



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
\*ZARAGOZA\*

**“EVALUACIÓN ECONÓMICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN  
DE UN SISTEMA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES  
TÓXICAS A LA ATMÓSFERA EN PROCESOS QUE  
INVOLUCRAN LA PRODUCCIÓN DE PVC”**

**TESIS**

Que para obtener el Título de

*INGENIERO QUÍMICO*

Presentan:

Betsabé Arzeli Ortiz Ventura.

Pablo Javier Illescas Román.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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



Agradecemos antes que a nadie  
A Dios nuestro Señor Jesucristo por habernos  
Permitido realizar nuestro sueño.

A nuestros padres:

GABRIEL ORTÍZ BENÍTEZ.  
ARACELI VENTURA MARTÍNEZ.

Y

JAVIER ILLESCAS RAMÍREZ.  
ELIA ROMÁN REYNA.

Ya que con su amor, esfuerzos y sacrificios nos permitieron alcanzar  
esta meta.

A nuestros hermanos:

LAURA LIZBETH ORTIZ VENTURA.  
IDALIA MAGDALENA ILLESCAS ROMÁN.

A ellas por brindarnos su cariño, consejo y apoyo incondicional en la  
realización de este trabajo.



RECONOCIMIENTOS.

A nuestro asesor de tesis profesor

M.E GUSTAVO ADOLFO VARELA COLMENARES:

Por su ayuda desinteresada para la realización de la presente obra.

A los profesores RENE DE LA MORA MEDINA y ARTURO MÉNDEZ:

Por brindarnos su experiencia, sus valiosas sugerencias y observaciones hechas a este trabajo.



---

Damos gracias  
por habernos tenido el  
uno al otro durante nuestros estudios  
Y la elaboración de esta Obra.  
Por compartir amistad,  
Y noviazgo.

Ponme como un sello en tu corazón, como una  
Marca sobre tu brazo, ya que las muchas  
Aguas no podrán apagar el amor  
Que nació de la nada.

Betsa y Pablo.

---



---

**“EVALUACIÓN ECONÓMICA EN LA IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES TÓXICAS A LA ATMÓSFERA EN PROCESOS QUE INVOLUCRAN LA PRODUCCIÓN DE PVC.”**

**ÍNDICE**

	<b>Pág.</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>CAPITULO 1 MÉXICO Y SU PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.</b>	
1.1 Principales fuentes de emisión de contaminantes en México .....	4
1.2 Contaminación y toxicología del PVC.....	6
1.3 La protección ambiental en México y sus proyectos.....	7
<b>CAPITULO 2 MARCO REGULATORIO PARA EL MANEJO DE RESIDUOS EN MÉXICO</b>	
2.1 Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente.....	9
2.2 Normas Oficiales Mexicanas.....	10
2.3 Aplicación de la normatividad mexicana en el proceso de PVC.....	11
2.4 NOM-010-1994.....	12
2.5 NOM-016-1994.....	20
2.6 NOM-031-1993.....	21
2.7 NOM-038-1994. ....	25
<b>CAPITULO 3 PRODUCCIÓN DE PVC EN MÉXICO.</b>	
3.1 Antecedentes y desarrollo de la industria de PVC en México.....	29
3.2 Producción de PVC en México.....	34
<b>CAPITULO 4 CARACTERÍSTICAS DEL PVC Y PROCESOS DE PRODUCCIÓN.</b>	
4.1 Policloruro de vinilo (PVC).....	38
4.2 Análisis de procesos de producción de PVC.....	41
4.3 Selección y descripción general de un proceso de producción de PVC.....	44

---



---

## **CAPITULO 5 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.**

5.1	Proceso de polimerización para la resina de suspensión.....	46
5.2	Proceso de secado para la resina de suspensión.....	46
5.3	Diagrama de Flujo del Proceso (polimerización y secado).....	47
5.4	Plano de Localización General.....	49
5.5	Identificación de los puntos y causas de emisión de agentes contaminantes.....	50
5.6	Parámetros permisibles de agentes contaminantes emitidos a la atmósfera .....	51

## **CAPITULO 6 IMPLANTACIÓN DE PROCESO.**

6.1	Implementación del proceso para la reducción de emisiones a la atmósfera. ....	53
6.2	Heurísticas del precipitador electroestático. ....	55
6.3	Diseño del precipitador electroestático. ....	55

## **CAPITULO 7 EVALUACIÓN ECONÓMICA Y PROCESAMIENTO DE DATOS ECONÓMICOS.**

7.1	Antecedentes. ....	60
7.2	Gastos directos de producción. ....	61
7.3	Gastos indirectos de producción. ....	64
7.4	Evaluación de factibilidad para la implementación del precipitador electroestático. ....	66
7.5	Generación de Flujo de efectivo. ....	67

## **ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## **CONCLUSIONES**

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **GLOSARIO**

---



## INDICE DE TABLAS, GRÁFICAS Y FIGURAS

### TABLAS

Tabla 1 Censo de Población 1990-2000.....	4
Tabla 2 Efectos de VCM.....	6
Tabla 3 Normas aplicables al proceso de producción de PVC.....	11
Tabla 4 Grado de efecto a la salud por contaminación del medio ambiente de trabajo.....	17
Tabla 5 Niveles Máximos Permisibles de exposición para los trabajadores.....	18
Tabla 6 Gráficos de exposición Potencial.....	18
Tabla 7 Tamaño de la muestra.....	19
Tabla 8 Empresas productoras de PVC en México.....	29
Tabla 9 Países Importación de PVC.....	31
Tabla 10 Consumo nacional aparente por sector de destino 2002.....	36
Tabla 11 Propiedades físicas y químicas del VCM.....	38
Tabla 12 Propiedades físicas y químicas de PVC.....	39
Tabla 13 Tipo de procesos y propiedades físicas del producto (PVC).....	41
Tabla 14 Materia primas y precios unitarios.....	61
Tabla 15 Costos de materia primas involucradas en la producción de PVC.....	61
Tabla 16 Costos de mano de obra directa.....	63
Tabla 17 Costos de mano de obra indirecta.....	63
Tabla 18 Costos unitario de servicios auxiliares.....	64
Tabla 19 Costos por consumos de servicios auxiliares anual.....	65
Tabla 20 Costos de outsourcing de limpieza, seguridad y mantenimiento.....	65
Tabla 21 Características del crédito para el precipitador electrostático.....	66
Tabla 22 Producción, precio de venta y ventas anuales.....	68
Tabla 23 Proyección de costos por consumos y costos anuales de materias primas.....	68
Tabla 24 Proyección de costos de mano de obra directa e indirecta de producción.....	68
Tabla 25 Proyección de costos por consumo de servicios auxiliares.....	69
Tabla 26 Proyección por costos de outsourcing de limpieza, seguridad y mantenimiento.....	69
Tabla 27 Gastos de operación y utilidad de operación.....	69
Tabla 28 Flujos de capital.....	70
Tabla 29 Flujos de efectivo.....	71
Tabla 30 Proyección de flujo de efectivo.....	73

### FIGURAS

Figura 1 Clasificación de las fuentes de emisión de contaminación a la atmósfera.....	05
Figura 2 Clasificación cualitativa del riesgo.....	19
Figura 3 Diagrama de bloques para proceso de resinas de suspensión.....	42
Figura 4 Diagrama de bloques para el proceso de resina de pasta.....	43
Figura 5 Planta de Ubicación.....	49
Figura 6 Planos de localización de la planta y áreas de peligro.....	50
Figura 7 Implantación del sistema de precipitación electrostática.....	54
Figura 8 Hoja de datos técnicos del precipitador electrostático.....	58
Figura 9 Diagrama organizacional de una planta de producción de PVC.....	62

### GRAFICAS

Grafica 1 Mercado mundial de PVC.....	34
Grafica 2 Participación relativa de resinas sintéticas termoplásticas en México.....	35
Grafica 3 Producción Consumo aparento y capacidad instalada de PVC en México.....	35
Grafica 4 Importación y exportaciones de PVC en México.....	36
Grafica 5 Distribución de la producción de la resina de PVC.....	41
Grafica 6 Eficiencia de la planta.....	67
Grafica 7 Estimación de la inflación.....	67
Grafica 8 Amortización de la deuda.....	71
Grafica 9 Flujos de Efectivo.....	73



---

---

## RESUMEN

Hoy en día vivimos en una época de gran conciencia medioambiental, fomentada por los grupos de interés y los medios de comunicación. Los procesos involucrados en la fabricación y apoyo de la mayoría de los productos pueden tener impactos negativos sobre el medio ambiente, entre los que se incluyen la generación de residuos, el deterioro de los ecosistemas y el agotamiento de los recursos naturales.

Se entiende como contaminación la introducción de agentes biológicos, químicos y físicos a un medio al que no pertenecen, cualquier modificación indeseable de la composición natural de un medio por ejemplo: agua, aire o alimentos, etc.

Los modelos actuales de desarrollo industrial amenazan con exceder los límites de sostenibilidad en términos de utilización de recursos y de gestión de residuos, y también son una amenaza potencial para el clima global, la vegetación y la agricultura.

El presente trabajo tiene la finalidad de proporcionar una alternativa para la mejora de un proceso, tomando en cuenta que las empresas pueden rediseñar sus sistemas industriales para alcanzar tanto la calidad ambiental y beneficios como:

- Salud y seguridad laboral
- Integración ecológica y protección de los recursos.
- Prevención de la contaminación y reducción del uso de productos tóxicos.
- Reducción o minimización de residuos.

También es cierto que las iniciativas de mejoras en el rendimiento ambiental no generan automáticamente beneficios económicos a corto plazo haciendo costosos dichos proyectos pero que a largo plazo tienen sus beneficios.

---

---



## INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica a nivel nacional, se encuentra entre los problemas más serios de los últimos años, el cual se ha tornado complejo y diverso. La protección ambiental es especialmente importante, ya que en las últimas décadas se ha hecho un uso intensivo y frecuentemente destructivo de los recursos naturales del país.

En la zona metropolitana se concentra una de las poblaciones más grandes a nivel mundial y cuenta con una planta industrial de gran relevancia. En la industria nacional, actualmente se cuenta con dos aspectos de vital importancia, la productividad y la calidad, las cuales se manifiestan de manera continua y conjunta; pero un factor de gran relevancia que contribuye a su mejoramiento es el incremento de conciencia y responsabilidad ambiental, por lo que las empresas deben mantener de modo preventivo, libre de riesgos potenciales presentes en los centros de trabajo, para cuidar la salud de los empleados y para reducir sus emisiones a la atmósfera.

La industria química, en especial la industria de producción de resinas sintéticas, es considerada como generador importante de residuos peligrosos, debido a las características de sus procesos, la toxicidad de sus residuos, así como las cantidades considerables de los mismos. Las compañías de esta industria deben buscar también nuevos usos de los desechos o formas de convertirlos en recursos reestructurando los procesos de producción para reducir al mínimo la emisión de gases contaminantes.

La industria del PVC libera compuestos durante su producción, uso y disposición, los cuales se caracterizan por ser compuestos elaborados por polimerización, de elevado peso molecular y potencialmente tóxicos, que amenazan el ambiente y la salud humana.

El Gobierno Mexicano ha tomado los primeros pasos para reducir el uso del PVC mediante la Legislación Mexicana en Seguridad y Protección Ambiental, la cual establece de manera clara y directa la responsabilidad empresarial de garantizar y preservar la integridad física del personal, así como el mejoramiento eficaz del ambiente.

Para dicha problemática se consideró que mediante el estudio de los procesos de producción de PVC y el conocimiento de las normas mexicanas para la protección del medio ambiente, se puede diseñar un sistema reductor de emisiones a la atmósfera lo cual le traería beneficios directos, como son: reducción y manejo adecuado de residuos para el mejoramiento del medio ambiente, también pueden obtenerse beneficios en cuanto al cumplimiento de la normatividad, reducción de riesgos a los trabajadores (riesgos que puedan acarrear costos, asistencia médica, indemnizaciones, etc.) y/o (tiempos muertos de personal involucrado, demoras en el proceso, daños materiales, etc.) que suelen ser mucho más elevados que los costos producción, además se obtendrían beneficios significativos en la competitividad, prestigio de la empresa y la venta de su imagen.



Considerando lo anterior, la estructura de esta investigación es la siguiente:

**Capítulo 1** Presenta un panorama actual de la contaminación ambiental en México y de la industria de producción de PVC, mencionando las leyes y los proyectos que rigen la emisión de agentes contaminantes.

**Capítulo 2** Incluye información acerca de las Normas Mexicanas para el manejo de residuos y protección al medio ambiente.

**Capítulo 3** Presenta el panorama de producción de PVC en México destacando sus antecedentes y su desarrollo, y proporciona cifras actuales del comportamiento del mercado de PVC en nuestro país.

**Capítulo 4** Presenta una descripción de nuestro material de estudio (PVC), así como, el análisis de procesos de producción disponibles en México.

**Capítulo 5** Describe las características de los procesos, además, presenta información detallada de cada una de las operaciones unitarias involucradas en el proceso, así como información técnica del proceso.

**Capítulo 6** Proporciona el manejo de información de un proceso seleccionado y describe las alternativas para la implementación de un reductor de emisiones tóxicas a la atmósfera.

**Capítulo 7** Presenta el manejo de información económica y financiera, mostrando énfasis en el estudio de factibilidad para la implantación de este proceso en la industria mexicana de PVC.



**CAPITULO 1**  
***MÉXICO Y SU  
PROBLEMÁTICA AMBIENTAL.***



## 1.1 PRINCIPALES FUENTES DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES EN MÉXICO.

La contaminación atmosférica se encuentra entre los problemas que enfrenta nuestro mundo moderno; en México esta es una de las prioridades más urgentes. El incremento en la población registrado en el censo nacional realizado por el INEGI en el año 2000 ha sido relativamente alto en comparación al censo nacional realizado en el año 1990, lo cual se puede apreciar en la **tabla.1**.

**Tabla.1. Censo de población 1990-2000<sup>1</sup>.**

Población por sexo	1990	1995	2000
<b>Total</b>	81,249,645	91,158,290	97,483,412
<b>Hombres</b>	39,893,969	44,900,499	47,592,253
<b>Mujeres</b>	41,355,676	46,257,791	49,891,159

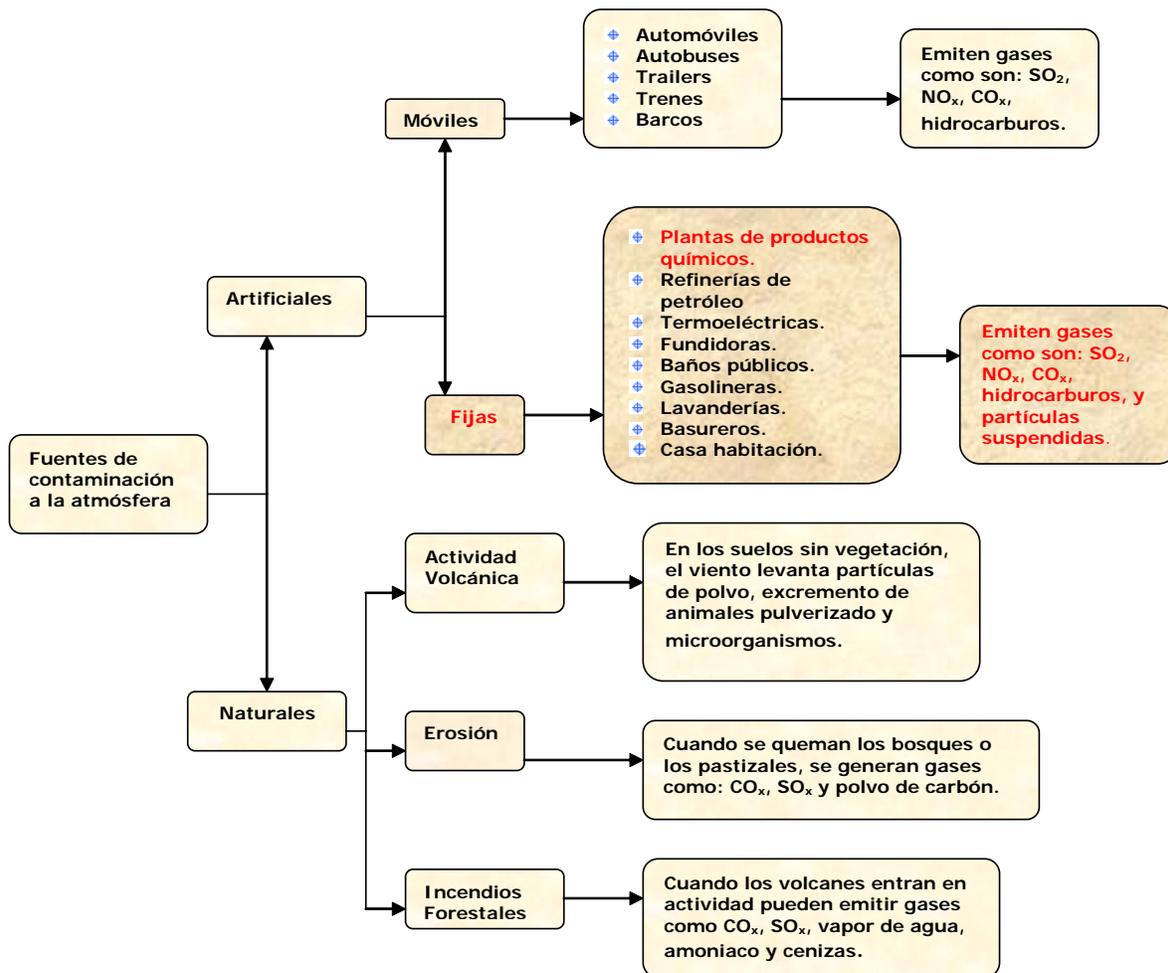
Aunado a la combinación topográfica y su clima se convierten en factores que añaden un importante grado de dificultad a la tarea de encontrar la solución de la contaminación en nuestro país.

La contaminación del aire es resultado de las actividades del hombre. Las causas que originan esta contaminación son diversas, las emisiones de vehículos y las actividades industriales entre otras, destacando:

- **Emisiones por vehículos de motor:** Los contaminantes, se liberan por la quema de combustibles como el diesel, la gasolina y el gas. Este tipo de contaminación es particularmente importante donde hay grandes concentraciones urbanas. Entre los principales productos contaminantes se encuentran: CO, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, Pb, O<sub>3</sub> y las partículas sólidas.
- **Contaminación en los hogares:** Aunque sus proporciones pudieran parecer menores comparadas con la fuente anterior, los hogares contribuyen directamente a la contaminación atmosférica a través del uso de sustancias aerosoles (en aspersores de aromatizantes o cosméticos, en anticongelantes de refrigeradores o de sistemas de aire acondicionado), que contienen clorofluorocarbonos (**CFC's**) que dañan la capa de ozono; el uso de insecticidas; de manera indirecta en los hogares se produce contaminación atmosférica al derrochar energía (luz, calentadores, enfriadores, etc.)
- **Emisiones producidas por incineración de basura:** La mayoría de la basura que generamos en nuestros hogares, va a parar a los tiraderos donde se decide incorrectamente incinerar dicha basura, ya que si fuese procesada generaría por consiguiente gastos de energía entre otros.

- **Emisiones industriales:** Se origina por la quema de combustibles fósiles (petróleo, carbón, diesel, gasolinas y gas) para realizar diferentes procesos; por la emisión de productos o desechos químicos volátiles (ácidos solventes catalizadores) y la modificación de las condiciones ambientales (temperatura, presión y luz). Se considera que se producen más de 70,000 compuestos químicos diferentes que se utilizan en la industria que de manera ineludible, van a parar tarde o temprano a nuestro medio, produciendo importantes daños al ambiente y a la salud.

Las principales fuentes de emisión a la atmósfera se clasifican como se muestra en la **figura. 1**.



**Figura.1.** Clasificación de las fuentes de emisión de contaminantes a la atmósfera.



## 1.2 CONTAMINACIÓN Y TOXICOLOGIA DEL PVC.

Al igual que en otros sectores de la industria química, a lo largo de los años se han realizado mejoras continuas en los procesos de producción. Sin embargo, los compuestos liberados durante la producción de PVC, se caracterizan por ser compuestos de elevado peso molecular y potencialmente tóxicos elaborados por polimerización tales como: polvos de policloruro de vinilo, HCl, diferentes aditivos: ftalatos, plomo, isocianatos, toluenos, diaminas, clorofluorocarbonos, dioxinas y furanos, además, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, etc.

Las materias primas se componen básicamente del monocloruro de vinilo (VCM) sustancia tóxica que es capaz de dañar los tejidos musculares cuando ha alcanzado lugares susceptibles dentro del cuerpo humano, en la **tabla 2** se muestran algunos de los efectos que provoca el VCM al ser respirado por el hombre y sus concentraciones.

**Tabla.2. Efectos de VCM<sup>2</sup>.**

CONCENTRACIÓN EN ppm DE VCM	EFFECTOS
2000-3000	mareo
5000-8000	Visión borrosa ataxia
8000-10000	Vértigo y/o desmayo
16000	Trastornos en la visión y audición
70000	Pérdida de la conciencia y narcosis
120000	muerte

Los plastificantes más frecuentemente empleados en el PVC reciben el nombre de "ftalatos". Todavía se sabe muy poco de los efectos de estos compuestos y se ha mostrado que tienen el potencial de afectar el hígado, riñones y sistema reproductivo, se sospecha que algunos son cancerígenos. Más aún, está comprobado que son capaces de acumularse en el tejido graso de los seres vivos.

Además de los plastificantes, la fabricación de PVC frecuentemente emplea otras sustancias potencialmente peligrosas para conferirle propiedades más atractivas comercialmente. Es por ello que en forma rutinaria se le adicionan estabilizantes (sustancias que lo hacen más resistentes a la degradación) que pueden contener tóxicos como plomo o cadmio, con consecuencias graves y conocidas para la salud.

El plomo, se acumula en huesos y ocasiona un decremento en el coeficiente intelectual (IQ) de una persona con cada incremento de plomo en su sangre. Por otra parte, el cadmio es aún más tóxico que el plomo pues causa daños al hígado, también se le asocia con cáncer. Es importante mencionar que a estos metales, no se les conoce ninguna utilidad ni función en el organismo, por lo que no son indispensables en ninguna concentración en nuestros cuerpos.

Dada la persistencia y naturaleza bioacumulativa de muchos de los químicos que se liberan por la producción del PVC sus efectos son irreversibles. Por lo tanto el Gobierno Federal ha emitido los límites de protección con el objeto de proporcionar un margen adecuado de exposición a los trabajadores para asegurar su integridad física y su salud.

<sup>2</sup> CYDSA, POLICYD, S.A. de CV; *Manual de Procedimientos de Seguridad Industrial*; 1996.



### 1.3 LA PROTECCIÓN AMBIENTAL EN MÉXICO Y SUS PROYECTOS.

En México, el mal manejo ambiental de los residuos peligrosos, asociado a conductas irresponsables de la industria, ha traído como consecuencia que gran número de estos residuos se viertan al drenaje, en barrancas, en tiraderos de basura a cielo abierto, lagos, ríos, almacenados en condiciones inapropiadas o emitidos a la atmósfera en empresas que están operando e incluso en instalaciones industriales o de servicios abandonadas.

Por lo tanto el Gobierno Federal ha puesto en servicio la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SEMARNAT<sup>3</sup>, la cual tiene como propósito fundamental, constituir una política de Estado de protección ambiental, que revierta las tendencias del deterioro ecológico y sienta las bases para un desarrollo sustentable en el país.

La SEMARNAT tiene otros objetivos de gran relevancia en nuestro país<sup>4</sup>:

- Asegurar la incorporación de la variable ambiental como política de Estado en las actividades de la vida nacional (gobierno, empresas, sociedad).
- Promover el uso sustentable de los recursos naturales (incluyendo la eficiencia en el uso del agua y la energía).
- Promover una gestión ambiental integral y descentralizada.
- Fomentar el desarrollo y la adopción de procesos productivos y tecnologías limpias.
- Incrementar y fortalecer la participación social y el acceso a la información en políticas y programas ambientales y de conservación.
- Desarrollar y fomentar la investigación aplicada para apoyar las actividades del sector.
- Promover procesos de educación, capacitación y comunicación para la preservación del equilibrio ecológico, la protección del ambiente y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales.
- Facilitar la conducción integral de la política ambiental y de recursos naturales para la consolidación del desarrollo sustentable.
- Administrar y preservar las aguas nacionales con la participación de la sociedad, para lograr el uso sustentable del agua.

El Gobierno Federal por medio de la SEMARNAT ha emitido normas que fijan las condiciones de protección ambiental en materia de contaminantes atmosféricos, con el objeto de proporcionar un margen adecuado de seguridad en la protección a salud de la población. Durante su diseño, no se tomaron en cuenta como factores determinantes los aspectos económicos y tecnológicos, ya que la decisión se debería basar en los efectos sobre la salud de la población:

**Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)**, es el marco legal que fija las condiciones para la protección ambiental, así como la preservación y restauración del equilibrio ecológico. Hace énfasis en reforzar el carácter preventivo de la política ambiental, con el propósito de orientarla hacia un desarrollo sustentable.

**Las Normas Oficiales Mexicanas (NOM)**; estas normas ambientales son importantes para la industria química, las cuales son un marco normativo definido, que abarca un mayor número de actividades, estableciendo parámetros que pueden prevenir daños al medio ambiente o presentar un riesgo a la salud humana.

---

<sup>3</sup> [www.semarnat.gob.mx](http://www.semarnat.gob.mx)

<sup>4</sup> SEMARNAP Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México, Mexicana Internacional de Impresores S.A de C.V. México, D.F., 1995-2000.



## **CAPITULO 2**

### ***MARCO REGULATORIO PARA EL MANEJO DE RESIDUOS EN MÉXICO.***



## 2.1 LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y PROTECCIÓN AL AMBIENTE (LGEEPA).

Es el marco legal que fija las condiciones para la protección ambiental, así como la preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección del ambiente, en el territorio nacional y en las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción. En su forma modificada hace especialmente énfasis en reforzar el carácter preventivo de la política ambiental, con el propósito de orientarla hacia un desarrollo sustentable. La LGEEPA<sup>1</sup> fue publicada en el diario oficial de la nación (DOF) el 28 de enero de 1988 así como sus modificaciones del 13 de diciembre de 1996.

Entre otras, las reformas incorporan como instrumento de carácter preventivo y correctivo, disposiciones referidas a la auditoría ambiental y promueven la autorregulación y certificación voluntaria. En materia de residuos, materiales y riesgo ambiental, tiene el propósito de promover las políticas de minimización, reciclaje y recuperación de materiales secundarios o de energía, así como propiciar una gestión administrativa más eficiente.

De este marco genérico que establece la Ley, se desprenden diversos reglamentos y normas específicas en materia de protección ambiental del agua, aire y suelo, así como de la salud humana.

A continuación se mencionan algunos aspectos relevantes de la LGEEPA en materia de protección ambiental y no únicamente los referentes a residuos peligrosos, los cuales requieren de especial atención por parte de la industria química.

**El artículo 3, en su fracción XXXI**, del Título Primero "Disposiciones Generales" de la LGEEPA define en su **fracción XXVII** a un agente químico contaminante como "cualquier material o sustancia, orgánica o inorgánica, natural o sintética, producida en los procesos de extracción, transformación, producción, transporte y almacenamiento, capaz de incorporarse al medio ambiente en forma de polvo, humo, gases o vapores, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos, en cantidades que pueda lesionar la salud de las personas que se encuentran en contacto con ellas".

El Título Cuarto de la LGEEPA se refiere a la protección al ambiente y contiene entre otras las siguientes disposiciones.

**Capítulo II "Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera"** Por medio de los **artículos 111 Bis y 113**, quedan regulados y requieren de autorización de la SEMARNAP, la operación y el funcionamiento de fuentes fijas que puedan emitir olores, gases o partículas sólidas o líquidas a la atmósfera. Para tal efecto deben cumplirse las normas oficiales mexicanas (**NOM's**) correspondientes.

---

<sup>1</sup> Congreso de los Estados Unidos Mexicanos, Ley General Del Equilibrio Ecológico Y Protección Al Ambiente. Diario Oficial de la Nación, México, 1988.



## 2.2 NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Las NOM son consideradas como instrumentos para inducir cambios de conducta e internacionalizar los costos ambientales, fomentar cambios tecnológicos y mercados ambientales, determinando las tecnologías que dominarán el mercado, con el propósito de mejorar las condiciones de trabajo, el bienestar de los trabajadores en nuestro país y promover una mejor conciencia de nuestro medio ambiente.

A continuación se presentan las NOM más importantes para la industria química. La normatividad ambiental se encuentra en activa revisión y complementación con el fin de contar con un marco normativo más definido y que abarque un mayor número de actividades que puedan ocasionar daños al medio ambiente o presentar un riesgo a la salud humana. Los cambios en la normatividad existentes, son publicados en el Diario Oficial de la Federación, expedido por el Instituto Nacional de Ecología (INE), la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), la Secretaría de Trabajo y Previsión Social (STPS) y la Secretaría de Salud (SSA).

Las normas Mexicanas están denominadas y se pueden resumir como se muestra a continuación:

- **NOM-Clave-ECOL-Año de expedición:** Este tipo de normas establecen los métodos de medición para determinar la concentración de algún producto químico emitidos en estado gaseoso, así mismo, los procedimientos para la calibración de los aparatos de medición; al igual establecen los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de diferentes químicos.
- **NOM-Clave-STPS-Año de expedición:** Establece las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen, o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.
- **NOM-Clave-SSA-Año de expedición:** Establecen las limitaciones y requisitos sanitarios para el uso de productos químicos, además de proporcionar criterios para evaluar la calidad del ambiente; así como métodos para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de agentes químicos contaminantes.
- **NOM-Clave-SCT2 y STC4-Año de expedición:** Establece el listado de sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados vía terrestre, marítima y aérea; así mismo proporciona la correcta identificación de las unidades de transporte, la información técnica que debe contener las placas del auto transporte y el acondicionamiento de la carga.
- **NOM-Clave- ZOO-Año de expedición:** Estas normas son emitidas por la SAGARPA, las cuales establecen la regulación de productos químicos farmacéuticos, biológicos y alimenticios para uso en animales o su consumo para estos, de igual forma establecen la especificaciones y características zoonosanitarias para el transporte de animales, para las instalaciones, equipo y operación de los establecimientos que comercializan y produzcan productos para animales.



### 2.3 APLICACIÓN DE LA NORMATIVIDAD MEXICANA EN EL PROCESO DE PVC.

La falta de cultura para llevar a cabo un control efectivo de los agentes químicos contaminantes dentro de las áreas de polimerización y secado, da como resultado inmediato un alto nivel de estos a los que están expuestos los trabajadores. Hablar de control de agentes químicos no solo se refiere a la labor técnica de reconocer, evaluar y controlarlos a través de técnicas e instrumentos de medición, sino también la aplicación correcta de las normas establecidas por la legislación mexicana, las cuales, fueron emitidas por la Secretaria de Trabajo y Prevención Social, con el propósito de mejorar las condiciones de trabajo y el bienestar de los trabajadores.

Para la producción y el control del monoclóruo de vinilo (VCM) y polvos de policloruro de vinilo (PVC) sólo se aplican las siguientes normas mexicanas que se presentan en la **tabla.3**.

**TABLA.3. Normas aplicables al proceso de producción de pvc.**

NORMAS	AREA DEL PROCESO	OBJETIVO
NOM-016-STPS-1994 <sup>2</sup>	Secado y polimerización	Establecer la ventilación necesaria por medio de sistemas naturales o artificiales.
NOM-010-STPS-1994 <sup>3</sup>	Secado y polimerización	Proteger la salud de los trabajadores en los centros de trabajo donde se produzcan, almacene o manejen sustancias químicas.
NOM-031-STPS-1993 <sup>4</sup>	Secado y polimerización	Determinar el gas cloruro de vinilo por cromatografía de gases.
NOM-038-STPS-1994 <sup>5</sup>	Secado y polimerización	Establecer el procedimiento de la concentración de cloruro de vinilo mediante el método de muestreo personal.

<sup>2</sup> [NOM-016-STPS-1994.-](#)

<sup>3</sup> [NOM-010-STPS-1994.-](#)

<sup>4</sup> [NOM-031-STPS-1993](#)

<sup>5</sup> [NOM-038-STPS-1994](#)



**2.4 NOM-010-STPS-1994.** Esta norma se refiere condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

**Objetivo principal:** Establecer medidas para prevenir y proteger la salud de los trabajadores y mejorar las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas que por sus propiedades, niveles de concentración y tiempo de exposición sean capaces de contaminar el medio ambiente laboral y alterar la salud de los trabajadores, así como los niveles máximos permisibles de concentración de dichas sustancias, de acuerdo al tipo de exposición.

**Campo de aplicación:** La presente norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral o alterar la salud de los trabajadores.

**Definiciones:** Para los efectos de esta norma se establecen las definiciones siguientes:

- **aerosol:** es una dispersión de partículas sólidas o líquidas en un medio gaseoso, normalmente aire.
- **asfixiante simple:** gases o vapores inertes que desplazan el aire, disminuyendo la concentración de oxígeno, sin otros efectos importantes.
- **autoridad del trabajo; autoridad laboral:** las unidades administrativas competentes de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, que realicen funciones de inspección en materia de seguridad e higiene en el trabajo, y las correspondientes de las entidades federativas y del Distrito Federal, que actúen en auxilio de aquéllas.
- **CAS:** iniciales del nombre en inglés del servicio de información de sustancias químicas de los Estados Unidos de América (Chemical Abstract Service).
- **concentración medida en el ambiente laboral (CMA):** es la concentración medida en el medio ambiente laboral.
- **concentración promedio ponderada en tiempo (PPT):** es la sumatoria del producto de las concentraciones por el tiempo de medición de cada una de las exposiciones medidas, dividida entre la suma de los tiempos de medición durante una jornada de trabajo.
- **condiciones normales de temperatura y presión (TPN):** corresponde a un medio ambiente a una temperatura de 298 K (25 °C) y a una presión de 101.3 kPa (760 mmHg).
- **contaminantes del medio ambiente laboral:** son todas las sustancias químicas y mezclas capaces de modificar las condiciones del medio ambiente del centro de trabajo y que, por sus propiedades, concentración y tiempo de exposición o acción, puedan alterar la salud de los trabajadores.
- **eficiencia de recolección:** porcentaje de una sustancia química específica del medio ambiente laboral, retenida en el medio de captura.



- **estrategia de muestreo:** es el conjunto de criterios a partir del reconocimiento, que sirven para definir el procedimiento de evaluación de la exposición de los trabajadores.
- **evaluación:** es la cuantificación de los contaminantes del medio ambiente laboral.
- **fibras:** son todas aquellas partículas sólidas con una longitud mayor a 5 mm y diámetro menor o igual a 3 mm, en relación mayor de 3:1 (longitud:diámetro).
- **gases:** son fluidos amorfos que ocupan todo el espacio de su contenedor.
- **grupo de exposición homogénea:** es la presencia de dos o más trabajadores expuestos a las mismas sustancias químicas con concentraciones similares e igual tiempo de exposición durante sus jornadas de trabajo, y que desarrollan trabajos similares.
- **humos de combustión:** son partículas sólidas en suspensión en el aire producidas por la combustión incompleta de materiales orgánicos.
- **humos metálicos:** son partículas sólidas metálicas suspendidas en el aire, producidas en los procesos de fundición de metales.
- **límite máximo permisible de exposición (LMPE):** es la concentración de un contaminante del medio ambiente laboral, que no debe superarse durante la exposición de los trabajadores en una jornada de trabajo en cualquiera de sus tres tipos. El límite máximo permisible de exposición se expresa en mg/m<sup>3</sup> o ppm, bajo condiciones normales de temperatura y presión.
- **límite máximo permisible de exposición de corto tiempo (LMPE-CT):** es la concentración máxima del contaminante del medio ambiente laboral, a la cual los trabajadores pueden estar expuestos de manera continua durante un periodo máximo de quince minutos, con intervalos de al menos una hora de no exposición entre cada periodo de exposición y un máximo de cuatro exposiciones en una jornada de trabajo y que no sobrepase el LMPE-PPT.
- **límite máximo permisible de exposición pico (P):** es la concentración de un contaminante del medio ambiente laboral, que no debe rebasarse en ningún momento durante la exposición del trabajador.
- **límite máximo permisible de exposición promedio ponderado en tiempo (LMPE-PPT):** es la concentración promedio ponderada en tiempo de un contaminante del medio ambiente laboral para una jornada de ocho horas diarias y una semana laboral de cuarenta horas, a la cual se pueden exponer la mayoría de los trabajadores sin sufrir daños a su salud.
- **muestreo ambiental:** es el procedimiento de captura y determinación de los contaminantes del medio ambiente laboral.
- **muestreo personal:** es el procedimiento de captura de contaminantes del medio ambiente laboral, a la altura de la zona respiratoria del trabajador, mediante un equipo que pueda ser portado por el mismo durante el periodo de muestreo.
- **neblina:** son partículas líquidas en suspensión en el aire producidas por condensación de vapores.
- **nivel de acción:** es la mitad del LMPE-PPT para cada una de las sustancias.
- **polvo:** son partículas sólidas en suspensión en el aire, como resultado del proceso de disgregación de la materia.
- **polvo respirable:** son los polvos inertes cuyo tamaño sea menor a 10 mm.



- **riesgo potencial:** es la probabilidad de que una sustancia química peligrosa cause daño a la salud de los trabajadores.
- **rocío:** son partículas líquidas en suspensión en el aire, que se producen por ruptura mecánica.
- **Secretaría:** Secretaría del Trabajo y Previsión Social.
- **vapor:** es la fase gaseosa de una sustancia normalmente sólida o líquida en condiciones ambientales.

### Ecuaciones.

a) la concentración PPT puede ser calculada de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$PPT = \frac{\sum C_i t_i}{\sum t_i} = \frac{(C_1 t_1) + (C_2 t_2) + \dots + (C_n t_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n}$$

Donde:

$C_i$  es la medida  $i$  del contaminante en el medio ambiente laboral durante un tiempo determinado, siempre en  $mg/m^3$  o en ppm.

$t_i$  es el tiempo utilizado en cada toma de muestra, siempre en la misma unidad de tiempo.

b) los LMPE están expresados en  $mg/m^3$  o en ppm bajo TPN. La conversión entre ambas unidades está expresada por la siguiente ecuación:

$$LMPE \text{ en ppm} = \left( \frac{24.45}{PM} \right) (LMPE \text{ en } mg/m^3)$$

Donde:

PM es el peso molecular de la sustancia, en g/mol.

24.45 es el volumen molar a TPN.

### Obligaciones de los trabajadores

- 1.-En caso de ser requeridos por el patrón, colaborar en las actividades de reconocimiento, evaluación y control.
- 2.-Participar en la capacitación y adiestramiento proporcionados por el patrón.
- 3.-Seguir las instrucciones de uso y mantenimiento del equipo de protección personal proporcionado por el patrón.
- 4.-Someterse a los exámenes médicos que apliquen.
- 5.-Acatar las medidas de prevención y control que el patrón le indique.



**Reconocimiento:** Se debe elaborar un reporte del reconocimiento del medio ambiente laboral, que debe integrarse al informe de evaluación de los contaminantes del medio ambiente laboral, el cual debe contener la siguiente información:

- la identificación de los contaminantes;
- las propiedades físicas, químicas y toda la información toxicológica de los contaminantes y las alteraciones que puedan producir a la salud de los trabajadores, señaladas en las hojas de datos de seguridad, conforme a lo establecido en la NOM-114-STPS-1994;
- las vías de ingreso de los contaminantes al trabajador, el tiempo y frecuencia de la exposición;
- la identificación en un plano, de las fuentes generadoras de los contaminantes;
- identificación en el plano, de las zonas donde exista riesgo de exposición y el número de trabajadores potencialmente expuestos a los contaminantes;
- definir los grupos de exposición homogénea y su correspondiente determinación cualitativa de riesgo. Prioridad de los grupos de exposición homogénea por evaluar.
- Para la evaluación del riesgo, se debe dar prioridad a los trabajadores o a los grupos de trabajadores de exposición homogénea, bajo los criterios siguientes:
- grado de efecto a la salud del contaminante del medio ambiente de trabajo;
- grado de exposición potencial;
- número de trabajadores expuestos.

#### **Parámetros permisibles de agentes contaminantes emitidos a la atmósfera.**

Para la aplicación de dichas normas se necesita el conocimiento de algunos conceptos que son los siguientes:

**Contaminantes del ambiente:** Todo agente físico y elemento o compuesto químico o biológico capaz de alterar las condiciones del ambiente en el centro de trabajo y que por sus propiedades, concentración, nivel o tiempo de acción pueda alterar la salud de los trabajadores.

**Nivel Máximo Permisible:** Se refiere a la concentración máxima de un elemento o compuesto químico, que no debe superarse en la exposición de los trabajadores considerando sus tres categorías:

- **Concentración Promedio Ponderada en el Tiempo (CPT):**

Para 8 horas de exposición diarias y la cual de la mayoría de los trabajadores expuestos no presentan efectos adversos a la salud.

- **Concentración para Exposición a Corto Tiempo (CCT):**

En la cual el tiempo no deberá exceder de 15 minutos, hasta 4 veces por jornada y con períodos de no exposición al menos 1 hora entre dos exposiciones sucesivas. En todo caso la concentración promedio ponderada en el tiempo para la exposición total que incluya exposiciones cortas, no deberá exceder a la prevista para 8 horas de exposición diaria.



- **Concentración Pico (P).**

Es la concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento durante la exposición en el trabajo.

Dichas concentraciones pueden expresarse en ppm y/o mg/m<sup>3</sup> y cuya relación sigue la ecuación siguiente:

$$\text{ppm} = \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} * \frac{24.45}{\text{PM}} * \frac{760}{\text{P}} * \frac{\text{T} + 273}{298}$$

Donde:

P= Presión de la atmósfera laboral en mm Hg.

T= Temperatura de la atmósfera laboral en °C.

PM= Peso molecular de la sustancia en cuestión.

760= Presión Normal (mm Hg).

298= Temperatura Normal (K).

24.25= Volumen Molar (l/mol) a 25 °C y 760 mm. Hg.

**Polvo respirable:**

Para los efectos de la presente NOM-STPS, los polvos respirables se consideran como la fracción del total de los polvos que pasan a través de un ciclón prescrito y que incluyen partículas hasta de 5 mm de tamaño.

**Piel**

Esta denominación agregada a algunas sustancias del listado, indica que el elemento o compuesto es capaz de penetrar al organismo por simple contacto con la piel. Este efecto debe ser tomado en cuenta, ya que cuando tal hecho ocurre el nivel de concentración máxima permisible propuesto puede ser invalidado por la contribución del ingreso a través de la piel, incluyendo membranas, mucosas y ojos.



Cuando las sustancias químicas contaminantes rebasen los niveles máximos permisibles de concentración, considerando el tipo de exposición, los cuales se muestran en la **Tabla 4** que forma parte de la presente NOM-STPS:

**TABLA.4. Grado de efecto a la salud por contaminación del medio ambiente de trabajo.**

GRADO DE EFECTO A LA SALUD	EFECTO A LA SALUD	CRITERIOS DE TOXICIDAD			
		RATA DL <sub>50</sub> VÍA ORAL	CONEJO DL <sub>50</sub> VÍA CUTÁNEA	RATA CL <sub>50</sub> VÍA RESPIRATORIA	
		mg/kg	mg/kg	mg/l	ppm
0	EFFECTOS LEVES REVERSIBLES O SIN EFECTOS CONOCIDOS	MAYOR QUE 5000	MAYOR QUE 2000	MAYOR QUE 20	MAYOR QUE 10000
1	EFFECTOS MODERADOS REVERSIBLES	MAYOR QUE 500 HASTA 5000	MAYOR DE 1000 HASTA 2000	MAYOR QUE 2 HASTA 20	MAYOR QUE 2000 HASTA 10000
2	EFFECTOS SEVEROS REVERSIBLES	MAYOR QUE 50 HASTA 500	MAYOR QUE 200 HASTA 1000	MAYOR QUE 0.5 HASTA 2	MAYOR QUE 200 HASTA 2000
3	EFFECTOS IRREVERSIBLES. SUSTANCIAS CARCINÓGENAS SOSPECHOSAS, MUTÁGENAS, TERATÓGENAS	MAYOR QUE 1 HASTA 50	MAYOR QUE 20 HASTA 200	MAYOR QUE 0.05 HASTA 0.5	MAYOR QUE 20 HASTA 200
4	EFFECTOS INCAPACITANTES O FATALES, SUSTANCIAS CARCINÓGENAS COMPROBADAS	IGUAL O MENOR DE 1	IGUAL O MENOR DE 20	IGUAL O MENOR DE 0.05	IGUAL O MENOR DE 20

Para todos los efectos correspondientes, se aplicará, en su orden las medidas siguientes:

- Modificar o sustituir las sustancias que están alterando el medio ambiente de trabajo, capaces de causar daño a la salud de los trabajadores por otras sustancias que no lo causen.
- Reducir al mínimo las sustancias químicas contaminantes.
- Efectuar las modificaciones en los equipos o en los procedimientos de trabajo.
- Cuando por la naturaleza de los procesos productivos del centro de trabajo, no sea factible reducir las sustancias a los límites permisibles, se adoptará, en su orden, alguna de las medidas siguientes:
- Aislar las fuentes de contaminación en los procesos, los equipos o las áreas.



- Aislar a los trabajadores.
- Limitar los tiempos y frecuencias en que el trabajador este expuesto a las sustancias químicas contaminantes.

Dotar a los trabajadores del equipo de protección específico al riesgo. En la selección de éste el patrón deberá considerar los niveles de atenuación del mismo, con el propósito de que las concentraciones medias a que exponga al trabajador no rebasen los niveles máximos permisibles y el grado de exposición potencial, los cuales se muestran en la **tabla 5.** y en la **tabla 6.**

**TABLA.5. Niveles máximos permisibles de exposición para los trabajadores.**

No.	SUSTANCIA	No. CAS	Connotación	LMPE-PPT		LMPE-CT o Pico	
				ppm	mg/m <sup>3</sup>	ppm	mg/m <sup>3</sup>
159	Cloruro de vinilo	75-01-04	A1	5	13	-	-
465	Policloruro de vinilo	-		-	20	-	-

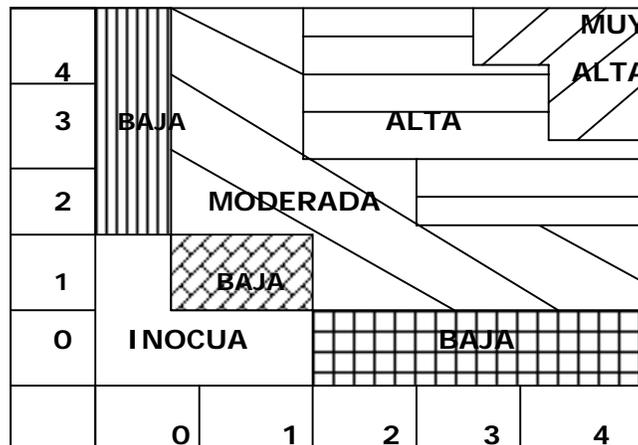
**TABLA.6. Grado de exposición potencial**

GRADO	* DESCRIPCIÓN DE LA EXPOSICIÓN	** RANGO DEL LMPE (PPT ó CT)
0	NO EXPOSICIÓN CON LA SUSTANCIA QUÍMICA	$CMA \leq 0.1 \text{ LMPE}$
1	EXPOSICIÓN POCO FRECUENTE CON LA SUSTANCIA QUÍMICA A BAJOS NIVELES O CONCENTRACIONES	$0.1 \text{ LMPE} < CMA \leq 0.25 \text{ LMPE}$
2	EXPOSICIÓN FRECUENTE CON LA SUSTANCIA QUÍMICA A BAJAS CONCENTRACIONES O EXPOSICIÓN POCO FRECUENTE A ALTAS CONCENTRACIONES	$0.25 \text{ LMPE} < CMA \leq 0.5 \text{ LMPE}$
3	EXPOSICIÓN FRECUENTE A ALTAS CONCENTRACIONES	$0.5 \text{ LMPE} < CMA \leq 1.0 \text{ LMPE}$
4	EXPOSICIÓN FRECUENTE A MUY ALTAS CONCENTRACIONES	$1.0 \text{ LMPE} < CMA$

**Notas:** \* En caso de no existir datos de evaluaciones anteriores, se debe utilizar este criterio. \*\* En caso de evaluaciones anteriores, se debe utilizar este criterio.

Una vez obtenidos los grados de efectos a la salud y de exposición potencial, se debe obtener la clasificación cualitativa del riesgo, mediante el cruce de los valores señalados en la **figura.2**, con la finalidad de definir las zonas prioritarias de muestreo.

**FIGURA.2. Clasificación cualitativa del riesgo**



### Evaluación

Para la medición de la exposición, se debe proceder de la manera siguiente:

a) Definir el número mínimo de trabajadores a muestrear dentro de cada grupo de exposición homogénea, de acuerdo a lo establecido en la **tabla.7**, de tal manera que exista una gran probabilidad de que el grupo contenga al menos un trabajador de alta exposición.

**TABLA .7. Tamaño de la muestra.**

Número de trabajadores en el grupo de exposición homogénea	Número de trabajadores a muestrear
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7 y 8	7
9	8
10	9



**2.5 NOM-016-STPS-1994.** Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo, referente a ventilación.

**Objetivo:** Establecer la ventilación necesaria por medio de sistemas naturales o artificiales que contribuya a prevenir el daño en la salud de los trabajadores.

**Campo de aplicación:** La presente NOM-STPS debe aplicarse en los centros de trabajo, donde las labores requieran ventilación con disponibilidad de aire con oxígeno adecuado para la respiración de los trabajadores; ya sea por aire viciado, presencia de sustancias químicas, condiciones térmicas extremas y/o atmósferas inflamables y explosivas.

#### **Requerimientos.**

Para el patrón:

- 1.- Mantener durante las labores la ventilación necesaria por medio de sistemas naturales o artificiales que contribuyan a impedir el daño en la salud de los trabajadores.
- 2.- Elaborar el procedimiento para verificar y mantener la ventilación adecuada en el centro de trabajo.
- 3.- Informar a los trabajadores y a la Comisión Mixta de Seguridad e Higiene de las áreas en las que existe riesgo de exposición, deficiencia de oxígeno y de los sistemas de control para proteger su salud y vida.

Para los trabajadores:

- 1.- Observar las medidas de seguridad que disponga el patrón para mantener la ventilación adecuada.

Requisitos para los sistemas naturales o artificiales de ventilación.

- 1.- En los que por naturaleza del proceso laboral se generen polvos, humos, gases, vapores o neblinas de sustancias químicas, se dispondrá de un sistema para extraerlo, de ser posible en la fuente, a fin de mantener en todo momento las concentraciones permisibles para la exposición de los trabajadores, establecidos en la NOM-010-STPS.
- 2.- En los centros de trabajo donde se utilice la ventilación como medida de control para regular la exposición laboral a condiciones térmicas elevadas, se deberá cumplir con lo dispuesto en la NOM-015-STPS. Asimismo, dicho sistema deberá evitar los cambios bruscos de temperatura a los trabajadores expuestos.
- 3.- En los centros de trabajo donde se produzcan, manejen o almacenen sustancias combustibles, inflamables o explosivas, se deberá contar con un sistema de ventilación que evite la presencia de atmósferas explosivas o inflamables considerando los límites de inflamabilidad y explosividad de las sustancias. Además de lo dispuesto en las NOM-002, 005, 006 y 008-STPS.
- 4.- En los centros de trabajo donde se produzcan, manejen o almacenen sustancias irritantes, corrosivas y tóxicas se deberá disponer de sistemas de ventilación para evitar riesgos de incendio, intoxicación o explosión, además de lo dispuesto en el inciso anterior y en las NOM-009 y 010-STPS.
- 5.- Los sistemas, dispositivos o equipos de ventilación artificial que se utilicen para controlar atmósferas inflamables o explosivas, no deberán contribuir por sí mismos a la posibilidad de incendio o explosión por defecto de su funcionamiento.



6.- En la ventilación que debe prevalecer para los trabajadores de las minas se respetará además, lo dispuesto por el Reglamento de Seguridad para los Trabajadores en las Minas

La presente debe aplicarse en los centros de trabajo, donde las labores requieran ventilación con disponibilidad de aire con oxígeno adecuado para la respiración de los trabajadores; ya sea por aire viciado, presencia de sustancias químicas, condiciones térmicas extremas y/o atmósferas inflamables y explosivas.

**2.6 NOM-031-STPS-1993.** Higiene Industrial Medio Ambiente Laboral. Determinación de Cloruro de Vinilo en el Aire con el Método de Cromatografía de Gases. En donde el nivel máximo de concentración permisible, esta establecido en la NOM-010-STPS.

El cloruro de vinilo ha sido identificado como carcinógeno potencial al ser humano y se deben de tomar medidas de precaución en el manejo de este gas.

Esta NOM establece el procedimiento para la determinación de cloruro de vinilo (cloroetano, cloroetileno) en el aire del medio ambiente laboral, mediante el método directo de cromatografía de gases.

### **Determinación de cloruro de vinilo por en el aire método de cromatografía de gases**

#### **Principio del método**

a) Un volumen conocido de aire, a un flujo determinado, es obtenido a través de un sistema de muestreo y dirigido a un detector, en donde la muestra es expuesta a una flama de hidrógeno, la que ioniza al cloruro de vinilo, liberando iones carboxilos cargados positivamente, siendo recolectados en el electrodo cargado negativamente.

b) Cuando los iones cargados positivamente son recolectados, se genera una corriente que corresponde al rango de recolección, originando una diferencia de potencial que se traduce en medida de concentración a través de una correlación proporcional entre la magnitud de la corriente generada y la concentración de cloruro de vinilo presente en la muestra que se introdujo.

c) El resultado es medido y registrado para compararlo contra los obtenidos por la inyección de patrones.

#### **Intervalo y sensibilidad**

**Sensibilidad.** La cantidad mínima detectable de cloruro de vinilo por este método es de 1 ppm. por muestra analizada.

**Intervalo.** El intervalo de flujo del muestreo recomendado está en función del tipo de equipo que se utilice, pero debe garantizar la exactitud y precisión establecidas por este método.

#### **Precisión y exactitud.**

La exactitud de este método es 25% del valor real en el rango de  $\pm 0.5$  a 2 veces el valor máximo permitido en un intervalo de confianza del 95% considerando tanto el muestreo, como el análisis de las muestras.



### **Interferencias.**

- a)** Cuando exista una humedad en el ambiente tal que sobrepase el punto de rocío, se puede presentar condensación en el muestreador, por lo que se hace necesario utilizar filtros que eliminen esa condición para optimizar la eficiencia del análisis. El tipo de filtro a emplear no debe retener el cloruro de vinilo.
- b)** Cuando se conozca o sospeche que están presentes en el aire una o más sustancias contaminantes además de cloruro de vinilo, tal información incluyendo su posible identidad, debe ser considerada en el momento de calibrar el aparato de detección y análisis, ya que estos compuestos pueden interferir con la determinación del cloruro de vinilo.
- c)** Debe enfatizarse que cualquier compuesto que tenga el mismo tiempo de retención que el cloruro de vinilo en las condiciones de operación descritas en este método es una interferencia.

Por esto la información de tiempo de retención en una sola columna, o aún en varias columnas, no puede considerarse como prueba de identidad química. Por esta razón es importante que una muestra de volumen de aire, de concentración conocida de cloruro de vinilo, sea analizada sistemáticamente para que se pueda establecer con exactitud la ausencia de interferencias en los resultados que se obtengan. Si existe la posibilidad de interferencia, es preferible cambiar las condiciones de separación (empaquete de la columna, temperatura, etc.), para circunscribir el problema.

### **Ventajas y desventajas**

#### Ventajas:

- a)** el sistema de muestreo puede ser portátil o no, y no incluye líquidos. Las interferencias son mínimas, y la mayoría de las que se presentan pueden eliminarse incrementando el cuidado y frecuencia de la calibración del equipo y modificando las condiciones cromatográficas.
- b)** las muestras pueden analizarse por medio de un método rápido de lectura directa;
- c)** otra ventaja es su versatilidad para la toma de muestras ya que se puede variar la frecuencia de lecturas y los puntos de muestreo según condiciones particulares.

#### Desventajas:

- a)** la cantidad de muestra que se pueda tomar, está limitada por el rango de flujo máximo permisible para el equipo, sin embargo, los valores de concentración ambiental del contaminante obtenidos son representativos;
- b)** la muestra es analizada en el momento preciso en que se toma, por lo que se debe tener precaución de calibrar constantemente el equipo;
- c)** la precisión está limitada por la exactitud del patrón de calibración y por el cuidado que se tenga en la calibración del equipo;
- d)** las pruebas de calibración deberán ser suficientes para obtener la repetibilidad en el análisis de muestras de concentración conocida de cloruro de vinilo.



## **INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPO**

Un analizador portátil o fijo de vapores orgánicos, por cromatografía gaseosa con detector de ionización de flama, con rango de medición entre 0 y 1000 ppm. o mayor, y una resolución de 1 ppm. o menor.

Los tipos de columnas que se recomiendan son:

**a)** columna de acero inoxidable de 8.839 m de longitud y 0.3175 cm. de diámetro exterior, empacada con goma de dimetilpolisiloxano (G2 de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos) al 10% sobre tierra sílicea blanca para cromatografía de gases, malla 80/100, lavada con ácido y pasivada con dimetil cloro silano (S1A de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos).

**b)** columna de acero inoxidable 2.743 m de longitud y 0.3175 cm. de diámetro exterior, empacada con polietilenglicol con masa molecular promedio de 1500 al 0.2% sobre carbón grafitado con área nominal de 12 m<sup>2</sup>/g (S7 de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos) malla (80/100 ó 60/80). Un integrador mecánico o electrónico o un registrador para determinar la concentración de cloruro de vinilo en el ambiente.

### **Procedimiento.**

Limpieza del equipo. Una muestra de concentración conocida es succionada por el sistema de muestreo realizándose un ajuste en la calibración electrónica del equipo para obtener una respuesta de lectura y/o de área pico en función directa a dicha concentración.

- El patrón utilizado para la calibración del equipo de detección y análisis debe de ser de la
- calidad suficiente y adecuada para este propósito.
- El rango de flujo de la muestra será función directa del tipo de sistema de muestreo,
- pero suficiente para obtener la precisión y exactitud establecidas.
- La lectura de la concentración de cloruro de vinilo en el ambiente se hace en forma directa.
- Las lecturas de la concentración de cloruro de vinilo en las áreas muestreadas deben ser
- registradas.
- Las lecturas de la calibración del equipo deben ser registradas.
- La sensibilidad de lectura del equipo debe ser de por lo menos 1 ppm de cloruro de vinilo

### **Calibración y patrones**

Precaución: Las operaciones de laboratorio involucran carcinógenos.

#### **Curva tipo.**

Una serie de patrones, variando la concentración sobre el rango de interés, son preparados y analizados bajo las mismas condiciones del cromatógrafo de gases y con la frecuencia necesaria para tener la certeza de la exactitud establecida para el análisis de las muestras desconocidas. Las curvas son establecidas graficando concentración en mg/ml, contra el área pico. Hay dos métodos de preparación de patrones, ambos son comparables.



### Preparación de patrones de calibración.

Muestras patrón comercialmente disponibles ofrecen el método más conveniente y confiable para la calibración de los equipos, los cuales son recomendados para una mayor precisión en el análisis.

- a) se debe obtener el cilindro con la muestra de cloruro de vinilo cuya concentración se reporta en ppm en un volumen conocido de aire;
- b) la muestra se extrae del cilindro y se introduce en una bolsa de Telar, o de un material que no absorba ni permita la fuga de cloruro de vinilo, diseñada específicamente para este efecto, teniendo precaución de que esté totalmente exenta de aire.
- c) la succión del sistema de muestreo se introduce en la bolsa, teniendo precaución y cuidado de evitar que se produzca un vacío.

### Muestras con cloruro de vinilo puro:

- a) para preparar un volumen mayor de muestra patrón se debe tener una bolsa, de volumen conocido, la cual estará adaptada para cerrar herméticamente, a través de un orificio de salida con un tubo y una válvula;
- b) una vez determinado exactamente el volumen de la bolsa, se llena de aire exento de contaminantes y se le inyectan 10 ml de una muestra gaseosa de cloruro de vinilo puro a través de la pared de la bolsa;
- c) el volumen a inyectar se mide con la escala de la jeringa, que se utilizará para inyectar la muestra;
- d) inmediatamente después de la inyección de la muestra se tapa el orificio con parche de plástico y se deja que la muestra se difunda completamente en el volumen de aire de la bolsa.

### Cálculos

La concentración de cloruro de vinilo (CV) en ppm, presente en la muestra patrón, se obtiene dividiendo el volumen de la muestra en ml entre el volumen de la bolsa en litros multiplicando por  $10^3$ , bajo condiciones de 298 K (25°C) y 101.308 kPa (760 mmHg):

Otra forma para expresar la concentración en ppm, se define como ml de cloruro de vinilo por litro de aire.

Donde:

$V_m$  es el volumen de muestra de aire en litros.

24.45 es el volumen molar a 298 K (25°C) y 101.308 kPa (760 mmHg).

62.5 es el peso molecular del cloruro de vinilo.

Es recomendable corroborar los patrones así obtenidos, mediante la comparación de las lecturas que del equipo con un patrón comercial.

Cabe resaltar que este es el método que se lleva a cabo en el área de reactores en dicho proceso que es la (polimerización) y dicha norma aplica para el área de secado así mismo la **NOM-038-STPS-1994**.



## 2.7 NOM-038-STPS-1994.

### PROCEDIMIENTO 008: DETERMINACIÓN DE CLORURO DE VINILO EN AIRE- MÉTODO DE MUESTREO PERSONAL.

#### 1. Especificaciones.

- a) sustancia: cloruro de vinilo (cloroetano, cloroetileno).
- b) intervalo: de 0.008 a 5.2 mg/m<sup>3</sup> en una muestra de 5 litros de aire.
- c) procedimiento: adsorción en carbón activado. Desadsorción con disulfuro de carbono o N-N-dimetil acetamida. Cromatografía de gases.
- d) coeficiente de variación: 0.008 en niveles de 7 a 71 mg/m<sup>3</sup>.
- e) precaución: las operaciones del laboratorio involucran carcinógenos. El cloruro de vinilo ha sido identificado como carcinógeno potencial al ser humano y sus vapores son altamente inflamables. La dimetil acetamida es un tóxico moderado. Los vapores de disulfuro de carbono son tóxicos. "Deben de ser tomadas medidas de precaución en el manejo de estos materiales".

#### 2. Principio del método.

Un volumen conocido de aire fluye a través de una serie de dos pequeños tubos adsorbentes que contienen carbón activado que adsorbe el cloruro de vinilo presente en el aire muestreado. El cloruro de vinilo recolectado es entonces desadsorbido con disulfuro de carbono y las soluciones resultantes son analizadas por cromatografía de gases con un detector de flama ionizada. Las áreas bajo los picos resultantes son comparadas con las áreas obtenidas de los patrones.

#### 3. Intervalo y sensibilidad

**3.1** La cantidad mínima detectable de cloruro de vinilo es de 0.2 mg por inyección en un cromatógrafo de gases o una atenuación de 1 x 1, la cual corresponde a una concentración estimada de 0.008 mg/m<sup>3</sup> en una muestra de aire de 5 litros analizada por este método. Sin embargo, la eficiencia de desadsorción del cloruro de vinilo en el carbón activado en cantidades tan pequeñas como 40 mg. (0.008 mg/5 litros) no ha sido determinada. Por lo tanto el límite de detección de la totalidad del método puede ser algo mayor que 0.008 mg/m<sup>3</sup>.

**3.2** A un intervalo de flujo de muestreo recomendado de 50 ml/min, el volumen total de muestreo no debe exceder 5 litros. Este valor se basa en datos que indican que más de 10 litros de aire conteniendo 2.6 mg/litro (1 ppm) de cloruro de vinilo puede ser muestreado en carbón activado antes de tener una pérdida de 5% a través del carbón. Esto indica que 5 litros de aire conteniendo no más de 5.2 mg/m<sup>3</sup>, pueden ser muestreados sin una pérdida significativa. Los tubos adsorbentes constan de dos secciones de carbón activado separadas por una sección de espuma de poliuretano. Si en una atmósfera en particular, se sospecha que contiene una alta concentración de contaminantes o una alta humedad, el volumen muestreado debe reducirse en 50%.

Un factor de seguridad se incluye en el volumen recomendado de 5 litros y la capacidad del primer tubo debe estar dentro de estos límites excepto bajo las condiciones más extremas.



#### 4. Precisión y exactitud

La exactitud de este método es más o menos de 6% del valor en el intervalo de 7 a 71 mg/m<sup>3</sup>, en un intervalo de confianza de 95% considerando tanto el muestreo, como el análisis de las muestras.

#### 5. Interferencias

**5.1** Cuando la cantidad de agua en el aire es tan grande que se condensa en el tubo, los vapores orgánicos no serán atrapados eficientemente. Los experimentos indican que la alta humedad disminuye severamente la capacidad del carbón activado para adsorber vapores orgánicos.

**5.2** Cuando se conoce o se sospecha que dos o más sustancias están presentes en el aire, tal información, incluyendo su posible identidad, debe ser enviada con la muestra.

**5.3** Cualquier compuesto que tenga el mismo tiempo de retención del cloruro de vinilo, en las condiciones de operación descritas por este método, es una interferencia, ya que el tiempo de retención en una sola columna, o aún en varias, no proporciona una prueba de la identidad química de un compuesto.

A menudo, las condiciones de operación pueden ser modificadas para eliminar interferencias. Las muestras deben ser analizadas por un método independiente cuando los picos traslapados en el cromatograma del gas no pueden ser resueltos.

#### 6. Ventajas y desventajas del método

**6.1** Ventajas. El dispositivo de muestreo es pequeño, portátil y no involucra líquidos. Las interferencias son mínimas y la mayoría de ellas pueden ser eliminadas modificando las condiciones cromatográficas. Los tubos son analizados por medio de un método instrumental rápido. El método también puede ser usado para el análisis simultáneo de dos o más compuestos que se sospeche que están en la misma muestra, cambiando las condiciones de la de isotérmicas a un modo de operación de temperatura programada.

##### 6.2 Desventajas:

**a)** La cantidad de muestra que puede ser tomada se limita por la cantidad de cloruro de vinilo que el tubo podrá contener antes de que se sature. Cuando el valor obtenido en la muestra de la sección posterior del tubo adsorbente exceda el 20% del encontrado en la sección anterior, existe la posibilidad de pérdida de muestra. Durante el almacenamiento, los compuestos volátiles tales como el cloruro de vinilo, migrarán a través del tubo hasta que el equilibrio sea alcanzado. En este momento el 33% de estos compuestos se encontrará en la sección posterior. Esto puede conducir a alguna confusión considerando que la pérdida de muestra ha ocurrido. Este efecto de la pérdida puede ser considerablemente disminuido, empacando y almacenando los tubos a 20°C.

**b)** La precisión de este método está limitada por la reproductibilidad de la caída de presión y, por lo tanto, por el intervalo de flujo a través de los tubos. Puesto que la bomba es generalmente calibrada para un tubo en particular, las diferencias en el intervalo de flujo pueden presentarse durante el muestreo a través de otros tubos y provocar que el volumen de muestra varíe.



## 7. Instrumentación y equipo

- 7.1** Bomba personal de muestreo. calibrada para las muestras personales y de área, se debe calibrar con un tubo adsorbente representativo en la línea de muestreo. Para realizar la calibración se debe utilizar un medidor de prueba húmedo o seco o un rotámetro de vidrio para determinar el intervalo de flujo (50 ml/min) con una exactitud  $\pm 5\%$ .
- 7.2** Tubos adsorbentes. Los tubos de vidrio tienen ambos extremos sellados a la flama. Cada uno tiene 7 cm. de longitud, 6 mm de diámetro exterior y 4 mm de diámetro interior y contiene dos secciones de malla 20/40, de carbón activado, separadas por una pared de espuma de poliuretano de 2 mm de espesor. El carbón activado es preparado a partir de cáscara de coco incinerada a 875 K (600°C) previo al empaque para eliminar los materiales adsorbidos. La sección primaria de adsorción contiene 100 mg de adsorbente y la sección posterior contiene 50 mg. Una pared de espuma de poliuretano de 3 mm se coloca entre la salida del tubo y la sección posterior. Se coloca un tapón de fibra de vidrio silinizada en el frente de la sección adsorbente. La caída de presión a través del tubo debe ser menor a 2 pulgadas de agua con un intervalo de flujo de 0.2 l/min.
- 7.3** Cromatógrafo de gases equipado con un detector de flama de ionización.
- 7.4** Los tipos de columna que se recomienda son:
- columna de acero inoxidable de 8.839 m de longitud y 0.3175 cm de diámetro exterior, empacada con goma de dimetilpolisiloxano (G2 de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos) al 10% sobre tierra sílicea blanca para cromatografía de gases, malla 80/100, lavada con ácido y pasivada con dimetil cloro silano (S1A de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos).
  - columna de acero inoxidable de 2.743m de longitud y 0.3175 cm de diámetro exterior, empacada con polietilenglicol con masa molecular promedio de 1500 al 0.2% sobre carbón grafitado con área nominal de 12m/g (S7 de la Farmacopea de los Estados Unidos Mexicanos) malla 80/100 ó 60/80.
  - otras columnas capaces de realizar la separación requerida.
- 7.5** Un integrador mecánico o electrónico, o un registrador, y algún método para determinar el área pico.
- 7.6** Frascos de 2 ml que pueden ser sellados con tapón de hule de silicón y orilla de teflón.
- 7.7** Jeringa de 10 microlitros y medidas convenientes para preparar los patrones.
- 7.8** Jeringas herméticas de gas de un mililitro con válvula hermética para gas.
- 7.9** Pipetas de 0.5 ml o de 1 ml, graduadas en incrementos de 0.1 ml.
- 7.10** Matraces volumétricos de 10 ml o tamaños convenientes para las soluciones. Es conveniente tener tapones de plástico para los matraces volumétricos.

## 8. Reactivos

- 8.1** Disulfuro de carbono de espectrocalidad o de mayor grado.
- 8.2** Cloruro de vinilo, con una pureza mínima del 99.9%.

---

**CAPITULO 3**  
***PRODUCCIÓN DE PVC EN MEXICO.***

### 3.1 ANTECEDENTES Y DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DE PVC EN MÉXICO.

En este capítulo merece mención especial que en 1932 en B.F. Goodrich Chemical descubrió que el PVC absorbía plastificante y que al procesarse se transformaba en un producto flexible. Este descubrimiento hizo posible su desarrollo comercial. Posteriormente con el empleo de estabilizadores más adecuados se hizo posible el desarrollo del mercado del PVC rígido; estos dos importantes desarrollos permitieron que el PVC se convirtiera en el termoplástico más versátil e importante del mercado mundial.

En México casi el 90% de las empresas, son empresas transformadoras de PVC. En el censo del año 2000 el INEGI<sup>1</sup> clasificó a estas empresas como micro (familiares), pequeñas y medianas con un número de empleados entre 4 y 90 personas, de ahí que algunas de estas empresas enfrentan por lo general la carencia de los recursos más básicos y de una conciencia ambiental.

La producción nacional de resinas sintéticas para plásticos se remonta a 52 años, ya que en 1953 se instaló la primera planta en México para producir PVC tipo homopolímero por el proceso de polimerización en suspensión. En 1968 otra compañía produjo el PVC en forma de copolímero y 8 años más tarde esta compañía fabricó el PVC por polimerización en emulsión. El interés y demanda por este tipo de plástico creció año con año, como resultado de los avances y tendencias tecnológicas a nivel mundial, las exigencias internas de calidad, originada por la importación de productos muchas veces competitivos y la necesidad de exportar manufacturas con cierto valor agregado y finalmente en 1970 se instaló otra compañía que se dedicó a la elaboración de PVC por el proceso de masa, como lo muestra la **tabla.8**.

**Tabla.8. Empresas productoras de PVC en México.**

NOMBRE	FUNDADO	PRODUCCIÓN ANUAL	PROCESO
<b>Polycyd, S.A. de C.V.</b>	<b>1953</b>	<b>184,000</b>	<b>Polimerización en suspensión y emulsión (pasta).</b>
<b>Grupo Primex, S.A. de C.V.</b>	<b>1968</b>	<b>197,759</b>	<b>Polimerización en suspensión y emulsión (pasta).</b>
<b>Polímeros de México, S.A. de C.V.</b>	<b>1970</b>	<b>72,000</b>	<b>Polimerización en suspensión, emulsión (pasta y masa).</b>

A continuación se presenta en forma detallada el desarrollo que ha tenido cada una de las empresas más significativas dentro de la producción de PVC en México y que podrá proporcionar una idea del desarrollo de la resina en nuestro país, cabe destacar que estas empresas son productoras de la resina y que pertenecen a grandes consorcios industriales que no sólo manejan la producción de PVC, sino que también producen otro tipo de resinas, por lo que adquieren un gran prestigio, estabilidad económica y, por lo tanto, manejan un compromiso y una responsabilidad ecológica.

<sup>1</sup> 



## **POLICYD, S.A. DE C.V.**

Policyd, S.A. de C.V., es la empresa pionera en México<sup>2</sup> en la producción de Resinas de Policloruro de Vinilo (PVC). En 1952 The B.F. Goodrich Co., uno de los principales productores mundiales de PVC, se asoció con la compañía hulera Euzkadi Co., para formar la compañía Geon de México, S.A. de C.V. En ese mismo año se inició la construcción de la planta en el Ex-rancho de La Presa en San Juan Ixhuatepec Estado de México. Esta empresa inició su producción en 1953, con una capacidad de 1,500 ton/año.

Los productos que se colocaron en el mercado fueron dos tipos de resina homopolímero y copolímero. En 1962 la empresa incrementó su producción a 9,100 ton/año. En el periodo del 1963 a 1964 se puso en marcha un plan para producir plastificantes derivados del anhídrido dioctilftalato (DOP), material que había tenido mucha aceptación en el mercado por su excelente calidad.

Es así como después de varios estudios y pláticas, en 28 de julio de 1971 se confirmó al personal de Geón que el grupo CYDSA de Monterrey, que tiene varias empresas en el área de petroquímica y textiles, compró la participación total de Euzkadi Co. quedando como accionista mayoritario, cambiando el nombre de la empresa por POLICYD, S.A. de C.V. llevando a cabo la mexicanización de la empresa.

En 1980 la capacidad instalada en La Presa llegó a 40,000 ton/año. En ese año se construía una nueva planta en Altamira Tamaulipas, ubicada en el Golfo de México, con capacidad instalada de 72,000 ton/año. Esta nueva planta inició su producción de resina de PVC en Octubre de 1981. El excedente de capacidad instalada permitió a POLICYD iniciar las exportaciones de sus productos en 1982.

En Noviembre de 1988 el grupo CYDSA adquirió el 40% de las acciones de POLICYD que pertenecían a GOODRICH, por lo que POLICYD, S.A. de C.V se convierte en empresa 100% mexicana operando bajo la licencia tecnológica de THE B.F. GOODRICH Co.

Posteriormente el 25 de julio de 1993 POLICYD, S.A. de C.V obtuvo la certificación ISO-9002 por parte de BUREU VERITAS QUALITY INTERNATIONAL para la producción y comercialización de la resina del PVC.

Actualmente la planta La Presa tiene una producción anual de 44,000 ton/año aproximadamente y en 1998 la planta de Altamira incrementó la capacidad de producción a 140,000 ton/año.

<sup>1</sup> CYDSA, POLICYD, S.A. de CV; *Manual de Inducción para Personal de Nuevo Ingreso*; 1996.



Por lo cual tiene una producción de 184,000 ton/año, en conjunto estas dos plantas exportan del 20% al 30% de su producción anual a 47 países en los cinco continentes. Como lo muestra en la **tabla.9**.

**Tabla.9. Países importadores de PVC<sup>3</sup>.**

REGION	PAÍS
NORTE AMERICA:	Canadá, Estados Unidos.
CENTRO AMERICA:	Guatemala, El Salvador, Costa Rica, Nicaragua, Honduras.
CARIBE:	Cuba, República Dominicana, Jamaica, Haití, Puerto Rico.
SUDAMERICA:	Colombia, Perú, Argentina, Paraguay, Venezuela, Bolivia, Uruguay, Ecuador, Chile, Brasil.
EUROPA:	Irlanda, Francia, Alemania, Suiza, Inglaterra, Holanda, Italia, España, Bélgica, Grecia.
MEDIO ORIENTE:	Turquía, Israel, India.
LEJANO ORIENTE:	China, Tailandia, Corea del Sur, Taiwán, Hong Kong, Japón, Filipinas.
AFRICA:	Costa de Marfil, Kenia, Nigeria.
OCEANIA:	Australia, Nueva Zelanda.

En las dos plantas se combinan la producción de resinas de suspensión y de emulsión (pasta); las principales materias primas empleadas son derivados del petróleo, entre los cuales se encuentra el cloruro de vinilo, acetato de vinilo, tricloroetileno, ácido clorhídrico, sosa, emulsificantes y peróxidos orgánicos. Por otra parte POLICYD cuenta con un total de 230 trabajadores de los cuales 140 son sindicalizados y 90 son empleados de confianza.

Policyd ha sido reconocida varias veces por su extraordinario desempeño entre sus premios más reciente están:

- 1996y 1999 Cydsa Excellens.
- 1996 Premio nacional de calidad.
- 1997 y 2000 Premio Shingo de Norteamérica a la excelencia en manufactura.
- ISO 14001.

<sup>3</sup> [www.institutodopvc.org](http://www.institutodopvc.org)



## GRUPO PRIMEX, S.A. DE C.V.

En 1968 Grupo Primex denominadas en ese entonces Promociones Industriales Mexicanas inauguró su primera unidad en la ciudad de Puebla, con una capacidad inicial de producción de 9,000 ton/año. Su rápido y notable crecimiento se vio reflejado en 1986, con una capacidad de producción de 20,000 ton/año de compuestos rígidos de PVC.

En 1983 se inició una época de consolidación de Grupo Primex con la puesta en marcha de una segunda unidad en el Puerto Industrial de Altamira, Tamaulipas. En una superficie de 32 hectáreas Grupo Primex construyó un complejo petroquímico para el abastecimiento al mercado nacional e internacional de resinas de PVC y otros productos de integración utilizando la tecnología más avanzada, consistente en reactores de polimerización de alta capacidad y sistemas computarizados.

En 1986, Lugatom, empresa filial de Primex desde 1971, fabricante de complejos flexibles y plastificantes, se fusiona con esta y amplía su capacidad de suministro de compuestos vinílicos plastificados y plastificantes a 35,000 ton/año. En este mismo año, Primex cambia su razón social a Grupo Primex, S.A. de C.V.

En la actualidad Grupo Primex, es una empresa mexicana dedicada a la fabricación de productos petroquímicos con mayor grado de integración en materia relacionada con el PVC y sus derivados<sup>4</sup>. La gama de producción de la empresa incluye: Resinas de PVC (Homopolímero y Copolímero), compuestos de PVC rígido y flexibles, plastificantes y anhídrido ftálico.

Grupo Primex cuenta con plantas productoras que están ubicadas en Altamira Tamaulipas con una capacidad de 197,759 ton/año de resinas de PVC, adicionalmente en el complejo están en funcionamiento 36,000 ton/año de anhídrido ftálico y en 1987 se puso en marcha otra planta con capacidad de 70,000 ton/año de plastificantes.

La trayectoria de Grupo Primex, ha sido de constante ascenso y superación tanto en el mercado nacional como en el de exportación debido principalmente a su calidad y servicios integrales de empresa a sus clientes.

Grupo Primex recientemente paso a formar parte de **XIGNUX**, importante consorcio industrial mexicano que está integrado por 27 mil personas. Cuenta con más de 35 plantas productivas y 50 centros de distribución operando en México, Estados Unidos, Argentina y Brasil.

---

<sup>4</sup> [www.primex.com](http://www.primex.com)



## POLIMEROS DE MEXICO, S.A. DE C.V.

Inició operaciones en el año de 1970 en sus instalaciones ubicadas en [Ex-hacienda San Bartolo Granillo, Santa María Moyotzingo](#), Puebla con la fabricación de policloruro de vinilo, por medio del proceso de polimerización conocido como PVC en masa con una capacidad de 20,000 ton/año.

La empresa estuvo constituida por la Asociación de Capitales de México, Francia y Alemania, siendo la firma francesa **Pechiney Saint Gobain** quien desarrolló el proceso a fines de los años cuarenta, tendiendo como principales características la polimerización de cloruro de vinilo, en ausencia de agua y de agentes de suspensión; así Polímeros de México, S.A. de C.V., se convirtió en la primera y única empresa de nuestro país que cuenta con la tecnología de PVC en masa.

En 1976 inició sus operaciones la planta ubicada en el Km. 15.5 Carretera Federal Puebla-Tlaxcala, Santo Toribio Xixochtzinco, Tlaxcala con la producción de compuestos de PVC, tanto rígidos como flexibles y en el año de 1978 se incrementa la capacidad de polimerización hasta 30,000 ton/año.

Desde la fundación de la empresa hasta 1983, Química Hoechst de México, S.A. de C.V. fue responsable de comercializar en forma exclusiva los productos manufacturados por Polímeros de México.

A partir de 1984, la gestión de comercialización pasó a ser responsabilidad de Polímeros de México, con objeto de brindar una atención más directa a clientes.

En abril 1998 se creó **Mexichem** como resultado de la fusión de **Química Pennwalt** y **Polímeros de México**, empresas propiedad de **Grupo Camesa**.

A partir de esta fecha Mexichem se consolidó en dos grandes divisiones de negocio: División Químicos y División [Plásticos](#), con el objetivo de fortalecer su liderazgo en la cadena productiva cloro-vinílica.

Actualmente Polímeros de México<sup>5</sup> cuenta con dos plantas que en conjunto tiene una producción de 72,000 ton/año. En febrero de 2001, obtuvo la Certificación ISO-9002 en su sistema de calidad y en abril de 2001, obtuvo la Certificación de Industria Limpia.

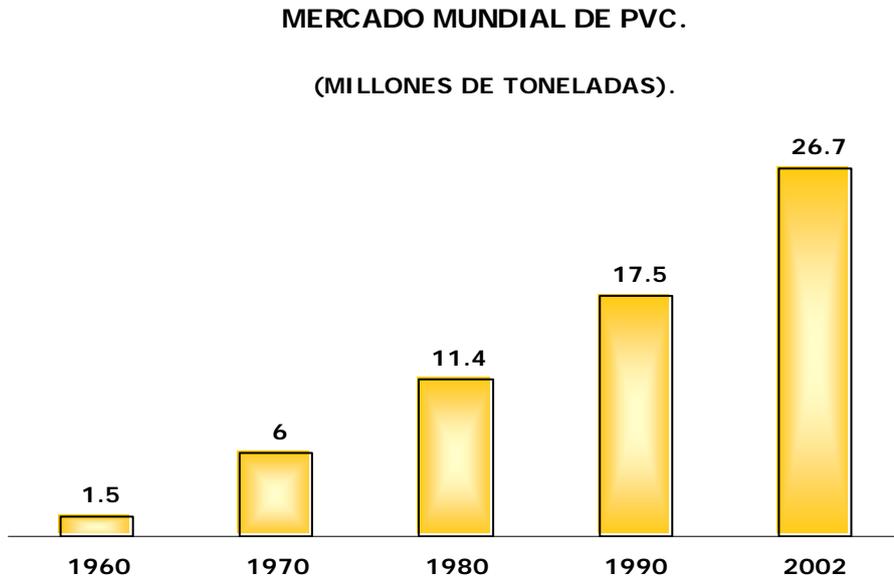
---

<sup>5</sup> [www.ecvm.org](http://www.ecvm.org)

### 3.2 PRODUCCIÓN DE PVC EN MÉXICO.

La producción mundial de PVC a crecido en forma exponencial en la segunda parte del siglo XX, como se muestra en la **gráfica.1**.

**Gráfica.1. Mercado mundial de PVC<sup>6</sup>.**



El PVC es uno de los materiales sintéticos más importantes y su producción se sitúa principalmente en los Estados Unidos, Europa Occidental y Asia.

En México el consumo aparente de la industria de resinas sintéticas en el 2002 se estima en aproximadamente 3 millones de toneladas<sup>7</sup>. De las cuales el 87.5% corresponde a resinas termoplásticas, es decir son polímeros formados por adición, que bajo la acción del calor pueden fundirse o reblandecerse y el 12.5% a resinas termofijas que son polímeros formados por condensación, que una vez que han sido producidos o "curados" por la acción del calor o un catalizador, no se ven afectadas por la temperatura, ya que no se funden ni se reblandecen, estos materiales pueden ser líquidos y tener alto punto de ebullición o sólidos y tener bajo punto de fusión, generalmente de estructura polar y con alto peso molecular.

Dentro de las resinas termoplásticas se encuentran: el policloruro de vinilo (PVC), poliestireno (PS), polipropileno(PP), polietileno de alta densidad (PEAD), polietileno de baja densidad (PEBD) y polietilenftalato (PET).

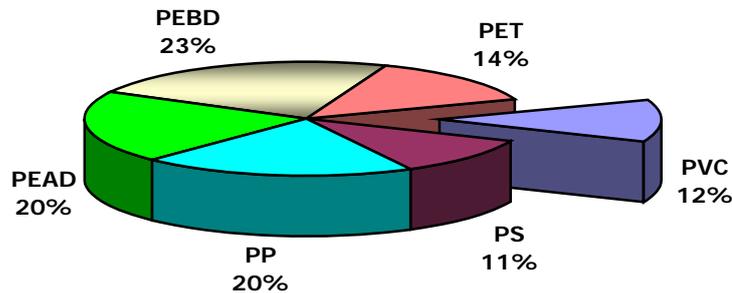
<sup>6</sup> [www.thevinylinstitute.org](http://www.thevinylinstitute.org)

<sup>7</sup> [www.provinilo.org.mx](http://www.provinilo.org.mx)

El porcentaje de participación relativa del mercado de resinas sintéticas termoplásticas en México durante 2002<sup>8</sup>, se encuentra dividido de la siguiente forma: el 23% corresponde al PEBD, seguido del PEAD y PP que ocupan 20% respectivamente, el PET con 14% y PVC 12%, como lo muestra la **gráfica.2**.

**Gráfica.2. Participación relativa de resinas sintéticas termoplásticas en México.**

### PARTICIPACIÓN RELATIVA DE RESINAS SINTÉTICAS TÉRMOPLÁSTICAS EN MÉXICO.

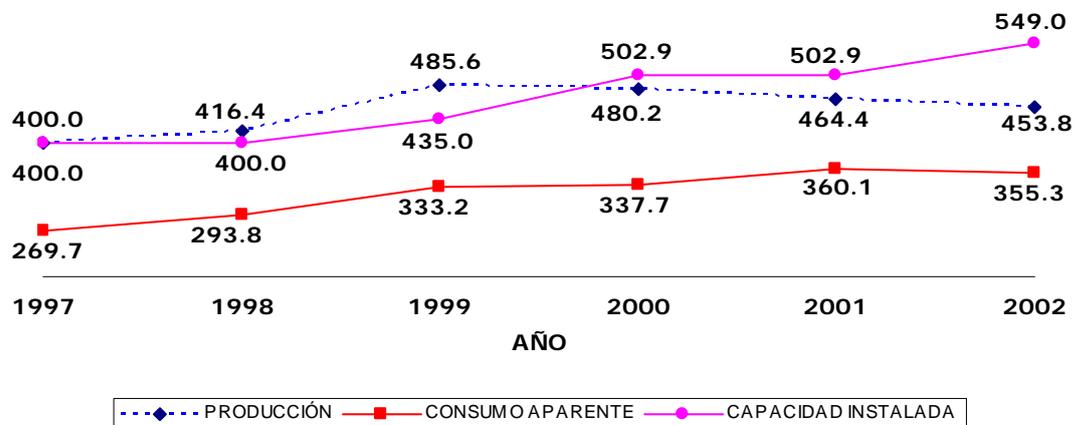


La

producción de PVC en México a disminuido a partir de 1999, sin embargo, la capacidad instalada ha tenido un incremento de 37.3% para situarse en 549,000 ton. en Diciembre del 2002, estos aumentos son consistentes con el consumo aparente que observa la industria de resinas plásticas, ya que de 1997 al 2002 ha crecido 32%, como lo muestra la **gráfica.3**.

**Gráfica.3. Producción, consumo aparente y capacidad instalada de PVC en México.**

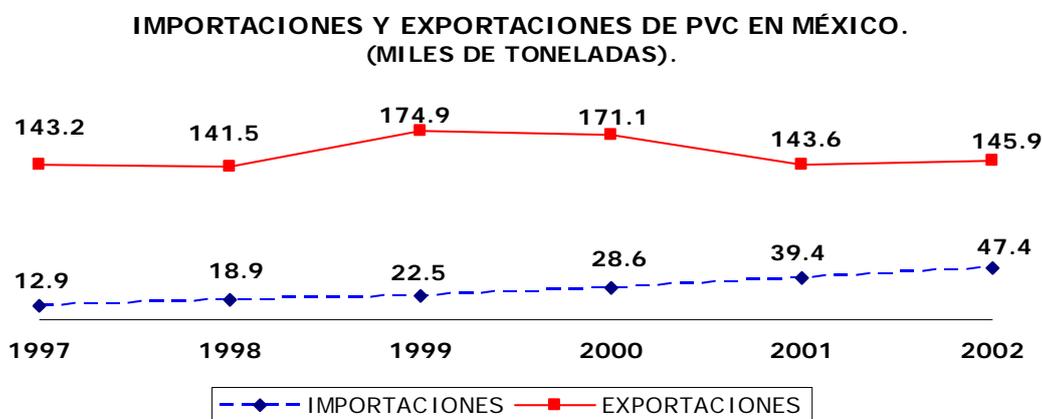
### PRODUCCIÓN, CONSUMO APARENTE Y CAPACIDAD INSTALADA DE PVC. (MILES DE TONELADAS).



<sup>8</sup> [www.vinyl2010.org](http://www.vinyl2010.org)

En México debido a que la producción de PVC está por encima su consumo aparente, se exporta una mayor cantidad de resinas que las que se importan, teniendo un aumento favorable del 22.2% en las exportaciones durante 1999 en comparación con 1997, como puede apreciarse en la **gráfica.4**,

**Gráfica.4. Importaciones y exportaciones de PVC en México.**



Finalmente, al analizar el consumo nacional aparente por sectores durante el 2002, puede apreciarse que el 37% de PVC que se produce en México lo demanda la producción de tubería, como se muestra en la **Tabla.10**.

**Tabla.10. Consumo nacional aparente por sector de destino 2002.**

Consumo aparente nacional	Porcentaje (%)
Envase	4
Película	19
Perfil flexible	5
Tubería	37
Calzado	6
Recubrimientos	2
Construcción	9
Perfil rígido	2
Otros	16
Total	100

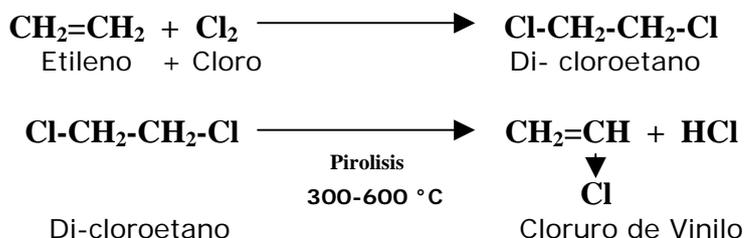
---

**CAPITULO 4**  
***CARACTERÍSTICAS DEL PVC Y  
PROCESOS DE PRODUCCIÓN.***



#### 4.1 POLICLORURO DE VINILO (PVC)

En México la obtención del monómero para la producción de PVC inicia con la refinación del petróleo, del cual se extrae el etileno, que al clorarlo directamente produce el 1,2 di-cloroetano. Al someter a este último a una pirólisis entre 300 a 600°C, se descompone en monómero de cloruro de vinilo y ácido clorhídrico según las siguientes reacciones:

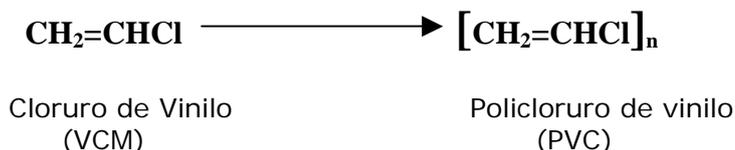


El VCM tiene las siguientes propiedades físicas y químicas<sup>1</sup>:

**Tabla.11. Propiedades físicas y químicas del VCM.**

PROPIEDADES	
Formula química	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{Cl}$
Peso molecular	62.5
Estado físico a temperatura y presión normal	Gas
Color	Incoloro
Olor	Dulce (etéreo)
Punto de ebullición	A 1 atm. -13.9 °C
Punto de congelación	A 1 atm. -153.8 °C
Densidad relativa de líquido	A 20°C 0.9121 (agua)
Temperatura de inflamación	-78 °C
Temperatura de autoignición	472.2°C
Límite de explosividad	% en volumen de aire 36% a 33%

El PVC es el producto de la reacción de polimerización del VCM a PVC:



<sup>1</sup> Facultad de Química, *Seguridad en el manejo de disolventes y diluyentes de uso industrial 2ª Parte.*



La resina que resulta de esta polimerización es la más versátil de la familia de los plásticos; pues además de ser termoplástica (aplica a todos los materiales plásticos que se ablandan y fluyen por la aplicación de calor y presión, logrando ser moldeados varias veces, sin embargo, la degradación química del polímero limita el número de ciclos de proceso), tiene excelentes propiedades físicas y químicas como se muestra en la **tabla.12**.

**Tabla.12. Propiedades físicas y químicas de PVC<sup>2</sup>.**

PROPIEDADES	RÍGIDO	PLASTIFICADO
Densidad	1.35-1.45	1.15-1.35
Calor específico	0.24	-----
Coefficiente de expansión térmica	6E-05	-----
Resistencia a la tensión (Kg./cm <sup>2</sup> )	400-650	100-250
Temperatura de distorsión. por calor (°C)	55.75	-----
Absorción de agua (24hr/ 1/2in)	0.08-0.4	0.2-0.8
Resistividad volumétrica (ohms/cm)	10E-16	10E-11 - 10E-14
Elongación (%)	10-100	200-450

A partir de esta reacción se pueden obtener productos rígidos y plastificados (flexibles). Debido a sus diferentes procesos de polimerización, se pueden producir con el PVC compuestos en forma de polvo, plastisoles, soluciones y emulsiones, con buenas propiedades dieléctricas y resistentes a la mayoría de los ácidos, grasas, petróleo, hongos, al tiempo y la humedad.

El PVC puede ser moldeado mediante procesos de transformación como son los siguientes:

- Moldeado por inyección.
- Extrusión.
- Moldeado por soplado.
- Calandrado.
- Compresión.

<sup>2</sup> IRVIN I. RUBIN, *Materiales Plásticos, Propiedades y Aplicaciones*, Colección de Textos Politécnicos Editorial Limusa, México, D.F. 1998



---

El PVC es conocido como uno de los materiales más versátiles que ofrecen un amplio número de ventajas y por consiguiente algunas desventajas por ejemplo:

### **Ventajas.**

- Bajo precio.
- Alta resistencia mecánica.
- Buena resistencia química.
- Baja absorción de agua.
- Alta resistencia al impacto.
- Buena resistencia a la intemperie.
- No es combustible.
- Buena apariencia superficial.

### **Desventajas**

- Tiene posibles dificultades al ser moldeado por la técnica por compresión y vaciado.
- Muy sensible al calor.
- Tiene que ser formulado adecuadamente para evitar problemas de manchas y afloración de aditivos.

### **Dentro de sus principales aplicaciones tenemos:**

- Tuberías.
- Revestimientos para casas.
- Marcos de puertas y ventanas.
- Juguetes.
- Mangueras para jardín.
- Suelas de calzado.
- Envases para productos de higiene.
- Superficies de pistas de tenis.
- Protección de cables y alambres.

## 4.2 ANÁLISIS DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE PVC.

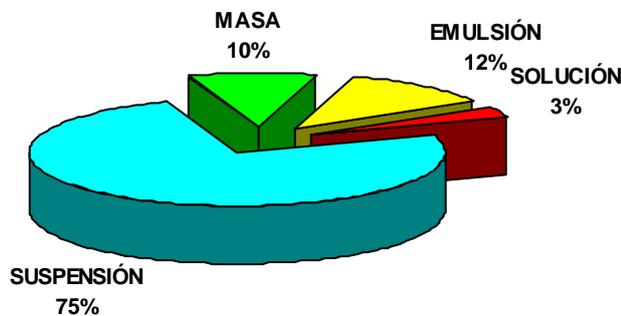
La obtención de PVC como resina se lleva a cabo mediante cualquiera de los cuatro procesos básicos de polimerización:

- Suspensión.
- Masa.
- Emulsión (resina de pasta).
- Solución.

En el ámbito mundial el proceso de suspensión se considera el más importante y el más utilizado ya que un 75% de la producción mundial de PVC<sup>3</sup> se produce por este método como se muestra en la **gráfica.5**.

**Gráfica.5. Distribución de la producción de la resina de PVC.**

**Distribución de la Producción de la Resina de PVC**



Sólo los tres primeros procesos son utilizados comercialmente para la producción de PVC en México. Cada uno de los cuatro procesos mencionados proporciona diferentes propiedades físicas y químicas al PVC como son: tamaño de partícula, textura de la superficie, pureza, como se muestra en la **tabla.13**.

**Tabla.13. Tipo de procesos y propiedades físicas del producto (PVC).**

PROCESO	PARTÍCULA (micras)	SUPERFICIE	PUREZA
<i>SUSPENSIÓN</i>	<i>80-100</i>	<i>Porosa</i>	<i>Media</i>
<i>MASA</i>	<i>60-200</i>	<i>Muy Porosa</i>	<i>Alta</i>
<i>EMULSIÓN</i>	<i>0.5-4</i>	<i>Lisa</i>	<i>Media</i>
<i>SOLUCIÓN</i>	<i>0.20</i>	<i>Porosa</i>	<i>Alta</i>

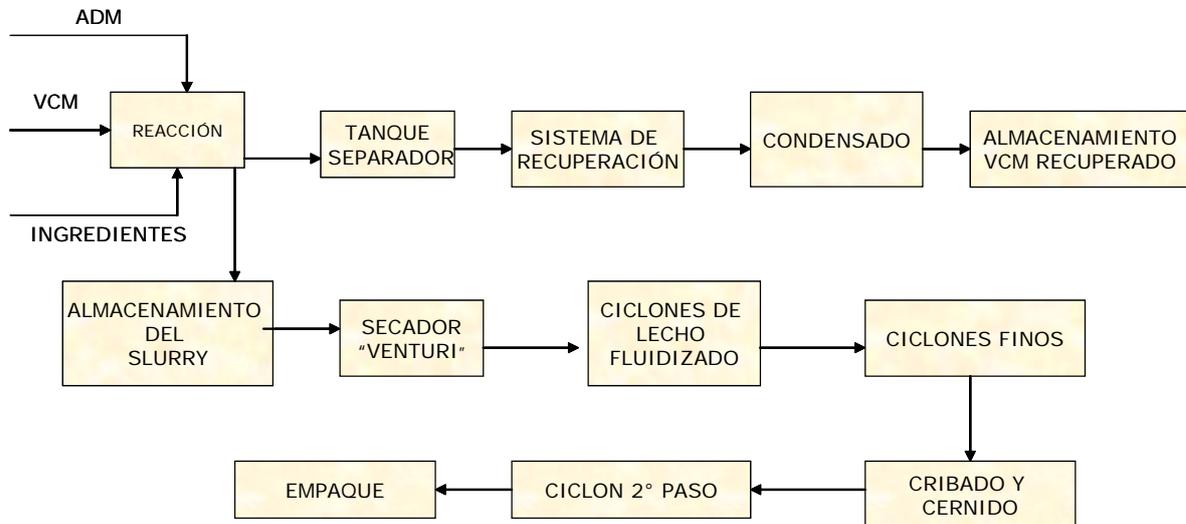
<sup>3</sup> [www.anig.org.mx](http://www.anig.org.mx)

**Proceso de polimerización en suspensión.** A través de este proceso se obtiene PVC, el cual puede polimerizarse como un homopolímero, esto es, cuando únicamente participa el VCM en la polimerización. También se puede obtener un copolímero cuando interviene otro monómero, generalmente acetato de vinilo, que se usa en la fabricación de loseta. El proceso se lleva a cabo en reactores de acero inoxidable por el método de cargas, en el cual el monómero se suspende en agua mediante agitación y se agregan diversos estabilizadores como: tierra de batán, bentonita, bicarbonato de sodio, etc. para evitar que los glóbulos del monómero se adhieran entre sí. En la producción de resinas de este tipo se emplean como agentes de suspensión los derivados celulósicos y el alcohol polivinílico, en un medio acuoso de agua purificada o aireada. Algunas veces se hace necesaria el agua desmineralizada. Los catalizadores clásicos son los peróxidos orgánicos. El proceso de polimerización en suspensión, se divide en dos etapas a las cuales se les designó con el nombre de polimerización y secado respectivamente.

Es importante recalcar que el proceso de polimerización en suspensión presenta una variante en su manufactura, en comparación con el proceso de polimerización en emulsión (pasta), la cual se lleva a cabo en la etapa de secado de cada uno de los procesos, por ejemplo: para el proceso de secado en suspensión se utiliza un tipo de equipo secador llamado "Venturi" y para la producción de resina en emulsión se cuenta con un equipo secador llamado "Niro".

A continuación se muestra un panorama de las dos etapas fundamentales del proceso de polimerización en solución representándolo por medio del diagrama de bloques que se muestra en la **figura.3.**

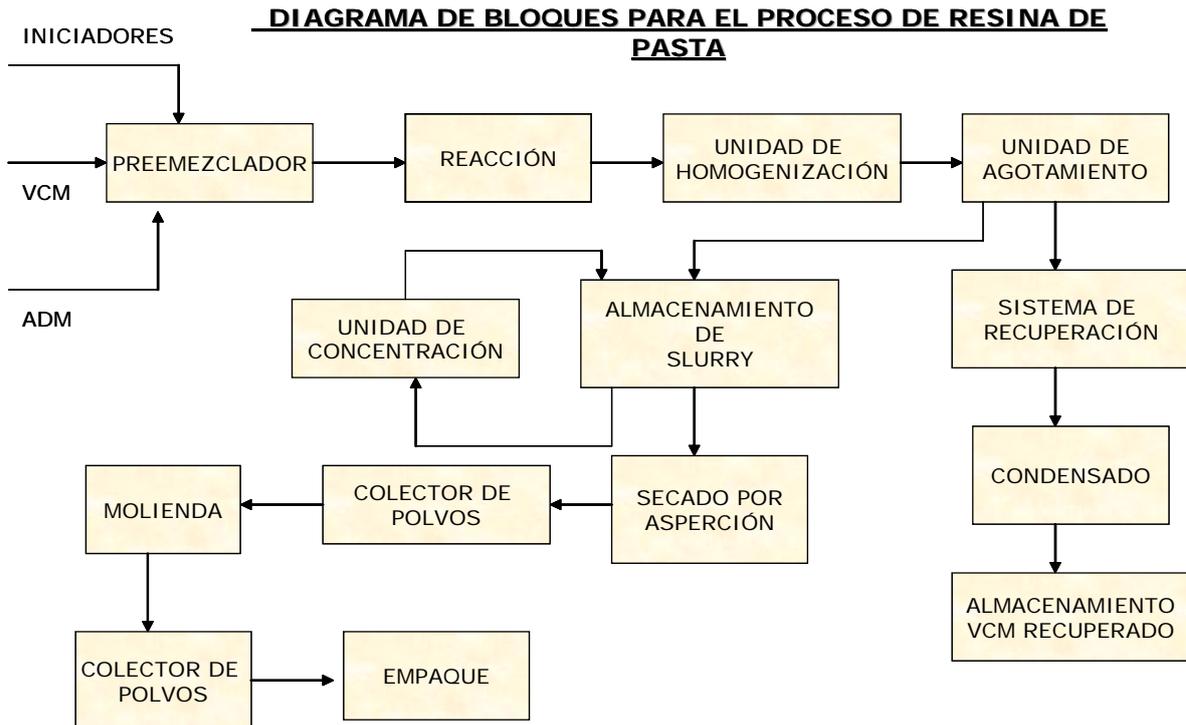
### **DIAGRAMAS DE BLOQUES PARA PROCESO DE RESINA DE SUSPENSIÓN**



**FIGURA.3.**

**Proceso de polimerización en emulsión (resina de pasta).** Se obtienen las resinas de pasta o dispersión. Las resinas de pasta pueden ser homopolímeros o copolímeros. Es similar a la polimerización en suspensión pero el monómero se rompe en pequeñas gotitas que forman agregados llamados micelas. En este proceso se emplean agentes surfactantes derivados de alcoholes grasos, con objeto de lograr una mejor dispersión y como resultado un tamaño de partícula menor. La polimerización en emulsión es rápida y se lleva a cabo a temperaturas de operación relativamente bajas, logrando un producto de alto peso molecular.

En la **figura.4**, se muestra una representación por medio del diagrama de bloques del proceso de polimerización en emulsión (pasta).



**FIGURA.4.**

**Proceso de polimerización en masa.** Este proceso se puede llevar a cabo en estado líquido o vapor. El monómero y el activador se mezclan en un reactor y se calientan o se enfrían según sea necesario. Se caracteriza por ser un “proceso continuo” donde sólo se emplea catalizador, por lo que la ausencia de agentes de suspensión y emulsificantes da por resultado una resina con buena estabilidad. El control del proceso es muy crítico y por consiguiente la calidad suele ser variable.

**Proceso de polimerización en solución.** Este método se emplea cuando el calor de reacción es demasiado grande para poderlo controlar. El monómero y el iniciador se disuelven en un disolvente no reactivo que sirve para reducir la velocidad de reacción y así moderar la cantidad de calor que se desprende de la reacción de polimerización. La concentración de polímero debe ser, generalmente, baja para evitar una viscosidad demasiado grande. A partir de este método se producen resinas de muy alta calidad para ciertas especialidades. Por lo mismo, su volumen de mercado es bajo.



Dentro de la producción de resinas, tenemos varios procesos para modificar las propiedades. La **copolimerización** es uno de estos procesos, y tiene por objeto obtener temperaturas de fusión menores, lo que es especialmente benéfico para procesos de inyección, soplado y compresión. Los terpolímeros de vinilo-acetato son especialmente adecuados sobre todo si se necesita resistencia al impacto.

Otro proceso de modificación de las propiedades de las resinas es el de **post-cloración**. El cual, consiste en la adición de cloro a la molécula de PVC, hasta un 66-68% de cloro que permite que se eleve la temperatura de distorsión de la resina, lo cual hace posibles nuevas aplicaciones, principalmente conducir líquidos con temperaturas de hasta 80°C.

#### **4.3 SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE UN PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PVC.**

En la realización de este trabajo nos enfocaremos al estudio del proceso de **polimerización en suspensión**, debido a que el 70% del PVC producido mundialmente se lleva a cabo mediante este proceso, además, se cuenta con la siguiente información técnica: DFP del proceso, condiciones de operación de cada una de las etapas del proceso (temperaturas, presión, flujos de entrada, etc.), las cuales permiten llevar a cabo un balance de materia y energía, descripción de cada una de las materias primas y la forma de cómo interviene cada una de ellas en la reacción de polimerización, además se cuenta con el plano de localización general de una planta productora de PVC en México.

De manera general la polimerización del monómero de cloruro de vinilo es iniciada por radicales libres producidos por la reacción de descomposición térmica de peróxidos o persulfatos y continúa a temperaturas de 40 °C a 70 °C con producción de calor. La velocidad de polimerización es particularmente sensible a la temperatura de reacción, la concentración y el tipo de iniciadores usados. La distribución del peso molecular del producto final, el cual es de gran importancia para las características de procesamiento de la resina, es también influenciada substancialmente por estos parámetros. La tendencia para llevar a cabo el proceso de polimerización ha sido usar reactores cada vez mas grandes, por lo general se instalan reactores con capacidades que van de los 15,000 Kg. a los 20,000 Kg. Los reactores utilizados en las reacciones de polimerización son de acero inoxidable o acero al carbón vitrificado, enchaquetados, provistos de agitadores y deflectores para mejorar la agitación, diseñados para soportar fuertes presiones internas.



---

**CAPITULO 5**  
***DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.***



## 5.1 PROCESO DE POLIMERIZACIÓN PARA LA RESINA DE SUSPENSIÓN

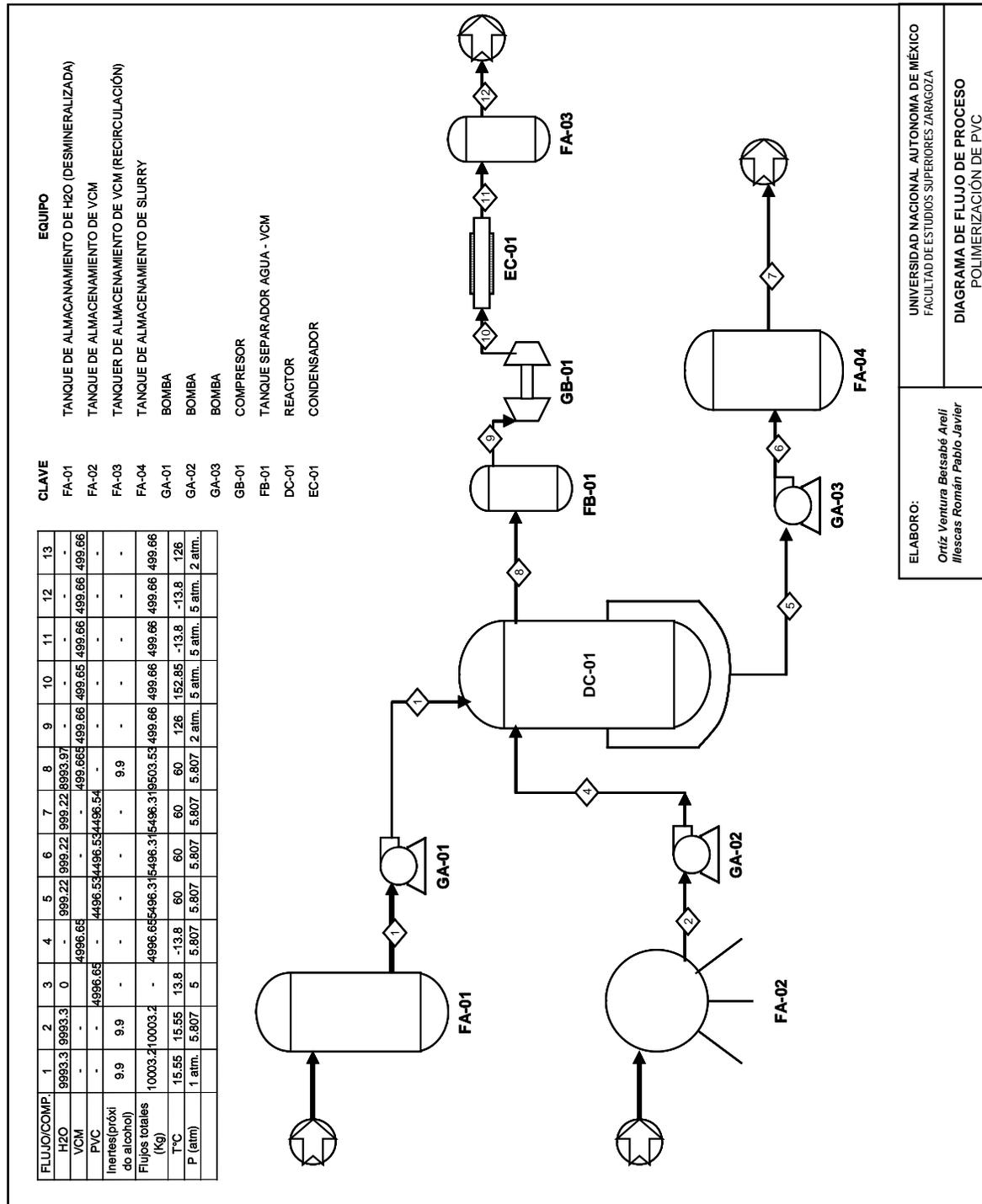
Tradicionalmente el proceso de polimerización en suspensión ha sido utilizado para producir homopolímero y copolímero, el cual emplea agua como fase continua, con VCM dispersado por medio de agentes de suspensión, los cuales para cumplir adecuadamente su función, que es reducir la aglomeración de partículas durante la polimerización, incrementando de esta forma la viscosidad y retrasando el proceso de unión de las gotitas formadas. Estos agentes suspensantes deben de ser solubles en agua pero insolubles en el monómero, generalmente se usan el alcohol polivinílico, copolímero de anhídrido maleicoacetato de vinilo, derivados de celulosa, etc. El peróxido de láurilo actúa como iniciador de la reacción de polimerización, el cual es soluble en el VCM.

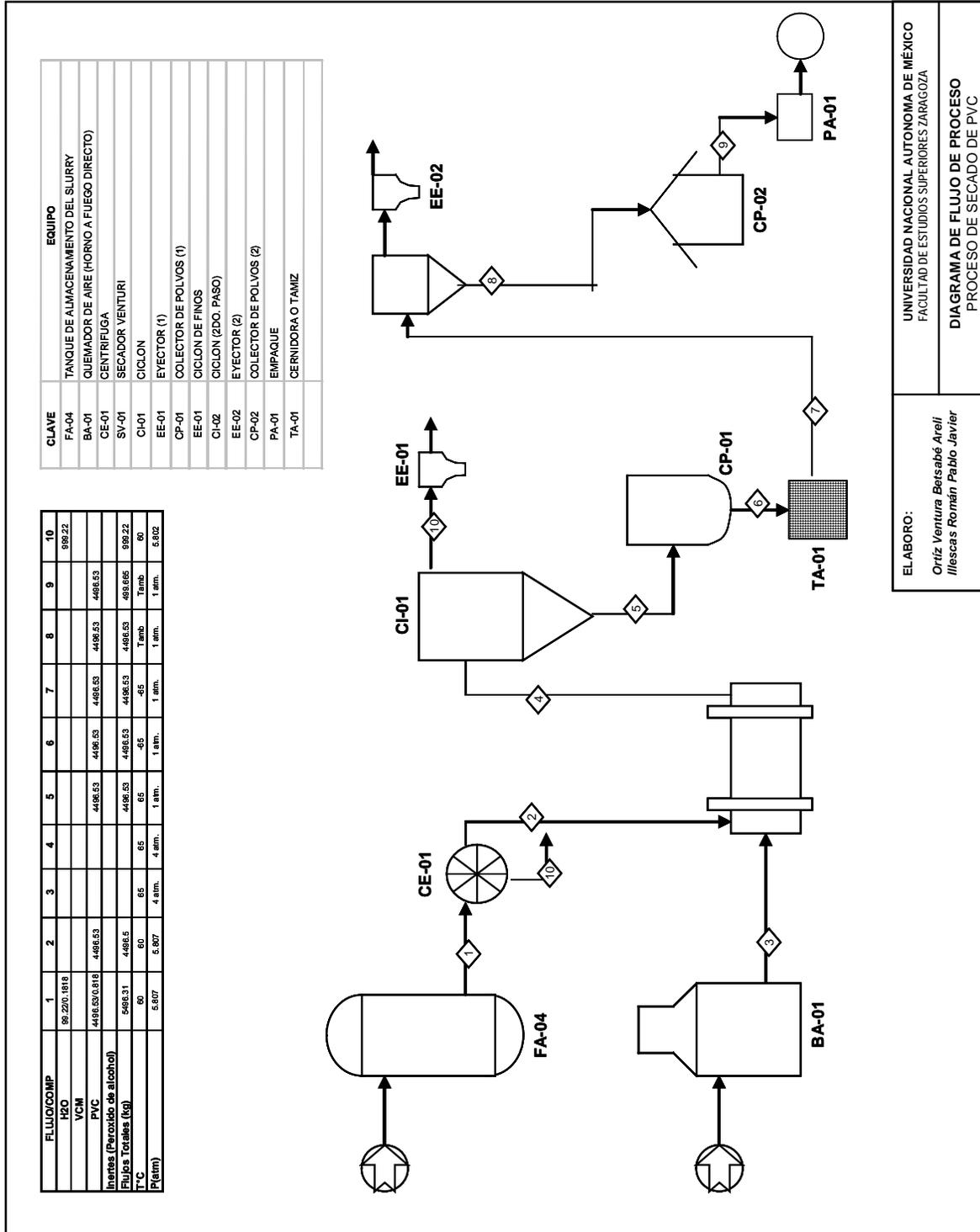
Partiendo del tanque de almacenamiento FA-01 donde se encuentra almacenada el agua desmineralizada y en donde son adicionados los ingredientes (catalizadores, agentes suspensantes, estabilizadores, etc.) de acuerdo a la fórmula correspondiente y del tanque de almacenamiento tipo esfera FA-02, en el cual se encuentra almacenado el VCM, las materias primas son transportadas por medio de las bombas GA-01 y GA-02 respectivamente hacia el reactor DC-01 donde se lleva a cabo la reacción de polimerización, el cual suele ser fabricado en acero inoxidable, enchaquetado y provisto de deflectores, para mejorar la disipación del calor, ya que es una reacción altamente exotérmica (calor de polimerización 410 Cal/gr.). Las condiciones de operación de la reacción de polimerización deben de cuidarse, las cuales son: presión de 5-12 Kg./cm<sup>2</sup> y una temperatura de 60°C, otro factor muy importante es el pH de la suspensión, el cual se modifica continuamente y es necesario mantenerlo en niveles de 5 a 8, debido a que si la suspensión se convierte en un medio ácido o básico el coloide pierde su efectividad de proteger a las partículas. Una vez llevada a cabo la reacción se obtiene el **Slurry**<sup>1</sup>, el cual se almacena en el tanque FA-04 y se transporta por medio de la bomba GA-03. El VCM que no reaccionó pasa a un tanque separador FB-01 en forma gaseosa, donde se separa del agua desmineralizada, después pasa al compresor GB-01, el cual lo transporta al condensador EC-01 en donde se transforma a su fase líquida para finalmente almacenarse en el tanque FA-03, llamado de recuperación de VCM en donde se mantiene en espera a ser utilizado nuevamente en el proceso. Cabe mencionar que mediante este proceso se alcanzan conversiones del 90% y la autoclave opera durante 72 hr. como se muestra en el **punto.5.3**

## 5.2 PROCESO DE SECADO PARA LA RESINA DE SUSPENSIÓN.

El Slurry almacenado en el tanque FA-04 se transporta mediante tuberías especiales hacia el área de secado y se centrifuga en CE-01, donde se somete a un proceso de centrifugación al vacío o de decantación, para eliminar parte del agua que contiene, posteriormente pasa al secador " Venturi " SV-01, en el cual se introduce aire caliente a presión que proviene del quemador BA-01 y transporta la resina hacia el ciclón de alta eficiencia CI-01 que en combinación con un lecho fluidizado elimina el resto del agua innecesaria y de esta forma cumplir con las especificaciones, a continuación la resina es almacenada en el colector de polvos CP-01 y se mantiene en espera, posteriormente la resina es dirigida a un sistema de cribado mediante una cernidora TA-01, para realizar la selección de acuerdo al tamaño de partícula y se realiza otra fase de secado en el ciclón CI-02 que descarga a una tolva de almacenamiento CP-02 para posteriormente llegar a la empacadora PA-01. como se muestra en el **punto 5.3 bis.**

<sup>1</sup> **Slurry:** mezcla de resina de PVC en solución acuosa.

**5.3 DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO (POLIMERIZACIÓN Y SECADO).**




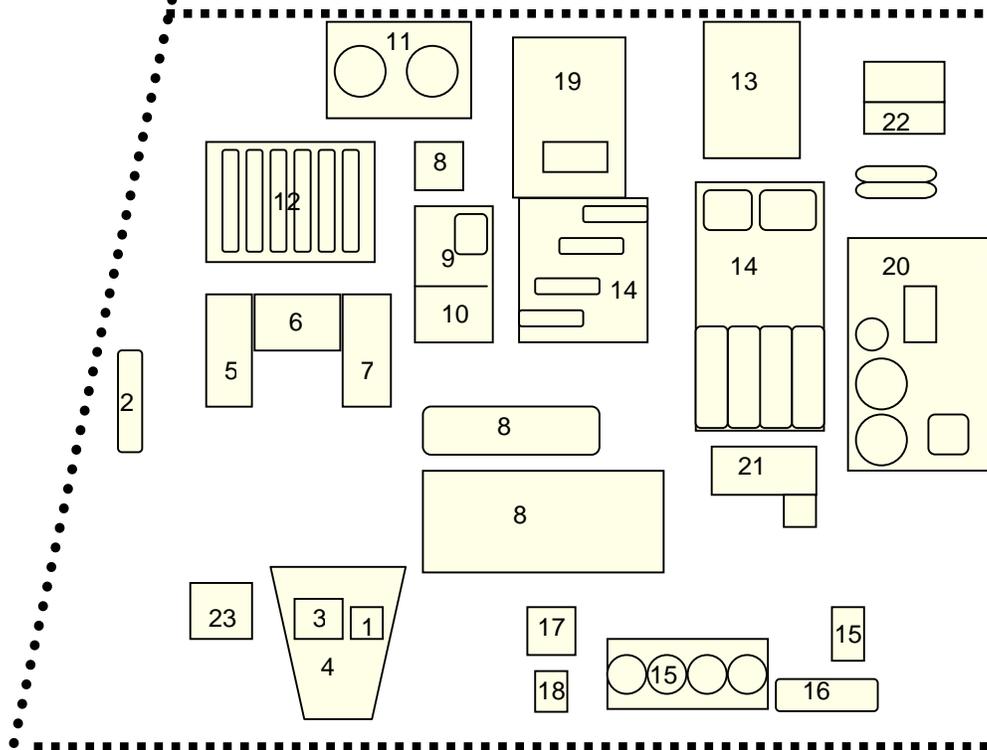
## 5.4 PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL.

### DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA.

La planta cuenta con los siguientes departamentos y áreas de trabajo entre las más importantes:

- |                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| 1. Caseta de vigilancia.              | 13. Polimerización.                                  |
| 2. Oficinas generales.                | 14. Área de secado (planta baja y planta alta).      |
| 3. Comedor.                           | 15. Torres de enfriamiento.                          |
| 4. Estacionamiento de empleados.      | 16. Almacenes de inflamables.                        |
| 5. Almacén de refacciones.            | 17. Área de peróxidos.                               |
| 6. Cuarto de compresores.             | 18. Caseta de PEMEX (proveedor de la materia prima). |
| 7. Mantenimiento.                     | 19. Caseta de bomberos.                              |
| 8. Jardines.                          | 20. Cuarto de control.                               |
| 9. Laboratorio de control de calidad. | 21. Oficinas operacionales.                          |
| 10. Servicio técnico.                 | 22. Subestación de lata tensión.                     |
| 11. Descarga de materia prima.        | 23. Báscula  |
| 12. Almacenamiento de materia primas. |  |

FIGURA.5. Plano de ubicación.



## 5.5 IDENTIFICACIÓN DE PUNTOS Y CAUSAS DE EMISIÓN DE CONTAMINANTES.

Una vez que se conoce el proceso, sus características y que se cuenta con un marco de referencia acerca de las condiciones de operación, se procede a desarrollar el trabajo en el cual se identifican las materias primas y en que áreas de trabajo es donde se utilizan, identificando los puntos y las causas de agentes contaminantes<sup>2</sup>.

### AREA POLIMERIZACIÓN:

Monómero de cloruro de vinilo (materia prima).

Alperox (peroxido de Laurilo) (Catalizador).

Alcohol Polivinilico (Agente de suspensión).

Bicarbonato de sodio (estabilizador de Ph).

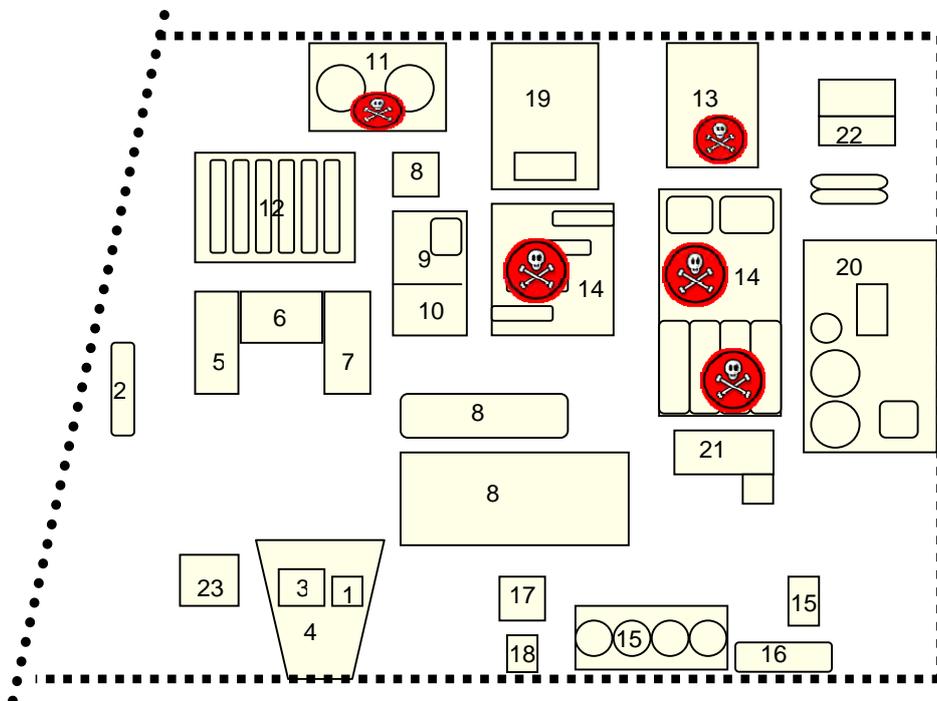
### AREA DE SECADO:

Policloruro de vinilo

En el área de polimerización se observa un número de sustancias considerables para la realización del proceso, sin embargo, el VCM se presenta en un 95% del total de todas ellas y en el área de secado 99% es PVC del total de las sustancias, del proceso de polimerización, cabe recalcar que las demás sustancias son estabilizadores, catalizadores, agentes suspensantes, etc.

La principal fuente de contaminación se encuentra en las operaciones de secado y polimerización ya que se da un contacto cerrado con los agentes químicos contaminantes y existe una enclaustramiento parcial del proceso por lo que la ventilación general y los sistemas de extracción parecen ser insuficientes.

FIGURA.6. Plano de localización de la planta y áreas de peligro.



1. <sup>2</sup> INDUSTRIAS RESISTOL S.A. (IRSA); *Manual para Evaluaciones de Agentes Químicos*; 1992



## 5.6 PARÁMETROS PERMISIBLES DE AGENTES CONTAMINANTES EMITIDOS A LA ATMÓSFERA.

En diferentes manuales de procedimiento y seguridad industrial y bibliografía de introducción a procesos y seguridad industrial<sup>3</sup>, se describe que en el área de polimerización se llevan a cabo algunos procedimientos anormales que ponen en riesgo al trabajador y por lo tanto no cumplen con las normas respectivas, estos actos derivan por la mala colocación del equipo de protección respiratoria empleada para la limpieza de los reactores, la cual se realiza de manera rápida y sin precaución. La limpieza de los reactores se reporta que debe iniciar a partir de un promedio de 30 minutos de espera para la ventilación del mismo y así poder introducirse a limpiarlo, la mayoría de las ocasiones no se respeta este tiempo mínimo. Sin embargo al momento de la apertura del reactor no se rebasan los niveles máximos permisibles de la NOM-010-STPS-1994 los cuales establecen 13 mg/m<sup>3</sup>; tomando en cuenta que dentro de los riesgos reportados como cotidianos en los manuales de procedimiento de seguridad industrial, manuales de capacitación para personal de nuevo ingreso<sup>4</sup> a una planta o laboratorio químico y los reportados en la literatura que dentro de las áreas de polimerización solo se libera 2.80 mg/m<sup>3</sup>, con un coeficiente de exposición de 4.5 el cual no debe rebasar la unidad, teniendo esto se considera un problema de relevancia por lo se deben tomar medidas de control.

De igual forma, en el área de secado se reportan actos subestandar por la falta de uso de equipo de protección, como son: cubre bocas y goggles, debido a que en esta área se encuentra gran cantidad de polvos que pueden afectar a los trabajadores al ser inhalados. Cabe recalcar que en esta área los niveles máximos permisibles que establece la NOM-010-STPS-1994 son 20 mg/m<sup>3</sup> los cuales son rebasados ampliamente, tomando en cuenta diferentes factores mencionados en los centros de trabajo, los cuales reportan 386.48mg/m<sup>3</sup> y un coeficiente de exposición de 19.32, por lo que se cuenta con un problema de relevancia y un alto riesgo, propiciando tener en cuenta medidas de control inmediatas, con el objetivo de mejorar las condiciones de trabajo, el bienestar de los trabajadores y cumplir las normas que establece la legislación mexicana.

<sup>3</sup> CYDSA, POLICYD, S.A. de CV; *Manual de Procedimientos de Seguridad Industrial*; 1996

<sup>4</sup> CYDSA, POLICYD, S.A. de CV; *Manual de Inducción para Personal de Nuevo Ingreso*; 1996.

---

---

**CAPITULO 6**  
***IMPLANTACIÓN DE PROCESO.***



## 6.1 IMPLANTACIÓN DEL PROCESO PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA.

En el área de polimerización los gases de VCM no rebasan los niveles máximos permisibles que establece la NOM-010-STPS-1994 para su aplicación en México, por lo tanto, no se puede sugerir un control de la fuente debido a que los reactores no pueden colocarse en otras zonas del proceso ni tampoco cambiar el funcionamiento de algunas partes de estos dentro de la zona de reactores, por otro lado es indispensable la ventilación de los reactores antes que el personal encargado de la limpieza de los reactores se introduzcan a realizar la limpieza, por lo que se sugiere ampliar el tiempo de ventilación de 30 minutos mínimo a 40 minutos máximo<sup>1</sup>, así como, el aseguramiento del equipo de protección (mascarillas, goggles, etc.), ya que como se mencionó, los trabajadores encargados de la limpieza del reactor no cumplen en muchas ocasiones los procedimientos de trabajo.

Dentro del área de secado se presenta que para los polvos de PVC surge la necesidad de contar con un sistema de extracción más eficiente para eliminar del ambiente dicho polvo recuperándolo cerca de la fuente. Para este caso en particular, se cuenta con diferentes opciones que son: lavadores de gases en contracorriente, filtros de tela y filtros de mangas, teniendo considerables desventajas durante su operación tales como son:

- Limpieza frecuente de los filtros de tela.
- Altas caídas de presión en el flujo del aire.
- Alto costo de mantenimiento por limpieza de los filtros etc.

Para la realización de este trabajo se recomienda un diseño especial de precipitación electromagnética<sup>2</sup> que permita disminuir de manera considerable los niveles de concentración de polvos que establece las norma de la STPS, buscando de esta manera mejorar las condiciones de trabajo con un ambiente saludable, previniendo riesgos laborales y que se representa el beneficio de igual forma en el aumento de la productividad.

Para la implantación de este equipo se consideró que los materiales particulados desprendidos a través de la parte superior de los ciclones de separación oscilan entre 0.5 a 100 micrones por lo que se consideró que los equipos más eficientes para el tratamiento de este tipo de material son los precipitadores electrostáticos, los cuales son colectores que capturan las partículas que previamente han adquirido carga electrostática. Para ello se hace pasar una corriente gaseosa, que contienen el material particulado efluente de los ciclones a través de un campo electromagnético que atrae el polvo. Las partículas se depositan en los electrodos que generan dicha campo mientras el gas sigue su trayectoria. Entre sus ventajas<sup>3</sup> están:

- Una capacidad de manejar grandes volúmenes de gas.
- alta eficiencias colectoras aun para partículas del tamaño de submicrones, (al contrario de otras técnicas la eficiencia del precipitador aumenta con la disminución del tamaño de partícula, pero su operación depende de la resistencia eléctrica de las partículas).
- bajo consumo de energía y bajas perdidas de tiro.
- capacidad para operar con gases a temperaturas relativamente altas.

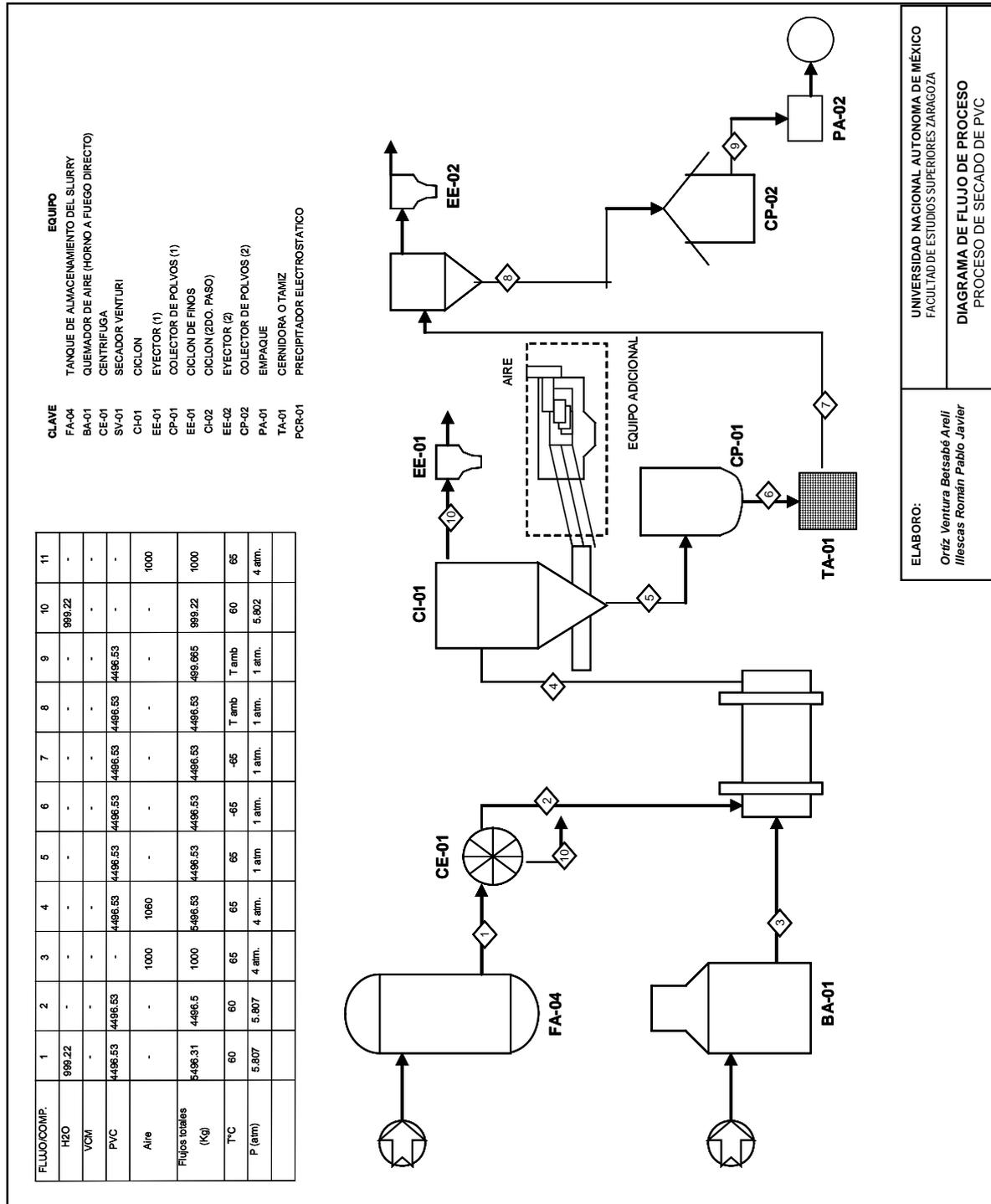
<sup>1</sup> Thomas T. Shen, Charles E. Schmidt, Thomas R. Card, *Assessment and control of VOC emissions from waste treatment and disposal facilities*, Van Nostrand Reinhold, New York, 1993

<sup>2</sup> Harry freeman, *Hazardous waste minimization*, McGraw-Hill, México, 1990.

<sup>3</sup> JAIME BENÍTEZ, *Process engineering and design for air pollution control*, Printice Hall, Englewood New Jersey, 1993.

La mayoría de las eficiencias colectoras en estos equipos oscila entre 80% y 99%, al surgir reglamentos mas estrictos para la contaminación del aire, las eficiencias están dentro del intervalo de 98% y 99.9%. La implementación de este sistema de recuperación de polvos se muestra en la **figura.7**.

**FIGURA.7. Implantación del sistema de precipitación electrostática.**



ELABORO:  
Ortiz Ventura Betsabé Arellí  
Illescas Román Pablo Javier

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO  
PROCESO DE SECADO DE PVC

## 6.2 HEURÍSTICAS DEL PRECIPITADOR ELECTROESTÁTICO.

Para los precipitadores electroestáticos se deben considerar las siguientes heurísticas en cuestión de su funcionamiento, en las cuales se utilizan diversos principios geométricos básicos para su diseño, uno de ellos es el de tubo donde los electrodos consisten de alambres suspendidos axialmente dentro de un tubo. Se aplica un voltaje muy alto de corriente directa, entre el alambre y el tubo, y el gas sucio fluye hacia abajo por el tubo y a través del campo eléctrico establecido entre los electrodos, por lo general, el flujo es horizontal y los pasajes son bastantes estrechos del orden de 8 a 10 pulgadas (20 a 25 cm).

Se han construido precipitadores electroestáticos para gastos volumétricos que van desde los 5m<sup>3</sup>/seg. hasta los 500m<sup>3</sup>/seg. manejando gases con una temperatura alta de hasta 700°C. La altura total de una placa puede ser tan grande como de 30 a 40 pies, con una longitud de 25 a 30 pies. Los alambres de alto voltaje se deben colgar precisamente en las líneas de centro de cada pasaje del gas, en la mayoría de los casos, los alambres están cargados de 10 a 100 kW. por debajo del potencial de tierras y son bastantes típicos entre 40 y 50 kW. (Si el aire que sale del precipitador va directamente a una región habitada, el electrodo central se carga positivamente para evitar la formación excesiva de ozono). La velocidad típica del gas se mantiene por lo general dentro del intervalo de 1 a 20 m/seg. Con caídas de presión muy pequeñas por lo general 1bar hasta 10bar.

## 6.3 DISEÑO DEL PRECIPITADOR ELECTROESTÁTICO.

Para este proyecto se toman los siguientes datos tomando en cuenta el balance de masa realizado en el capítulo 5; es importante mencionar, que el diseño del precipitador electroestático, se basa en un flujo establecido en el balance de masa, calculando el área de recolección y estableciendo una eficiencia de operación, lo cual en forma heurística y forma preliminar nos permite calcular el costo del equipo en función del área recolectora<sup>4</sup>. Tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

$$Q = 10\text{m}^3/\text{s}$$

$$\epsilon = 0.999$$

$$\text{Velocidad típica del gas} = 1.0 \text{ m /s.}$$

$$\text{Temp} = 60^\circ \text{C} \approx 333.15^\circ \text{K}$$

$$\text{Presión} = 4 \text{ atm} \approx 4 \text{ Kg. /cm}^2.$$

$$\text{Caída de presión: } 1 \text{ kPa}$$

$$\text{Flujo horizontal entre placas} = 8 - 15 \text{ pulg} = 0.4\text{m}$$

$$\text{Tamaño de partícula } 80 - 100 \text{ micrones}$$

### 1. Cálculo de SCA (cálculo del área específica de recolección).

$$SCA = A_c / Q = \frac{-\ln(1-\mu)}{\omega_e}$$

$$\omega_e = \text{Tabla 9.4 Pág. 388}^*$$

$$SCA = -\ln(1-0.999)^* .183$$

<sup>4</sup> Licht, W. *air pollution Control Engineering Basic Calculations for particle Collection*. New york, 1980



$$SCA = 37.7472 \text{m}^2 / (\text{m}^3 / \text{s})$$

Por lo tanto despejando de SCA el área (Ac)

## 2. Cálculo del Área

$$Ac = SCA \times Q$$

$$Ac = (37.7472) (10)$$

$$Ac = 377.4729661 \text{ m}^2$$

## 3. Cálculo de L y H

Donde R = 1

ua = 1.0 de entre placas espacio electrodos

$$H = \frac{(SCA) u_a \omega}{R}$$

$$H = \frac{(43.1734) (1.0) (.10)}{1}$$

$$H = 3.7747 \text{ m por lo tanto } L = H$$

## 4. Número de etapas (ductos)

$$Nd = \frac{Q}{2 \omega u_a H}$$

$$Nd = \frac{10}{2 (0.15) (1.0) (3.77472)}$$

$$Nd = 13.2$$

## 5. Largo del precipitador electroestático.

$$L = Nd E$$

$$L = (13.2) (0.4)$$

$$L = 5.2983$$

## 6. Consumo de energía del precipitador electroestático.

Donde:

$$\omega_c = Q ( 115.8 + (1.17) (0.01) )$$

$$\omega_c = 10 ( 115.8 + (1.17) (0.01) )$$

$$\omega_c = 2328 \text{ W} \approx 2.328 \text{ KV.}$$

$$C \text{ power} = Q (Pd) \epsilon$$

$$C_p = 10 (1) (0.999)$$



$$C_p = 9.99 \text{ KW}$$

**7. Cálculo de costos del precipitador electrostático.**

$$EC = 27,200 + 41,500 * \ln Q$$

$$Ec = 27,200 + 41,500 * \ln(10)$$

$$Ec = \$ 122,757.28$$

**8. Precipitador electrostático y costo de equipo auxiliar.**

$$ESP + AE$$

$$ESP + AE = 122,757.28 + 65,000$$

$$ESP + AE = \$ 187,757.28$$

**9. Precio total del precipitador electrostático.**

$$PE = 1.18 (ESP + AE)$$

$$PE = 1.18 (187,757.28)$$

$$PE = \$ 221,553.59$$

**10. Costo total de inversión. (total capital investment)**

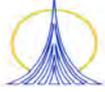
$$TCI = 1.25 PE$$

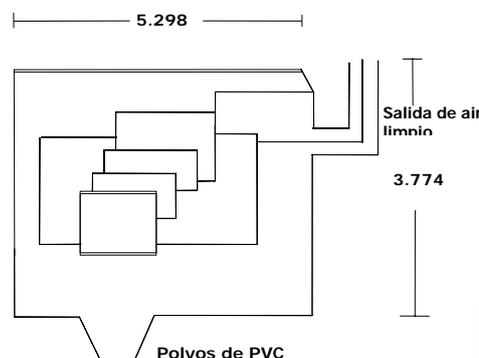
$$TCI = 1.25 (221,553.59)$$

$$TCI = \$ 276,941.99$$



Fig.8. Hoja de datos técnicos del precipitador electroestático.

 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</b> <b>FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA</b>			
PLANTA: PRODUCTORA DE RESINAS DE PVC		HOJ 1 DE 1 A	
LOCALIZACION :	ESTADO DE MEXICO	EDICION	FECHA
CONTRATO No.:	43355	2A	24-02-2005
CLAVE:	PCR-01		HECHA POR ORTIZ VENTURA
No. DE UNIDADES:	UNA		AP. POR GUSTAVO VARELA
			ILLESCAS ROMAN
<b>PRECIPITADOR ELECTROESTATICO</b> (HOJA DE DATOS DE PROCESO)			
1	SERVICIO: ELIMINACION DE POLVOS RESPIRABLES DE PVC	POSICION: VERTICAL	
2	TIPO DE FLUIDO: SÓLIDO	FLUJO: 386.48	mg/cm <sup>3</sup> DENSIDAD: gr./cm <sup>3</sup>
3	VAPOR O GAS: AIRE	FLUJO: 50	m <sup>3</sup> /seg DENSIDAD: gr./cm <sup>3</sup>
4	TEMPERATURA: OPER. 60 °C;	MAXIMA 70 °C.	DISEÑO °C
5	PRESION: OPER. 4	Kg./cm <sup>2</sup> MAXIMA	Kg./cm <sup>2</sup> DISEÑO Kg./cm <sup>2</sup>
6	DIMENSIONES: LONGITUD RECTANGULAR	5298 mm.	ESPESOR: 3774 mm. CAP. TOTAL Its
7	MATERIALES: CASCARON	ACERO AL CARBON	PLACAS ACERO AL CARBON
8	ANCHO:	377 mm	
9	TIPO RECTANGULAR: LONGITUD	mm	ESPACIO .4 mm
10	CORROSION PERM. : CASCARON	mm	DUCTOS 13
11	AISLAMIENTO:		
12	RECUBRIMIENTO INTERNO:		
<b>NOTAS:</b>			
13			
14			
15			
16			
17			
	REVISION		
	FECHA		
	HECHA POR		
	AP. POR		



Polvos de PVC

**PRECIPITADOR ELECTROSTATICO**

---

---

**CAPITULO 7**

*Evaluación económica y  
Procesamiento de datos económica.*

## 7.1 ANTECEDENTES

Partiendo del proceso descrito en el capítulo 5, se realizará una estimación económica para la implantación de un precipitador electrostático en la planta de PVC. Para lo cual se consideran, de manera general, las siguientes etapas:

- La planta deberá polimerizar efectivamente el cloruro de vinilo por medio del proceso de polimerización en suspensión.
- El producto será PVC que se enviará a la fase de secado.
- Empaque y venta.

La planta está diseñada para operar un periodo de 365 días y 9 cargas por mes como capacidad al 100%, debido a que el proceso de polimerización se efectúa en 72 horas. Para ello se cuenta con un reactor de 15 toneladas, con un factor de conversión del 90%, logrando polimerizar 4.5 toneladas de PVC por carga.

Para poder evaluar la factibilidad del proyecto es necesario generar flujos de efectivo. Para ello el primer paso es la estimación de los costos de producción y los costos de implantación del precipitador electrostático, por lo que se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

Los costos de producción considerados para la realización de esta evaluación son:

### Costos directos de producción:

- Materias primas.
- Mano de obra directa al proceso.
- Mano de obra indirecta al proceso.

### Costos indirectos de producción:

- Outsourcing de limpieza.
- Outsourcing de seguridad.
- Outsourcing de mantenimiento.
- Consumos de servicios auxiliares.
- 

## 7.2 GASTOS DIRECTOS DE PRODUCCIÓN.

- a) **MATERIAS PRIMAS.**- Son aquellos materiales que entran y forman parte del producto terminado. Los precios unitarios de materias primas que están involucradas en la producción de PVC se muestran en la **tabla.14.**

**Tabla.14. Materias primas y precios unitarios<sup>2</sup>.**

Materia prima	Precio unitario
Cloruro de vinilo	US\$ 170 por tonelada.
Alcohol polivinílico	US\$ 3.71 por kilogramo.
Bicarbonato de sodio	US\$ .42 por kilogramo.
Peroxido laurico	US\$ 20 por kilogramo.

<sup>2</sup> [www.weeklylistinghdpe.pvc.petpricesfrompolymertrack.com](http://www.weeklylistinghdpe.pvc.petpricesfrompolymertrack.com)



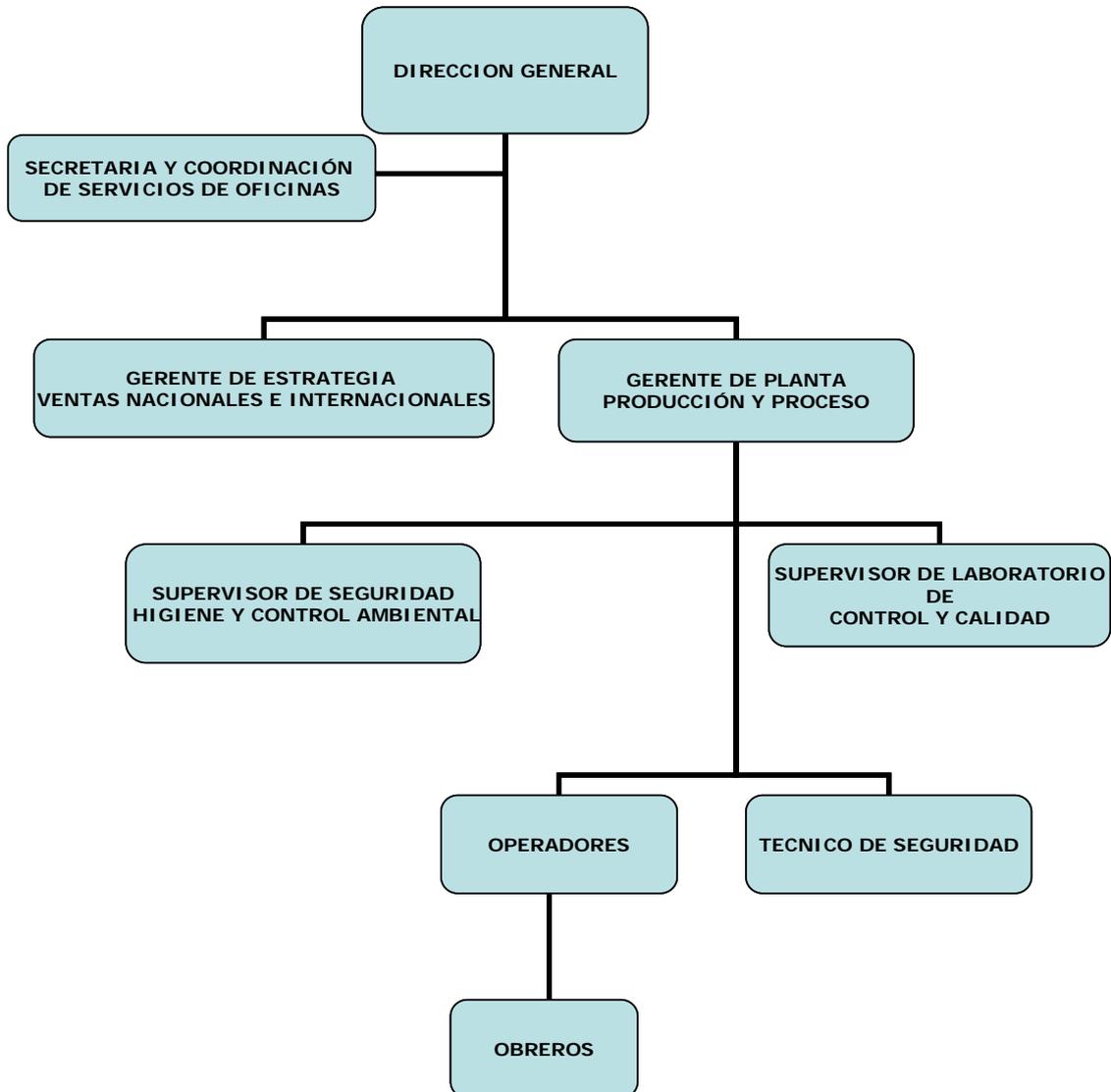
En la **tabla.15**. Se aprecian las cantidades requeridas, sin embargo es importante mencionar que el cálculo de los costos de las materias primas está basado en una eficiencia de la planta del 77% que equivale a 83 cargas al año. En la proyección del proyecto, estas cargas se incrementan hasta 97 en cinco años.

**Tabla.15.Costos de materias primas involucradas en la producción de PVC.**

MATERIAS PRIMAS	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
Monómero de Cloruro de Vinilo	5.0	1,904.0	66,640.0	790,160.0
Alcohol Polivinilito	3.3	41.6	968.5	11,484.0
Bicarbonato de Sodio	3.3	4.7	109.6	1,299.0
Peróxido Láurico	3.3	224.0	5,221.5	61,911.4
		<b>TOTAL</b>	<b>72,939.6</b>	<b>864,854.4</b>

**b) COSTOS POR MANO DE OBRA:** Son los costos de la función de administración dentro de la planta, la cual se refiere a los sueldos de los empleados que laboran en dicha empresa, los cuales se dividen en costos de mano de obra directa e indirecta, teniendo lugar desde el gerente de la planta hasta los obreros como se muestra en la **figura.9**.

Figura.9. Diagrama organizacional de una planta productora de PVC.



Los sueldos están en función del salario mínimo de un obrero por jornada de trabajo diaria, el cual, para el área Metropolitana asciende a **\$46.8** diarios, que equivalen a **\$1,404** al mes.

- **Mano de obra directa.**- Es la que se utiliza para transformar una materia prima en producto terminado. Se puede identificar en virtud de que su monto varía casi proporcionalmente con el número de unidades producidas. En la tabla.16. se muestran estos costos que incluyen:

**Tabla 16. Costos de mano de obra directa.**

MANO DE OBRA DIRECTA	CANTIDAD	VECES SM	PRECIO UNITARIO	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
Gerente de la planta proceso y producción	1	6.5	9,126	9,126	109,512
Supervisor de laboratorio y control de calidad	1	5.5	7,722	7,722	92,664
Operadores	3	4.5	6,318	18,954	227,448
Técnicos de seguridad	2	3.5	4,914	9,828	117,936
Obreros	5	2.0	2,808	14,040	168,480
		<b>TOTAL MOD</b>	<b>30,888</b>	<b>59,670</b>	<b>716,040</b>

- **Mano de obra indirecta.**- Es aquella necesaria en el departamento de producción, pero no interviene directamente en la transformación de las materias primas. en este rubro se incluye: personal de supervisión, secretarias, y todo el personal de seguridad, higiene y control ambiental. En la **tabla.17.** se puede apreciar el costo mensual y anual la mano de obra involucrada en la dirección general de la empresa que incluye:

**Tabla.17. Costos de mano de obra indirecta.**

MANO DE OBRA INDIRECTA	CANTIDAD	VECES SM	PRECIO UNITARIO	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
Dirección general	1	10.0	14,040	14,040	168,480
Secretarias	2	2.5	3,510	7,020	84,240
Gerente de estrategia ventas Nac. y ventas Inter.	1	4.5	6,318	6,318	75,816
Supervisor de seguridad e higiene y control amb.	1	4.5	6,318	6,318	75,816
		<b>TOTAL MOI</b>	<b>30,186</b>	<b>33,696</b>	<b>404,352</b>

### 7.3 GASTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN.

a) **SERVICIOS AUXILIARES:** Para la operación de la planta se requieren de servicios auxiliares tales como: energía eléctrica, agua y combustible, los cuales, se obtienen del balance de materia y estimaciones consultadas en la bibliografía<sup>3</sup>. Los requerimientos de la planta para la producción de PVC se especifican en la **tabla. 18**, con las siguientes consideraciones:

- **Agua:** El servicio medido de agua reporta que el precio del m<sup>3</sup> es de \$1.55 pesos.
- **Luz:** El servicio medido de luz reporta que el precio de Kw. es de \$ 2.00 pesos.
- **Combustible (gas natural):** El servicio de gas por Kg. en el área del distrito federal es de \$7.90 pesos.

**Tabla.18. Costo unitario de servicios auxiliares.**

<b>Descripción (Agua)</b>	<b>Cantidad (m<sup>3</sup>)/mensuales</b>
Agua de proceso	10,000 m <sup>3</sup> /por lote (9 lotes)
Agua de servicios para abastecimiento de toda la planta (baños, oficinas, etc.)	2,000 m <sup>3</sup> /mensual
<b>Descripción (Luz)</b>	<b>Cantidad (Kw.)/mensual</b>
Luz para proceso (precipitador electrostático)	112.862 Kw./ mensual (9 lotes)
Luz para abastecimiento de toda la planta (baños, oficinas, y otros equipos, etc.)	9,000 Kw. /mensual
<b>Descripción (Gas)</b>	<b>Cantidad (Kg.)/mensual</b>
Gas para calentamiento de aire	112.862Kw./mensual (9) lotes
Gas para abastecimiento de toda la planta (calentamiento de otros equipos)	9,000Kw./ mensual

<sup>3</sup> [www.profeco.com.mx](http://www.profeco.com.mx)

En la **tabla. 19.** Se muestra el cálculo de los costos de los servicios auxiliares empleados durante la operación de producción de PVC.

**Tabla.19. Costos por consumo de servicios auxiliares anual.**

SERVICIOS AUXILIARES	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
LUZ	9,112.9	2.0	18,225.7	218,709.7
AGUA	12,000.0	1.6	18,600.0	223,200.0
COMBUSTIBLE	416.0	7.9	29,577.6	354,931.2
		<b>TOTAL</b>	<b>66,403.3</b>	<b>796,839.9</b>

**c) LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO, DE SEGURIDAD, Y DE LIMPIEZA.**

Son un servicio que se contabiliza por separado de la mano de obra indirecta entrando en el rubro de los gastos indirectos de producción en virtud de las características de estos trabajos que solamente concierne al mantenimiento preventivo de las áreas de trabajo. Los cuales se presentan en la **Tabla 20.**

**Tabla.20. Costos de outsourcing de limpieza, seguridad, y mantenimiento.**

	CANTIDAD	VECES SM	PRECIO UNITARIO	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
Outsourcing Limpieza	2	1.5	2,106	4,212	50,544
Outsourcing Seguridad	3	3.5	4,914	14,742	176,904
Outsourcing Mantenimiento	1	3.5	4,914	4,914	58,968
	<b>TOTAL</b>	<b>5.0</b>		<b>23,868</b>	<b>286,416</b>

#### 7.4 EVALUACIÓN DE FACTIBILIDAD PARA LA IMPLANTACIÓN DEL PRECIPITADOR ELECTROESTÁTICO.

Como se mencionó en el capítulo 5, el objetivo principal de este proyecto es evaluar económicamente si es factible, la implantación de un sistema que reduzca las emisiones de partículas de polvos de PVC; la propuesta para tal problema es adquirir un precipitador electroestático, el cual se estimó tomando como referencia una cotización que se realizó en el año del 2005 para una capacidad de 10 m<sup>3</sup>/s considerando los datos técnicos de predimensionamiento consultado en la bibliografía, como se presento en el apartado 6.3

Para obtener los recursos para la compra del precipitador, se consideró un financiamiento cuyas características se muestran en la **Tabla 21**.

**Tabla.21. Características del crédito para el precipitador electroestático.**

CARACTERÍSTICA	CANTIDAD
Monto	\$3,050,000
Tasa fija de interés	14.30%
Plazo	5 años
Pago trimestral	\$152,500
Tipo de interés	Capitalizable

Para la generación de los flujos de efectivo se consideraron:

1. Las tendencias del estudio de mercado realizado en el capítulo 3.
2. El precio de venta está en función de la inflación, la cual se prevé que tendrá que bajar ligeramente en los próximos años.
3. Se consideró adicionar un 10% al costo del equipo para gastos de instalación, considerando que para su implementación la planta tendrá que parar la producción aproximadamente un mes, cabe mencionar que el proveedor se encargará de instalar, poner en operación dicho equipo así como dar asistencia técnica a algún desperfecto que se genere, una vez operando el equipo.
4. Un horizonte de inversión de 5 años.

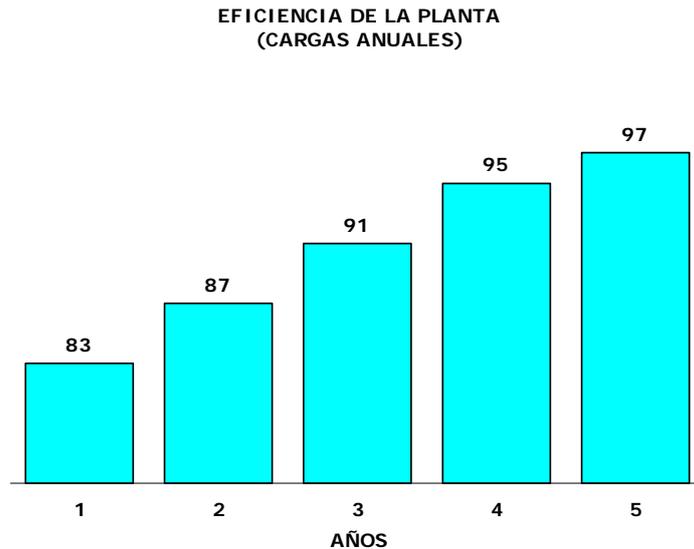
Para la generación de los flujos de efectivo, se toman en cuenta las tendencias del estudio de mercado realizado en el capítulo 3 y consideran además los siguientes supuestos:

## 7.5 GENERACIÓN DE FLUJOS DE EFECTIVO.

El primer paso es determinar la producción, la cual está en función del precio de venta, así como de la capacidad y eficiencia de la planta.

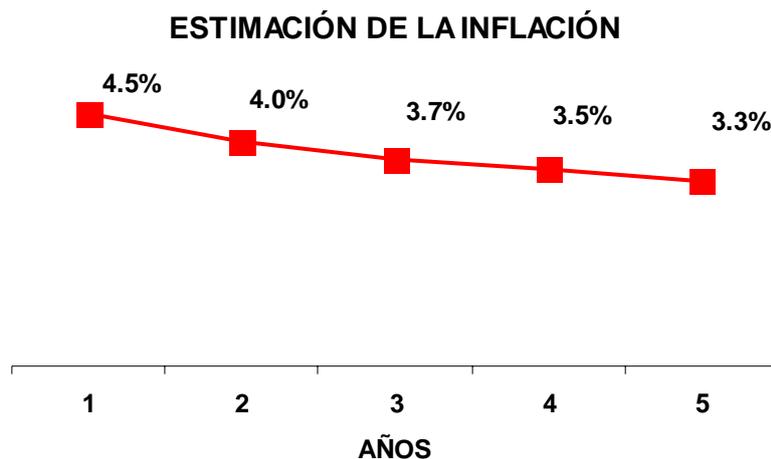
En la **gráfica 6**. Se muestra la eficiencia de la planta la cual, está en función de las cargas realizadas por año.

**Gráfica.6. Eficiencia de la planta**



Se considera que el precio de venta está en función de la inflación anual que se estima tenderá a bajar durante el período, como se muestra a continuación en la **Gráfica 7**.

**Gráfica 7. Estimación de inflación.**



Con estos elementos y el precio de venta del PVC, en la **tabla 22**. se muestra el comportamiento de producción de la planta la cual pasa de 4.0 a 5.4 ton.

**Tabla.22. Producción, precio de venta y ventas anuales.**

Año	1	2	3	4	5
Producción por Carga	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Cargas al año	83.0	87.0	91.0	95.0	97.0
Precio de Venta	9,703.6	10,091.7	10,465.1	10,831.4	11,188.8
Ventas	4,026,994.0	4,389,889.5	4,761,620.5	5,144,915.0	5,426,568.0

Los costos generados por el consumo de materias primas, durante el horizonte de inversión, también están ajustados por la inflación y su evaluación se presenta en la **Tabla. 23.**

**Tabla.23. Proyección de costos por consumos y costos anuales de materias primas.**

Año	1	2	3	4	5
Monómero de Cloruro de Vinilo	790,160.0	821,766.4	852,171.8	881,997.8	911,103.7
Alcohol Polivinílico	11,484.0	11,943.4	12,385.3	12,818.8	13,241.8
Bicarbonato de Sodio	1,299.0	1,351.0	1,401.0	1,450.0	1,497.9
Peróxido Láurico	61,911.4	64,387.9	66,770.3	69,107.3	71,387.8
Materia Prima	864,854.4	899,448.7	932,728.4	965,373.9	997,231.2

Los costos generados por la mano directa e indirecta de producción se pueden observar en la **tabla.24.** Donde se puede apreciar un aumento de 15.3% para el horizonte de inversión.

**Tabla.24. Proyección de costos de mano de obra directa e indirecta de producción.**

Año	1	2	3	4	5
Gerente de Planta de Proceso y Producción	108,000.0	112,320.0	116,475.8	120,552.5	124,530.7
Supervisor de laboratorio y control de calidad	84,000.0	87,360.0	90,592.3	93,763.0	96,857.2
Operadores	180,000.0	187,200.0	194,126.4	200,920.8	207,551.2
Técnicos de seguridad	108,000.0	112,320.0	116,475.8	120,552.5	124,530.7
Obreros	90,000.0	93,600.0	97,063.2	100,460.4	103,775.6
<b>Mano de Obra Directa</b>	<b>570,000.0</b>	<b>592,800.0</b>	<b>614,733.5</b>	<b>636,249.2</b>	<b>657,245.4</b>
Director General	180,000.0	187,200.0	194,126.4	200,920.8	207,551.2
Secretarías	132,000.0	137,280.0	142,359.4	147,342.0	152,204.3
Supervisor de laboratorio y control de calidad	108,000.0	112,320.0	116,475.8	120,552.5	124,530.7
Supervisor de seguridad e higiene y control amb.	84,000.0	87,360.0	90,592.3	93,763.0	96,857.2
<b>Mano de Obra Indirecta</b>	<b>504,000.0</b>	<b>524,160.0</b>	<b>543,553.9</b>	<b>562,578.3</b>	<b>581,143.4</b>
<b>Mano de Obra Total</b>	<b>1,074,000</b>	<b>1,116,960</b>	<b>1,158,287.4</b>	<b>1,198,827.5</b>	<b>1,238,388.8</b>

Los gastos indirectos de producción por consumo de servicios auxiliares los cuales se presentan en la **tabla.25.** Estos registran un incremento de 15.3% al pasar de un precio \$796,840.8 en el primer año a \$918,807.1 en el último año. Donde se aprecia que los costos por uso de combustible representan un 45%.

**Tabla.25 Proyección de costos por consumo de servicios auxiliares.**

Año	1	2	3	4	5
Luz	218,709.6	227,458.0	235,873.9	244,129.5	252,185.8
Agua	223,200.0	232,128.0	240,716.7	249,141.8	257,363.5
Combustible	354,931.2	369,128.4	382,786.2	396,183.7	409,257.8
<b>Gastos Indirectos de Producción</b>	<b>796,840.8</b>	<b>828,714.4</b>	<b>859,376.8</b>	<b>889,455.0</b>	<b>918,807.1</b>

Por su parte, los gastos indirectos de producción los cuales están constituidos por el personal externo contratado para realizar funciones de limpieza, mantenimiento, y de seguridad en la planta, se muestran en la **tabla.26**. Cabe señalar que este personal es perteneciente a otras empresas que prestan estos servicios y que por lo tanto libera a la empresa en cuestión de pagar prestaciones extras.

**Tabla.26. Proyección de costos por outsourcing de limpieza, seguridad y mantenimiento.**

Año	1	2	3	4	5
Outsourcing limpieza	43,200.0	44,928.0	46,590.3	48,221.0	49,812.3
Outsourcing seguridad	57,600.0	59,904.0	62,120.4	64,294.6	66,416.3
Outsourcing mantenimiento	52,800.0	54,912.0	56,943.7	58,936.7	60,881.6
<b>Gastos Indirectos de Producción</b>	<b>153,600.0</b>	<b>159,744.0</b>	<b>165,654.4</b>	<b>171,452.3</b>	<b>177,110.2</b>

Finalmente, el flujo de efectivo se completa al incluir las prestaciones que se tiene por ley para los empleados de la planta, las cuales se asumieron como una proporción de los costos de **Mano de obra directa y Mano de obra indirecta**; los cuales se presentan en la **Tabla 28**.

- 11.0% en gastos de seguro (IMSS) y gratificaciones.
- 2.0% en comisiones sobre ventas.
- 4.0% en publicidad, empaques, transporte y almacenamiento.

**Tabla.27 Gastos de operación y utilidad de operación.**

Año	1	2	3	4	5
Sueldos, IMSS y Gratificaciones	118,140.0	122,865.6	127,411.6	131,871.0	136,222.7
Comisiones sobre ventas	80,539.9	83,761.5	86,860.7	89,900.8	92,867.5
Publicidad, empaques, transp, almto.	161,079.8	167,523.0	173,721.4	179,801.6	185,735.1
<b>Gastos de Operación</b>	<b>359,759.7</b>	<b>374,150.1</b>	<b>387,993.7</b>	<b>401,573.4</b>	<b>414,825.3</b>



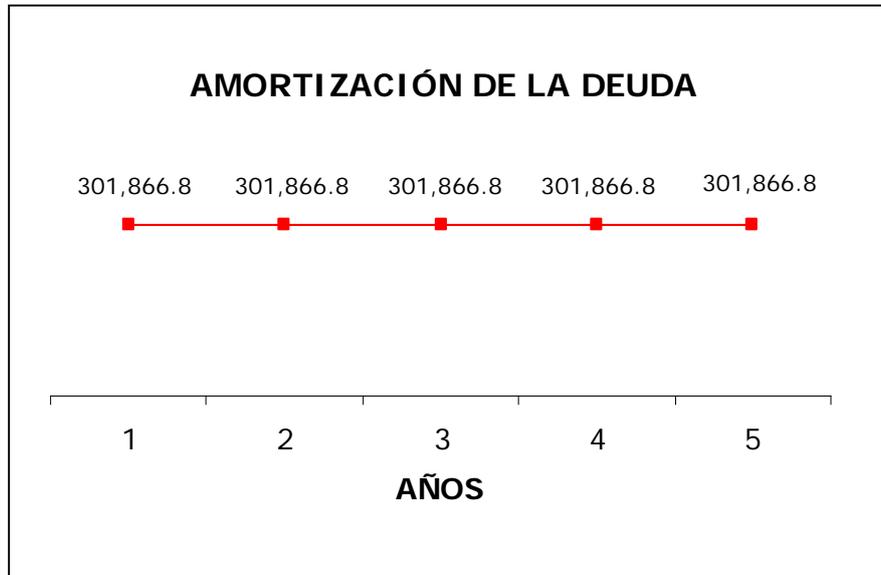
Para determinar los costos financieros, se proyectaron los flujos de capital e intereses del préstamo, de acuerdo a las características que se presentan en la **Tabla 21**. Estos flujos se presentan en la **Tabla 28**.

**Tabla 28. Flujos de capital**

Fechas	Pagos	Saldo	Intereses	Flujo Total
30-Jun-05	3,050,000	3,050,000	2,380,071	5,430,071
30-Sep-05	152,500	2,897,500	229,209	381,709
31-Dic-05	152,500	2,475,000	216,541	369,041
31-Mar-06	152,500	2,592,500	500,596	353,096
30-Jun-06	152,500	2,440,000	191,586	344,086
30-Sep-06	152,500	2,287,500	183,367	335,867
31-Dic-06	152,500	2,135,000	170,953	323,453
31-Mar-07	152,500	1,982,500	156,019	308,519
30-Jun-07	152,500	1,830,000	146,507	299,007
30-Sep-07	152,500	1,677,500	137,525	290,025
31-Dic-07	152,500	1,525,000	125,366	277,866
31-Mar-08	152,500	1,372,500	112,705	265,205
30-Jun-08	152,500	1,220,000	101,428	253,928
30-Sep-08	152,500	1,067,500	91,684	244,184
31-Dic-08	152,500	915,000	79,778	232,278
31-Mar-09	152,500	762,500	66,865	219,365
30-Jun-09	152,500	610,000	56,349	208,849
30-Sep-09	152,500	457,500	45,842	198,342
31-Dic-09	152,500	305,500	34,191	186,691
31-Mar-10	152,500	152,500	22,288	174,788
30-Jun-10	152,500	0	11,270	163,770

Finalmente, se considera una depreciación a 10 años en línea recta del valor activo de 301, 866, .8 por año, como se muestra en la siguiente gráfica.8.

**Gráfica 8. Amortización de la deuda.**



Con estos elementos, se pueden generar los flujos de efectivo como se muestra a continuación en la **tabla 29**:

**Tabla.29. Flujos de efectivo.**

	1	2	3	4	5
<b>Ventas</b>	4,023,998.2	4,389,913.2	4,761,642.9	5,144,929.0	5,426,600.4
<b>Materia Prima</b>	864,856.1	899,450.3	932,730.0	965,375.5	997,232.9
<b>Mano de Obra Directa</b>	716,040.0	744,681.6	772,234.8	799,263.0	825,638.7
<b>Mano de Obra Indirecta</b>	404,352.0	420,526.1	436,085.5	451,348.05	466,243.0
<b>Gastos Indirectos de Producción</b>	286,416.0	297,872.6	308,893.9	319,705.2	330,255.5
<b>GIP (Servicios Auxiliares)</b>	796,839.9	828,713.5	859,375.9	889,454.0	918,806.0
<b>Costos de Producción</b>	3,068,503.9	3,191,244.1	3,309,320.1	3,425,146.3	3,538,176.2
<b>Utilidad Bruta</b>	958,494.2	1,198,669.1	1,452,322.8	1,719,782.7	1,888,424.2
<b>Utilidad de Operación</b>	665,240.1	893,684.8	1,136,054.1	1,392,444.6	1,550,283.9
<b>Utilidad Neta</b>	(94,982.8)	130,260.8	362,466.3	603,772.7	790,181.3
<b>Amortización de Deuda</b>	610,000.0	610,000.0	610,000.0	610,000.0	610,000.0
<b>Depreciación</b>	301,866.8	301,866.8	301,866.8	301,866.8	301,866.8
<b>Flujo de Efectivo Neto</b>	(403,114.0)	(177,872.4)	54,333.0	295,639.4	482,048.0

---

---

***ANALISIS DE RESULTADOS***



## ANÁLISIS DE RESULTADOS

A partir de la información que arrojan los flujos de efectivo, es posible definir si el proyecto es viable, a través de tres condiciones:

1. Que el Flujo de efectivo acumulado sea  $> 0$ .
2. Que el Valor Presente Neto sea  $> 0$ .
3. Que la TIR está por encima de la tasa libre de riesgo.

### EVALUACIÓN DEL PROYECTO.

Considerando las tres condiciones mencionadas en el punto anterior, tenemos:

### FLUJOS DE EFECTIVO

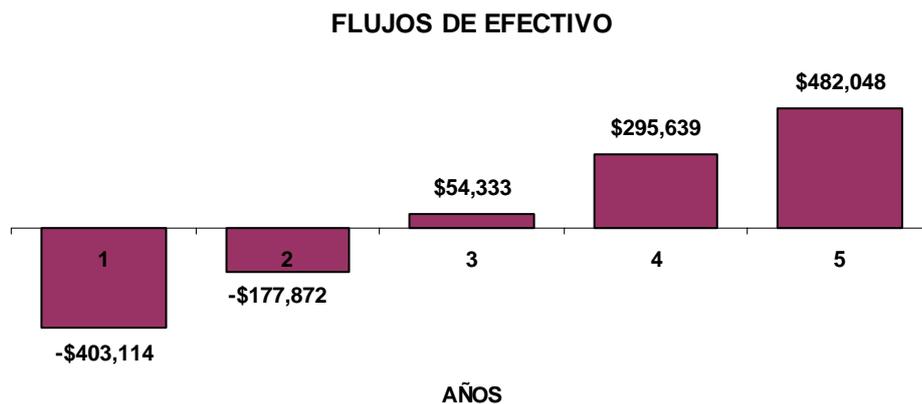
Partiendo de la información de los flujos de efectivo generada. Con una inversión inicial de -3, 018,668, en la **tabla.30**. se puede mostrar los flujos para cada uno de los años de lo cual se puede concluir que efectivamente el flujo de efectivo es igual o  $> 0$ , por lo tanto se dice que el proyecto es redituable.

**Tabla.30. proyección de flujo de efectivo.**

AÑO	FLUJO DE EFECTIVO
1.00	-403,114
2.00	-177,872
3.00	54,333
4.00	295,639
5.00	482,048
<b>TOTAL</b>	<b>251,034.06</b>

Como se concluyo en el capitulo anterior, los flujos de efectivo que generó este proyecto son \$251,034.06 y se pueden apreciar en la **gráfica 9**

**Gráfica 9 Flujos de efectivo.**



Los dos primeros años los flujos de efectivo son negativos, ya que se está pagando únicamente los intereses del financiamiento.

**VALOR PRESENTE NETO**

El valor presente neto simplemente significa<sup>2</sup>: En términos formales de evaluación económica, cuando se trasladan cantidades del presente al futuro, se dice que se utiliza una tasa de interés pero, cuando se trasladan cantidades del futuro al presente, como en el cálculo del valor presente neto se dice que se utiliza una tasa de descuento debido a lo cual a los flujos de efectivo ya trasladados al presente se les llama flujos descontados.

Partiendo de una inversión de \$3, 018,668. Los flujos de efectivo a valor presente neto ascendieron a \$3, 718,431, con lo que el valor presente neto es igual a \$699.763, por lo cual bajo este criterio el proyecto es rentable.

Inversión Inicial	-3,018,668
VP	3,718,431
<b>VPN</b>	<b>699,763</b>

**TASA INTERNA DE RENDIMIENTO.**

La tasa interna de rendimiento, está definida como la tasa de interés que reduce a cero el valor presente neto, el valor futuro, o el valor anual equivalente de una serie de ingresos y egresos. En términos económicos la tasa interna de rendimiento representa el porcentaje o la tasa de interés que se gana sobre el saldo de una inversión. El saldo no recuperado de una inversión en cualquier punto del tiempo de vida del proyecto puede ser visto como la porción de inversión original que permanece sin recuperar en ese tiempo<sup>3</sup>.

Por lo tanto, se puede apreciar que partiendo de una inversión inicial de \$ 3, 018,668, la tasa a la cual los flujos de efectivo traídos a valor presente igualan a dicha inversión, que equivale a 21.440 de lo cual esta muy por encima de la TLR (Cetes < 10% durante el 2005), por lo que, bajo este criterio el proyecto también es rentable.

Año	Tasa de Descuento	Utilidad de Operación	VP
0		-3,018,668	
1	10.91%	665,240	599,806
2	11.0%	893,685	716,684
3	12.58%	1,136,054	796,207
4	13.47%	1,392,445	839,997
5	15.15%	1,550,284	765,737
			3,718,431
Inversión Inicial		-3,018,668	
comprobación		0	
<b>TIR</b>		<b>21.40%</b>	

<sup>2</sup> William G Sullivan, *Engineering economy*, Edition 10<sup>th</sup>, McGraw-Hill, New York 1997

<sup>3</sup> Anthony Tarquin, *Ingeniería económica*, McGraw-Hill, New York 1997.

---

---

***CONCLUSIONES***



---

## CONCLUSIONES

Este trabajo tuvo como finalidad la evaluación económica en la implantación de un equipo reductor de emisiones a la atmósfera, partiendo del estudio del proceso para la producción de PVC, el cual se describió en el capítulo 4, donde se mencionó que dicho proceso tiene dos fases: polimerización y secado.

Durante la evaluación económica que se realizó, se da por hecho que solo se implementó un equipo auxiliar, para reducir las emisiones de agentes contaminantes, partiendo de una planta ya establecida y en funcionamiento; para lo cual se realizó su diseño y se evaluó económicamente.

En el análisis de cada etapa del proceso, se observó que, en la primera fase de polimerización, aplicando la normatividad no se encontraron datos que sugieran que se rebasan los límites permisibles de concentración de gas VCM, por lo cual, se apega totalmente a los parámetros establecidos, para un control preventivo en relación a la protección del personal que trabaja en el área, las medidas de control que se recomiendan, son el aumento de los tiempos de ventilación del reactor, teniendo una espera 40 minutos, como mínimo; para introducir al personal a realizar la limpieza del reactor, con el equipo de protección correspondiente y con precaución.

En la segunda fase del proceso que es el área de secado se encontraron reportes, que de acuerdo a la NOM-010-STPS; se rebasan los límites permisibles, ya que en esta área se encuentra gran cantidad de polvos de PVC, que al inhalarlos ponen en riesgo al trabajador. Para lo cual se propuso como posible solución la implantación de un precipitador electrostático, el cual, tiene ventajas significativas frente a otros tipos de filtros de aire con partículas suspendidas, tales como: bajos costos de operación y bajos costos de mantenimiento. El precipitador electrostático tiene como principio la adhesión de partículas, dando como resultado la reducción de las partículas y así mismo mantener un lugar de trabajo más sano, con lo cual, se realizan las actividades con mayor confianza y comodidad, lo que se refleja en el incremento de la productividad y una mejor calidad del producto terminado.

En México las disposiciones que se toman en cuenta para el control de los agentes químicos contaminantes apoyan al cumplimiento de los lineamientos marcados en la legislación, dentro del presente trabajo se concluye que la normatividad aplicada en la primera etapa en el proceso de producción de PVC satisface todos los requerimientos específicos en el cuidado y control de los agentes contaminantes por lo que se cumple con todo los parámetros establecidos en las Nom, sin embargo, en la etapa de secado se rebasan las concentraciones establecidos



---

La evaluación económica se llevó a cabo mediante la estimación de los siguientes criterios fundamentales: Flujos de Efectivo, Valor Presente Neto y Tasa Interna de Rendimiento, para lo cual se propuso la adquisición del precipitador electrostático por medio de un financiamiento, teniendo como resultado lo siguiente:

1. Flujos de Efectivo igual o  $> 0$ .
2. Valor Presente Neto teniendo un valor de 699,763.
3. Tasa Interna de Rendimiento de 21.40%

De esta forma se concluye que es factible la adquisición del precipitador electrostático, teniendo que los dos primeros años se pagaran solamente los intereses de dicho financiamiento, teniendo una recuperación económica después del segundo año.

Como resultado se obtiene un ahorro en erogaciones de carácter económico por parte de la empresa, logrando facilitar la administración y la reducción de riesgos parcialmente generados a causa de este tipo de agentes contaminantes. Otros beneficios que se obtienen sin duda, se reflejan en la disminución de gastos monetarios de diversos tipos, entre ellos: los derivados por incumplimiento de normas, las incapacidades o indemnizaciones al personal afectado, la asistencia médica en caso de ser necesaria, pago de tiempos extras al sustituir personal, interrupciones en la producción etc.

Además, de esta forma se pueden obtener resultados de carácter cualitativo, logrando beneficios como el aumento de productividad ya que al contar con un control de agentes químicos contaminantes bien aplicado, se logra, que no se vea afectada la integridad física del personal y por lo tanto, seguridad en las áreas donde realizan su trabajo, teniendo un mejoramiento de la calidad del trabajo, un ahorro de cuantiosos recursos materiales y la imagen del producto final. Ya que al contemplar y cubrir los estándares nacionales se presentan la proyección para ser aceptados más ampliamente en el mercado.



## BIBLIOGRAFIA.

- CYDSA, POLICYD, S.A. de CV; *Manual de Procedimientos de Seguridad Industrial*; 1996.
- CYDSA, POLICYD, S.A. de CV; *Manual de Inducción para Personal de Nuevo Ingreso*; 1996.
- INDUSTRIAS RESISTOL S.A. (IRSA); *Manual para Evaluaciones de Agentes Químicos*; 1992
- HAWLEY G. GESSNER, *Diccionario de Química y Productos Químicos*, New York, ediciones Van Nostrand Reinhold company. 1975.
- IRVIN I. RUBIN, *Materiales Plásticos, Propiedades y Aplicaciones*, Colección de Textos Politécnicos Editorial Limusa, México, D.F. 1998.
- JAIME BENÍTEZ, *Process engineering and design for air pollution control*, Printice Hall, Englewood New Jersey, 1993.
- SEMARNAP Programa para Mejorar la Calidad del Aire en el Valle de México, Mexicana Internacional de Impresores S.A de C.V. México, D.F, 1995-2000.
- Facultad de Química, *Seguridad en el manejo de disolventes y diluyentes de uso industrial 2ª Parte*.
- Licht, W. *air pollution Control Engineering Basic Calculations for particle Collection*. New york, 1980.
- Harry freeman, *Hazardous waste minimization*, McGraw-Hill, México, 1990
- Thomas T. Shen, Charles E. Schmidt, Thomas R. Card, *Assessment and control of VOC emissions from waste treatment and disposal facilities*, Van Nostrand Reinhold, New Cork, 1993.
- William G Sullivan, *Engineering economy*, Edition 10<sup>th</sup>, McGraw-Hill, New York 1997.
- Anthony Tarquin, *Ingeniería económica*, McGraw-Hill, New York 1997.



---

#### CONSULTAS WEB

- [www.institutodopvc.org](http://www.institutodopvc.org)
- [www.vinyl2010.org](http://www.vinyl2010.org)
- [www.ecvm.org](http://www.ecvm.org).
- [www.aniq.org.mx](http://www.aniq.org.mx)
- [www.provinilo.org.mx](http://www.provinilo.org.mx)
- [www.thevinylinstitute.org](http://www.thevinylinstitute.org)
- [www.inegi.gob.mx](http://www.inegi.gob.mx)
- [http:// www.weekly istinghdpe,pvc,petpricesfrompolymertrack.com](http://www.weeklyistinghdpe,pvc,petpricesfrompolymertrack.com)

#### FOROS

- VII FORO ANUAL PROVINILO  
"SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS MUNDIALES DE LA INDUSTRIA DE PVC".  
7 de octubre de 2004. Hotel Marriot.



## GLOSARIO

- **aerosol:** es una dispersión de partículas sólidas o líquidas en un medio gaseoso, normalmente aire.
- **asfixiante simple:** gases o vapores inertes que desplazan el aire, disminuyendo la concentración de oxígeno, sin otros efectos importantes.
- **autoridad del trabajo; autoridad laboral:** las unidades administrativas competentes de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, que realicen funciones de inspección en materia de seguridad e higiene en el trabajo, y las correspondientes de las entidades federativas y del Distrito Federal, que actúen en auxilio de aquéllas.
- **Contaminación:** Fenómeno que se produce cuando se introducen agentes biológicos, químicos y físicos a un medio al que no pertenecen. Cualquier modificación indeseable de la composición natural de un medio por ejemplo: agua, aire o alimentos.
- **Contaminante:** Forma de materia o energía presente a un medio al que no pertenece o por arriba de su concentración basal.
- **contaminantes del medio ambiente laboral:** son todas las sustancias químicas y mezclas capaces de modificar las condiciones del medio ambiente del centro de trabajo y que, por sus propiedades, concentración y tiempo de exposición o acción, puedan alterar la salud de los trabajadores.
- **eficiencia de recolección:** porcentaje de una sustancia química específica del medio ambiente laboral, retenida en el medio de captura.
- **estrategia de muestreo:** es el conjunto de criterios a partir del reconocimiento, que sirven para definir el procedimiento de evaluación de la exposición de los trabajadores.
- **evaluación:** es la cuantificación de los contaminantes del medio ambiente laboral.
- **fibras:** son todas aquellas partículas sólidas con una longitud mayor a 5 mm y diámetro menor o igual a 3 mm, en relación mayor de 3:1 (longitud:diámetro).
- **gases:** son fluidos amorfos que ocupan todo el espacio de su contenedor.
- **grupo de exposición homogénea:** es la presencia de dos o más trabajadores expuestos a las mismas sustancias químicas con concentraciones similares e igual tiempo de exposición durante sus jornadas de trabajo, y que desarrollan trabajos similares.
- **humos de combustión:** son partículas sólidas en suspensión en el aire producidas por la combustión incompleta de materiales orgánicos.
- **humos metálicos:** son partículas sólidas metálicas suspendidas en el aire, producidas en los procesos de fundición de metales.
- **muestreo ambiental:** es el procedimiento de captura y determinación de los contaminantes del medio ambiente laboral.
- **muestreo personal:** es el procedimiento de captura de contaminantes del medio ambiente laboral, a la altura de la zona respiratoria del trabajador, mediante un equipo que pueda ser portado por el mismo durante el periodo de muestreo.
- **neblina:** son partículas líquidas en suspensión en el aire producidas por condensación de vapores.
- **nivel de acción:** es la mitad del LMPE-PPT para cada una de las sustancias.



- **polvo:** son partículas sólidas en suspensión en el aire, como resultado del proceso de disgregación de la materia.
- **polvo respirable:** son los polvos inertes cuyo tamaño sea menor a 10 mm.
- **riesgo potencial:** es la probabilidad de que una sustancia química peligrosa cause daño a la salud de los trabajadores.
- **rocío:** son partículas líquidas en suspensión en el aire, que se producen por ruptura mecánica.
- **Secretaría:** Secretaría del Trabajo y Previsión Social.
- **vapor:** es la fase gaseosa de una sustancia normalmente sólida o líquida en condiciones ambientales.



## ABREVIATURAS

- **CAS:** iniciales del nombre en inglés del servicio de información de sustancias químicas de los Estados Unidos de América (Chemical Abstract Service).
- **(CMA) concentración medida en el ambiente laboral:** es la concentración medida en el medio ambiente laboral.
- **(PPT) concentración promedio ponderada en tiempo:** es la sumatoria del producto de las concentraciones por el tiempo de medición de cada una de las exposiciones medidas, dividida entre la suma de los tiempos de medición durante una jornada de trabajo.
- **(TPN) condiciones normales de temperatura y presión:** corresponde a un medio ambiente a una temperatura de 298 K (25 °C) y a una presión de 101.3 kPa (760 mmHg).
- **(CFC's) clorofluorocarbonos**
- **(IQ) coeficiente intelectual**
- **(LGEEPA) Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente:** es el marco legal que fija las condiciones para la protección ambiental, así como la preservación y restauración del equilibrio ecológico. Hace énfasis en reforzar el carácter preventivo de la política ambiental, con el propósito de orientarla hacia un desarrollo sustentable.
- **(NOM) Las Normas Oficiales Mexicanas:** estas normas ambientales son importantes para la industria química, las cuales son un marco normativo definido, que abarca un mayor número de actividades, estableciendo parámetros que pueden prevenir daños al medio ambiente o presentar un riesgo a la salud humana.
- **(INE) Instituto Nacional de Ecología**
- **(SCT) Secretaría de Comunicaciones y Transportes,**
- **(STPS) Secretaría de Trabajo y Previsión Social y**
- **(SSA) Secretaría de Salud.**
- **(LMPE) límite máximo permisible de exposición:** es la concentración de un contaminante del medio ambiente laboral, que no debe superarse durante la exposición de los trabajadores en una jornada de trabajo en cualquiera de sus tres tipos. El límite máximo permisible de exposición se expresa en mg/m<sup>3</sup> o ppm, bajo condiciones normales de temperatura y presión.
- **(LMPE-CT) límite máximo permisible de exposición de corto tiempo:** es la concentración máxima del contaminante del medio ambiente laboral, a la cual los trabajadores pueden estar expuestos de manera continua durante un periodo máximo de quince minutos, con intervalos de al menos una hora de no exposición entre cada periodo de exposición y un máximo de cuatro exposiciones en una jornada de trabajo y que no sobrepase el LMPE-PPT.
- **(P) límite máximo permisible de exposición pico:** es la concentración de un contaminante del medio ambiente laboral, que no debe rebasarse en ningún momento durante la exposición del trabajador.



- **(LMPE-PPT) límite máximo permisible de exposición promedio ponderado en tiempo:** es la concentración promedio ponderada en tiempo de un contaminante del medio ambiente laboral para una jornada de ocho horas diarias y una semana laboral de cuarenta horas, a la cual se pueden exponer la mayoría de los trabajadores sin sufrir daños a su salud.
- **(CPT) Concentración Promedio Ponderada en el Tiempo:** Para 8 horas de exposición diaria y la cual de la mayoría de los trabajadores expuestos no presentan efectos adversos a la salud.
- **(CCT) Concentración para Exposición a Corto Tiempo:** En la cual el tiempo no deberá exceder de 15 minutos, hasta 4 veces por jornada y con períodos de no exposición al menos 1 hora entre dos exposiciones sucesivas. En todo caso la concentración promedio ponderada en el tiempo para la exposición total que incluya exposiciones cortas, no deberá exceder a la prevista para 8 horas de exposición diaria.
- **Concentración Pico (P):** Es la concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento durante la exposición en el trabajo.