorometanos Cloroformo	-	8,107	15	8,092
Clorometanos Cloruro de metileno	-	9,461	434	9,027
Clorometanos Cloruro de metilo y etilo	-	1,980	0	1,980
Clorometanos Tetracloruro de carbono	0	11,629	0	11,629
Cloruro de bencilo	-	526	0	526
Cloruro de benzoilo	-	1234	0	1,234
Cloruro de vinilo	113,446	377,589	10,865	480,170
Cresoles	-	1,144	0	1,144
Cumeno	0	159	0	159
Dibromuro de etileno	-	n.s.	0	0
Dicloroetano	185,530	275	1	185,804
Difenilamina y sus derivados	-	3,151	20	3,131
Diisocanato de tolueno	3,334	-	-	3,334
Dimetilformamida	5,980	388	105	6,263
Dimetiltereftalato	274,600	n.s.	184,285	90,315
Dodecilbenceno	0	-	-	0
Epiclorhidrina	-	609	0	609
Acetato de 2-etilhexilo	-	0	0	0
Acetato de butilo	-	10,856	793	10,063
Acetato de etilo	-	2,187	56,721	-54,534
Acetato de isobutilo	-	81	6	75
Acetato de isopropilo o metilamilo	-	0	17,089	-17,089
Acetato de metilo	-	12	3	9
Dimetacrilato de etilenglicol	-	56	0	56
Metacrilato de 2-hidroxiopropilo	-	2	0	2
Metacrilato de etilo o butilo	-	1,007	0	1,007
Metil metacrilato	-	13,850	3,112	10,738
Etil celulosa	-	39	1	38
Hidroxietil celulosa	-	2,402	64	2,338
Hidroxipropil metilcelulosa	-	634	41	593
Metil celulosa	-	192	54	138
Éteres de la celulosa	10,899	0	3,494	7,405
Estireno	100,622	373,735	6,308	468,049
Etano	2,602,039	-	-	2,602,039
Etanolaminas (DI, MONO, TRI)	26,620	7,552	13,476	20,696

Etilaminas (DI, MONO, TRI)	697	4,127	33	4,791
Etilbenceno	113,861	-	-	113,861
Etilendiamina	-	728	0	728
Etileno	981,601	17	93,696	887,922
2etil hexanol	0	-	-	0
Fenol	0	15,691	369	15,322
Formaldehído 37%	102,745	8	724	102,029
Glicoéteres	20,622	3,407	4,288	19,741
Glicoles etilénicos	-	0	63,453	-63,453
Dietilglicol	-	1,475	0	1,475
Monoetilenglicol	-	140,614	0	140,614
Tetraetilenglicol	-	11	0	11
Trietilenglicol	-	949	329	620
Dipropilenglicol	-	2,874	n.s.	2,874
Monopropilenglicol	-	15,085	25	15,060
Tripropilenglicol	-	2	2	0
Heptano	17,618	-	-	17,618
Hexametilentetramina	1,035	0	0	1,035
Hexano	70,101	-	-	70,101
Hidroquinona	-	1,407	5	1,402
Isohexano	6,811	-	-	6,811
Isopropanol	-	27,412	460	26,952
Propanol	-	9,243	91	9,152
Diisocianato de 4,4-difenil metano	-	4,367	317	4,050
Diisocianato de tolueno	-	22,978	0	22,978
Isocianatos Mezcla MDI polimetilén polifenil	-	44,607	389	44,218
Otros isocianatos	-	5,939	170	5,769
Melamina	-	2,377	n.s.	2,377
Metacrilatos (ver ésteres del ácido metacrílico)	-	-	-	0
Metacrilato de metilo	22,335	-	-	22,335
Metanol	190,393	154,846	1,537	343,702
Metil carbinol	0	-	-	0
Metil etil cetona	-	9,770	351	9,419
Metil isobutil carbinol	9,879	0	10,181	-302
Metil isobutil cetona	27,763	274	20,648	7,389
Mezclas a base de dodecilbenceno	-	218,064	0	218,064
Nitrobenceno	-	95	0	95
Nitroclorobenceno	-	884	0	884
Ortoxileno	10,495	55,938	35	66,398
Óxido de etileno	312,016	23	7	312,032
Óxido de propileno	-	32,224	0	32,224
Parafinas cloradas	-	1,841	25	1,816
Paraformaldehído	-	1,416	0	1,416
Paraxileno	54,988	814,052	0	869,040
Pentanos	0	648	509	139

Percloroetileno	0	10,411	107	10,304
Polietilenglicoles	989	-	-	989
Poliioles	63,596	160,934	3,082	221,448
Polialquilenglicoles	-	809	630	179
Propileno	676,715	4,271	4,100	676,886
Tetracloruro de carbono (ver clorometanos)	-	-	-	0
Tetrámero de propileno	0	-	-	0
Toluendiamina	-	470	1	469
Toluendiisocianato (ver isocianatos)	-	-	-	0
Tolueno	235,418	7,625	11,295	231,748
Tricloroetano	-	1	0	1
Tricloroetileno	-	1,743	10	1,733
Trimetilolpropano	-	1,774	2	1,772
Xilenos (mezclas de)	9,484	8,910	17	18,377
Heptano-Hexano	-	10,559	1,124	9,435
Naftas precursoras de aromáticos	-	559,362	69,614	489,748
Otros intermedios	11,059	302,268	84,486	228,841
Subtotal	7,122,880	4,319,597	827,326	10,615,151

Tabla A.7. Producción, Importación, Exportación y consumo de materias primas para lubricantes y aditivos para combustibles a escala Nacional tomada del BS ZMVM

Materias primas para aditivos para lubricantes y aditivos para combustibles	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Materias primas de aditivos para lubricantes	28,306	1,489	1,290	28,505
Metil terbutil éter (MTBE)	219,362	345,919	1,138	564,143
Ter amil metil eter (TAME)	131,889	-	-	131,889
Subtotal	379,557	347,408	2,428	724,537

Tabla A.8. Producción, Importación, Exportación y consumo de Plaguicidas a escala Nacional tomado en el BS ZMVM

Plaguicidas	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Isotiocianato de metilo	-	0	0	0
Triadimenol	-	6	0	6
Malatión	1,977	97	1,691	383
Subtotal	1,977	103	1,691	389

Tabla A.9. Producción, Importación, Exportación y consumo de Plastificantes a escala Nacional tomado en el BS ZMVM

Plastificantes	2003 [ton/año]

	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Ftalatos de dibutilo	2,135	-	-	2,135
Ftalatos de dietilo	188	-	-	188
Ftalatos de diisodécilo	0	-	-	0
Ftalatos de dimetilo	304	-	-	304
Ftalatos de dioctilo	54,619	34	4,325	50,328
Ftalatos de ditridecilo	0	-	-	0
Triacetato de propanotriol	0	-	-	0
Trimetilato de tri 2-etil-hexilo	7,816	-	-	7,816
Otros plastificantes	856	-	-	856
Subtotal	65,918	34	4,325	61,627

Tabla A.10. Producción, Importación, Exportación y consumo de Propelentes y Refrigerantes a escala Nacional tomado en el BS ZMVM

Propelentes y refrigerantes	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Gas propelente hidrocarburo	15,453	0	0	15,453
Clorodifluorometano	5,117	-	-	5,117
Diclorodifluorometano	7,404	-	-	7,404
Tricloromonofluorometano	1,291	-	-	1,291
Dicloromonofluorometano	-	n.s.	0	0
Diclorotetrafluoroetano y diclorotetrafluoroetano	-	36	2	34
Monoclorodifluoroetano	-	0	0	0
Triclorotrifluoroetano	-	31	0	31
Subtotal	29,265	67	2	29,330

Tabla A.11. Producción, Importación, Exportación y consumo de Químicos Aromáticos a escala Nacional tomado en el BS ZMVM

Químicos aromáticos	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Acetanos	3,030	-	-	3,030
Acetofenona	-	0	0	0
Alcohol bencílico	0	400	4	396
Alcohol cinámico o hidrocínámico	-	16	n.s.	16
Fenil etanol (alcohol feniletílico)	313	531	0	844
Fenilacetaldehído	-	1	0	1
Los demás alcoholes terpénicos acíclicos	-	659	711	-52
Metilnonilacetaldehído	-	95	n.s.	95
Salicilatos de amilo, bencilo, metilo y hexilo	2,599	517	969	2,147
Otros químicos aromáticos	-	4,370	281	4,089
Metil cedrenil cetona	0	-	-	0
Subtotal	5,942	6,589	1,965	10,566

Tabla A.12. Producción, Importación, Exportación y consumo de Resinas Sintéticas a escala Nacional tomado en el BS ZMVM

Resinas sintéticas	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
ABS/SAN (Acrilonitrilo-Butadieno-Estireno / Estireno-Acrilonitrilo)	196,738	50,735	93,776	153,697
Acetato de polivinilo y polímeros relacionados	0	23,830	2,014	21,816
Acrílicas	125,925	121,823	25,613	222,135
Alquidálicas	77,368	8,771	534	85,605
Cloruro de polivinilo	485,457	302,310	158,188	629,579
Copolímeros de acetato de vinilo y Cloruro de vinilo	0	2,093	237	1,856
Emulsiones de acetato de polivinilo	60,071	0	0	60,071
Emulsiones vinil-acrílicas	50,817	0	0	50,817
Epóxicas	8,857	57,942	1,639	65,160
Fenólicas	30,049	12,750	946	41,853
Fumáricas y furánicas	1,194	0	0	1,194
Melamina formaldehído	4,225	4,427	353	8,299
Poliamidas	467	60,807	10,912	50,362
Urea-formaldehído	77,637	8,735	4,590	81,782
Éteres derivados de brea	3,752	2,224	4,510	1,466
Otras resinas	34,809	445,073	47,894	431,988
Subtotal	1,157,366	1,101,520	351,206	1,907,680

Tabla A.13. Producción, Importación, Exportación y consumo de Otras Especialidades a escala Nacional tomado en el BS ZMVM

Otras especialidades	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Cloruros y benzoato de butilcellosolve1	175	0	0	175
Cocoatos de dietanolamina y polietilenglicol	55	0	0	55
Oleatos de polietilenglicol (mono y di)	104	0	0	104
Otras especialidades	729	6,066	2,122	4,673
Subtotal	1,063	6,066	2,122	5,007

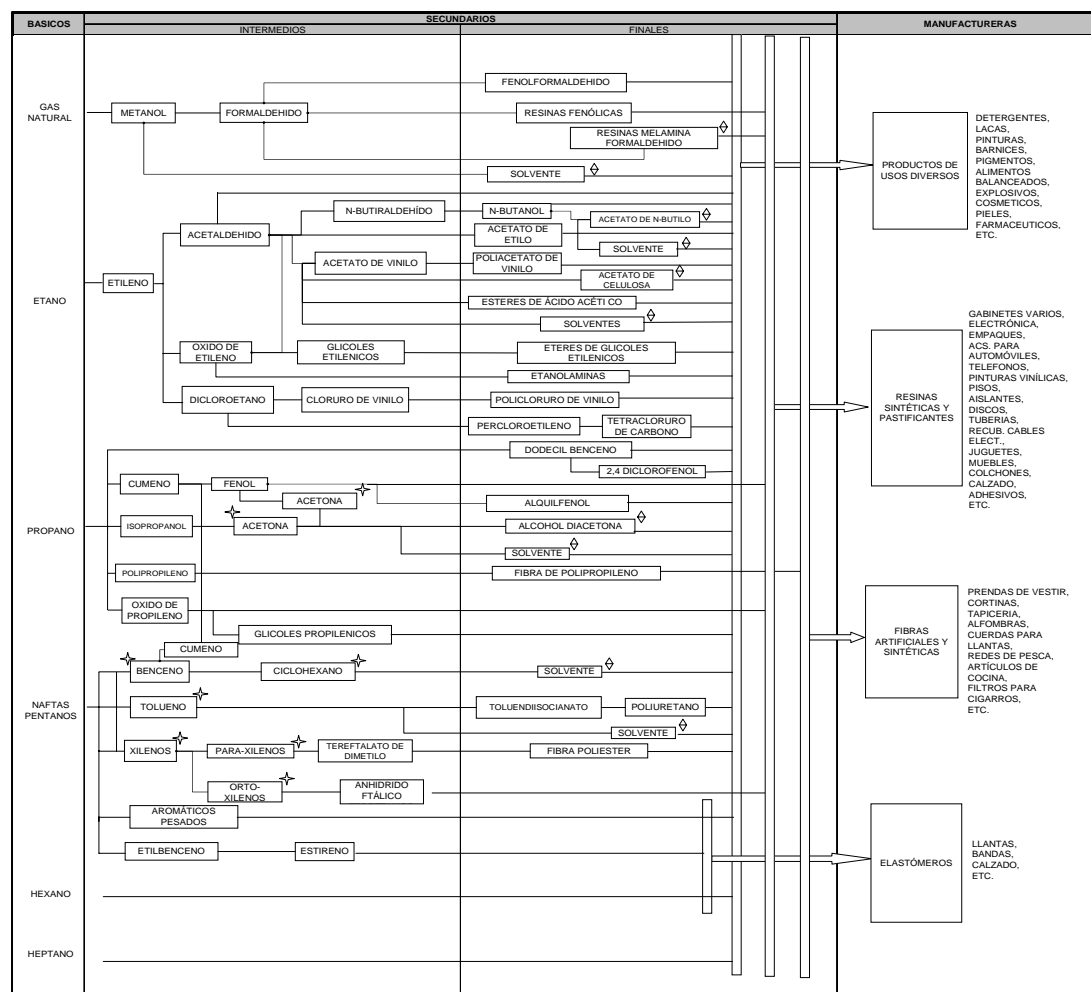
ANEXO B. Metodología para la selección de petroquímicos relacionados con solventes a nivel nacional

Para propósitos de determinar cual es el consumo nacional de solventes se consideró como primer paso la selección de aquellos compuestos y ramas de la petroquímica que está relacionada con solventes, para lo cual se tomaron en cuenta los siguientes tres criterios:

Incluyen solventes: Agentes tensoactivos, colorantes, fibras químicas, indicadores y catalizadores, materias primas de aditivos para lubricantes y combustibles.

Están relacionadas con la producción de solventes: La rama de Intermedios es la que abarca este tipo de compuestos ya que sus aplicaciones como materias primas son innumerables, por ejemplo algunos de los derivados del óxido de etileno son el etilenglicol, el polietilenglicol, los éteres de glicol, las etanolaminas, entre otros. Además los principales usos finales de los derivados del óxido de etileno son: anticongelantes para los radiadores de autos, fibras de poliéster para prendas de vestir, polímeros usados en la manufactura de artículos moldeados, solventes y productos químicos para la industria textil, se utiliza también en la fabricación de adhesivos y selladores que se emplean para pegar toda clase de superficies como cartón, papel, piel, vidrio, aluminio, telas, etc.

Productos que contienen algún tipo de solvente: Adhesivos; plaguicidas, plastificantes, propelentes y refrigerantes y resinas sintéticas.



Fuente: Elaborado en base al diagrama del Instituto Mexicano del Petróleo, <http://www.imp.mx/petroleo/apuntes/estructura7.htm>, agosto 2005

Figura B.1. Diagrama condensado de la Industria petroquímica relacionada con solventes

En la figura B1, únicamente se muestran los compuestos considerados para este estudio. A este tipo de compuestos se les denominó como “*Compuestos Químicos Relacionados con Solventes*”, ya que de las cantidades producidas de éstos compuestos se desconoce que porcentaje del total de intermedios se consumen y cuanto se destina para elaborar solventes.

A continuación se describen brevemente, las ramas petroquímicas seleccionadas.

Intermedios. Son los compuestos que se originan en las etapas iniciales del procesamiento de hidrocarburos. Proviene de la refinación y la separación del gas en componentes y son las materias primas que abastecen para su desarrollo a las diferentes cadenas productivas, para la elaboración final de bienes de consumo. Los compuestos *intermedios* son productos petroquímicos de gran volumen y son la base de toda la industria petroquímica.

Adhesivos. Los adhesivos, juegan un papel muy importante en las actividades industriales, científicas – tecnológicas y en las de la vida cotidiana (oficina, escuelas y hogares). Se emplean como agentes de unión y ensamble para una gran diversidad de materiales como madera, papel, tela, vidrio, cartón, hules, metales, entre otros. Por sus características generales, los *adhesivos* pueden clasificarse en inorgánicos (semisintéticos o artificiales) y los orgánicos.

Agentes tensoactivos. Las aplicaciones de estos productos son como agentes limpiadores, en jabones y detergentes, así como estabilizadores de emulsiones, en alimentos y cosméticos y en otros usos industriales y farmacéuticos.

Colorantes. Los colorantes ayudan a mejorar la presentación visual del producto, le dan textura y valor. Los colorantes ácidos se emplean para teñir fibras proteicas como la lana; los básicos, principalmente para tintas, papel carbón y cintas para máquinas de escribir; los directos para teñir algodón, lana, seda; los colorantes dispersos se aplican en forma de materiales que se absorben en las fibras, con las que forman una solución sólida. Cabe destacar que los colorantes para alimentos son cuidadosamente regulados.

Fibras químicas. El proceso de fabricación de todas las fibras sintéticas se inicia con la preparación de un polímero de moléculas de cadena muy larga. El polímero, que primero se hila, se transforma en una fibra débil, que se debe estirar para orientar las moléculas y establecer rejillas cristalinas. Las fibras sintéticas secan con rapidez. Su cohesión molecular y la orientación lateral las hace más fuertes que los plásticos. Las fibras *nylon* son las de mayor resistencia y dureza.

Indicadores y catalizadores. Los productos elaborados por esta subrama tienen un uso generalizado en casi todos los procesos industriales. Un iniciador es un agente que se utiliza, como su nombre lo indica, para iniciar la polimerización de un monómero. Un catalizador es una sustancia que, afectando la velocidad de una reacción, no experimenta cambios químicos ni se consume en el proceso. En las relaciones químicas aportan mayor rendimiento al proceso, menor consumo de energía o la posibilidad de obtener nuevos productos.

Materias primas de aditivos para lubricantes y aditivos para combustibles. Los aditivos para lubricantes tienen, entre otras, las características de ser antioxidantes, detergentes, antidispersantes, mejoradores de la viscosidad, agentes para resistir presiones extremas y agentes antidesgaste. Los aditivos para combustibles se usan en la limpieza de motores,

máquinas y herramientas, entre otros artefactos, o para mejorar gasolinas con menos efectos sobre la calidad del aire.

Plaguicidas. Entre los diversos medios para el control de plagas y enfermedades que afectan la producción agrícola destacan los plaguicidas como un recurso eficaz para mejorar el rendimiento de los cultivos básicos para la alimentación y otros usos. Según su finalidad, los plaguicidas se dividen en insecticidas y acaricidas, herbicidas, fungicidas, fumigantes, rodenticidas, coadyuvantes, atrayentes y feromonas, molusquicidas, nematocidas y protectores de semillas.

Plastificantes. Los plastificantes, que se dividen en adipatos, ftalatos y maleatos, son productos orgánicos que se agregan a los plásticos para facilitar su manejo durante el proceso de fabricación; reduce la viscosidad y facilitan el moldeo, aumentan la flexibilidad, añaden nuevas propiedades a la resina original y combinan elasticidad, flexibilidad y dureza con resistencia mecánica. Dichos productos se utilizan en tejas plásticas, cables eléctricos, calzado, pisos, adhesivos, recubrimientos, pinturas, envases, empaques, productos médicos y juguetería.

Propelentes y refrigerantes. Esta industria inició la comercialización de sus productos desde la década de los años treinta. Los clorofluorocarbonos, por sus propiedades de no-toxicidad, de ser no flamables y tener una amplia gama de aplicaciones, se emplean en la elaboración de aerosoles y espumas, para la refrigeración, aire acondicionado, en productos electrónicos, metalmecánicos y en extintores de fuego. Las principales materias primas utilizadas para la producción de propelentes son el gas butano y el propano, y para los refrigerantes, el tetracloruro de carbono y el cloroformo.

Químicos aromáticos. Los productos de esta subrama ofrecen un aroma agradable para uso personal, hogares y centros de trabajo. Su utilización más frecuente es en perfumes jabones, cremas, artículos de tocador, entre otros. También se emplean en dar o acentuar el sabor específico de algunos alimentos como los chocolates, dulces y galletas.

Resinas sintéticas. Las resinas sintéticas, que pueden ser termofijas o termoplásticas, abarcan un mercado muy amplio de la industria. Las de mayor demanda son las emulsiones acrílicas, la urea-formaldehído, el cloruro de polivinilo, el polietilentereftalato, los poliestirenos, los polietilenos y el polipropileno.

En el Anexo A se puede encontrar el desglose más detallado de estos grupos por compuestos.

Como ya se mencionó anteriormente las ramas escogidas agrupan a los compuestos petroquímicos relacionados con solventes, en la tabla B.1., se muestra un resumen de la producción, la importación, exportación y la diferencia de estas, es considerada como el consumo nacional de éstos compuestos

Tabla B.1. Consumo nacional 2003 de compuestos petroquímicos relacionados con solventes

Rama petroquímica	[ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Adhesivos	56,467	32,652	2,615	86,504
Agentes tensoactivos	26,795	0	0	26,795
Colorantes	0	143	48	95
Fibras químicas	227,499	43,077	109,974	160,602
Indicadores y catalizadores	4,468	1,535	14	5,989
Intermedios	7'122,880	4'319,597	827,326	10'615,151
Materias primas de Aditivos para lubricantes y combustibles	379,557	347,408	2,428	724,537
Plaguicidas	1,977	103	1,691	389
Plastificantes	65,918	34	4,325	61,627
Propelentes y refrigerantes	29,265	67	2	29,330
Químicos aromáticos	5,942	6,589	1,965	10,566
Resinas sintéticas	1'157,366	1'101,520	351,206	1'907,680
Otras especialidades	1,063	6,066	2,122	5,007
Total	9'079,197	5'858,791	1'303,716	13'634,272

Fuente: Elaborada con datos del Anuario Estadístico Petroquímico 2003, Secretaría de Energía, México 2004

Zona Metropolitana del Valle de México

La determinación del consumo de compuestos químicos relacionados con solventes en la Zona Metropolitana del Valle de México, resultó una tarea ardua, debido a que en la bibliografía actual disponible se encuentran datos a nivel nacional y no desagregada por entidad federativa. Por lo que el consumo fue determinado de manera indirecta para la ZMVM, tomando como base los datos nacionales de petroquímicos secundarios, para lograrlo se trabajó con diferentes metodologías para reducir la incertidumbre de los valores elaborados y sobre todo que fueran representativos para el Valle de México.

Las metodologías utilizadas para este trabajo fueron cuatro, la primera de ellas toma como base las relaciones poblacionales, esto es, según datos del Consejo Nacional de Población (CONAPO)¹⁵, en el 2003 el Distrito Federal contó con una población de 8,813,276 habitantes lo que representa a nivel nacional el 8.5 %, para el Estado de México considerando solamente los 18 municipios que integran la ZMVM, la población fue de 9,101,551 habitantes (8.7% de la población nacional), en conjunto estas dos entidades agrupan el 17.2% de la población del País. Con esta metodología la aportación de toda la Zona es menos del 20 por ciento del total nacional, sin embargo la ZMVM tiene concentrada un alto número de industrias, por lo que se consideró trabajar con datos que relacionaran el nivel de manufactura.

La segunda, considera el Producto Interno Bruto (PIB) del sector manufacturero en el 2003 corregido por población. En el Distrito Federal el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI)¹⁶ reportó un valor del 16.17% con respecto al nacional y el Estado de México con un 14.78%, en el caso del Estado de México para obtener el dato referido a los 18 municipios, se ajustó el valor por medio de correspondencias poblacionales, quedando el valor en un 9.46%. Los datos del PIB de ambas entidades (25.63%) muestran un incremento con respecto al poblacional reflejando así el considerar datos de actividad del sector manufacturero en su conjunto.

La tercera metodología fue considerar lo reportado en el Balance Nacional de Energía¹⁷ y relacionarlo con los consumos energéticos de la ZMVM, en ambos casos sin considerar la aportación de energía eléctrica. Este análisis muestra que la Industria Nacional consumió en el 2003, 808.15 PJ (Peta Joules) de los cuales el 24.04% (194.28 PJ), corresponden a la ZMVM.

Comparando los resultados obtenidos en las metodologías dos y tres, podemos ver que el considerar datos relacionados con el sector manufacturero para obtener la fracción de solventes que consumiría la ZMVM nos dan resultados similares, dentro de un rango promedio del 25% nacional.

La cuarta metodología que finalmente fue la que se utilizó en este trabajo, porque toma como punto de partida datos directos del Anuario Estadístico de la petroquímica 2003¹⁸, utiliza información tal como, el promedio de personal ocupado en la industria petroquímica

¹⁵ www.conapo.gob.mx/00cifras/5.htm

¹⁶ Sistema de cuentas nacionales de México, Producto Interno Bruto por Entidad Federativa, 1998-2003, INEGI.

¹⁷ Balance Nacional de Energía 2003 Pág. 43, Secretaría de Energía.

¹⁸ Anuario estadístico petroquímica 2003, Secretaría de Energía, México 2004.

privada por entidad federativa, el producto medio por trabajador en toneladas producidas y el total nacional de producción petroquímica para el 2003. Esta metodología ofrece la posibilidad de elaborar un balance del consumo de petroquímicos en la industria para el Distrito Federal y para el Estado de México por separado.

En la tabla B.2., se muestran los datos para obtener la cantidad de compuestos petroquímicos dentro de la ZMVM. Es importante mencionar que se tomaron los datos del personal ocupado para la industria petroquímica privada, debido a que en la zona de estudio no existe industria petroquímica pública ya que al revisar la distribución de su personal, PEMEX petroquímica, concentra al 53.2% de sus empleados localizados en los principales centros embarcadores al sur del país mayoritariamente en Veracruz, en segundo lugar le sigue PEMEX gas y petroquímica básica con 44.8% del total de empleados y esta filial de PEMEX tiene sus diferentes complejos petroquímicos y refinerías, concentrados en el sureste del país.

Por otra parte para obtener los datos de toneladas producidas referidos a los 18 municipios conurbados de la ZMVM, se consideró la distribución porcentual por municipio de la industria ubicada en el Estado de México¹⁹, resultando que el 64% de la industria del Estado de México se concentra en los 18 municipios que integran la zona.

Tabla B.2. Datos para obtener la producción de petroquímicos secundarios para la ZMVM

Producto medio por trabajador ocupado en la petroquímica privada	Personal ocupado en la petroquímica privada		toneladas producidas	toneladas producidas para la ZMVM	[%] Respecto al nacional
210.9	D.F	2,070	436,563	436,563	2.7
	EDO. MÉX	11,064	2'333,398	1'493,374 *	9.3
TOTAL			2'769,961	1'929,937	12

* Incluye solo los 18 municipios conurbados de la ZMVM

El porcentaje obtenido del 12% fue aplicado para obtener la distribución por rama petroquímica para la producción, importación y exportación, para la ZMVM.

¹⁹ Censos económicos INEGI, 1998

Tabla B.3. Consumo 2003 para la ZMVM de compuestos petroquímicos secundarios

Rama petroquímica	[ton/año]			Consumo
	Producción	Importación	Exportación	
Adhesivos	6,776	5,643	807	11,612
Aditivos para alimentos	2,495	3,275	1,028	4,742
Agentes tensoactivos	56,395	25,948	29,250	53,093
Colorantes	1,590	2,885	1,352	3,124
Elastómeros y negro de humo	35,587	11,122	21,631	25,077
Explosivos	12,053	903	854	12,102
Farmoquímicos	325	735	257	803
Fertilizantes nitrogenados	117,370	335,253	2,492	450,131
Fibras químicas	93,386	22,447	26,394	89,439
Hulequímicos	507	1,971	606	1,871
Indicadores y catalizadores	1,078	865	215	1,729
Intermedios	1'181,850	542,167	156,170	1'567,846
Materias primas de aditivos para lubricantes y combustibles	19,223	403	155	19,471
Plaguicidas	2,174	6,500	2,583	6,090
Plastificantes	7,959	1,726	562	9,123
Propelentes y refrigerantes	3,512	47	296	3,263
Químicos aromáticos	917	1,165	719	1,364
Resinas sintéticas	352,506	347,210	90,772	608,944
Otras especialidades	137	1,052	262	927
TOTAL	1'895,840	1'311,317	336,404	2'870,753

Fuente: Elaborada con datos del Anuario estadístico petroquímico 2003, Secretaría de Energía, México 2004

Los datos presentados en la tabla anterior, presentan variaciones debido a que existen algunos compuestos petroquímicos que no se producen en la ZMVM por ejemplo el MTBE el cual se encuentra incluido en la rama de materias primas de aditivos para lubricantes y combustibles, y es adicionado por PEMEX a las gasolinas en las refinerías, pero no fue considerado en estas estimaciones, al igual que este ejemplo pueden existir otros compuestos que por falta de información a detalle sobre su uso se consideraron en la determinación del consumo de la ZMVM; en esta tabla nos da una tendencia aproximada del consumo de productos petroquímicos de la ZMVM que es de 2'870,753 toneladas en el 2003.

Es importante señalar que sigue siendo la rama de los intermedios la que más contribuye a la producción con un 62.3%, a la importación con un 41.3% y al consumo final con el 54.6%; en el consumo asignado a la ZMVM las resinas sintéticas son las que ocupan el segundo lugar con el 21.2% seguidos de los fertilizantes nitrogenados con el 15.7%, el resto de las ramas presentan aportaciones menos significativas. A

ANEXO C. Desglose a nivel ZMVM

La fuente del total de las tablas contenidas en este anexo es el Anuario estadístico petroquímico 2003.

Tabla C..1. Producción, Importación, Exportación y consumo de Adhesivos a escala Metropolitana tomado en el BS- ZMVM

Adhesivos	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Acrílica	87	0	0	87
Epóxica	161	0	0	161
Acetato de Etilen Vinilo (EVA)	447	0	0	447
Neopreno	1,028	0	0	1,028
Poliuretano	720	0	0	720
Acetato de Polivinilo (PVA)	2,742	0	0	2,742
Cloruro de Polivinilo (PVC)	75	0	0	75
Hule Estireno-Butadieno (SBR)	710	0	0	710
Adhesivos especiales	0	52	4	48
Otros Adhesivos	808	3,866	310	4,364
Subtotal	6,776	3,918	314	10,380

Tabla C.2. Producción, Importación, Exportación y consumo de Agentes Tensoactivos a escala Metropolitana tomado en el BS- ZMVM

Agentes tensoactivos	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Alcoholes grasos etoxilados	1,942	0	0	1,942
Alquil fenol etoxilado	1,241	0	0	1,241
Éteres y otros	32	0	0	32
SUBTOTAL	3,215	0	0	3,215

Tabla C.3. Producción, Importación, Exportación y consumo de Colorantes a escala Metropolitana tomado en el BS- ZMVM

Colorantes	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Solventes	0	17	6	11
Subtotal	0	17	6	11

Tabla C.4. Producción, Importación, Exportación y consumo de Fibras químicas a escala Metropolitana tomado en el BS- ZMVM

Fibras químicas	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Fibras Acrílicas	15,728	2,004	8,328	9,403
Fibras Acetato de celulosa	3,562	105	1,003	2,664
Fibras Poliamídicas	6,651	1,461	3,795	4,317
Fibras Polipropilénicas	1,358	1,594	71	2,881
De alcohol polivinilo	0	6	0	6
De cloruro de polivinilo	0	0	0	0
De politetrafluoroetileno	0	0	0	0
Subtotal	27,299	5,170	13,197	19,271

Tabla C.5. Producción, Importación, Exportación y consumo de Indicadores y Catalizadores a escala Metropolitana tomado en el BS- ZMVM

Indicadores y catalizadores	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Ácido p-toluen sulfónico	0	11	1	10
Dimetil etil amina	0	1	0	1
Octoatos, cloruros, naftenatos e isononanoatos metálicos	536	0	0	536
Indicadores Peróxido de alcoholes, ésteres y cetonas	0	172	1	172
Subtotal	536	184	2	719

Tabla C..6. Producción, Importación, Exportación y consumo de petroquímicos Intermedios a escala Metropolitana tomado en el BS- ZMVM

Intermedios	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Acetaldehído	6,867	0	4,157	2,710
Monobutílico del dietilenglicol	0	16	0	16
Monobutílico del etilenglicol	0	84	0	84
Monoetilico del etilenglicol	0	6	2,136	-2,129
Monometílico del etilenglicol	0	0	2	-2
Aceto acetato de etilo o metilo	0	57	0	57
Acetato de etilo	9,146	0	0	9,146
Acetato de vinilo	11,555	272	3,742	8,086
Acetona	0	11,489	114	11,375
Acetona cianhidrina	0	0	0	0
Ácido acético	793	34,740	474	35,059
Ácido dodecilbencensulfónico	30,368	0	0	30,368
Ácido monocloroacético o dicloroacético	548	0	0	548
Acrilatos	0	0	0	0
Acrilatos 2-etil hexilo	0	378	0	378
Acrilatos Butilo	0	3,871	113	3,759
Acrilatos Metilo o etilo	0	693	4,711	-4,018
Acrlonitrilo	9,178	9,544	290	18,432
Alcoholes oxo 2-butanol	0	66	0	66
Alcoholes oxo 2-etil hexanol	0	5,119	0	5,119
Alcoholes oxo Alcohol isodecílico	0	10	0	10
Alcoholes oxo Alcohol tridecílico o isononílico	0	374	0	374
Alcoholes oxo Hexanol	0	2,482	0	2,482
Alcoholes oxo Isobutanol	0	338	0	338
Alcoholes oxo N-butanol	0	1,914	14	1,900
Alcoholes oxo Octanol	0	12	0	12
Alcoholes oxo Otros	0	97	0	96
Alcoholes oxo Terbutanol	0	7	0	7
Alquilfenoles Dodecilfenol	602	0	0	602
Alquilfenoles Nonilfenol	0	0	0	0
Anilina y sus sales	0	121	0	121
Aromáticos pesados	0	0	0	0
Aromina 100	10,038	0	0	10,038
Benceno	13,679	1	2,716	10,964
Benzaldehído	0	47	0	47
Bisfenol A	0	91	0	91
Butadieno (e isopreno)	1,753	16,772	377	18,148

Intermedios	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Butanol	0	0	0	0
Ciclohexano	0	9,973	4	9,969
Ciclohexanona (y metilciclohexanona)	8,400	170	1	8,569
Clorobenceno (mono y tri) Clorobencenos	0	0	0	0
Clorobenceno (mono y tri) Mezcla isomérica	0	0	0	0
Clorobenceno (mono y tri) y p-diclorobenceno	0	639	78	561
Clorobenceno (mono y tri) Triclorobenceno	0	0	70	-70
Diclorobencenos Ortodiclorobenceno	42	0	0	42
Diclorobencenos Paradiclorobencenos	182	0	0	182
Clorometanos Cloroformo	0	973	2	971
Clorometanos Cloruro de metileno	0	1,135	52	1,083
Clorometanos Cloruro de metilo y etilo	0	238	0	238
Clorometanos Tetracloruro de carbono	0	1,395	0	1,395
Cloruro de bencilo	0	63	0	63
Cloruro de benzoilo	0	148	0	148
Cloruro de vinilo	13,614	45,311	1,304	57,620
Cresoles	0	137	0	137
Cumeno	0	19	0	19
Dibromuro de etileno	0	0	0	0
Dicloroetano	22,264	33	0	22,296
Difenilamina y sus derivados	0	378	2	376
Diisocianato de tolueno	400	0	0	400
Dimetilformamida	718	47	13	752
Dimetiltereftalato	32,952	0	22,114	10,838
Dodecilbenceno	0	0	0	0
Epiclorhidrina	0	73	0	73
Acetato de 2-etilhexilo	0	0	0	0
Acetato de butilo	0	1,303	95	1,208
Acetato de etilo	0	262	6,807	-6,544
Acetato de isobutilo	0	10	1	9
Acetato de isopropilo o metilamilo	0	0	2,051	-2,051
Acetato de metilo	0	1	0	1
Dimetacrilato de etilenglicol	0	7	0	7
Metacrilato de 2-hidroxipropilo	0	0	0	0
Metacrilato de etilo o butilo	0	121	0	121
Metil metacrilato	0	1,662	373	1,289
Etil celulosa	0	5	0	5
Hidroxietil celulosa	0	288	8	281

Intermedios	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Hidroxipropil metilcelulosa	0	76	5	71
Metil celulosa	0	23	6	17
Éteres de la celulosa	1,308	0	419	889
Estireno	12,075	44,848	757	56,166
Etano	312,245	0	0	312,245
Etanolaminas (DI, MONO, TRI)	3,194	906	1,617	2,484
Etilaminas (DI, MONO, TRI)	84	495	4	575
Etilbenceno	13,663	0	0	13,663
Etilendiamina	0	87	0	87
Etileno	117,792	2	11,244	106,551
2etil hexanol	0	0	0	0
Fenol	0	1,883	44	1,839
Formaldehído 37%	12,329	1	87	12,243
Glicoéteres	2,475	409	515	2,369
Glicoles etilénicos	0	0	7,614	-7,614
Dietilglicol	0	177	0	177
Monoetilenglicol	0	16,874	0	16,874
Tetraetilenglicol	0	1	0	1
Trietilenglicol	0	114	39	74
Dipropilenglicol	0	345	0	345
Monopropilenglicol	0	1,810	3	1,807
Glicoles propilénicos Tripropilenglicol	0	0	0	0
Heptano	2,114	0	0	2,114
Hexametilentetramina	124	0	0	124
Hexano	8,412	0	0	8,412
Hidroquinona	0	169	1	168
Isohexano	817	0	0	817
Isopropanol	0	3,289	55	3,234
Propanol	0	1,109	11	1,098
Isocianatos Diisocianato de 4,4- difetil metano	0	524	38	486
Isocianatos Diisocianato de tolueno	0	2,757	0	2,757
Isocianatos Mezcla MDI polimetileno polifenil	0	5,353	47	5,306
Isocianatos Otros isocianatos	0	713	20	692
Melamina	0	285	0	285
Metacrilatos (ver ésteres del ácido metacrílico)	0	0	0	0
Metacrilato de metilo	2,680	0	0	2,680
Metanol	22,847	18,582	184	41,244
Metil carbinol	0	0	0	0
Metil etilcetona	0	1,172	42	1,130
Metil isobutil carbinol	1,185	0	1,222	-36
Metil isobutil cetona	3,332	33	2,478	887

Intermedios	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Mezclas a base de dodecilbenceno	0	26,168	0	26,168
Nitrobenceno	0	11	0	11
Nitroclorobenceno	0	106	0	106
Ortoxileno	1,259	6,713	4	7,968
Óxido de etileno	37,442	3	1	37,444
Óxido de propileno	0	3,867	0	3,867
Parafinas cloradas	0	221	3	218
Paraformaldehído	0	170	0	170
Paraxileno	6,599	97,686	0	104,285
Pentanos	0	78	61	17
Percloroetileno	0	1,249	13	1,236
Polietilenglicoles	119	0	0	119
Poliolios	7,632	19,312	370	26,574
Polialquilenglicoles	0	97	76	21
Propileno	81,206	513	492	81,226
Tetracloruro de carbono (ver clorometanos)	0	0	0	0
Tetrámero de propileno	0	0	0	0
Toluendiamina	0	56	0	56
Toluendiisocianato (ver isocianatos)	0	0	0	0
Tolueno	28,250	915	1,355	27,810
Tricloroetano	0	0	0	0
Tricloroetileno	0	209	1	208
Trimetilopropano	0	213	0	213
Trimetiloetano	0	0	0	0
Xilenos (mezclas de)	1,138	1,069	2	2,205
Heptano-Hexano	0	1,267	135	1,132
Naftas precursoras de aromáticos	0	67,123	8,354	58,770
Otros intermedios	1,327	36,272	10,138	27,461
Subtotal	854,746	518,352	99,279	1,273,818

Tabla C..7. Producción, Importación, Exportación y consumo de materias primas para lubricantes y aditivos para combustibles a escala Metropolitana tomado en el BS-ZMVM

Materias primas para aditivos para lubricantes y aditivos para combustibles	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Materias primas de aditivos para lubricantes	3,397	179	155	3,421
Ter amil metil éter (TAME)	15,827	0	0	15,827
Subtotal	19,224	179	155	19,248

Tabla C.8. Producción, Importación, Exportación y consumo de Plaguicidas a escala Metropolitana tomado en el BS- ZMVM

Plaguicidas	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Isotiocianato de metilo	0	0	0	0
Triadimenol	0	1	0	1
Malatión	237	12	203	46
Subtotal	237	12	203	47

Tabla C.9. Producción, Importación, Exportación y consumo de Plastificantes a escala Metropolitana tomado en el BS -ZMVM

Plastificantes	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Ftalatos de dibutilo	256	0	0	256
Ftalatos de dietilo	23	0	0	23
Ftalatos de diisodécilo	0	0	0	0
Ftalatos de dimetilo	36	0	0	36
Ftalatos de dioctilo	6,554	4	519	6,039
Ftalatos de ditridecilo	0	0	0	0
Triacetato de propanotriol	0	0	0	0
Trimetilato de tri 2-etil-hexilo	938	0	0	938
Otros plastificantes	103	0	0	103
Subtotal	7,910	4	519	7,395

Tabla C.10. Producción, Importación, Exportación y consumo de Propelentes y Refrigerantes a escala Metropolitana tomado en el BS- ZMVM

Propelentes y refrigerantes	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Gas propelente hidrocarburo	1,854	0	0	1,854
Clorodifluorometano	614	0	0	614
Diclorodifluorometano	888	0	0	888
Tricloromonofluorometano	155	0	0	155
Dicloromonofluorometano	0	0	0	0
Diclorotetrafluoroetano y diclorotetrafluoroetano	0	4	0	4
Monoclorodifluoroetano	0	0	0	0
Triclorotrifluoroetano	0	4	0	4
Subtotal	3,512	8	0	3,520

Tabla C..11. Producción, Importación, Exportación y consumo de Químicos Aromáticos a escala Metropolitana tomado en el BS- ZMVM

Químicos aromáticos	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Acetanos	364	0	0	364
Acetofenona	0	0	0	0
Alcohol bencílico	0	48	0	48
Alcohol cinámico o hidrocínámico	0	2	0	2
Fenil etanol (alcohol feniletílico)	38	64	0	101
Fenilacetaldehído	0	0	0	0
Los demás alcoholes terpénicos acíclicos	0	79	85	-6
Metilnonilacetaldehído	0	11	0	11
Salicilatos de amilo, bencilo, metilo y hexilo	312	62	116	258
Otros químicos aromáticos	0	524	34	491
Metil cedrenil cetona	0	0	0	0
Subtotal	713	791	236	1,268

Tabla C.12. Producción, Importación, Exportación y consumo de Resinas Sintéticas a escala Metropolitana tomado en el BS- ZMVM

Resinas sintéticas	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
ABS/SAN (Acilonitrilo-Butadieno-Estireno / Estireno-Acilonitrilo)	23,609	6,088	11,253	18,444
Acetato de polivinilo y polímeros relacionados	0	2,860	242	2,618
Acrílicas	15,111	14,619	3,074	26,656
Alquidálicas	9,284	1,053	64	10,273
Cloruro de polivinilo	58,255	36,277	18,983	75,549
Copolímeros de acetato de vinilo y Cloruro de vinilo	0	251	28	223
Emulsiones de acetato de polivinilo	7,209	0	0	7,209
Emulsiones vinil-acrílicas	6,098	0	0	6,098
Epóxicas	1,063	6,953	197	7,819
Fenólicas	3,606	1,530	114	5,022
Fumáricas y furánicas	143	0	0	143
Melamina formaldehído	507	531	42	996
Poliamidas	56	7,297	1,309	6,043
Urea-formaldehído	9,316	1,048	551	9,814
Éteres derivados de brea	450	267	541	176
Otras resinas	4,177	53,409	5,747	51,839
Subtotal	138,884	132,183	42,145	228,922

Tabla C.13. Producción, Importación, Exportación y consumo de Otras Especialidades a escala Metropolitana tomado en el BS- ZMVM

Otras especialidades	2003 [ton/año]			
	Producción	Importación	Exportación	Consumo
Cloruros y benzoato de butilcellosolve1	21	0	0	21
Cocoatos de dietanolamina y polietilenglicol	7	0	0	7
Oleatos de polietilenglicol (mono y di)	12	0	0	12
Otros (Otras especialidades)	87	728	255	561
Subtotal	128	728	255	601

ANEXO D. Obtención de los factores de emisión para el balance de solventes

En la Zona Metropolitana del Valle de México (ZMVM) existen diferentes actividades que generan contaminación al momento de realizarse, muchas de ellas pertenecen a actividades productivas de la industria, pero otras, son derivadas de actividades conocidas como servicios.

Sin embargo para la mayoría de las actividades de la industria, existen factores de emisión, establecidos según el proceso que se realiza y las materias primas que intervienen, en el caso de las actividades de servicio existen estimaciones per cápita, pero no se cuenta con factores de emisión locales que reflejen la actividad real que se desarrolla en la ZMVM.

Durante la elaboración del documento "*BALANCE DE SOLVENTES UTILIZADOS EN LA ZONA METROPOLITANA DEL VALLE DE MÉXICO*" (BS-ZMVM); se emplearon, modificaron y desarrollaron varios factores de emisión, principalmente para actividades de Fuentes de Área, tales como lavado en seco, aplicación de pintura automotriz, recubrimiento de superficies arquitectónicas, aplicación de pintura de tránsito, aplicación de asfalto, entre otras.

Los factores de emisión de estas actividades se desprendieron de diversos documentos, artículos, o trabajos anteriores, teniendo cuidado de actualizar la información y de reflejar en ella lo que sucede en la ZMVM.

Los factores de emisión que se muestran a continuación fueron empleados en el BS-ZMVM, para obtener la emisión proveniente las actividades de servicios relacionadas.

APLICACIÓN DE PINTURA AUTOMOTRIZ

Las siguientes tres metodologías para obtener factores de emisión para la aplicación de pintura automotriz, de tránsito y arquitectónicas, tienen el mismo principio. El cual se basa en el porcentaje del tipo de pintura producida con respecto al total nacional, de acuerdo al dato de la Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas A.C. (ANAFAPYT) en su documento Estadística de Pinturas y Recubrimientos²⁰.

La cantidad nacional de pintura producida para el 2003 fue de 389.1 millones de litros, de acuerdo con los datos reportados por el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática²¹.

De acuerdo con el total de pintura producido a nivel nacional y con el porcentaje reportado por ANAFAPyT para pintura automotriz (6.79%), se obtuvo el volumen de pintura automotriz producida a nivel nacional (26.4 millones de litros); para obtener la parte que le corresponde a la ZMVM se tomó el PIB del sector manufacturero en el 2003 (25.63%), dando un total de 6'770,902 litros para este tipo de pintura y como paso adicional podemos obtener la cantidad del solvente contenido dentro de esta, ya que se considera un 77% del total de pintura²², textualmente se menciona "La pintura convencional contiene al menos un 30 por ciento en volumen de solventes, lo que permiten una manipulación y aplicación más práctica. Sin embargo el contenido típico oscila del 70 al 85 por ciento de solvente en volumen".

De la sección 4.2.2.1-1 del AP 42 de US-EPA⁴ se obtuvo una densidad promedio de recubrimientos en general de 0.92 ton/m³, aplicando el valor anterior al volumen de pintura asociado a la ZMVM, resulta en 6,229 toneladas de pintura de las cuales 4,797 toneladas corresponde al solvente.

Con esta información se obtuvieron los factores de emisión per cápita, en el ámbito nacional aplicado a 104'213,503 habitantes, resultando de 4.60E-05 [ton/hab/año] y para la ZMVM con 17'914,827 habitantes de 2.68E-04 [ton/hab/año].

²⁰ Estadística de Pinturas y Recubrimientos, ANAFAPYT, 1996, México.

²¹ Encuesta Industrial Mensual, Volumen y valor de producción para la fabricación de pinturas, barnices, lacas y similares, INEGI, Resumen Anual 2003.

²² EPA, AP-42 sección 4.2.2.1 General Industrial Surface Coating, 1995.

APLICACIÓN DE PINTURA DE TRÁNSITO

Para el cálculo de la pintura de tránsito se emplea por principio la metodología anterior, pero aquí la aplicación de este tipo de pintura representa el 1.04% (4'045,859 litros) de la producción nacional. Por el PIB de la ZMVM le corresponde a la Zona 1'037,034 litros al año y aplicando la densidad, 954 toneladas, de las cuales el 77% corresponde al porcentaje de solvente en la pintura (735 ton/año)

Contando con el total de solvente proveniente de la aplicación de pintura de tránsito, y con la población nacional y de la ZMVM, los factores de emisión fueron 7.05E-06 y 4.10E-05 [ton/hab/año]

RECUBRIMIENTO DE SUPERFICIES ARQUITECTÓNICAS

La aplicación de recubrimientos en superficies arquitectónicas representan más del 50% del total de la pintura producida en México, según datos de ANAFAPYT, para ser precisos el 66.58%.

El valor de la producción nacional de pintura para recubrimientos arquitectónicos fue de 259'088,851 litros de los cuales 66'409,654 litros corresponden a la ZMVM aplicando el Producto Interno Bruto, del sector manufacturero para la zona.

Aplicando la densidad promedio el resultado es 61,097 ton/año y por los datos de población para México (104'213,503 personas), el factor de emisión en toneladas por persona al año fue de 4.51E-04; aplicando la misma metodología para la ZMVM (17'914,827 personas) el factor fue de 2.63E-03.

USO COMERCIAL Y DOMÉSTICO DE SOLVENTES

La obtención de los factores de emisión relacionados al uso comercial y doméstico de solventes estuvo fundamentada en metodología de US-EPA, pero se emplearon datos específicos para la Zona Metropolitana del Valle de México²³. Adicionalmente en Julio de 2005 se realizó una encuesta para conocer el costo y el contenido promedio de las diversas presentaciones comerciales de producto de aseo personal y doméstico.

²³ Encuesta del Área Metropolitana de la Ciudad de México de Ingreso y gasto de los hogares, INEGI 1996

La metodología empleada se fundamenta en conocer la cantidad de producto consumido dentro de la ZMVM, basándonos en el gasto de los hogares según el producto; los datos que se tomaron de la metodología de la EPA fueron la relación de COV por tonelada de producto consumido y el porcentaje de COV emitido por unidad de producto, ambos valores se consideran ya que hasta el momento, no se conoce algún estudio que los reporte para la ZMVM.

Una vez que se conoce cual es la cantidad emitida por el total del producto consumido, se relaciona con la población para la ZMVM (17'914,827) habitantes, para obtener el factor de emisión per cápita.

Una vez que se tiene el valor de algunos de los productos se obtiene por relación sobre el total del consumido, los factores de emisión para el total de estos, se probaron varias metodologías para corroborar la representatividad de la muestra y compararla con lo presentado por EPA.

La siguiente tabla muestra cuales fueron los principales valores empleados y el factor de emisión relacionado.

Tabla D.1. Principales valores para obtener el factor de emisión

Producto	Cantidad de productos comprados en la ZMVM [ton/año]	contenido de COV en el producto comprado [ton/año]	Emisiones de COV generadas por el producto comprado [ton/año]	FE ZMVM [ton/anual/persona]
Productos del cuidado personal	50,229	7,226	5,919	3.30E-04
Productos del hogar	239,482	7,124	2,763	1.54E-04
Productos para el cuidado del automóvil	27,458	10,561	7,482	4.18E-04
Adhesivos y selladores	18,639	1,993	1,993	1.11E-04
Insecticidas y fertilizantes	39,938	6,709	6,236	3.48E-04
Productos de recubrimiento	6,629	3,357	3,357	1.87E-04
Productos relacionados	11,345	242	242	1.35E-05
Total	388,732	37,212	27,992	1.56E-03

Diseño de portada y edición: Ing. Miguel Ángel Flores Román

Actualización del Documento Septiembre 2006

México D.F.

El presente documento nos permite identificar cuales, cuantos y que tipo de solventes están siendo consumidos por los establecimientos ubicados en la Zona Metropolitana del Valle de México la cual presenta graves problemas de calidad del aire sobre todo en la formación de ozono troposférico (O₃). Así mismo, permitirá establecer planes de prevención y control para el uso adecuado de los solventes.

