



---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE QUÍMICA**

**TRABAJO ESCRITO VÍA CURSO DE EDUCACIÓN CONTINUA**

***LOS AEROSOL Y SU IMPACTO AMBIENTAL***

***(SITUACIÓN ACTUAL DE LA INDUSTRIA MEXICANA DEL AEROSOL)***

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**  
**INGENIERO QUÍMICO**

**PRESENTA**

**TORIBIO JUAN NOLASCO MIGUEL**



**MÉXICO, D.F. 24 DE JUNIO DEL 2014**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

**JURADO ASIGNADO:**

**PRESIDENTE:** Profesor: **RAMÓN EDGAR DOMÍNGUEZ BETANCOURT**

**VOCAL:** Profesor: **RAÚL SÁNCHEZ MEZA**

**SECRETARIO:** Profesor: **DULCE MARÍA MARILES AGUIRRE**

**1er. SUPLENTE:** Profesor: **MARÍA DEL CARMEN MARTÍN PIEDRA**

**2º SUPLENTE:** Profesor: **JORGE RAFAEL MARTÍNEZ PENICHE**

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

**PROPYSOL, S.A. DE C.V.**

**ASESOR DEL TEMA:**

**I.Q. RAÚL SÁNCHEZ MEZA**

**SUSTENTANTE:**

**TORIBIO JUAN NOLASCO MIGUEL**

# CONTENIDO

1.0 INTRODUCCIÓN .....	1
2.0 ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
2.1 El aerosol como sistema de envasado y su inventor.....	2
2.2 Antecedentes de la industria nacional del aerosol .....	3
2.3 Situación de la industria nacional del aerosol.....	5
2.3.1 Estados unidos, líder mundial en la producción de aerosoles.....	5
2.3.2 Argentina líder de aerosoles en América Latina.....	6
2.3.3 El mercado de aerosoles en Brasil en constante crecimiento .....	6
2.3.4 La industria mexicana del aerosol estancada.....	7
2.3.5 Factores que influyen en los mercados del aerosol .....	8
3.0 CONDICIONES QUE PROMUEVEN LA INDUSTRIA DEL AEROSOL .....	10
3.1 Condiciones que promueven la industria argentina del aerosol .....	10
3.2 Condiciones que promueven el mercado del aerosol en Brasil.....	11
3.3 Acciones del IMAAC para promover la industria del aerosol.....	12
4.0 CONDICIONES QUE FRENAN LA INDUSTRIA NACIONAL.....	13
4.1 Política injusta de precios para los petroquímicos básicos.....	14
4.2 Manejo de sustancias químicas peligrosas sin conocimiento.....	15
4.3 La población piensa que el aerosol daña la capa de ozono.....	17

5.0 PROBLEMÁTICA Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN.....	18
5.1 Precio injusto de nuestros petroquímicos básicos.....	18
5.1.1 Política internacional para precios de petroquímicos básicos .....	18
5.1.2 Urge reactivar nuestra industria petroquímica.....	20
5.2 Carencia de un manual de seguridad para llenado de aerosoles.....	24
5.2.1 Manual de seguridad para aerosoles en otros países .....	25
5.2.2 Propuesta de un manual de seguridad para México .....	26
5.3 Información no actualizada del impacto ambiental de los aerosoles.....	27
5.3.1 Encuesta a la población sobre el uso de aerosoles .....	27
5.3.2 Centro de educación ambiental en contra del uso del aerosol .....	28
5.3.3 Educación ambiental y promoción del aerosol en otros países .....	29
5.3.4 Información de los aerosoles y su impacto ambiental .....	29
6.0 RESUMEN .....	30
6.1 Condiciones que frenan la industria del aerosol en México.....	30
6.2 Acciones para promover la industria del aerosol en México.....	32
7.0 CONCLUSIONES.....	34
8.0 REFERENCIAS.....	36
Anexo A: Generalidades del aerosol y sus componentes .....	38
Anexo B: Manual de seguridad para el llenado de aerosoles con propelente hidrocarburo. ....	47
Anexo C: Los aerosoles y su impacto ambiental.....	156

## 1.0 INTRODUCCIÓN.

Cuando se pregunta a la gente, ¿qué opinión tienes de los aerosoles? inmediatamente responden, que dañan la capa de ozono. Esta respuesta se da en casi todos los niveles socioculturales de México. Con este prejuicio se frena el desarrollo de una industria rentable, sustentable y que tiene un fuerte potencial de crecimiento en México.

Las personas desconocen que gracias a la teoría del Dr. Mario Molina, propuesta en 1974, se dejaron de usar los clorofluorocarbonos (CFC's) que dañan la capa de ozono. Que el 16 de Septiembre de 1987, las Naciones Unidas firmaron el Protocolo de Montreal, que es el compromiso para dejar de producir y usar los CFC's en aerosoles, refrigeradores, plaguicidas, extintores, aire acondicionado y espumas plásticas. Que México fue el primer país en ratificar este Protocolo en 1988 <sup>1</sup>. Esto fue gracias a que los aerosoles mexicanos no contienen CFC's y desde 1974 utilizan propelente hidrocarburo (PHC), que es una mezcla purificada de propano, isobutano y n-butano.

Actualmente, México sigue manteniendo el liderazgo a nivel mundial en la protección de la capa de ozono<sup>2</sup>. El Dr. Mario Molina, Premio Nobel de Química en 1995, sigue siendo reconocido por su obra a favor de la conservación de la vida sobre el planeta y con justa razón, el Presidente de los Estados Unidos lo condecoró con la Medalla de la Libertad, el 20 de Noviembre del 2013, por ser “de los químicos más respetados de nuestra era”<sup>3</sup>.

El desconocimiento de esta información, ha mantenido el prejuicio en contra del uso del aerosol en nuestra sociedad. Esto se transmite en las aulas educativas y aún en centros de educación ambiental. En contraste, otros países como Estados Unidos, Inglaterra, Alemania, Francia, Argentina, Brasil, etc., consideran al aerosol como *un bien que satisface necesidades humanas y brinda una alta calidad de vida a las personas*. En estos países, la industria del aerosol tiene una gran importancia por su impacto económico, generación de empleo, investigación aplicada y por el nivel de integración de valor con otras cadenas productivas.

Sin embargo, si puede existir un riesgo ambiental de la industria del aerosol por la inflamabilidad del PHC y solventes utilizados. Estos se manejan en México sin medidas de seguridad y ponen en riesgo la vida de las personas, la propiedad y el ambiente.

El objetivo principal de esta tesina, es proponer un *Manual de Seguridad para el Llenado de Aerosoles con Propelente Hidrocarburo*, que contribuya al sano desarrollo de esta industria en México. Así mismo, mostrar un panorama que permita al interesado, incursionar en la tecnología del aerosol y conocer este prodigioso sistema de envase, inventado por el Ingeniero Químico Erik Rotheim, en 1927<sup>4</sup>. Desde su inicio, el aerosol ha sido un producto muy aceptado por el consumidor y muy rentable para muchas empresas como Unilever, P & G, Colgate Palmolive, S.C. Johnson, L'Oreal, etc.

1.0 <http://www.semarnat.gob.mx/temas/agenda-internacional/protocolo-de-montreal>.

2.0 <http://www.presidencia.gob.mx/mexico-ejemplo-internacional-en-la-proteccion-de-la-capa-de-ozono/>.

3.0 <http://www.excelsior.com.mx/nacional/2013/11/21/929679>

4.0 <http://inventors.about.com/od/astartinventions/a/aerosol.htm>.

## 2.0 ANTECEDENTES Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

### 2.1 EL AEROSOL COMO SISTEMA DE ENVASADO Y SU INVENTOR.

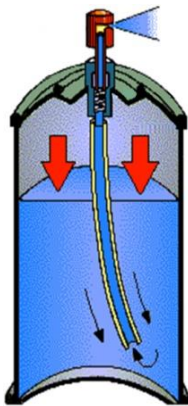
El primer aerosol fue inventado en 1927, por el Ingeniero Químico Erik Rotheim, en Oslo, Noruega. Rotheim, más conocido como el *“Padre del Aerosol”*, define al aerosol como un sistema de envasado versátil, capaz de producir la atomización o dispersión fina o gruesa de cualquier sustancia líquida, semilíquida o sólida, de una manera más práctica, higiénica y eficiente<sup>1</sup>.



Ing. Q. Erik Rotheim

En su patente 1,800,156 (United States Patent Office) del 7 de Abril de 1931, Rotheim reconoció las ventajas de usar gases licuados en lugar de gases comprimidos y las ventajas de utilizar válvulas con cámara de expansión, para obtener un pulverizado muy fino, conocido en inglés como *“spray”*. Rotheim fabricó aerosoles con diferentes productos (lacas, resinas, productos cosméticos, jabones, etc.). Sin embargo, su producción fue limitada por el tipo de envase que utilizó, eran envases rellenables, muy pesados y costosos. Las válvulas eran roscadas y muy robustas.

El aerosol funciona con un gas propelente, que proporciona la presión necesaria, para dosificar, en forma de finas partículas, el producto envasado. El tamaño de partícula del aerosol depende de la presión del propelente, del orificio de la válvula y de la forma del pulsador. El propelente puede ser un gas licuado (isobutano, dimetil-éter, etc.) o un gas comprimido (nitrógeno, dióxido de carbono, etc.). En el anexo A, se da más información sobre el aerosol, sus componentes y propelentes.



*“Aerosol, es un sistema de envasado no rellenable, que consta de un envase y una válvula dosificadora, donde un producto y un propelente han sido herméticamente sellados”.*

A diferencia de los gases comprimidos, los gases licuados se utilizan más en la industria del aerosol, porque mantienen su presión de vapor constante y al ser descargados, pasan súbitamente a su estado gaseoso. Esto garantiza una mejor pulverización y desempeño del producto.

## 2.2 ANTECEDENTES DE LA INDUSTRIA NACIONAL DEL AEROSOL.

La fabricación de aerosoles se inició en México en los años 50's <sup>2</sup>. Los pioneros de la industria nacional del aerosol fueron dos ingenieros químicos egresados de la UNAM, el I.Q. William Buenfil y el I.Q. Oscar Figueroa (ver sección 1.3 del anexo C). El propelente, utilizado en esa época, eran mezclas de compuestos Clorofluorocarbonos (CFC's). Estos compuestos son gases licuados no tóxicos, muy estables y no inflamables. En aquel entonces, hubo muchas plantas pequeñas que llenaban aerosoles en sótanos, bodegas y garajes, ubicados en casas, vecindades y hasta en edificios habitacionales.



I.Q. William Buenfil



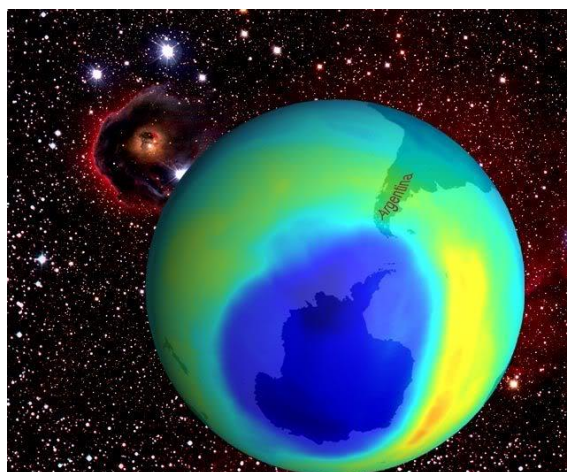
I.Q. Oscar Figueroa

La teoría del agotamiento de la capa de ozono, por efecto de los CFC's, fue publicada el 28 de Junio de 1974, por el Doctor en Química Mario Molina y Sherwood Rowland <sup>3</sup>. Al descubrirse el agujero en la capa de ozono en 1985 <sup>4</sup>, los gobiernos de las Naciones Unidas (UN) firmaron el Protocolo de Montreal el 16 de Septiembre de 1987 <sup>5</sup>. Esta fecha se ha establecido como el día mundial para la protección de la capa de ozono.





En 1974 el Dr. Mario Molina propone su teoría



Agujero en la capa de ozono (1984)

El Protocolo de Montreal establece el compromiso para dejar de fabricar y usar CFC's en aerosoles, refrigeradores, equipos de aire acondicionado y en otras aplicaciones <sup>6</sup>. México fue el primer país en firmar el Protocolo de Montreal el 31 de Marzo de 1988 <sup>7</sup>, gracias a que los aerosoles nacionales no contienen CFC's. Actualmente, México sigue manteniendo el liderazgo mundial en la protección de la capa de ozono <sup>8</sup>.



25 años del Éxito del Protocolo de Montreal



2013: México confirma su liderazgo con el Protocolo

El propelente hidrocarburo (PHC), formulado a base de mezclas de propano y butano, fue utilizado para aerosoles en USA, desde 1954 <sup>9</sup>. Aunque el PHC era más barato, que los CFC's, su inflamabilidad limitó su uso y prefirieron los CFC's. En México, el PHC se empezó a importar por Aeropres S.A. en 1974, para 1976 más del 70% del propelente nacional era hidrocarburo. En 1978, los socios de Aeropres (William Buenfil y Oscar Uribe) fundan la empresa Propysol para producir en México el PHC y en poco tiempo se logra que más del 95% de los aerosoles mexicanos dejaran de usar CFC's <sup>10</sup>.

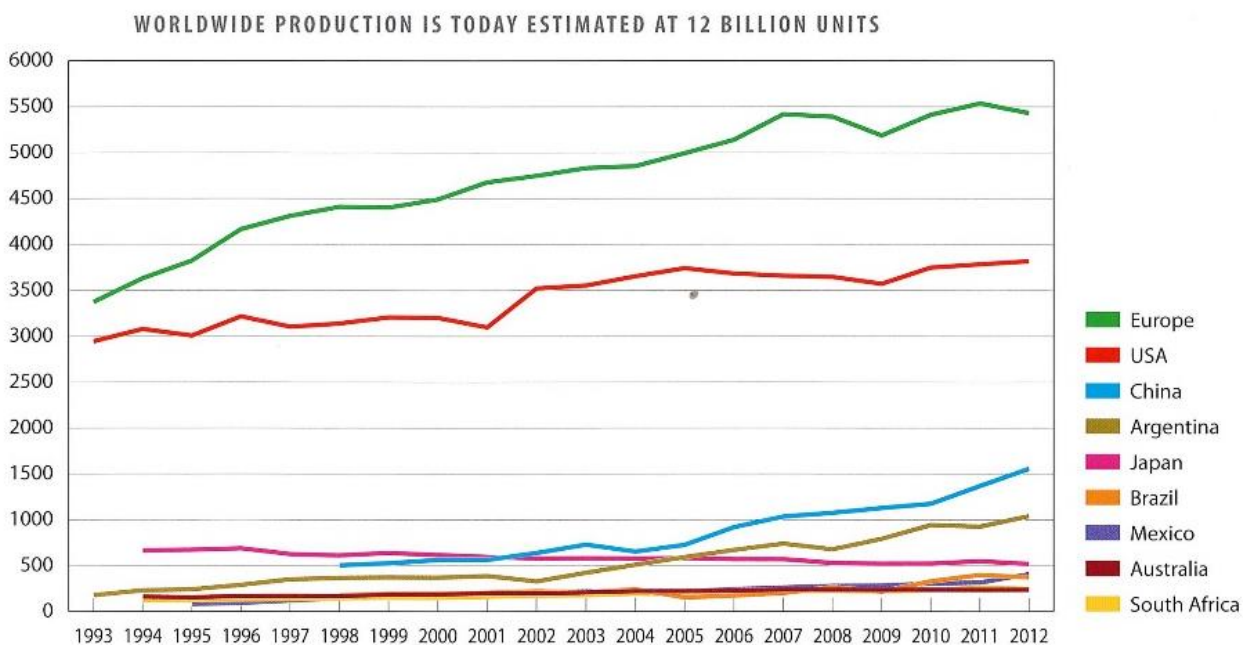
Actualmente, el PHC sigue siendo, la alternativa más eficiente, económica y ecológica para sustituir a los CFC's en los aerosoles <sup>11</sup>. No daña la capa de ozono, pero tiene la gran desventaja de ser altamente inflamable. Por tal motivo, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ha promovido el uso <sup>12</sup> y los aspectos técnicos de seguridad, para realizar el llenado de aerosoles con PHC <sup>13</sup>.

## 2.3 SITUACIÓN DE LA INDUSTRIA NACIONAL DEL AEROSOL.

Para poder ubicar la situación de la industria nacional del aerosol, veamos primero el desarrollo de la industria internacional, a nivel mundial y en América Latina.

### 2.3.1 ESTADOS UNIDOS, LÍDER MUNDIAL EN LA PRODUCCIÓN DE AEROSOLES.

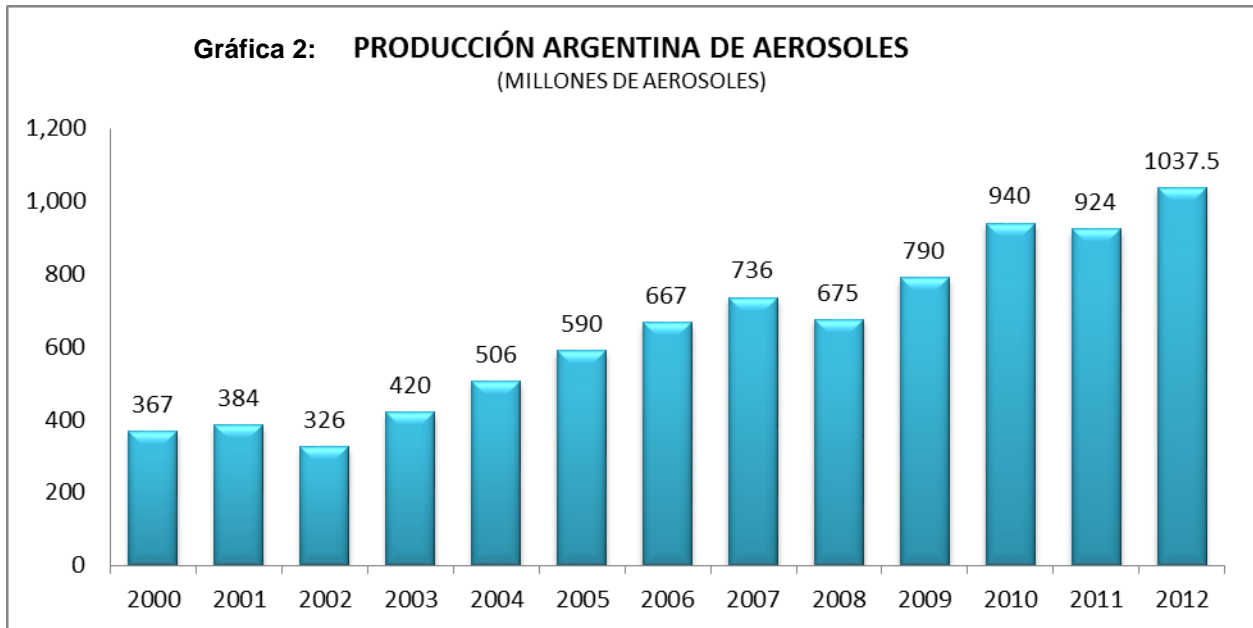
La producción mundial de aerosoles en el 2013 fue de más de 14 mil millones <sup>14</sup> de unidades, de acuerdo al informe de AEROBAL (International Organization of Aluminium Aerosol Container Manufactures). El primer productor mundial de aerosoles es Estados Unidos, con una producción de 3,800 millones <sup>15</sup> y con un consumo per cápita de 12.1. Como se puede observar en la gráfica 1, del reporte anual 2013 de FEA <sup>16</sup> (Federación Europea del Aerosol), Inglaterra, China y Argentina son los países que tienen el mayor crecimiento en la producción mundial de aerosoles, en el 2012.



Gráfica 1: Reporte 2013 de la FEA de la Producción mundial de Aerosoles

### 2.3.2 ARGENTINA, LÍDER DE AEROSOLES EN AMÉRICA LATINA.

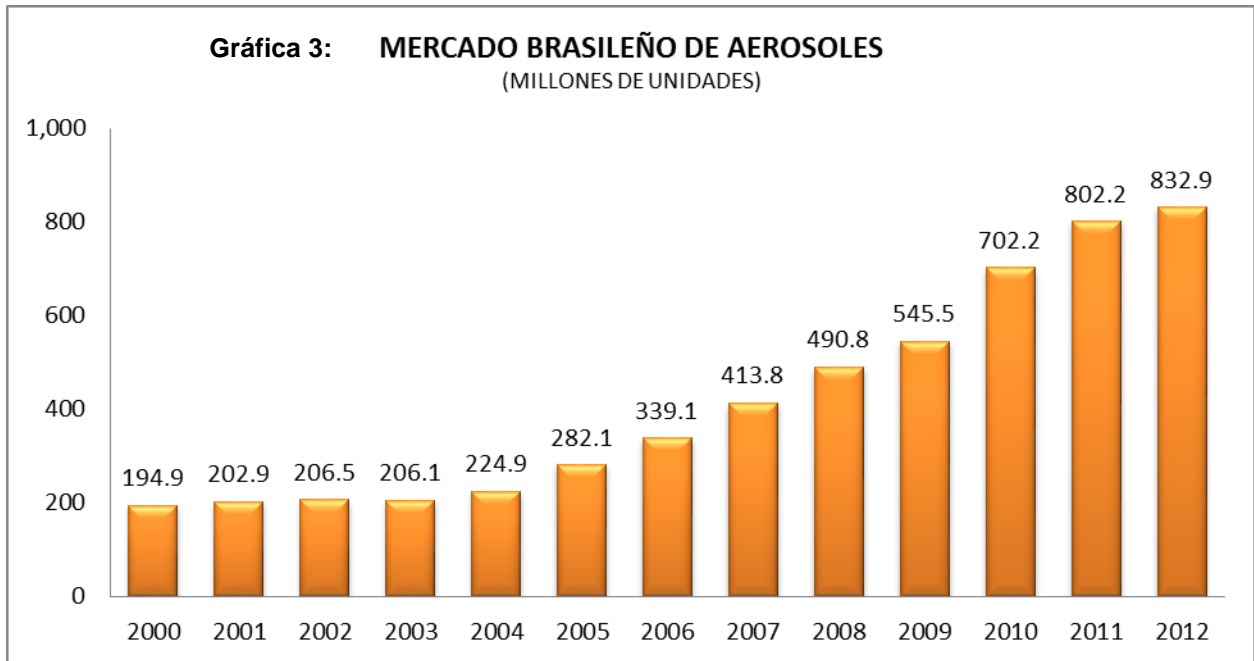
Argentina es el segundo productor y exportador de aerosoles en América, después de EUA (ver gráficas 1 y 2). Sus principales mercados son Brasil, EUA y México.



Por su importancia económica y generación de empleo, esta industria ha sido promovida, tanto por su Gobierno, como por el mismo Ministerio de Educación. El 24 de Abril de 2013, la Presidenta de Argentina, Cristina Fernández de Kirchner, encabezó un acto en Tortuguitas para inaugurar la planta de aerosoles más grande del mundo, de la multinacional Unilever <sup>17</sup>.

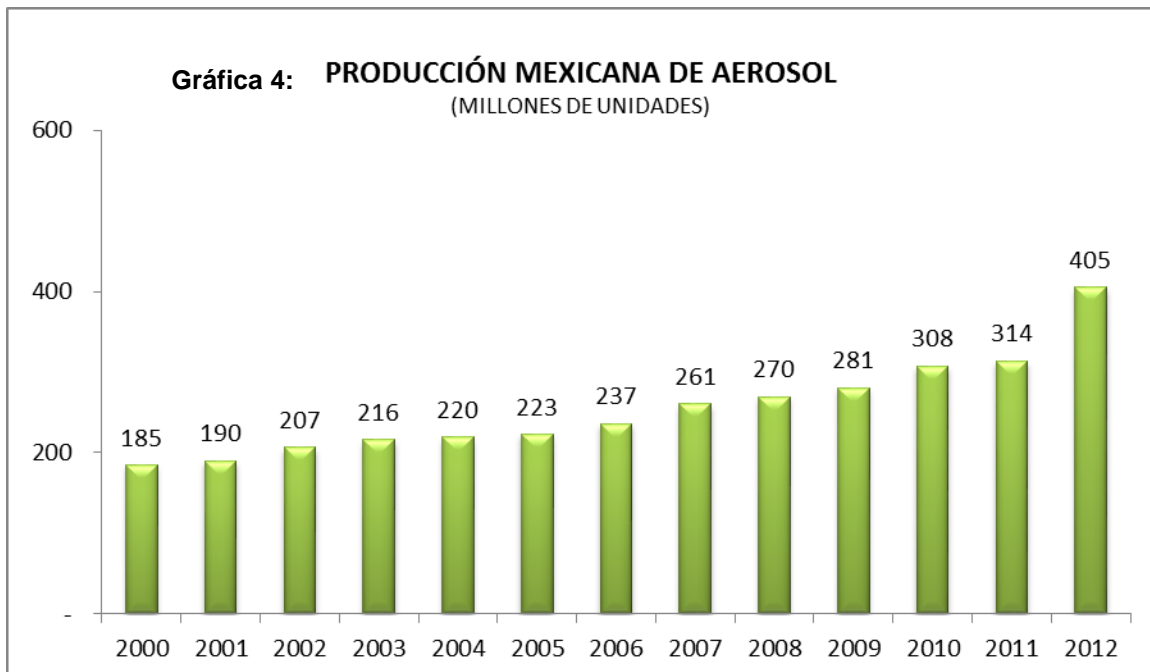
### 2.3.3 EL MERCADO DE AEROSOLES EN BRASIL EN CONSTANTE CRECIMIENTO

La población de Brasil tiene una gran aceptación para los productos en aerosol y se ha convertido en el principal consumidor de aerosoles en Latinoamérica, siendo los aerosoles para cuidado personal los de mayor venta (48%). Brasil solo produce el 44% de los aerosoles que consume, el resto lo importa principalmente de Argentina. Sin embargo, Brasil destaca por su innovación de aerosoles en el área medicinal, veterinaria y alimenticia. También destaca en lo atractivo de la litografía de sus envases y por el uso de aerosoles con envases de PET (tereftalato de polietileno) <sup>18</sup>.



### 2.3.4 LA INDUSTRIA MEXICANA DEL AEROSOL ESTA ESTANCADA.

Como se puede ver en la gráfica 4, la producción mexicana de aerosoles, ha tenido un bajo crecimiento en los últimos 12 años. El único crecimiento importante se dio en el



2012. Esto fue gracias a la instalación de una nueva planta de aerosoles de Unilever, inaugurada el 5 de Julio del 2011, por el Presidente de México, Felipe Calderón Hinojosa, en Jiutepec, Morelos <sup>19</sup>. Esta planta fue proyectada con una capacidad anual de producción de 600 millones de desodorantes. Sin embargo, a la fecha trabaja a menos del 50% de su capacidad.

### 2.3.5 FACTORES QUE INFLUYEN EN LOS MERCADOS DEL AEROSOL.

De acuerdo con la opinión del C.P. Ángel Rasgado <sup>20</sup>, actual Presidente de la Cámara Argentina del Aerosol (CADEA) y de la Federación Latinoamericana del Aerosol (FLADA), la población juega un papel importante en el desarrollo de cualquier industria. La venta de los aerosoles en los mercados se ve influenciada por varios factores, entre los que destacan la educación de la población y su poder adquisitivo. También sostiene que ***“la población debería consumir aerosoles porque es un bien que satisface necesidades humanas y brinda una alta calidad de vida a las personas”***.

América Latina Tasa de Analfabetismo 2010		
	País	Tasa (%)
1	Nicaragua	30.3
2	Guatemala	25.2
3	Honduras	19.4
4	El Salvador	16.6
5	Rep. Dominicana	12.9
6	Brasil	9.6
7	Bolivia	9.4
8	Perú	7.0
9	México	6.2
10	Panamá	6.0
11	Colombia	5.9
12	Ecuador	5.8
13	Venezuela	4.8
14	Paraguay	4.7
15	Costa Rica	3.2
16	Chile	2.9
17	Argentina	2.4
18	Cuba	2.1
19	Uruguay	1.7

Fuente: CEPAL      Elaboración: Desarrollo Peruano

Tabla 1

América Latina PRODUCTO BRUTO INTERNO 2012 Millones US\$				
	País	2011	2012	2013*
1	Brasil	2'492,907	2'395,968	2'456,663
2	México	1'158,302	1'177,116	1'274,966
3	Argentina	444,612	474,954	498,698
4	Venezuela	316,482	382,424	345,651
5	Colombia	327,626	366,020	388,418
6	Chile	250,994	268,177	285,703
7	Perú	178,485	199,003	220,825
8	Ecuador	73,041	80,927	87,037
9	Rep. Dom.	55,636	58,996	60,336
10	Guatemala	46,980	49,880	52,867
11	Uruguay	46,710	49,404	51,746
12	Costa Rica	40,870	45,134	48,886
13	Panamá	31,316	36,253	41,485
14	Bolivia	24,121	27,429	29,513
15	Paraguay	24,080	25,999	30,857
16	El Salvador	23,095	23,816	24,618
17	Honduras	17,616	18,388	19,025
18	Nicaragua	9,636	10,506	11,133

e: Estimado  
Fuente: FMI      Elaboración: Desarrollo Peruano

Tabla 2

Como podemos observar en la tabla 1, de tasa de analfabetismo, reportada en el 2013 por SITEAL (Sistema de Información de Tendencias Educativas en América Latina) <sup>21</sup>, Argentina tiene una menor tasa de analfabetismo que México (2.1% y 6.2 %, respectivamente). Por otra parte, México tiene mayor producto interno bruto (PIB) y por tanto, un mayor poder adquisitivo (ver tabla 2) <sup>22</sup>. Sin embargo, Argentina tiene mayor consumo per cápita de aerosoles que México, como se muestra en la tabla 3 de FLADA.



### La Industria del Aerosol en América Latina - Año 2011

	Producción	Importación	Exportación	CONSUMO	POBLACION	Consumo PER CAPITA
ARGENTINA	926	0	440	486	40	12,2
BRASIL	397	405	0	802	204	3,9
MEXICO	314	0	10	304	113	2,7
CHILE	28	48	2	75	17	4,5
OTROS PAISES	140	30	20	150	225	0,7
<b>TOTAL</b>	<b>1.805</b>	<b>483</b>	<b>472</b>	<b>1.817</b>	<b>598</b>	<b>3,0</b>

Tabla 3

Brasil tiene un mayor poder adquisitivo, que le permite comprar más aerosoles. Esto a pesar de que Brasil tiene una mayor tasa de analfabetismo (ver tabla 1) y precios más caros para los aerosoles que en México (ver tabla 4).



### La Sociedad y la Industria del Aerosol

#### Precios al Consumidor



	ARGENTINA	BRASIL	MEXICO	CHILE
DEO PERSONAL	USD 2,70	USD 9,00	USD 2,80	USD 4,00
INSECTICIDA	USD 2,40	USD 6,00	USD 2,90	USD 4,80
AMBIENTAL	USD 1,50	USD 5,00	USD 2,30	USD 3,00

Tabla 4

### 3.0 CONDICIONES QUE PROMUEVEN LA INDUSTRIA DEL AEROSOL

Analizando los mercados de Argentina (que tiene menor PIB que México) y de Brasil (que tiene mayor tasa de analfabetismo que México), podemos inferir que deben existir otras condiciones que no permiten un mayor consumo y producción de aerosoles en México.

Para conocer las condiciones que frenan el crecimiento de la industria nacional del aerosol, podemos analizar las condiciones que promueven su crecimiento en otros países como Argentina y Brasil.

### 3.1 CONDICIONES QUE PROMUEVEN LA INDUSTRIA ARGENTINA DEL AEROSOL.

Después de Estados Unidos, Argentina se ha convertido en el segundo productor y exportador de aerosoles más grande de América. Sus principales mercados son Brasil, Estados Unidos y México.

El crecimiento de la industria argentina está basado en:

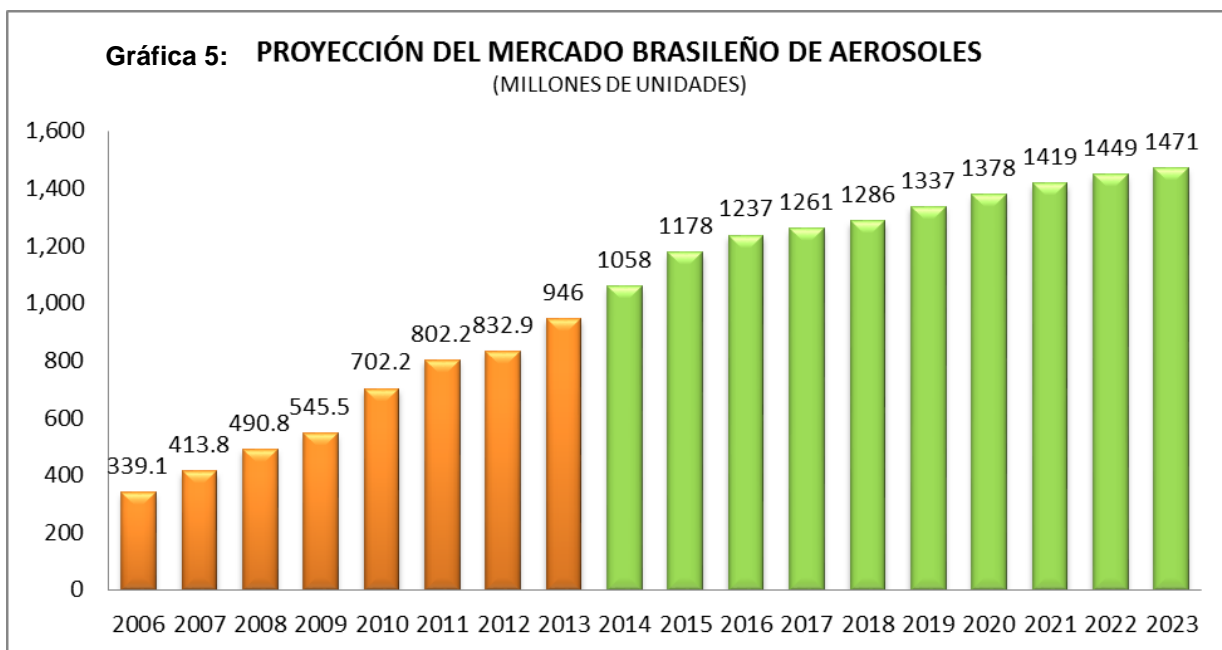
- 1) La correcta información que tiene la población de los beneficios del aerosol.
- 2) Por su importancia económica y generación de empleo, esta industria ha sido promovida, tanto por su Gobierno, como por el mismo Ministerio de Educación.
- 3) Su política de precios para los petroquímicos básicos, le permite brindar precios más bajos, comparados con Estados Unidos, México y Brasil.
- 4) Es el único país latinoamericano que cuenta con normatividad para aerosoles. Esto le permite estandarizar su industria, sus productos y proteger su mercado contra la entrada de aerosoles que no cumplan con sus estándares de calidad y seguridad.



La importancia del crecimiento de la industria del aerosol, en Argentina, fue el motivo para elegirla como sede del Congreso Mundial del Aerosol, en Octubre de 2014 <sup>23</sup>.

### 3.2 CONDICIONES QUE PROMUEVEN EL MERCADO DEL AEROSOL EN BRASIL.

Brasil tiene el mayor PIB de América Latina y aunque tiene mayor tasa de analfabetismo que México, tiene mayor consumo de aerosoles y ocupa el tercer lugar en la producción de aerosoles en América. Brasil es el único país de FLADA, que tiene proyectado el crecimiento de su mercado para los próximos 10 años, como se observa en la gráfica <sup>24</sup>.



De acuerdo Hugo Chaluleo, conocido como la “fuerza” de ABAS (Asociación Brasileña de Aerosoles y Saneantes Domissanitários), el aerosol es el medio más eficiente para la aplicación de productos o sustancias destinadas a la higiene, desinfección del hogar, ambientes colectivos o públicos y lugares de uso común.

Las razones para usar aerosoles, según ABAS <sup>25</sup>, son las siguientes:

- 1) Los aerosoles son eficientes y fáciles de usar.
- 2) Los aerosoles son increíblemente versátiles; podemos hacer spray seco o húmedo, espuma, gel, crema o polvo.
- 3) Funcionan de manera consistente, desde el principio, hasta que se terminan.
- 4) Los aerosoles son limpios, higiénicos y no se derraman. Esto los hace ideales para productos farmacéuticos, veterinarios y de cuidado personal.



- 5) Es posible reciclar 100% los envases, válvulas, tapas y demás componentes.
- 6) Los consumidores prefieren un producto en aerosol, por su mejor desempeño, comparado con cualquier otra presentación del mismo producto.
- 7) Los aerosoles no se pueden alterar, contaminar o cambiar su contenido.
- 8) Los aerosoles no dañan la capa de ozono.

Chaluleo afirma: *“Las amas de casa en Brasil, saben que el aerosol es el mejor medio con el que cuentan para proteger a su familia del mosquito transmisor del dengue”.*

### **3.3 ACCIONES DEL IMAAC PARA PROMOVER LA INDUSTRIA DEL AEROSOL.**

El 25 de Septiembre del 2008, el Doctor Mario Molina acude a la invitación del Instituto Mexicano del Aerosol, A. C. (IMAAC) y participa en el VI Congreso Latinoamericano del Aerosol, celebrado en la Ciudad de México, con su magistral conferencia titulada *“La capa de ozono y el impacto de los actos humanos en la atmósfera.”*

Este evento, fue de mucho éxito y logró atraer el interés y la asistencia de grandes empresarios de diferentes países. Varias empresas transnacionales decidieron instalarse en México, por su excelente ubicación geográfica y su gran mercado potencial. Entre estas podemos citar a Unilever, P&G, Colep, Vemequim, etc.



Dr. Mario Molina en el VI Congreso de FLADA, México 2008.

Otras empresas han invertido para aumentar su capacidad de producción de aerosoles como S.C. Johnson, Artlux, Tecnosol, Envatec, Ecom, etc. Así mismo, otras empresas invirtieron para responder a la nueva demanda de los componentes básicos del aerosol como envases, válvulas y propelente (Envases del Plata, Válvulas Precisión y Propysol).

Esto representa también, una gran oportunidad de crecimiento para nuestra industria de alimentos, metalúrgica y petroquímica, en sus diferentes áreas jabones, cosméticos, perfumería, farmacéuticos, solventes, pinturas, adhesivos, insecticidas, polímeros, etc.

Con todo lo anterior, las expectativas para la industria mexicana del aerosol eran de crecimiento y desarrollo. Sin embargo, el crecimiento esperado no se presenta. Lejos de esto, empresas como Reckitt Benckiser ha dejado de producir aerosoles en México, para producirlos en Brasil. La empresa Argentina, Envases del Plata, decidió vender su planta recién instalada en San Luis Potosí, destinada a fabricar envases de aluminio. Propysol ha reprogramado, por segundo año, el término de su nueva planta en Tlaxcala. Otras empresas maquiladoras también están con un futuro muy incierto. La nueva planta de Unilever de México, trabaja a menos del 50% de su capacidad proyectada. Por otra parte, Unilever inauguró en Argentina su planta más grande del mundo, en abril del 2013 y planea instalar otra en Brasil para el 2015.

#### **4.0 CONDICIONES QUE FRENAN LA INDUSTRIA NACIONAL.**

A continuación presento tres condiciones, que desde mi experiencia profesional, están frenando el crecimiento y desarrollo de la industria nacional del aerosol:

##### **1) La política injusta de precios para los petroquímicos básicos.**

Esta condición está relacionada con el control que ejerce el Gobierno sobre los precios de los petroquímicos básicos, a través de la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y que nos imponen precios más altos que los precios internacionales de referencia.

##### **2) El manejo de sustancias peligrosas sin conocimiento.**

Esta condición tiene que ver con la falta del conocimiento y aplicación de las normas básicas de seguridad para promover una industria productiva y sin accidentes.

##### **3) La población piensa que los aerosoles dañan la capa de ozono.**

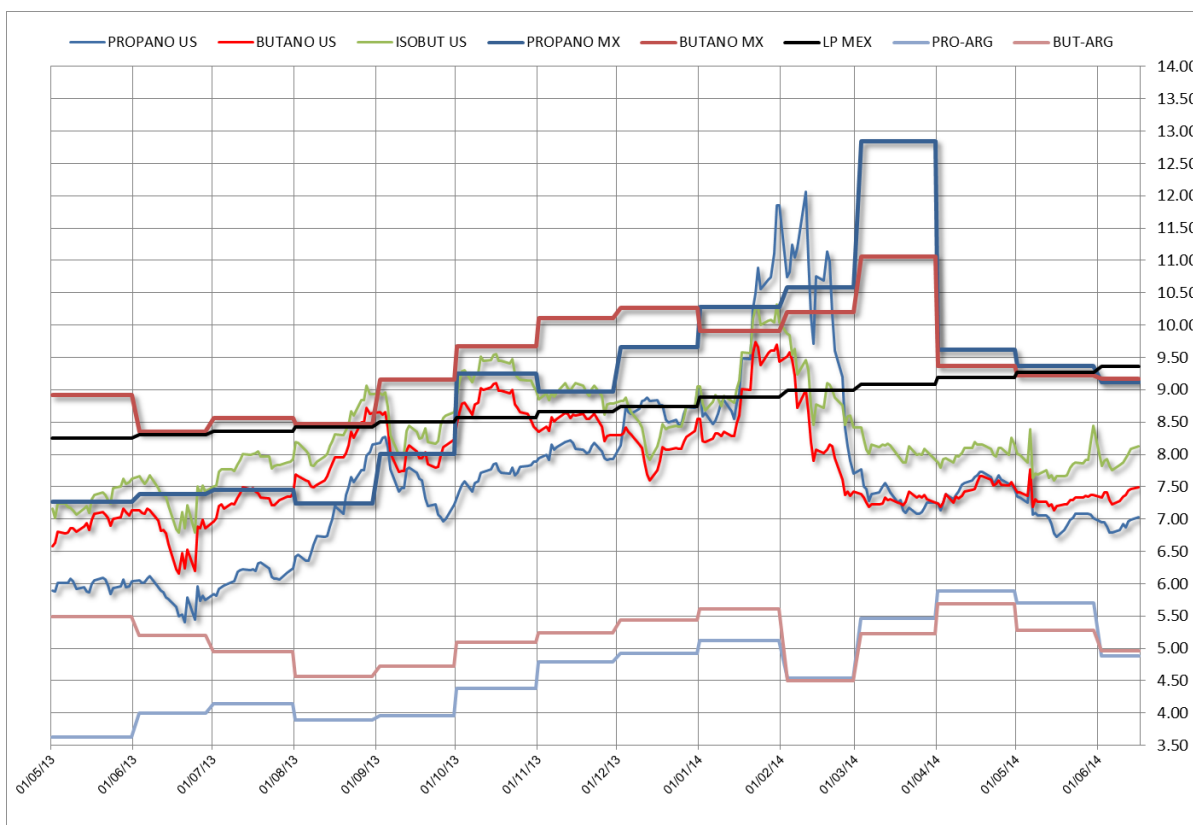
Esta condición tiene que ver con la incertidumbre del consumidor para usar aerosoles. Mucha gente tiende a reducir o evitar el consumo de aerosoles por razones ecológicas.

En los siguientes puntos, explicaremos cada una de estas condiciones y su efecto a nuestra población, industria y economía. Después se proponen alternativas y acciones para reducirlos, en la medida de que esto sea posible.

#### 4.1 POLÍTICA INJUSTA DE PRECIOS PARA LOS PETROQUÍMICOS BÁSICOS.

De acuerdo al reporte del informe estadístico de PEMEX 2013, México importa el 30% del gas LP requerido para satisfacer su demanda como energético doméstico, industrial y de servicios <sup>26</sup>. El volumen importado proviene de los Estados Unidos.

El mercado de gas LP de Mont Belvieu (MB) es la referencia internacional de precios para el resto del mundo, conocida como United States Golf Coast (USGC). MB tiene una dinámica diaria de precios muy importante que es influenciada por diversos factores (oferta y demanda mundial de petróleo, temporada invernal, crisis regionales, etc.) <sup>27</sup>.



Gráfica 6: Precios internacionales del propano, butano, isobutano y gas L.P

La Comisión Reguladora de Energía (CRE) establece los precios de venta del gas LP y de los petroquímicos básicos que comercializa PEMEX. La metodología que utilizan se basa en el precio de MB y le suman el costo de flete de Houston a México, más costos

administrativos y de servicio. En consecuencia, nuestros precios <sup>28</sup> están arriba de los precios internacionales (ver gráfica 6). En Argentina los precios son mucho más bajos <sup>29</sup>.

#### 4.2 MANEJO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS SIN CONOCIMIENTO.

A pesar de que la técnica para el llenado seguro de aerosoles, con propelentes inflamables, se ha desarrollado de manera exitosa en la industria mundial del aerosol, en México hay empresas que trabajan fuera de estas buenas prácticas de seguridad y de la normatividad aplicable, para el manejo de sustancias químicas peligrosas.

Muchas empresas se encuentran próximas a zonas comerciales y hasta habitacionales, cuando debieran estar ubicadas exclusivamente en zonas industriales. Esto constituye un alto riesgo para las personas, la propiedad y el ambiente.



El 18 de Octubre del 2013 se incendió la planta de Aerosoles Mex <sup>30</sup>. Esta empresa estaba localizada en una zona habitacional de la ciudad de México. El incendio se propagó a cinco casas habitación, causó 15 lesionados, el desalojo de escuelas, guarderías y habitantes de varias cuadras a la redonda. El incendio se originó por el uso de una secadora eléctrica, no apta para atmósferas con solventes inflamables.



Incendio de Aerosoles Mex (a la izquierda están los tanques de PHC y a la derecha los solventes).

El 23 de Septiembre del 2005 <sup>31</sup>, se incendia una empresa recicladora de materiales en Tultitlan, Estado de México, mientras se destruían aerosoles de desecho. Los aerosoles eran picados por los obreros para descargar el propelente a la atmósfera y el producto envasado al drenaje. El anafre de un tamalero que llegó al lugar, provocó el incendio que se propagó a miles de aerosoles almacenados. Lamentablemente, el incendio provocó la calcinación de 3 obreros y 20 lesionados. La mayoría eran mujeres.



Incendio de aerosoles en Tultitlán.

### 4.3 LA POBLACIÓN PIENSA QUE EL AEROSOL DAÑA LA CAPA DE OZONO.

La población mexicana aún tiene la información que los aerosoles dañan la capa de ozono. Desconoce el liderazgo de México en la protección de la capa de ozono <sup>32</sup>, el éxito mundial del Protocolo de Montreal <sup>33</sup> y la obra del Dr. Mario Molina en favor de la vida sobre el planeta <sup>34</sup>.



SEMARNAT: México protege la Capa de Ozono.



El 20 de noviembre de 2013 Obama entrega la Medalla Libertad a Mario Molina.

Existen en México centros de educación ambiental, donde aún se informa que “los aerosoles dañan la capa de ozono”. Esta información, no actualizada, es una de las principales razones por las cuales las personas limitan o evitan el uso de aerosoles.

Lo sorprendente, es que este prejuicio en contra de los aerosoles, se tiene también en las mismas aulas educativas <sup>35</sup>, por lo que las universidades no promueven ni la tecnología ni el desarrollo de nuevos productos en aerosol, como sucede en otros países.

En Europa, se premia anualmente la innovación de nuevos productos en aerosol y todas las mejoras en el producto y del proceso <sup>36</sup>. En Estados Unidos, la Universidad de Minnesota, promueve el desarrollo de nuevos productos en aerosol. En Argentina, la industria del aerosol trabaja de la mano con el Ministerio de Educación en temas de educación ambiental, capa de ozono, calentamiento global y sustentabilidad <sup>37</sup>.

## **5.0 PROBLEMÁTICA Y PROPUESTAS DE SOLUCIÓN.**

Las condiciones que frenan el desarrollo de la industria mexicana del aerosol, están relacionados con la falta de información y de conocimientos básicos en la población y que solo en México se presenta en mayor grado. A continuación veremos algunas de sus consecuencias.

### **5.1 EL PRECIO INJUSTO DE NUESTROS PETROQUÍMICOS BÁSICOS.**

Como vimos en la sección 4.1, los precios del propano y butano en México son más altos que los precios internacionales. Esta situación es similar para otros petroquímicos básicos y colocan de entrada, a la industria petroquímica mexicana, fuera de cualquier mercado competitivo. La petroquímica básica es el primer eslabón de la cadena de valor de la industria petroquímica secundaria y terciaria. Por este tipo de políticas económicas, la petroquímica mexicana tiene más de 30 años de estar paralizada.

Lo incongruente e injusto es que la mayor parte de estos hidrocarburos básicos se producen en México y se venden a precio de producto importado. Por ejemplo, el propano y la mezcla de butanos, que se utilizan como propelente para aerosol, se producen totalmente en México. Las empresas lo transportan, desde el Centro Procesador de Gas de PEMEX, hasta sus instalaciones y con sus propios transportes.

Así mismo, la población mexicana también sufre injustamente las consecuencias de esta política injusta, con un precio muy elevado para el gas LP, que está por encima de los precios internacionales que tiene el propano y butano puro (ver gráfica 6). Sobre todo esto, deben tolerar la mentira de que el precio del gas LP está subsidiado. En México se produce más del 70% de la demanda de gas LP y solo el 30% se importa.

#### **5.1.1 POLÍTICA INTERNACIONAL PARA PRECIOS DE PETROQUÍMICOS BÁSICOS**

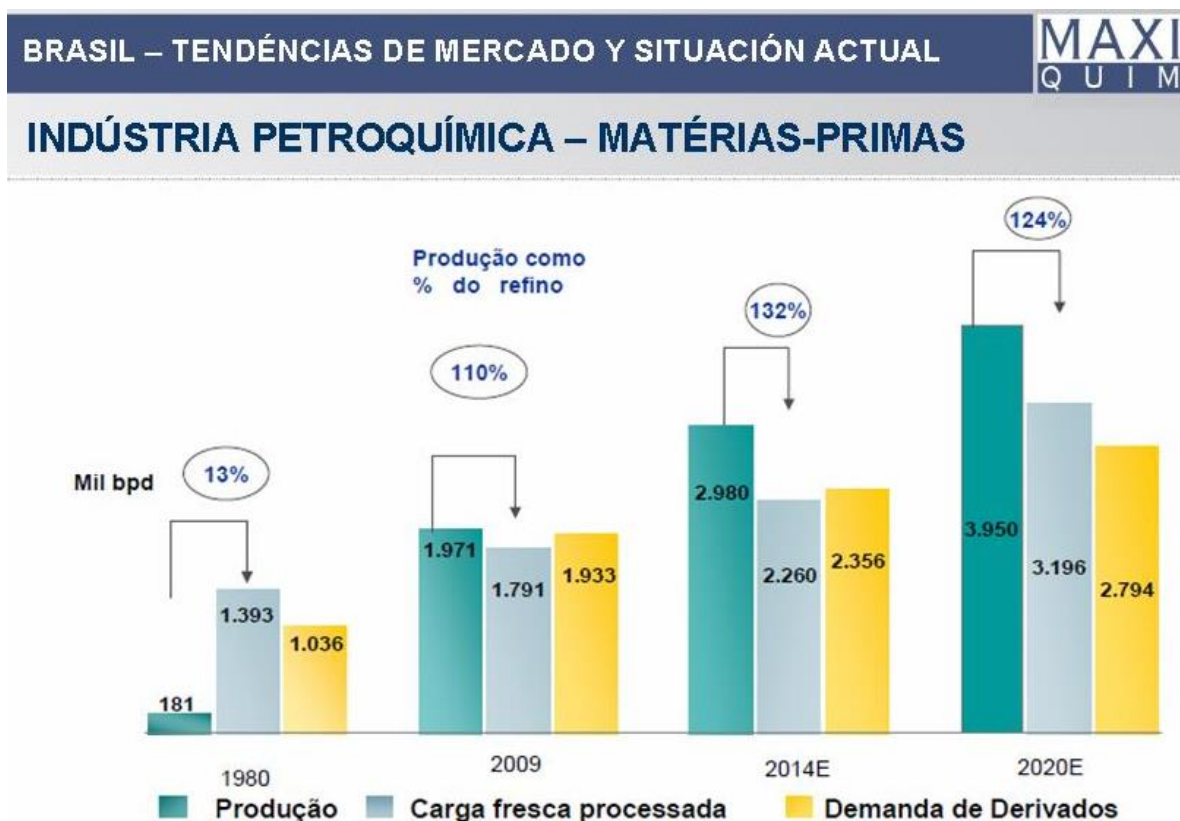
En Argentina tienen la misma referencia internacional de precios (MB), pero no le adicionan costos, por concepto de flete o de servicios, a los productos que producen y

solo ajustan su precio en proporción al volumen importado. En consecuencia, sus precios para el propano y butanos son más bajos que los precios internacionales.

Esta metodología resulta excelente, no solo para la industria del aerosol, sino también para el desarrollo de la industria petroquímica. Sin embargo, la industria petroquímica argentina afronta otras dificultades en su desarrollo, a pesar de que existe una demanda creciente de productos en el mercado y se cuenta con precios internacionales favorables su crecimiento no ha sido promovido.

Al igual que México, el crecimiento de la industria petroquímica argentina se ha visto limitado durante los últimos años. Esto debido al decaimiento en la producción y extracción de petróleo, originada por la falta de inversión en la investigación, exploración y desarrollo, que son necesarios para lograr el autoabastecimiento requerido.

Por otra parte, la industria petroquímica en Brasil se mantiene en constante crecimiento. Este país proyecta ser la quinta potencia petroquímica del mundo, en el 2020 <sup>38</sup>.



Gráfica 7 Crecimiento proyectado para la industria petroquímica de Brasil para 2020.



## **5.1.2 URGE REACTIVAR NUESTRA INDUSTRIA PETROQUÍMICA.**

Para satisfacer la demanda nacional de petrolíferos, petroquímicos y contar con precios justos y competitivos, es necesario promover nuestra industria de refinación y petroquímica como fue anteriormente. Solo de esta manera seremos autosuficientes para satisfacer la creciente demanda del mercado nacional y tendremos un México más próspero. De lo contrario seremos solo exportadores de crudo e importadores de petrolíferos y petroquímicos.

A continuación se muestran algunos testimonios que confirman que México ha sido y puede ser nuevamente un país próspero, con una industria petroquímica productiva y rentable. Es la mejor opción para ofrecer a la sociedad precios más competitivos.

### **1) PEMEX HA SIDO UNA DE LAS EMPRESAS MÁS RENTABLES DEL MUNDO.**

El 27 de Mayo del 2008, el Dr. Francisco José Barnés de Castro (Comisionado de la CRE) <sup>39</sup> participó, con una excelente presentación, en el foro "Transición y Seguridad Energéticas" ante la cámara de legisladores de la nación. Su presentación completa se puede consultar en la página de la CRE <sup>40</sup>. A continuación, presento algunos de sus afirmaciones que son de suma importancia y que debemos mantener presentes.

*PEMEX no sólo ha sido la empresa más rentable de México, sino una de las dos o tres empresas más rentables del mundo.*

*En ausencia de una reforma fiscal adecuada, PEMEX se ha convertido en la principal fuente de ingresos para el fisco, al precio de dejar a la empresa sin recursos de inversión.*

*Es importante resaltar que no sólo hemos permitido que Petróleos Mexicanos se haya descapitalizado económicamente, sino también que haya perdido parte importante de su capital humano altamente capacitado.*

*En la década de los setenta y principios de los ochenta, PEMEX se había constituido en el principal impulsor de la economía nacional. Alrededor suyo se establecieron grandes industrias de bienes de capital, se desarrollaron empresas de servicios y se*

*consolidaron importantes firmas de ingeniería que generaron empleo y riqueza en el país y que llegaron a ser orgullo nacional.*

*Treinta años después, los cambios en la política económica han llevado al desmantelamiento de la mayoría de esas empresas, a la desaparición de la mayoría de nuestras firmas nacionales de ingeniería.*

*En los últimos años, el 90% del presupuesto autorizado se ha orientado a la exploración y producción de crudo. Solo se ha destinado el 8% a su refinación, 2% a la producción de gas y menos del 1% a la industria petroquímica. En los primeros meses de este año, hemos tenido que destinar a la importación de petrolíferos el 45% de los ingresos derivados de la exportación de petróleo crudo.*

*Todo lo contrario de lo que ha ocurrido en Noruega y Brasil, donde sus respectivas empresas nacionales han sido impulsoras fundamentales del desarrollo tecnológico, de la creación de empresas y de la generación de empleo.*

*La refinación del petróleo es un buen negocio. Es urgente, prioritario e inaplazable instalar en México, a la mayor brevedad posible, dos nuevas refinerías. En un horizonte de diez años, PEMEX estaría en posibilidades de garantizar el abasto de combustibles líquidos al mercado nacional.*



Dr. Francisco Barnés De Castro



El comisionado de la CREM ante la Cámara de Legisladores.

El Dr. Francisco Barnés de Castro Realizó estudios de licenciatura en ingeniería química en la Facultad de Química de la UNAM y obtuvo los grados de maestría y doctorado en Ingeniería Química en la Universidad de California en Berkeley.

## 2) EL APROVECHAMIENTO RACIONAL DE NUESTRO PETRÓLEO PERMITIRÁ ALCANZAR LA JUSTICIA SOCIAL, ECONÓMICA Y CULTURAL DE MÉXICO.

El Ingeniero Civil, político y diplomático mexicano, Fernando Solana Morales, siendo Secretario de Educación Pública (1977-1982), escribió en el informe de PETRÓLEOS MEXICANOS 1938-1978 <sup>41</sup> lo siguiente: ***“El aprovechamiento racional de nuestro petróleo permitirá alcanzar la justicia social, económica y cultural”***.

El 1° de Octubre del 2011 (33 años después) y durante la conferencia magistral que ofreció, con motivo de su investidura como doctor *honoris causa* de la Universidad Nacional Autónoma de México <sup>42</sup>, el Ingeniero Fernando Solana lamentó el hecho de que desde 1982, México sea el país de menor desarrollo en América Latina, que muestra caídas en el desarrollo humano a escala mundial, aumento de la corrupción y deterioro de su imagen internacional.



Ing. Fernando Solana Morales.



En octubre del 2011 Solana es nombrado *Doctor Honoris Causa*

Subrayó que para solventar lo anterior es necesario recuperar el crecimiento económico alcanzado antes de 1982. Contrastó que entre 1933 y 1982 México fue el país que más

creció en el mundo, por lo que tiene el potencial y la capacidad para crecer en más de seis por ciento anual y de forma sostenida.

Para ello, propuso aumentar la inversión productiva, impulsar el mercado interno, simplificar el sistema fiscal, ampliar la infraestructura, mejorar el nivel educativo, fomentar una administración pública honesta y eficiente en los tres poderes del gobierno y contar con un Poder Ejecutivo que garantice el estado de derecho.

*“El imperativo es el crecimiento económico y sostenido del país, que sólo se logrará con educación, infraestructura y una sociedad más participativa”.*

### **3) ESCUELAS PARA FORMACIÓN PETROQUÍMICA: IMP Y PEMEX.**

El Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), después de la Facultad de Química, fue mi segunda escuela de formación profesional. Con justa razón se conocía como el “Brazo Tecnológico de México”. Observé como acudían ingenieros de México y de otros países a capacitarse al IMP. Incluyendo a personal de Petrobras y ahora, son ellos los que vienen a capacitarnos. También tuve la oportunidad de conocer el desarrollo de los proyectos de refinación y petroquímicos que se realizaban para PEMEX y para otras empresas nacionales e internacionales. Lamentablemente, también me ha tocado observar la suspensión abrupta de este desarrollo petroquímico, en 1984.



Posteriormente, he tenido la oportunidad de conocer algunas de las sorprendentes instalaciones de PEMEX, como la refinería Miguel Hidalgo, el centro procesador de gas de Poza Rica, los complejos petroquímicos de Cangrejera, Morelos y Pajaritos.

Sin embargo, en los últimos años he visto el deterioro y el desmantelamiento de varias plantas de PEMEX, porque ya no reciben un mantenimiento adecuado. Esto por falta de presupuesto, a pesar de la gran riqueza que han generado para la nación.

Así mismo, he visto el despido y la jubilación anticipada de muchos ingenieros con conocimiento y experiencia invaluable. De esta manera se ha debilitado a una industria y a un instituto que fueron el orgullo nacional y la envidia de muchos países.

Las mejores escuelas y los mejores maestros, para la especialización en hidrocarburos y en la industria petroquímica se encuentran en estas dos instituciones. No dejemos que se pierdan, son generadoras de tecnología y de riqueza.

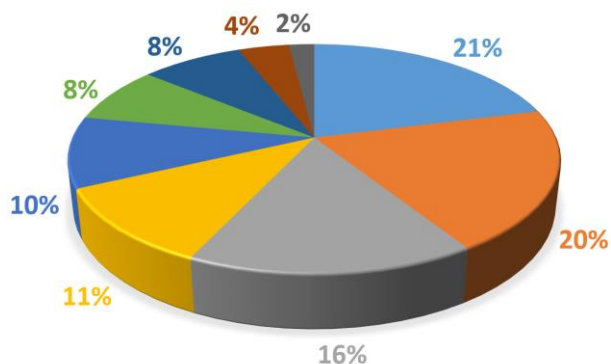
## **5.2 CARENCIA DE UN MANUAL DE SEGURIDAD PARA LLENADO DE AEROSOLES**

El 12 de Noviembre del 2013 el Instituto Mexicano del Aerosol, A. C. (IMAAC) convocó, con carácter de urgente a una conferencia de seguridad, para presentar los peligros y riesgos de la industria del aerosol, que pueden provocar accidentes como el incendio de Aerosoles Mex, ocurrido el 19 de Octubre del 2013 y que acabó con esta empresa. En consecuencia, se vio la urgencia de contar con un manual de seguridad para el llenado de aerosoles con propelentes inflamables y establecer un programa de seguridad para la industria nacional del aerosol a fin de evitar nuevos accidentes.

En esta conferencia, presenté el resultado del diagnóstico de seguridad del IMAAC, de las empresas que fabrican aerosoles con propelentes inflamables en México. Este diagnóstico fue realizado, en los años 2005 y 2006, mediante un programa de seguridad, que incluyó un proceso de auditorías y que fue realizado por personal técnico del IMAAC. Se auditaron 58 de las 60 empresas registradas a nivel nacional.

De acuerdo a este diagnóstico de seguridad del IMAAC, las áreas donde se registraron el mayor número de condiciones inseguras son las de almacenamiento de solventes inflamables (21%) y de propelentes inflamables (20%). Como se observa en la gráfica 8, el nivel de riesgo de las empresas llenadoras de aerosol se incrementa por la falta de sistemas de alarma y de protección contra incendio (16%) y por la falta de capacitación del personal operativo (10%).

## Condiciones inseguras en las plantas llenadoras de Aerosol



- 21% Almacenamiento de solventes inflamables.
- 20% Almacenamiento y manejo de propelente inflamable.
- 16 % Sistema de alarma y contra incendio
- 11% Gasificado de aerosoles.
- 10% Capacitación.
- 8% Instalaciones eléctricas.
- 8% Almacenamiento de aerosoles.
- 4% Orden y limpieza.
- 2% Manejo y disposición de aerosoles de desecho.

La empresa con menor puntaje, en el programa de Auditorías de Seguridad del IMAAC, fue Aerosoles Mex (10 puntos de 100). Esta empresa se negó a acatar las recomendaciones de mejora del Comité Técnico de Seguridad del IMAAC, por lo que se le recomendó no seguir operando por representar un alto nivel de riesgo de incendio.

En respuesta, Aerosoles Mex y otras empresas, se opusieron al programa de seguridad del IMAAC y se determinó suspender el programa en el 2006, por falta de respaldo.

### 5.2.1 MANUAL DE SEGURIDAD PARA AEROSOL EN OTROS PAÍSES.

El propelente hidrocarburo (PHC) ya se usaba desde 1954 en el llenado de aerosoles, en Estados Unidos, aún antes de que el Dr. Mario Molina y Sherwood Rowland alertaran a la humanidad del daño de los CFC's a la capa de ozono, en 1974. Sin embargo, su inflamabilidad limitaba su uso.

Actualmente, se cuenta con toda la experiencia, conocimiento, tecnología y normatividad necesaria para realizar el llenado seguro de aerosoles con propelentes inflamables. En países desarrollados de Norteamérica, Europa, Japón, etc., se ha llevado la seguridad con propelentes inflamables, a niveles muy sofisticados.

En Estados Unidos, la CSPA (Consumer Specialty Products Association) elaboró un *Manual de “Propelentes para Aerosol: Consideraciones para su Manejo Efectivo en las Plantas y Laboratorios de Aerosol”* <sup>43</sup>. Este manual fue elaborado en base a su legislación laboral (Code of Federal Regulation) y de los códigos NFPA. Los códigos de la NFPA (National Fire Protection Association) son muy aceptados internacionalmente como la mejor referencia profesional, en materia de seguridad y contra incendios.

En Europa, la Federación Europea del Aerosol (FEA) cuenta con una *“Guía de Requerimientos Básicos de Seguridad en la Manufactura de Aerosoles”* <sup>44</sup>.

Empresas transnacionales, que llenan aerosoles en México, aplican estos manuales. Unilever aplica su propio manual internacional, conocido como “El Libro Rojo para Aerosoles” <sup>45</sup>.

Actualmente, no existe en México un Manual de Seguridad, que sirva como referencia en el diseño, construcción y operación de las plantas que llenan aerosoles con propelentes inflamables. La suspensión del programa de seguridad del IMAAC, en el 2006, frenó el gran adelanto que se había logrado en México, en materia de seguridad.

### **5.2.2. PROPUESTA DE UN MANUAL DE SEGURIDAD PARA MÉXICO.**

Es necesario contar con un *Manual de Seguridad para el Llenado de Aerosoles con Propelente Hidrocarburo*, para la industria nacional del aerosol. Este Manual será propuesto al Comité Técnico del Instituto Mexicano del Aerosol (IMAAC) para su revisión e implantación. Así mismo, se podrá obtener el respaldo de la Cámara Nacional de la Industria del Aerosol (CANACINTRA), a través de la Sección 66 de Aerosoles.

Una vez revisado y aprobado el Manual, se podrá continuar con el programa para su implantación y seguimiento. Para esto se propone al IMAAC, realizar las siguientes actividades:

- 1) SEMINARIOS TÉCNICOS PARA DIFUSIÓN DEL MANUAL.**
- 2) PROGRAMA DE AUDITORIAS DE SEGURIDAD.**
- 3) RECONOCIMIENTO A EMPRESAS SEGURAS.**

### **5.3 INFORMACIÓN AL PÚBLICO DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL AEROSOL.**

#### **5.3.1 ENCUESTA A LA POBLACIÓN SOBRE EL USO DE AEROSALES.**

Con el apoyo de un equipo multidisciplinario, en abril y mayo del 2013 <sup>46</sup> se realizó una encuesta para conocer la opinión que tiene la gente sobre el consumo y uso de los aerosoles, en México. El equipo estaba integrado por dos ingenieros químicos, uno de Meca trónica, un licenciado en Mercadotecnia, otro en Publicidad y otro en informática. La encuesta se aplicó a estudiantes de nivel licenciatura y de maestría.

Hipótesis:

- Si se comprueba que el desconocimiento de las cualidades del aerosol, en la Población Mexicana, es un factor que disminuye su consumo, entonces podremos crear estrategias educativas y comerciales para incrementar su aceptación y demanda.

Aplicación de la encuesta:

- Tamaño de la muestra: 150 personas (muestra nivel universitario y maestría).
- Edad: Entre 20 y 45 años, aproximadamente.

Difusión: <http://www.surveymonkey.com/s/22YQQYB>

Los principales resultados de la encuesta fueron los siguientes:

- 1) El 84.3% de los entrevistados han usado aerosoles porque son prácticos y fácil de usar.
- 2) El 52 % de estas personas usan aerosoles diariamente y el 28% de las personas lo usan de 1 a 3 veces por semana.
- 3) El 37.3% de la gente entrevistada piensan que los aerosoles dañan la capa de ozono, por lo cual evitan su consumo.
- 4) El 36% no lo usa por su elevado precio al consumidor.



De acuerdo a estos resultados, podemos fortalecer la hipótesis que el desconocimiento de las cualidades ecológicas del aerosol es el principal motivo que desalienta su consumo. *Esto se debe a que la gente aún tiene el conocimiento de que los aerosoles dañan la capa de ozono.*

### **5.3.2 CENTRO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL EN CONTRA DEL AEROSOL.**

El Centro de Educación Ambiental “Ehecatl”, se encuentra localizado en Ecatepec, Estado de México. Su propósito es crear una conciencia ecológica a sus visitantes, la mayoría son estudiantes de educación básica y media superior. En este Centro se transmitía, al final de su recorrido, un video en contra de uso del aerosol. También se contaba con dos murales que inducían a evitar su uso. El parque estaba a cargo de un ingeniero químico, un ingeniero ambiental y otros profesionistas.

Después de mostrarles información actualizada sobre los aerosoles, el liderazgo de México en la protección de la capa de ozono y la obra del Doctor Mario Molina, las autoridades del centro decidieron quitar esta información. Así mismo, solicitaron nuestra participación para dar a conocer, en un evento municipal, esta información.

El día 17 de Enero de 2014 se llevó a cabo la Expo Valores en el Centro Cívico del municipio de Ecatepec. En esta Expo, el IMAAC presentó un mural con información dirigida a estudiantes de secundaria, preparatoria y público en general <sup>47</sup>.

Primero, se les preguntaba a los visitantes qué sabían sobre los aerosoles, la mayoría respondía que dañan la capa de ozono y que no debían de usarse. Después se les mostraba la información actualizada de los aerosoles, sustentada científicamente por la NASA, por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), por el Doctor Mario Molina, por la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

De esta manera y con la ayuda del mural se explicó con éxito a los asistentes, el por qué los aerosoles ya no dañan la capa de ozono y los beneficios que brindan a la sociedad. El personal docente también se mostró muy interesado en la información presentada.

### **5.3.3 EDUCACIÓN AMBIENTAL Y PROMOCIÓN DEL AEROSOL.**

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), cuenta con toda la información actualizada sobre el Protocolo de Montreal, la capa de ozono (su deterioro y su recuperación progresiva), sustitutos de los CFC´s, etc.<sup>48</sup>. La información está disponible en forma documental y en videos, el problema es que la mayor parte de esta información solo está disponible en inglés.

La Cámara Argentina del Aerosol (CADEA), mantiene una vinculación muy estrecha con el Ministerio de Educación de Argentina y capacitan a los docentes en temas de actualidad ecológica, como son capa de ozono, calentamiento global, huella de carbono y sustentabilidad. En estos temas se muestra el bajo impacto que tienen los aerosoles en el calentamiento global y en la huella de carbono.

Además, se informa y muestra cómo todos los componentes del aerosol son totalmente reciclables y la convierten en una industria sustentable. De esta manera, los profesores transmiten la información a sus alumnos y éstos a sus familiares, consiguiéndose un efecto multiplicador de los beneficios del uso del aerosol. Esto explica la gran aceptación del aerosol en Argentina y su elevado consumo per cápita.

### **5.3.4 INFORMACIÓN DE LOS AEROSOLES Y SU IMPACTO AMBIENTAL.**

Se propone integrar información actualizada, sobre el impacto ambiental que tienen los aerosoles en el ambiente y darla a conocer a la población en dos niveles:

- a) Nivel básico. La información estará dirigida al público en general, con un nivel de educación básica.
- b) Nivel avanzado. La información abordará el tema con mayor profundidad, para que pueda ser útil al estudiante o al docente, a nivel medio y superior.

## **6.0 RESUMEN.**

### **6.1 CONDICIONES QUE FRENAN LA INDUSTRIA DEL AEROSOL EN MÉXICO.**

La industria del aerosol en México, tiene un potencial muy grande de crecimiento. Nuestra ubicación geográfica, vecinos de los Estados Unidos (el mercado más grande de aerosoles del mundo) y de Centroamérica (mercado potencial por desarrollar) nos colocan como un punto estratégico para la fabricación y exportación de aerosoles.

En otros países desarrollados, la tecnología y la industria del aerosol se investigan, desarrolla y promociona. Esto debido a su importancia económica, capacidad para generar empleo, capacidad para aportar alto valor agregado al producto y capacidad para integrarse con otras de cadenas productivas como productos de higiene, cuidado personal, medicamentos, insecticidas, pinturas, alimentos, productos industriales, auto motivos, de diversión, etc.

Sin embargo, la industria nacional del aerosol ha tenido un lento crecimiento, que no se debe a factores económicos o educativos, sino a las siguientes condiciones que frenan su desarrollo:

#### **1) Política energética mal enfocada.**

Se da prioridad a la extracción y venta de crudo y recurrimos a la importación de gas LP, petrolíferos y petroquímicos. En consecuencia, estos últimos tienen precios arriba de los internacionales. Con estos precios, nuestra industria petroquímica nunca podrá ser competitiva y el consumidor siempre tendrá precios más caros.

Por lo tanto, es prioritario y de interés nacional, reactivar nuestra industria de Refinación y Petroquímica para que deje de estar estancada y en deterioro, como lo ha estado desde hace más de 30 años. Podemos ser un país próspero y con desarrollo tecnológico propio, como lo fuimos en los años 70's.

## **2) Manejo de sustancias químicas peligrosas sin conocimiento.**

La industria nacional del aerosol, maneja sustancias inflamables, en condiciones que ponen en alto riesgo a sus instalaciones, a las personas y a su entorno. Por lo tanto, es urgente que disponer de un *Manual de Seguridad para el Llenado Seguro de Aerosoles con Propelente Hidrocarburo*, que ayude a las empresas a conocer y aplicar los principios básicos de seguridad y los requisitos normativos para evitar accidentes.

## **3) La población cree que los aerosoles aún dañan la capa de ozono.**

De una muestra de 150 personas, el 84.3 % han usado aerosoles y conocen sus ventajas “es práctico y fácil de usar”, pero limitan su consumo por dos razones. La primera porque piensan que daña la capa de ozono (37.3 % de encuestados). La segunda, porque consideran que su precio es elevado (36 %). De las personas que usan aerosoles el 52% lo usan diariamente y el 28% lo usa de 1 a 3 veces por semana.

## **6.2 ACCIONES PARA PROMOVER LA INDUSTRIA DEL AEROSOL EN MÉXICO.**

Del resumen de las condiciones que frenan la industria nacional del aerosol, podemos establecer las siguientes acciones para promover su crecimiento:

### **1) Exigir precios justos y competitivos para los petroquímicos básicos nacionales.**

Si las leyes secundarias de la reforma energética, garantizaran al mercado nacional ***precios justos para los petroquímicos básicos que se producen en México, con un precio igual o menor al precio internacional de referencia;*** luego entonces, seríamos más competitivos, estaríamos en posibilidad de producir aerosoles a menor costo y de abrir las puertas del mercado para su exportación.

Esta solicitud puede ser canalizada, al Poder Legislativo de la Nación, a través de la Sección 66 Fabricantes de Aerosoles de CANACINTRA para su análisis y de ser aprobada, se integraría en la nueva “Ley de Hidrocarburos”.

Lo anterior es conforme a la Meta 4.0 del Plan Nacional de desarrollo 2013-2018 <sup>49</sup> *“para promover una política de fomento económico, particularmente de aquellos sectores que tienen la capacidad de generar empleo, que puedan competir exitosamente en el exterior y que generen alto valor a través de su integración con cadenas productivas locales”*. La industria del aerosol cumple con estos requisitos.

### **2) Implantación de un manual de seguridad para la industria nacional del aerosol.**

Si la industria nacional del aerosol, cuenta con un manual que le ayude a aplicar la normatividad y los principios básicos de seguridad; luego entonces, la industria del aerosol aseguraría la continuidad de sus operaciones y reduciría el riesgo de afectar a sus instalaciones y a su entorno por un incendio o explosión.

La implantación del manual de seguridad, está en manos del Instituto Mexicano del Aerosol, A. C. (IMAAC) y de las empresas que lo integran <sup>50</sup>. Puede ser realizado mediante un programa de seguridad, que incluya seminarios de capacitación y

difusión del manual, seguido de un proceso de auditorías de seguridad, el reconocimiento de las “Empresas Seguras”, la mejora continua y mantenimiento del programa de seguridad<sup>51</sup>.

En el anexo B, se presenta la propuesta del *Manual de Seguridad para el Llenado de Aerosoles con Propelente Hidrocarburo* para revisión y aprobación del IMAAC.

### **3) Difusión actualizada del impacto ambiental de los aerosoles.**

Si se proporciona y difunde información actualizada de los aerosoles y su impacto ambiental, que muestre a la población que los aerosoles no dañan la capa de ozono, que gracias al Dr. Mario Molina y al cumplimiento del Protocolo de Montreal la capa de ozono se está regenerando y que México mantiene el liderazgo en la protección de la capa de ozono; luego entonces, se podría ganar hasta un 37% de incremento en el consumo nacional de aerosoles, que corresponde al porcentaje de encuestados que no consumen aerosoles porque creen que dañan la capa de ozono.

Esta acción, también corresponde al IMAAC. Puede ser realizada a través de la WEB, conferencias, exposiciones, videos, etc.

En el anexo C se muestra la propuesta de un mural informativo de “*Los Aerosoles y su Impacto Ambiental*”.

## **7.0 CONCLUSIONES.**

### **1. El aerosol es un sistema de envase sustentable que satisface necesidades humanas y brinda una alta calidad de vida a las personas.**

Contradictoriamente a lo que mucha gente supone, el aerosol no daña la capa de ozono y puede ser la forma más práctica, ecológica y económica para envasar y conservar herméticamente una sustancia o un producto.

Ventajas de un producto de aerosol con otro sistema de envasado:

- a) Los aerosoles son limpios, higiénicos y no se derraman.
- b) Son prácticos, eficientes y fáciles de usar.
- c) Dosificación en forma de espray, espuma, gel, crema o polvo.
- d) Se pueden aplicar a una línea, superficie o espacio.

Su uso y aplicación en otros países es muy diversificada, pero en México aún está muy limitada y ofrece al investigador, un campo poco explorado para el desarrollo y aplicación en nuevos productos.

### **2. Los elevados precios impuestos a los petroquímicos frenan el crecimiento de la industria nacional del aerosol.**

La industria mexicana del aerosol tiene gran potencial de crecimiento y desarrollo. Esto representa también, una gran oportunidad para nuestra economía, por las siguientes razones:

- a) Tiene la capacidad para generar empleo.
- b) Puede competir exitosamente en el mercado exterior.
- c) Genera alto valor a través de su integración con otras cadenas productivas.

Esto representa también, una oportunidad para el desarrollo de nuestra industria química, en sus diversas áreas como pinturas, jabones, cosméticos, perfumería,

farmacéuticos, alimentos, solventes, adhesivos, insecticidas, polímeros, metálica, solventes, hidrocarburos, etc.

Para lograr lo anterior, solo se requiere que la Comisión Reguladora de Energía establezca precios justos para los hidrocarburos, petrolíferos y petroquímicos que se producen en México.

Esta medida generaría mayor riqueza para la nación, pues reactivaría a la industria, el comercio y el empleo. Es mejor estrategia económica, que imponer precios arriba de los internacionales, con el mediocre objetivo de recaudar más ingresos a costa de frenar la industria y la economía nacional.

### **3. Más del 95% de los aerosoles que se fabrican en México, contienen propelente hidrocarburo que no daña la capa de ozono, pero es inflamable.**

Por emplear sustancias inflamables (propelente hidrocarburo, solventes orgánicos y diversos productos combustibles) la industria del aerosol se clasifica como una actividad altamente peligrosa. El riesgo de incendio y explosión está presente en su producción, transporte, uso, disposición final y reciclado.

En México, esta industria se maneja en condiciones muy inseguras, que ponen en riesgo la vida, la propiedad y el ambiente. Aunque existe la tecnología y normatividad apropiada para reducir, prevenir y controlar estos riesgos, hace falta su difusión y promoción para mantener una industria competitiva, segura y sustentable.

Con el objetivo de que la industria nacional del aerosol, cuente con una guía que le permita conocer y aplicar los requisitos básicos de seguridad, en el llenado de aerosoles con propelentes inflamables, en el anexo B se propone un manual que ha sido desarrollado en base a los siguientes criterios y referencias:

- a) La situación actual de la industria del aerosol.
- b) Las propiedades peligrosas del propelente hidrocarburo.
- c) La normatividad nacional aplicable y de referencia.
- d) Manuales internacionales (Naciones Unidas, Unión Europea y Estados Unidos).



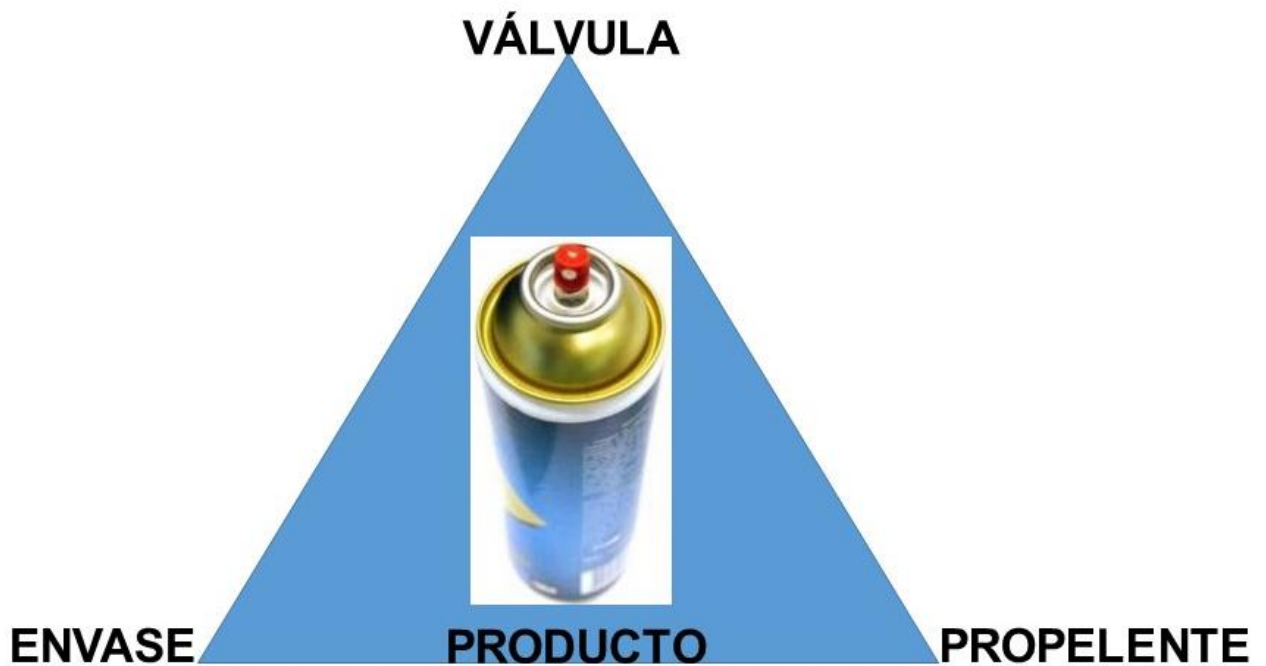
## 8.0 REFERENCIAS.

1. Erik Rotheim "Method and Means for the Atomizing or Distribution of Liquid or Semiliquid Materials" United States Patent Office. Patent: 1,800,156 (April 7, 1931).
2. Aerosol la Revista. William Buenfil Pionero de la Industria del Aerosol en Latinoamérica. FLADA, Año II, Marzo 2006. p. 5.
3. M. J. Molina & F.S. Rowland. Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine Atome-catalysed Destruction of Ozone. Nature, Vol. 249. June 28 1974. pp. 810-812.
4. Farman, J. C.; Gardiner, B. G.; Shanklin, J. D. (1985). "Large losses of total ozone in Antarctica reveal seasonal ClOx/NOx interaction". Nature 315 (6016): 207.
5. [http://ozone.unep.org/new\\_site/en/montreal\\_protocol.php](http://ozone.unep.org/new_site/en/montreal_protocol.php).
6. S. Andersen, K. Madhava & K. Toddonio. Technology Transfer for the Ozone Layer. First Published by Earthscan UK, 2007. ISBN: 978-1-84407-473-0.
7. <http://www.semarnat.gob.mx/temas/agenda-internacional/protocolo-de-montreal>.
8. <http://www.presidencia.gob.mx/mexico-ejemplo-internacional-en-la-proteccion-de-la-capacidad-de-ozono/>.
9. Montfort A. Johnsen, "The Aerosol Handbook". Second edition. Wayne Dorland Company. Mendham, New Jersey, (1982) p. 306. ISBN: 0960 3250 3-4.
10. G. Nardini. Aerosol Sector Conversion in Action/ UNEP IE OzonAction Programme. "A HAPs Plant Leads to Phaseout in Mexico". March, 1995. pp. 46-50.
11. J. Nolasco. El Alma de Aerosol. Aerosol, la Revista. FLADA. Año VII, Noviembre 2011. pp 28-36.
12. EPA R&D. Manual for non-CFC Aerosol Packaging: Conversion from CFC to Hydrocarbon Propellants. EPA-600/2-91-056. Sep. 1991.
13. PNUMA. Manual de Seguridad: Aspectos Técnicos de la Inflamabilidad de los Gases Hidrocarburos. Publicación de Naciones Unidas ISBN: 92-807-2603-X. Año 2005.
14. <http://www.aerobal.org/record-results-year-after-year/>.
15. Aerosol la Revista. EEUU Nuevo Record en su Producción de Aerosoles. FLADA, Año X, Agosto 2013. p. 6.
16. [www.aerosol.org/uploads/.../fea\\_annrep\\_2012.pdf](http://www.aerosol.org/uploads/.../fea_annrep_2012.pdf)
17. <http://www.youtube.com/watch?v=sd7LoXDlhG8>.
18. Aerosol la Revista. Aerosoles al ritmo de samba. FLADA, Año X, Octubre 2013. p. 8.
19. <http://calderon.presidencia.gob.mx/2011/07/el-presidente-calderon-en-la-inauguracion-de-la-planta-de-aerosoles-unilever-mexico/>.
20. A. Rasgido Presentación "La Sustentabilidad de la Industria del Aerosol en América Latina" en la XXXI Convención Anual del Instituto Mexicano del Aerosol, A.C. en el año 2012
21. [www.siteal.org/sites/default/files/siteal\\_datodestacado20130218.pdf](http://www.siteal.org/sites/default/files/siteal_datodestacado20130218.pdf).
22. <http://www.expansion.com/economia/datosmacro.html>.
23. Aerosol la Revista. Argentina 2014, Primer Congreso Mundial del Aerosol. FLADA, Año IX, Julio 2013. pp. 6-8.

24. Aerosol la Revista. Entrevista con Hugo Chaluleo. FLADA, Año X, Abril 2014. p. 6.
25. Associação Brasileira de Aerossóis e Saneantes Domissanitários (ABAS), ANUÁRIO 2011 ABAS. Public Projetos Editoriais. Sao Paulo, Brazil. (2011) p. 56.
26. <http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Productos+y+servicios/Gas+licuado/Mercado+gas+LP/>
27. <http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Productos+y+servicios/Gas+licuado/Mercado+gas+LP/Referencia+Mont+Belvieu/>
28. <http://www.gas.pemex.com/PortalPublico/PreciosPQB.aspx>.
29. <http://www.energia.gov.ar/contenidos/verpagina.php?idpagina=2205>
30. [http://www.eluniversaltv.com.mx/videos/v\\_b424dc86102144f68326d08242119986.html](http://www.eluniversaltv.com.mx/videos/v_b424dc86102144f68326d08242119986.html)
31. <http://www.jornada.unam.mx/2005/09/24/index.php?section=estados&article=034n2est>
32. <http://www.presidencia.gob.mx/mexico-ejemplo-internacional-en-la-proteccion-de-la-capade-ozono/>.
33. [www.youtube.com/watch?v=h2EWDjYa6-I](http://www.youtube.com/watch?v=h2EWDjYa6-I)
34. <http://www.nobel.unam.mx/Molina/autobio.html>.
35. Libro de Texto Gratuito de Ciencias Naturales, 3er Grado de Educación Primaria, Ciclo Escolar 2011-2013. Bloque II, Tema 3: "Importancia del Cuidado del Ambiente. pp 60-66. Elaborado por la Dirección General de Materiales Educativos (DGME) de la Subsecretaría de Educación Básica, Secretaría de Educación Pública.
36. <http://www.aerosol-forum.com/en/>.
37. <http://www.cadea.org.ar/>: Colaboración con Organismos Gubernamentales.
38. [www.asipla.cl/wp-content/uploads/.../Brasil-tendencias-del-mercado.pdf](http://www.asipla.cl/wp-content/uploads/.../Brasil-tendencias-del-mercado.pdf)
39. <http://www.cre.gob.mx/personal.aspx>
40. [www.cre.gob.mx/articulo.aspx?id=208](http://www.cre.gob.mx/articulo.aspx?id=208)
41. SEP: Petróleos Mexicanos 1938-1978. Subsecretaría de Educación Básica y Dirección General de Información y Relaciones Públicas. Subdirección Técnica Administrativa Gerencia de Servicios Sociales. p. 2
42. <http://www.jornada.unam.mx/2011/10/01/sociedad/034n1soc>.
43. CSPA, Aerosol Propellants: Considerations for effective Handling in the Aerosol Plant and Laboratory. Third Edition, 2010.
44. BAMA: Guidelines on Basic Safety Requirements in Aerosol Manufacturing. Second Edition: September 2003.
45. Unilever, "Red Book for Aerosol Operations" (Operational Guidelines for the Filling and Processing of Flammable Aerosol Products. Dec. 2004.
46. Centro Universitario ETAC, Plantel Coacalco, Estado de México. Metodología de la Investigación, Proyecto: "Consumo de Aerosoles en México". Mayo del 2013.
47. Aerosol la Revista. IMAAC Promueve Cultura del Aerosol. FLADA, Año X, Febrero 2014. pp. 10-11.
48. <http://www.unep.org/dtie/InformationResources/Videos/tabid/29762/Default.aspx>.
49. Diario Oficial de la Federación, Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018. 20 de Mayo del 2013.
50. Aerosol la Revista. Seguridad: Pilar de la Industria del Aerosol. FLADA, Año X, Mayo 2014. pp. 6-13.
51. Perfumería Moderna. IMAAC va por la Seguridad Total en la Fabricación de Aerosoles. Año XLVI, NÚM. 541, JUNIO 2014. pp. 18-21.

# ANEXO A

## GENERALIDADES DEL AEROSOL Y SUS COMPONENTES



# GENERALIDADES DEL AEROSOL Y SUS COMPONENTES.

## 1.0 CONCEPTO Y DEFINICIÓN DEL AEROSOL

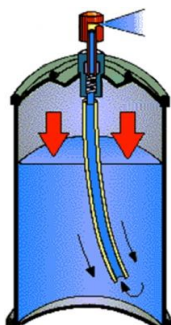
La palabra aerosol es un concepto fisicoquímico, que define la dispersión coloidal de pequeñas partículas sólidas o líquidas en un medio gaseoso. El tamaño de partículas oscila entre 1 y 1000 micrones <sup>1</sup>.



En la industria del aerosol, este concepto tiene un significado similar y se aplicó por primera vez en 1949 <sup>2</sup>, para definir al insecticida en aerosol como un “sistema de partículas suspendidas en el aire, con diámetros menores a 30 micrones, que les permite una permanencia en el espacio de una hora, aproximadamente” <sup>3</sup>.

Las Naciones Unidas, en el Sistema Globalmente Armonizado para la Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA) establece la siguiente definición:

**Aerosoles, o generadores de aerosoles**, son recipientes no rellenables fabricados en metal, vidrio o plástico y que contienen un gas comprimido, licuado o disuelto a presión, con o sin líquido, pasta o polvo, y dotados de un dispositivo de descarga que permite expulsar el contenido en forma de partículas sólidas o líquidas en suspensión en un gas, en forma de espuma, pasta o polvo, o en estado líquido o gaseoso <sup>4</sup>.

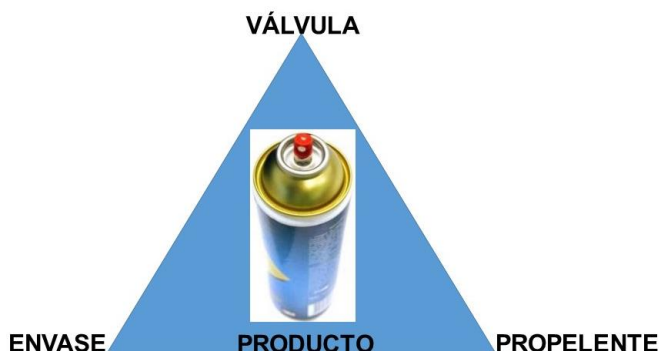


Para fines prácticos, podemos utilizar la definición más conocida en la industria del aerosol:

*“Aerosol, es un sistema de envasado no rellenable, que consta de un envase y una válvula dosificadora, donde un producto y un propelente han sido herméticamente sellados” <sup>5</sup>.*

## 2.0 COMPONENTES DEL AEROSOL.

Un producto en aerosol está constituido por tres componentes básicos: el envase, la válvula y el propelente. A continuación se especifica cada uno de estos.



### 2.1 El envase o bote de aerosol.

#### 1) Envases de hojalata.

El recipiente tradicional y más utilizado en la industria del aerosol, es fabricado con una delgada lámina de acero recubierta con estaño, conocido como hojalata. Fue desarrollado en 1946 por dos fabricantes de envases <sup>6</sup> (The Continental Can Co. y Crown Can Division). Después de 50 años en el mercado, el envase de hojalata sigue siendo el envase de mayor demanda, por su resistencia y bajo costo.

El envase es de forma cilíndrica con una soldadura longitudinal, con tapas cóncavas de doble costura y con un recubrimiento interior llamado barnizado, que tiene como base resinas orgánicas (alquidálicas, acrílicas, vinílicas, epóxicas, fenólicas, etc.).

Las normas que regulan su fabricación están referidas a la norma americana DOT (Department of Transport) y a la normatividad de la Comunidad Económica Europea (CEE). Aunque existen pequeñas diferencias dimensionales (con fines de autoprotección de su mercado) ambas establecen la presión de resistencia mínima de los envases, considerando siempre la seguridad del usuario.

Clasificación y normatividad Americana para los envases de acero		
D.O.T. (49CFR178.33)	Presión de operación a 55°C	Presión mínima de ruptura
2P	140 – 160 psig	240 psig
2Q	161 – 180 psig	270 psig

## 2) Envase de aluminio.

También se emplean envases de una sola pieza, fabricados en aluminio y en una gran variedad de tamaños. El aluminio ofrece una gran versatilidad de moldeado del envase que ha permitido desarrollar formas muy innovadoras, a diferencia del envase tradicional de hojalata, por lo que su demanda tiende a crecer rápidamente en el mercado, principalmente en el área cosmética, farmacéutica y de alimentos.



En el 2013, la producción de envases de aluminio para aerosol, rebasó los 7 mil millones de unidades, según el informe de International Organization of Aluminium Aerosol Container Manufactures (AEROBAL)<sup>7</sup>. Esto corresponde al 50% de la producción mundial de aerosoles. El 80% de los envases de aluminio para aerosol, se usan en productos cosméticos y el resto, en farmacéuticos y de alimentos.

Las principales características de los envases de aluminio son su maleabilidad y resistencia. A lo anterior se agregan su capacidad de reciclado al 100%, por lo que el material del envase se transforma en diversos artículos cuantas veces sea necesario, proporcionando grandes ahorros de hasta un 95%, en comparación con la producción que emplea materia prima virgen. Gracias a su ligereza, optimiza el espacio de almacenaje y transportación.

## 3) Envases de PET.

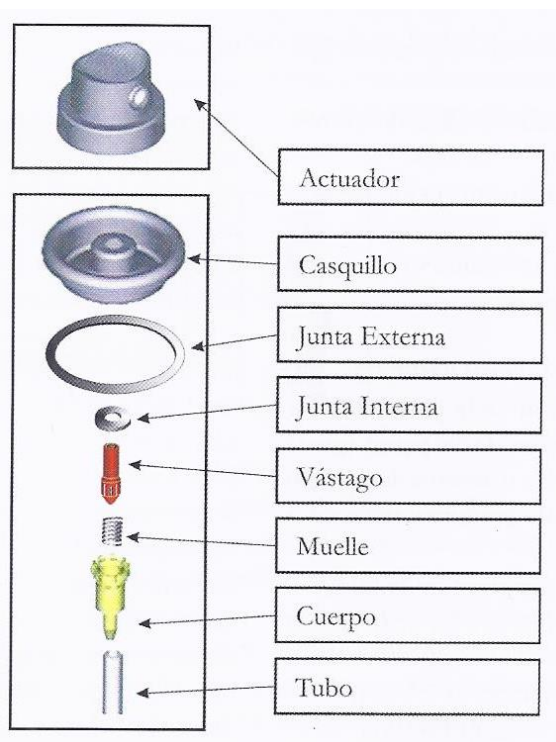
Los envases de PET son una alternativa económica, como envase para aerosol. Sin embargo, apenas se empieza a utilizar en países como Brasil y Europa. En México fue utilizado por Colgate Palmolive hace más de 10 años, pero suspendió su uso posteriormente. Sin embargo, el envase de PET para aerosol, se está utilizando actualmente en Brasil y en varios países europeos.

## 2.2 VÁLVULA PARA AEROSOL.

En 1949 Robert Abplanalp <sup>8</sup>, ingeniero mecánico, inventó en Estados Unidos la válvula para aerosol engargolada y fue el fundador de Precision Valve Corporation, que sigue siendo la empresa fabricante de válvulas para aerosol, más importante del mundo.

La válvula (o casquillo) más común para envases de hojalata y aluminio consta de: un actuador, copa de montaje, vástago, empaque, resorte, cuerpo y tubo de profundidad. Cuando el actuador es oprimido la presión interna del propelente impulsa la salida del líquido a través del tubo de profundidad.

El patrón de descarga y el tamaño de partícula del pulverizado o espray es regulado por la presión que ejerce el propelente y por el diámetro de orificio del actuador de la válvula.



De acuerdo al tamaño de partícula, la descarga del aerosol se clasifica de la siguiente forma<sup>9</sup>:

DMV (Diámetro Medio Volumétrico) en micrones	< 50	50 - 100	101 - 200	201 - 400	> 400
Clasificación del tipo de aerosol	Niebla	Bruma	Espray fino	Espray mediano	Espray Grueso

El tiempo de permanencia del producto en el aire dependerá del tamaño de partícula y en consecuencia, de su velocidad de sedimentación, tal y como se indica en la siguiente tabla.

Tamaño $\mu$	Ejemplo	Velocidad (cm/s)	Retenida por
1	Humo	0.003	Pulmón profundo, bronquios y sacos alveolares
10	Polvo	0.307	
20	Desodorante personal	1.22	Pulmón medio, tráquea y bronquios
30	Insecticida	2.75	
50	Fija pelo	7.58	Garganta y nariz
100	Espuma	30.3	
200	Rocío	122	Caen por gravedad

Cuando las partículas son inhaladas por el hombre, pueden ser retenidas y eliminadas por el propio sistema respiratorio, pero cuando el tamaño de partículas es menor a 10 micrones puede pasar directamente a los alveolos pulmonares y pasar directamente al torrente sanguíneo. Esta cualidad es deseable en productos medicinales, pero puede ser perjudicial en otros casos, por lo que debe ser regulada.

Es responsabilidad de quien comercializa un aerosol, analizar los peligros asociados por inhalación del spray, bajo condiciones normales de inhalación y considerando las propiedades fisicoquímicas del contenido.

### 2.3 PROPELENTES PARA AEROSOL

En su sentido más amplio, un propelente es cualquier material capaz de expulsar o arrastrar, por medio de su presión, el contenido de un envase de aerosol. Por lo que se han utilizado desde gases comprimidos hasta gases licuados.

Los gases comprimidos como el nitrógeno o dióxido de carbono, tienen la desventaja de que pierden su presión, en la medida que se usa el aerosol. En cambio los gases licuados como



el propelente hidrocarburo (PHC) o el dimetil éter (DME) conservan su presión de vapor hasta la última gota que permanezca en el envase del aerosol.

En 1954 la Phillips Petroleum Chemical Co. empezó a producir propelente hidrocarburo grado aerosol <sup>10</sup> y después de la prohibición de los CFC's, es el de mayor uso.



Hoy día se emplean gases licuados (propano, n-butano, isobutano, dimetil éter y HFC-152a) o gases comprimidos (nitrógeno y dióxido de carbono) que suministran la presión necesaria para expeler del envase el producto, al momento de operar la válvula dosificadora.

Una vez descargado el producto en aerosol, el propelente se separa del producto, se diluye en la atmósfera, donde después se descomponen en sustancias más simples.

Los aerosoles pueden ser homogéneos cuando el producto se mezcla uniformemente con el propelente, o heterogéneos cuando son insolubles, en tal caso el aerosol debe agitarse antes de usarse.

## **2.4 PRODUCTO O INGREDIENTE ACTIVO.**

Está constituido por el producto comercial con el que se desea satisfacer una necesidad o requerimiento del consumidor (insecticida, desodorante, aromatizante, pintura, perfume, jabón, medicamento, alimento, desinfectante, lubricante, fijador para el cabello, etc.).

Algunos productos requieren ciertos aditivos para mejorar su aceptación o eficiencia (humidificantes, emolientes, estabilizadores, surfactantes, enmascarantes, etc.).

## **2.5 EL SOLVENTE.**

El solvente puede tener varias funciones en un aerosol, puede ser el medio para solubilizar el producto, el agente co-solvente para obtener una mezcla homogénea cuando el producto no es soluble en el propelente, el medio impregnante para incrementar el tamaño de la partícula y mejorar su eficiencia como aerosol. Ejemplos de solventes: etanol, isopropanol, acetona, propilenglicol, aceites minerales, hidrocarburos líquidos, etc.

## 2.6 LA TAPA DEL AEROSOL.

Por último, tenemos la tapa del aerosol. Esta puede ser tan simple o sofisticada, de acuerdo al tipo de producto, función o imagen que se quiera dar al usuario.



## 3.0 APLICACIONES DEL AEROSOL.

La aplicación del aerosol es muy versátil. Aunque existen productos que han sido todo un éxito en el mercado, como insecticidas, desodorantes, fijadores de pelo, pinturas, etc. Aún hay mucho campo de aplicación para este sistema de envase y dosificación de productos; hace falta incursionar más en la ciencia del aerosol.



## 4.0 CUALIDADES DEL AEROSOL.

Ventajas de un producto de aerosol con otro sistema de envasado:

- a) Los aerosoles son limpios, higiénicos y no se derraman.
- b) Son prácticos, eficientes y fáciles de usar.

- c) Dosificación en forma de espray, espuma, gel, crema o polvo.
- d) Se pueden aplicar a una línea, superficie o espacio.

## 5.0 REFERENCIAS DEL ANEXO A.

1. G.W. Castellan, "Physical Chemistry" Addison-Wesley Publishing Co. Massachusetts, E.U.A. 1971 p. 432.
2. P.A. Sanders, "Handbook of Aerosol Technology", 2nd Ed. Van Nostrand Reinhold Company. New York, E.U.A. 1979 p. 3.
3. J. Guomin, M.A. Johnsen and B.V. Braune, "Aerosol Propellant Handbook". Cosmos Books LTD. Hong Kong 1998 pp. 2-6.
4. Naciones Unidas, Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos. Cuarta Edición Revisada. Nueva York y Ginebra, 2011. p. 59.
5. J. Guomin, M.A. Johnsen and B.V. Braune, "Aerosol Propellant Handbook". Cosmos Books LTD. Hong Kong 1998 p.7.
6. M.A. Johnsen, "The aerosol Handbook" 2nd. Edition. Wayne Dorland Company. Mendhaun, New Jersey, 1982. p. 47.
7. <http://www.aerobal.org/record-results-year-after-year/>.
8. <http://www.google.com/patents/US2733842>
9. M.A. Johnsen. Loc. cit. p. 47.
10. García, G. "El tamaño de partículas en el Aerosol". Aerosol la revista, Órgano oficial de comunicación de FLADA. Año VI/Marzo 2010/ 43 (2010)

# ANEXO B



## MANUAL DE SEGURIDAD 2014

**para el Llenado de Aerosoles  
con Propelente Hidrocarburo**



INSTITUTO MEXICANO DEL AEROSOL, A.C.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.

FACULTAD DE QUÍMICA.

DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES.

A QUIEN CORRESPONDA:

Asunto: autorización de uso de logo IMAAC.

A solicitud del C. TORIBIO JUAN NOLASCO MIGUEL y con la aprobación de la Mesa Directiva del Instituto Mexicano del Aerosol, A. C. (IMAAC), realizada en su reunión mensual del mes de Mayo del 2014, se autoriza al interesado utilizar el logo de nuestro Instituto para ser impreso en su propuesta del "**Manual de Seguridad 2014, para el Llenado de Aerosoles con Propelente Hidrocarburo**" y que forma parte de su trabajo escrito para obtener el Título de Ingeniero Químico.

Así mismo, se informa que la propuesta realizada por el interesado, ha sido aceptada para su revisión por el Comité Técnico de este Instituto. Una vez revisada será autorizada y con el respaldo de la sección 66 de Aerosoles de CANACINTRA, se dará a conocer a la industria nacional del aerosol. Esto se planea realizar, a través de nuestro segundo seminario técnico anual, que se llevará a cabo el próximo mes de Septiembre.

Se extiende la presente para los fines que al interesado convenga.

México Distrito Federal, a 21 de Mayo del 2014.

ATENTAMENTE

Héctor Gomez Bermúdez

-----  
PRESIDENTE DEL IMAAC

Miguel Durán Islas

-----  
SECRETARIO DEL IMAAC



**INSTITUTO MEXICANO DEL AEROSOL, A.C.**

# **MANUAL DE SEGURIDAD 2014**

**para el Llenado de Aerosoles  
con Propelente Hidrocarburo**



## PREFACIO.

Hace 10 años, por iniciativa de nuestro amigo Geno Nardini, con el respaldo del Comité Directivo de la Sección 66 (Fabricantes de Aerosoles) de la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA), el Instituto Mexicano del Aerosol, A. C. publicó la *GUÍA DE SEGURIDAD en el llenado de aerosoles con propelente hidrocarburo*, con el objetivo de promover el sano desarrollo de la industria nacional del aerosol.

Este **MANUAL DE SEGURIDAD para el Llenado de Aerosoles con Propelente Hidrocarburo** integra nueva información, relacionada con las propiedades de los gases licuados, por lo que será de gran utilidad para el manejo de otros gases licuados como el dimetil éter (DME) y el 1,1 difluoroetano (152a).

El propelente hidrocarburo (PHC) ya se usaba en el llenado de aerosoles, aún antes de que el Dr. Mario Molina y Sherwood Rowland alertaran a la humanidad del daño de los CFC's a la capa de ozono, en 1974. Sin embargo, su inflamabilidad limitaba su uso. Actualmente, se cuenta con toda la experiencia, conocimiento, tecnología y normatividad necesaria para realizar el llenado seguro de aerosoles con propelentes inflamables.

El objetivo del IMAAC, es difundir esta información a toda la industria del aerosol, a través de un Manual de Seguridad, que facilite el conocimiento y la aplicación de los principios básicos para el llenado seguro de aerosoles con PHC.

De esta manera, nuestra industria evitará accidentes y podrá seguir contribuyendo al bienestar de la sociedad, produciendo aerosoles seguros y amigables con el ambiente.

México D.F, Junio del 2014.

Juan Nolasco Miguel.



## **CONTENIDO DEL MANUAL**

**1.0 ANTECEDENTES Y ALCANCES DEL MANUAL DE SEGURIDAD.**

**2.0 PROPIEDADES DEL PROPELENTE HIDROCARBURO.**

**3.0 PELIGROS Y RIESGOS DEL PROPELENTE HIDROCARBURO.**

**4.0 SEGURIDAD EN LAS INSTALACIONES DE LA PLANTA DE AEROSOL.**

**5.0 SEGURIDAD EN EL GASIFICADO DEL AEROSOL.**

**6.0 CAPACITACIÓN PARA EMERGENCIAS.**

**7.0 ANEXOS DEL MANUAL DE SEGURIDAD.**



# SECCIÓN 1

## ANTECEDENTES Y ALCANCES DEL MANUAL DE SEGURIDAD



**“El que extrae piedras, puede lastimarse con ellas;  
El que parte leña, corre el peligro de herirse;  
*El que llena aerosoles, tiene el riesgo de incendio;*  
**Todo esto se supera con sabiduría.”****

*Eclesiastés 10, 9*

## 1.0 ANTECEDENTES Y ALCANCES DEL MANUAL DE SEGURIDAD

1.1 LA SEGURIDAD EN LA INDUSTRIA NACIONAL DEL AEROSOL.

1.2 OBJETIVO DEL MANUAL Y CAMPO DE APLICACIÓN.

1.3 NORMATIVIDAD APLICABLE Y REFERENCIAS.

1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES DEL MANUAL DE SEGURIDAD.

1.5 REFERENCIAS DE LA PRIMERA SECCIÓN DEL MANUAL.



## 1.0 ANTECEDENTES Y ALCANCES DEL MANUAL DE SEGURIDAD.

El Ingeniero Químico Pablo Oeyen, escribe en su Manual de Gas Licuado de Petróleo: <sup>1</sup>  
*“Si usted piensa que la seguridad es cara, imagine lo que le costaría un accidente”.*

### 1.1 LA SEGURIDAD EN LA INDUSTRIA NACIONAL DEL AEROSOL.

La fabricación de aerosoles se inició en México en los años 50's <sup>2</sup>. El propelente, utilizado en esa época, eran mezclas de compuestos Clorofluorocarbonados (CFC's). Estos compuestos son gases licuados no tóxicos, muy estables y no inflamables. En aquel entonces, hubo muchas plantas pequeñas que llenaban aerosoles en sótanos, bodegas y garajes, ubicados en casas, vecindades y hasta en edificios habitacionales.

La teoría del agotamiento de la capa de ozono, por efecto de los CFC's, fue publicada el 28 de junio de 1974, por Mario Molina y Sherwood Rowland <sup>3</sup>. Al descubrirse el agujero en la capa de ozono en 1985, los gobiernos de las Naciones Unidas (UN) firmaron el Protocolo de Montreal <sup>4</sup> el 16 de septiembre de 1987 (día mundial para la protección de la capa de ozono). Este Protocolo establece el compromiso para dejar de fabricar y usar los CFC's en los aerosoles, refrigeradores, equipos de aire acondicionado y en otras aplicaciones <sup>5</sup>. México fue el primer país en firmar el Protocolo de Montreal. Actualmente, sigue manteniendo el liderazgo mundial en la protección de la capa de ozono <sup>6</sup>.

El propelente hidrocarburo (PHC) formulado a base de mezclas de propano y butano, fue utilizado para aerosoles en USA, desde 1954 <sup>7</sup>. Sin embargo, su inflamabilidad limitó su uso y prefirieron los CFC's. En México, el PHC se empezó a utilizar en 1974 <sup>8</sup>.

Actualmente, el PHC sigue siendo, la alternativa más eficiente, económica y ecológica para sustituir a los CFC's en los aerosoles <sup>9</sup>. No daña la capa de ozono, pero tiene la gran desventaja de ser altamente inflamable. Por tal motivo, el Programa de las

Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) ha promovido el uso<sup>10</sup> y los aspectos técnicos de seguridad, para realizar el llenado de aerosoles con PHC<sup>11</sup>.

A pesar de que la técnica para el llenado seguro de aerosoles, con propelentes inflamables, se ha desarrollado de manera exitosa en la industria mundial del aerosol, en México hay empresas que trabajan fuera de estas buenas prácticas de seguridad.

## **1.2 OBJETIVO DEL MANUAL Y CAMPO DE APLICACIÓN.**

Este Manual, publicado por el Instituto Mexicano del Aerosol, A.C. (IMAAC) y con la aprobación del Comité Directivo de la Sección 66 (Fabricantes de Aerosoles) de la Cámara Nacional de la Industria de la Transformación (CANACINTRA) va a explicar, en forma sencilla, los fundamentos y requisitos básicos para el llenado seguro de aerosoles con propelente hidrocarburo. El objetivo es evitar accidentes que puedan dañar a las personas, a las empresas y a la imagen de la industria del aerosol. Así mismo, promover el sano desarrollo y crecimiento de esta industria, que tiene un fuerte potencial de crecimiento en México.

Más del 95% de los aerosoles, producidos en México, se llenan con propelente hidrocarburo (PHC). El resto se llena con dimetil éter (DME), con 1,1-difluoroetano (152a) y en menor parte, con gases comprimidos como dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y nitrógeno (N<sub>2</sub>). La aplicación general de este Manual, está dirigido al propelente hidrocarburo (PHC). Pero los principios de seguridad aplican también al DME y al 152a, por tratarse de gases licuados inflamables.

## **1.3 NORMATIVIDAD APLICABLE Y REFERENCIAS.**

En países desarrollados (Norteamérica, Europa, etc.) se ha llevado la seguridad con propelentes inflamables, a niveles muy sofisticados.

En Estados Unidos, la CSPA (Consumer Specialty Products Association) elaboró un *Manual de "Propelentes para Aerosol: Consideraciones para su Manejo Efectivo en las Plantas y Laboratorios de aerosol"*<sup>12</sup>. Este manual fue elaborado en base a su legislación laboral (Code of Federal Regulation) y de los códigos NFPA. Los códigos de



la NFPA (National Fire Protection Association) son muy aceptados internacionalmente como la mejor referencia profesional, en materia de seguridad y contra incendios.

En la Unión Europea, la Federación Europea del Aerosol (FEA) cuenta con una “*Guía de Requerimientos Básicos de Seguridad en la Manufactura de Aerosoles*”<sup>13</sup>.

En México, también existe una normatividad muy exhaustiva, por parte de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS). A través de la Norma Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010, la STPS establece las *condiciones de seguridad para la prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo*. Para la administración de la seguridad, en los centros de trabajo donde se manejan sustancias químicas peligrosas, establece la NOM-028-STPS-2012. Para gases o líquidos inflamables, esta norma aplica partir de 4,600 kg <sup>14</sup>.

La Secretaría de Energía (SENER), a través de la Subsecretaría de Hidrocarburos <sup>15</sup>, vigila el cumplimiento de las medidas técnicas y de seguridad del gas LP (NOM-001-SEDG-1996, NOM-003-SEDG-2004 y NOM-004-SEDG-2004). Estas normas aplican para el gas LP comercial, que se almacena en recipientes a presión, pero se utiliza como combustible en fase gaseosa y baja presión regulada. La SENER no regula al propelente hidrocarburo, el cual se usa en fase líquida, en alta presión y para el llenado de aerosoles.

#### **1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES DEL MANUAL DE SEGURIDAD DEL IMAAC.**

Al no existir en México una guía de seguridad, para la industria nacional del aerosol, el IMAAC solicitó la elaboración de este MANUAL DE SEGURIDAD, para que cualquier compañía que envase aerosoles con propelente hidrocarburo pueda entender fácilmente los principios básicos para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de sus instalaciones que manejen propelente hidrocarburo y conozca la manera de aplicarlos.

Este manual, no pretende sustituir la normatividad oficial establecida por el Gobierno Mexicano, que aplique o pueda aplicar a nuestra industria. Muchas medidas de seguridad citadas, provienen de las Normas Oficiales Mexicanas de la STPS y SENER. Así mismo, se toman como referencia los manuales de seguridad de PNUMA, CSPA y FEA; los códigos NFPA 58 <sup>16</sup> y NFPA 30B <sup>17</sup>. También se cita a *Aerosol la Revista* <sup>18</sup>, el

órgano oficial de comunicación de FLADA (Federación Latinoamericana del Aerosol), que se ha convertido, en la mejor fuente de información y actualización técnica disponible en español. Para facilitar su consulta, las referencias aparecerán al final de cada sección.

Cabe subrayar, que todas las medidas de seguridad parten de las propiedades físicas y de la inflamabilidad del propelente hidrocarburo, por lo que se analizan en este manual. Conociendo estas propiedades, fácilmente se entenderán todas las medidas básicas de seguridad que se deben aplicar en las plantas que fabrican aerosoles.

Las fotografías y planos de las instalaciones que aparecen en este manual, son exclusivamente para fines ilustrativos. Nos reservamos el derecho de citar su origen. Los catálogos y especificaciones para los equipos utilizados en la industria del gas LP, pueden ser consultados en la página del proveedor <sup>19</sup>.

## 1.5 REFERENCIAS DE LA PRIMERA SECCIÓN DEL MANUAL.

1. Oeyen P. Manual del Gas Licuado de Petróleo. IPSA, Argentina. Edición 1998. Cap. IV, p. 1.
2. Aerosol la Revista. William Buenfil Pionero de la Industria del Aerosol en Latinoamérica. FLADA, Año II, Marzo 2006. p. 5.
3. M. J. Molina & F.S. Rowland. Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine Atome-catalysed Destruction of Ozone. Nature, Vol. 249. June 28 1974. pp. 810-812.
4. [http://ozone.unep.org/new\\_site/en/montreal\\_protocol.php](http://ozone.unep.org/new_site/en/montreal_protocol.php).
5. S. Andersen, K. Madhava & K. Toddonio. Technology Transfer for the Ozone Layer. First Published by Earthscan UK, 2007. ISBN: 978-1-84407-473-0
6. <http://www.presidencia.gob.mx/mexico-ejemplo-internacional-en-la-proteccion-de-la-cap-a-de-ozono/>.
7. Montfort A. Johnsen, "The Aerosol Handbook". Second edition. Wayne Dorland Company. Mendham, New Jersey, (1982) p. 306. ISBN: 0960 3250 3-4.
8. G. Nardini. Aerosol Sector Conversion in Action. UNEP IE OzonAction Programme. March, 1995.
9. J. Nolasco. El Alma de Aerosol. Aerosol, la Revista. FLADA. Año VII, Noviembre 2011. pp 28-36.
10. EPA R&D. Manual for non-CFC Aerosol Packaging: Conversion from CFC to Hydrocarbon Propellants. EPA-600/2-91-056. Sep. 1991.
11. PNUMA. Manual de Seguridad: Aspectos Técnicos de la Inflamabilidad de los Gases Hidrocarburos. Publicación de Naciones Unidas ISBN: 92-807-2603-X. Año 2005.
12. CSPA, Aerosol Propellants: Considerations for effective Handling in the Aerosol Plant and Laboratory. Third Edition, 2010.



13. BAMA: Guidelines on Basic Safety Requirements in Aerosol Manufacturing. Second Edition: September 2003.
14. NORMA Oficial Mexicana NOM-028-STPS-2012, Sistema para la administración del trabajo-Seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas. DOF, 6 de Septiembre de 2012. Tabla 1: Listado de sustancias químicas peligrosas.
15. <http://www.sener.gob.mx/>.
16. NFPA 58, Liquefied Petroleum Gas Code, 2014 Edition.
17. NFPA 30B, Code for the Manufacture and Storage of Aerosol Products, 2011 Edition.
18. [aerosollarevista.com/hojeando-alr-ano-ix/](http://aerosollarevista.com/hojeando-alr-ano-ix/)
19. <http://www.egsa.mx/SoporteTecnico.aspx>.

# SECCIÓN 2

## PROPIEDADES DEL PROPELENTE HIDROCARBURO (PHC)



***“Él me dio el verdadero conocimiento de la realidad:  
la constitución del universo  
y las propiedades de sus elementos”***

*Sabiduría 7, 17*



## 2.0 PROPIEDADES DEL PROPELENTE HIDROCARBURO (PHC).

### 2.1 ORIGEN, ESTADO FÍSICO, PRODUCCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PHC.

2.1.1 Origen de los hidrocarburos.

2.1.2 Estado natural y manejo del propelente hidrocarburo.

2.1.3 Producción y purificación del propelente hidrocarburo.

2.1.4 Características organolépticas del PHC grado aerosol

### 2.2 PRESIÓN DE VAPOR DEL PROPELENTE HIDROCARBURO.

2.2.1 La presión de vapor y su desempeño en un aerosol.

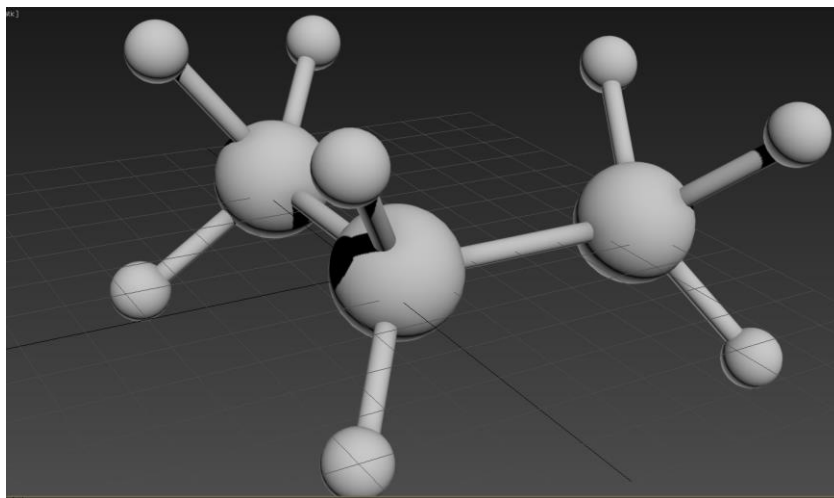
2.2.2 Efecto de la temperatura en la presión de vapor.

### 2.3 DILATACIÓN TÉRMICA DE LA FASE LÍQUIDA DE UN GAS LICUADO.

### 2.4 PRESIÓN HIDROSTÁTICA DE UN GAS LP ENTRAMPADO.

### 2.5 EXPANSIÓN ATMOSFÉRICA DE UN GAS LICUADO.

### 2.6 REFERENCIAS DE LA SEGUNDA SECCIÓN DEL MANUAL.



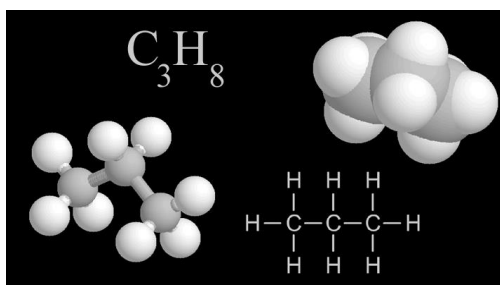
## 2.0 PROPIEDADES DEL PROPELENTE HIDROCARBURO (PHC).

### 2.1 ORIGEN, ESTADO FÍSICO, PRODUCCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PHC.

#### 2.1.1 ORIGEN DE LOS HIDROCARBUROS.

Los hidrocarburos son **compuestos naturales**, que se obtienen del petróleo y están constituidos por átomos de hidrógeno y de carbono. Los hidrocarburos utilizados como propelente, para la industria del aerosol, son el **Propano, Isobutano y n-Butano**. En la figura se muestra la fórmula química del propano (condensada  $C_3H_8$ , desarrollada y geometría de la molécula). En la tabla del anexo 01, se muestran las fórmulas para otros hidrocarburos y propelentes.

Molécula de Propano



#### 2.1.2 ESTADO NATURAL Y MANEJO DEL PROPELENTE HIDROCARBURO.

Los hidrocarburos se encuentran en estado gaseoso, pero se comprimen hasta su estado líquido para facilitar su almacenamiento y transporte. **También se conocen como gases licuados del petróleo (gas LP).** El almacenamiento, transporte y manejo del gas LP se realiza en recipientes sujetos a presión.



El propelente hidrocarburo se almacena, maneja y transporta en recipientes sujetos a presión.

### 2.1.3 PRODUCCIÓN Y PURIFICACIÓN DEL PROPELENTE HIDROCARBURO.

En México, el gas LP es producido y comercializado por Petróleos Mexicanos. En forma comercial, no se puede, ni debe ser usado como propelente para aerosol. Esto debido al alto contenido de mercaptanos y de otras impurezas, que imparten el típico olor a “gas”. **Antes de usarse como propelente, el gas LP debe ser fraccionado en sus componentes y purificado de toda impureza que pueda reaccionar o causar mal olor al producto; o que pueda ser perjudicial para la salud o para el ambiente.**

Un estricto control de calidad, la selección del Centro Procesador de Gas y los procesos de purificación, son elementos clave para cumplir con las especificaciones establecidas para el **Propelente Hidrocarburo Grado Aerosol** <sup>1</sup>.



Tren de torres de purificación para propano



Densímetro con PHC

### 2.1.4. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL PHC GRADO AEROSOL.

- a) La fase líquida es incolora como el agua, presenta un suave olor a solvente y es insoluble en el agua. El propano pesa la mitad del agua (densidad relativa = 0.5).
- b) La fase vapor es incolora como el aire, su suave olor se diluye y desaparece en el aire. El butano es dos veces más pesado que el aire (densidad relativa = 2.0). Al ser más pesados que el aire, los gases licuados pueden desplazar el oxígeno y crear una atmósfera que resulta asfisiante, cuando se respira prolongadamente.
- c) El propano líquido, tiene un punto de ebullición de  $-42.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Al contacto de la piel, los gases licuados pueden producir quemaduras frías.

## 2.2 PRESIÓN DE VAPOR DEL PROPELENTE HIDROCARBURO.

La presión requerida para mantener en estado líquido a un gas, a una temperatura de referencia, se conoce como presión de vapor. En la industria mexicana del aerosol y en muchos países <sup>2</sup>, la presión de vapor manométrica para el propelente, se especifica a 21 °C y se mide en psi (libras por pulgada cuadrada). **La presión se determina siguiendo el Método ASTM-D-1267 <sup>3</sup> y se conoce como presión de vapor ASTM a 21°C.**



Equipo requerido para medir la presión de vapor ASTM, del PHC.

**Los gases licuados mantienen su presión de vapor constante.** Esta propiedad garantiza su buen desempeño como propelente para aerosol, pues mantienen su presión de vapor mientras exista una gota de líquido en el envase <sup>4</sup>.

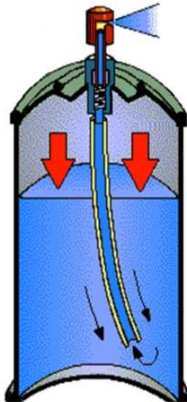
El n-butano (conocido como A-17) tiene una presión de vapor de 16.9 psi, a 21°C y es insuficiente para el buen desempeño de los aerosoles. El isobutano (A-31) tiene una presión de 31.1 psi, aceptable para algunos aerosoles. La presión del propano es de 109.3 psi, que resulta excesiva y peligrosa, para los envases y aerosoles más usuales. **Al usar PHC con altas presiones, asegúrese de usar el envase adecuado <sup>5</sup>.**

La experiencia adquirida, en la industria del aerosol, indica que los propelentes más satisfactorios tienen una presión de vapor entre 31 y 70 psi. Estos se forman mediante la mezcla apropiada de los hidrocarburos puros. Por ejemplo, si mezclamos 50% de n-butano (19.6 psig) con 50% de propano (109.3 psig), obtenemos una mezcla con una presión de 63 psig @ 21°C. Si deseamos un A-46, se aumenta la proporción de n-butano a 70% y se disminuye el contenido de propano a 30%.

**En México, cuando se antepone la “A” a la presión de vapor del PHC, es suficiente para especificar que cumple con los requisitos de calidad establecidos para el propelente grado Aerosol.** Ejemplo, propelente hidrocarburo A-31, A-46, etc.

### 2.2.1 LA PRESIÓN DE VAPOR Y SU DESEMPEÑO EN UN AEROSOL.

La presión de un gas propelente, proporciona la fuerza sobre la superficie líquida de un aerosol, para realizar el trabajo de extracción de un determinado volumen de producto cuando se activa la válvula <sup>6</sup>.



*“Aerosol, es un sistema de empaque no rellenable, que consta de un envase y una válvula dosificadora, donde un producto y un propelente han sido herméticamente sellados”.*

Un gas licuado conserva su presión de vapor mientras haya una gota de propelente en el envase. Esta es una gran ventaja sobre los gases comprimidos (nitrógeno o dióxido de carbono), los cuales pierden su presión en la medida que se descarga el producto.

Otra gran ventaja del gas licuado se presenta cuando se acciona la válvula del aerosol. El propelente líquido arrastrará el producto envasado, a través del tubo de la válvula y al

ser disparado al ambiente (por la acción del pulsador de la válvula) pasará súbitamente a su estado natural gaseoso.

La vaporización súbita del gas licuado, provocará la pulverización del producto en finas partículas (spray en inglés) <sup>7</sup>. El tamaño de las partículas resultantes del spray dependerá de la presión de vapor del propelente, del diámetro del orificio de la válvula y del pulsador <sup>8</sup>.

### 2.2.2 EFECTO DE LA TEMPERATURA EN LA PRESIÓN DE VAPOR.

La presión de vapor de los gases licuados se incrementa de forma exponencial con la temperatura (ver gráfica en el anexo 02). Por ejemplo, la presión de vapor del propano a 21°C es de 109.3 psig, a 37.8°C es de 172.0 psig y a 54.4 °C es de 259.1 psig <sup>9</sup>.

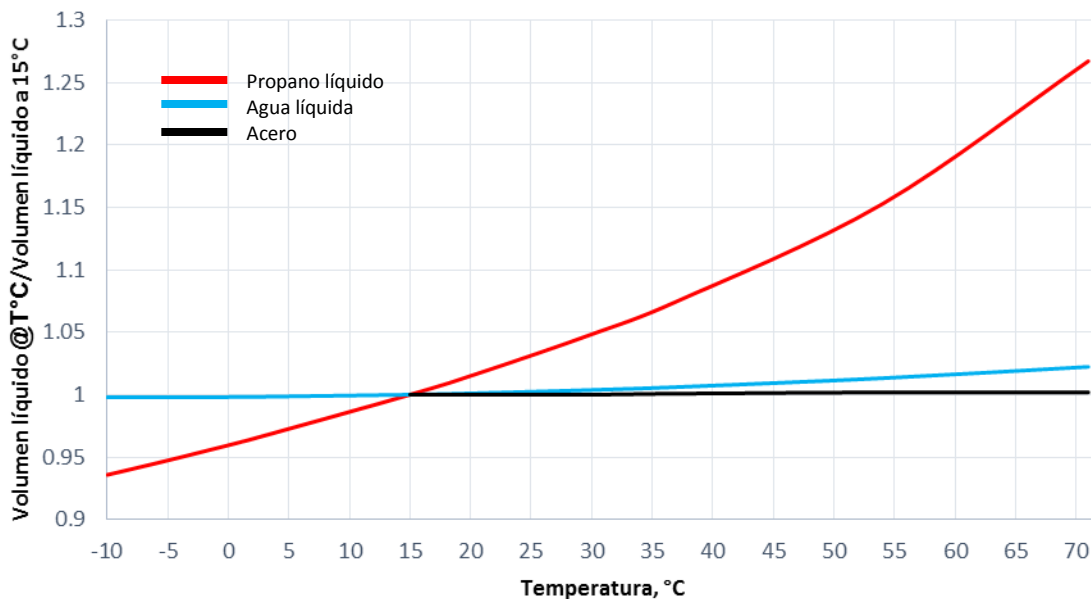
**Los tanques o recipientes de almacenamiento de gas LP, tienen una presión de diseño de 250 psig y sus válvulas de seguridad están calibradas a 250 psig.** Esto significa que a esta temperatura, la válvula de seguridad de un tanque con propano, abrirá para aliviar la presión excedente. **Es imprescindible que las válvulas de seguridad se encuentren en aptas para liberar cualquier sobrepresión, que pueda poner en riesgo la integridad mecánica del recipiente.**



Las válvulas de seguridad constituyen el elemento básico para garantizar la integridad mecánica de un recipiente sujeto a presión. Se deben mantener bajo inspección, mantenimiento periódico y ser reemplazadas por lo menos cada 10 años. Se debe contar con un acceso fijo para su inspección.

### 2.3. DILATACIÓN TÉRMICA DE LA FASE LÍQUIDA DE UN GAS LICUADO.

Un gas licuado tiene un coeficiente de dilatación térmica muy elevado. Por ejemplo, el propano expande su volumen un 25%, cuando se incrementa su temperatura de 15.5 a 71.1°C. Por otra parte, el agua solo aumenta un 2.2% su volumen, mientras que el acero se expande un 0.19%, en el mismo rango de temperatura. Aunque esta dilatación térmica, se conoce desde hace más de 150 años, aún mucha gente lo desconoce <sup>10</sup>.



GRÁFICA DE LA DILATACIÓN TÉRMICA DEL PROPANO, AGUA Y ACERO

**El propano aumenta 0.41% su volumen por cada °C, en el rango de 15 a 50°C <sup>11</sup>.**

Si un recipiente se llena con propano al 85% de su nivel y esto ocurre en la mañana (a una temperatura de 15 °C y por la tarde, el sol calienta el recipiente a 35 °C, entonces el volumen aumentará a 93.2 % por dilatación térmica (0.41%/ °C por 20 °C = 8.2% más).

Si un envase de aerosol se llena al 85% con propano, a 15°C y se deja en el interior de un automóvil, la temperatura puede elevarse entre 55 y 77 °C <sup>12</sup>. A 50 °C, el volumen subirá a 99.3% y 5 grados más, el envase reventaría por expansión térmica del propano.

**Los envases de aerosol cuentan con una concavidad en el fondo del recipiente, que puede expandirse y permitir un volumen adicional para la expansión térmica**

de su contenido. Sin embargo, el volumen adicional resulta insuficiente para la temperatura que se puede alcanzar en el interior de un automóvil.



Explosión de un aerosol por dilatación térmica en el interior de un automóvil.

## 2.4 PRESIÓN HIDROSTÁTICA DE UN GAS LP ENTRAMPADO.

En un recipiente de acero, a volumen constante y a 15.5 °C, la presión del propano licuado se incrementa 668 psi por cada °C, aproximadamente <sup>13</sup>. Por esta razón, debe evitarse que los recipientes y tuberías queden llenos y enfrenten una presión interior de origen hidrostático. Esta presión puede romper el recipiente o, en el mejor de los casos, puede ocasionar la apertura de la válvula de seguridad, derramando propano líquido al ambiente.

**En los recipientes, el efecto de la presión hidrostática se elimina cuando se respeta el llenado máximo del 85%.** En cambio, una tubería que conduce gas licuado, siempre va a estar llena de líquido, mientras éste fluya no hay problema. El riesgo se presenta cuando se cierran las válvulas, en ambos extremos de la tubería y el líquido queda atrapado.

El chillido de la válvula de alivio y la aparición de una nube blanca, originada por el vapor de un gas licuado, son el aviso de un sobrellenado del recipiente. La rotura súbita del recipiente no daría tal aviso y resultaría en una gran explosión; con muy graves consecuencias, tanto para edificaciones o instalaciones cercanas, como para personas.





Resultados por sobrellenado de un autotanque con gas LP (al fondo se ve la Planta).

**Los recipientes para almacenamiento de gas LP, están diseñados para resistir la presión de vapor que ejerce el propano, aun así debe evitarse que éstos enfrenten una presión interior de origen hidrostático (IQ. Edgar Martínez R. SIIAGAS) <sup>14</sup>.**

Aunque la tubería cédula 40 en acero al carbón, puede resistir hasta 7,800 psig antes de romperse, las válvulas para gas licuado se construyen para una presión de operación de 400 psig WOG (Water, Oil & Gas) <sup>13</sup> y se deben proteger con su capuchón.



Ver catálogo del proveedor EGSA ([www.egsa.com](http://www.egsa.com))

Válvulas de relevo hidrostático

Las secciones de tubería, donde pueda quedar gas licuado atrapado entre dos válvulas, deben protegerse con válvulas de relevo hidrostático. Estas válvulas deben estar calibradas a una presión no mayor a 400 psig.

En la siguiente tabla se muestra la presión de operación y de ruptura para tubería de acero al carbón, sin costura y que cumple con las especificaciones de fabricación ASTM A-106 Gr B/ ASTM A-53 Gr B. La cédula 40 puede utilizarse en tubería soldable y la cédula 80 con tubería roscada. Se recomienda usar la cédula 80 para mayor seguridad.

Diámetro nominal (in)	Cédula 40		Cédula 80	
	Presión de trabajo (psi)	Presión de ruptura (psi)	Presión de trabajo (psi)	Presión de ruptura (psi)
¾	2000	12900	3500	17600
1	2100	12100	3500	15900
1 ¼	1800	10100	3000	13900
1 ½	1700	9100	2800	12600
2	1500	7800	2500	11000

Fuente: Pressure Ratings of Steel Pipe, ANSI B31.1.

## 2.5 EXPANSIÓN ATMOSFÉRICA DE UN GAS LICUADO.

Los gases licuados cuando se liberan al ambiente pasan a su estado natural gaseoso. Por ejemplo, un litro de propano licuado cuando se libera a la atmósfera se convierte en 273.8 litros de gas, a 21°C. Un litro de DME se expande a 345.6 litros. Esta relación se conoce como relación de expansión líquido a gas. Se calcula utilizando la ecuación general de los gases:  $P V = n R T$ .

### CÁLCULO DEL VOLUMEN DE EXPANSIÓN DEL PROPANO:

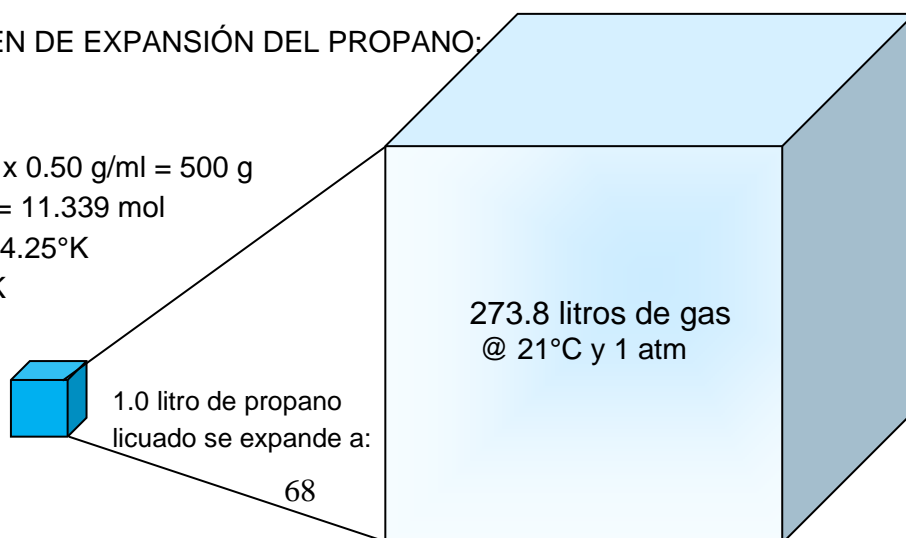
#### DATOS:

$$1 \text{ l de propano} = 1000 \text{ ml} \times 0.50 \text{ g/ml} = 500 \text{ g}$$

$$n = 500 \text{ g} / 44.096 \text{ g/mol} = 11.339 \text{ mol}$$

$$T = 21.1^\circ\text{C} + 273.15 = 294.25^\circ\text{K}$$

$$R = 0.08206 \text{ atm}\cdot\text{L/mol}\cdot^\circ\text{K}$$





RESULTADO:

$$\begin{aligned} V &= n R T / P \\ &= 11.339 \times 0.08206 \times 294.25 / 1 \\ &= 273.8 \text{ litros} \end{aligned}$$

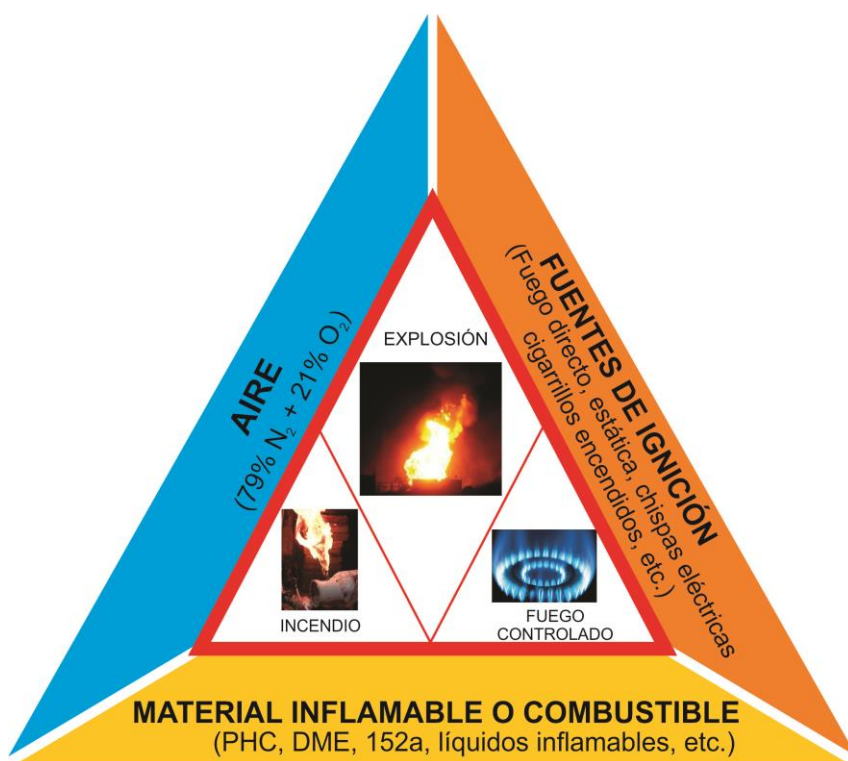
De manera similar se puede obtener la expansión para otros gases licuados, utilizando la densidad y el peso molecular correspondiente. Los datos y resultados obtenidos se pueden consultar en la tabla del anexo 01.

## 2.6 REFERENCIAS DE LA SEGUNDA SECCIÓN.

1. J. Guomin, M.A. Johnsen and B.V. Braune, "Aerosol Propellant Handbook". Jing Tai Printing Ltd., Hong Kong. (1998) p. 170.
2. Ibid, p. 172
3. ASTM D-1267-12 Standard Test Method for Gage Vapor Pressure of Liquefied Petroleum (LP) Gases. (LP-Gas Method).
4. CSMA, Aerosol Propellants Safety Manual.
5. Aerosol la Revista. Envases para Alta Presión. FLADA, Año VI, Junio 2011. p. 5.
6. J. Nolasco. El Alma de Aerosol. Aerosol, la Revista. FLADA. Año VII, Octubre 2011. pp 15-20.
7. H. Gómez. La pulverización del Aerosol. Aerosol, la Revista. FLADA. Año IX, Julio 2013. pp 20-26.
8. G. Arias. El Tamaño de Partículas en el Aerosol. Aerosol, la Revista. FLADA. Año VI, Enero 2010.
9. CSMA, Aerosol Propellants Safety Manual.
10. T, Newbigging, Hand Book for Gas Engineers and Managers. Second Edition. Clayton and Co. London, 1874. pp 138 (dilatation of gas table), 281 (expansion of metals) y 282 (expansion of liq.).
11. N. de Nevers. Propane Overfilling Fires, Fire Journal, 81(5) Sep/Oct, 1987. pp 80-82.
12. <http://www.saludhealthinfo.com/es/seguridad/Trampasmortalesenlosdiasdecalor.htm>.
13. N. de Nevers. Loc. cit. p. 81.
14. E. Martínez (SIIAGAS). Almacenamiento de Propelente HC. Aerosol, la Revista. FLADA. Año X. Febrero 2014. p 12.

# SECCIÓN 3

## PELIGROS Y RIESGOS DEL PROPELENTE HIDROCARBURO

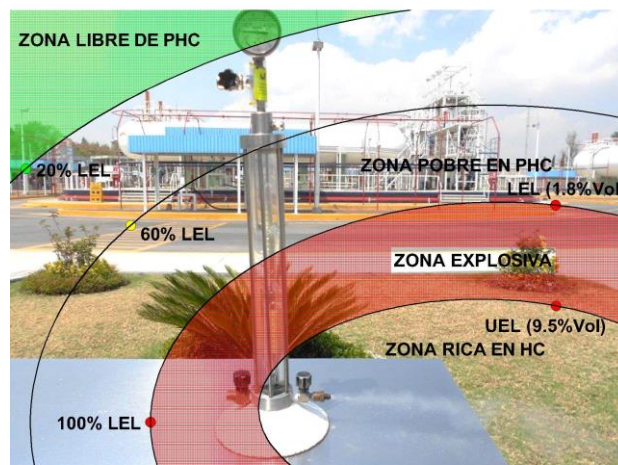


***“Por una chispa se levanta un incendio”***

*Sabiduría 11, 34*

### 3.0 PELIGROS Y RIESGOS DEL PROPELENTE HIDROCARBURO.

- 3.1 INFLAMABILIDAD DEL PROPELENTE HIDROCARBURO.
- 3.2 ELEMENTOS DEL TRIÁNGULO DE FUEGO Y SU CONTROL.
  - 3.2.1 Concentraciones peligrosas de PHC en el aire.
  - 3.2.2 Cuidado con las fuentes de ignición.
  - 3.2.3 Recomendaciones básicas para evitar un incendio con PHC.
- 3.3 PROPIEDADES DEL PHC QUE AUMENTAN EL RIESGO DE INCENDIO.
  - 3.3.1 La falta de olor de los vapores de PHC.
  - 3.3.2 El peso relativo de su vapor con respecto al aire.
- 3.4 RIESGOS POR FUGAS O DERRAMES DE PHC.
  - 3.4.1 Fugas menores de origen operacional.
  - 3.4.2 Fugas o derrames masivos de gases licuados.
- 3.5 INCENDIOS Y EXPLOSIONES DE GASES LICUADOS.
  - 3.5.1 Nivel del peligro y riesgo involucrado.
  - 3.5.2 Consecuencias de una fuga o derrame mayor de PHC.
  - 3.5.3 Accidentes ocurridos en la industria nacional del aerosol.
- 3.6 NORMAS Y LISTADOS QUE APLICAN A LAS SUSTANCIAS PELIGROSAS.
  - 3.6.1 Listado para sustancias inflamables y explosivas.
  - 3.6.2 Identificación y comunicación de riesgos y peligros de las sustancias químicas peligrosas.
  - 3.6.3 Agentes químicos contaminantes del ambiente laboral
  - 3.6.4 Norma para la administración de la seguridad.
  - 3.6.5 Instalaciones eléctricas en áreas donde se maneja PHC.
- 3.7 INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ÁREAS DONDE SE MANEJA PHC
  - 3.7.1 Áreas peligrosas (clasificadas).
  - 3.7.2 Instalaciones eléctricas en áreas clasificadas.
- 3.8 REFERENCIAS DE LA TERCERA SECCIÓN.



### 3.0 PELIGROS Y RIESGOS DEL PROPELENTE HIDROCARBURO.

Los hidrocarburos utilizados como propelentes para aerosol (propano, isobutano y n-butano) son gases inflamables y aparecen en las listas oficiales de sustancias químicas peligrosas, por su elevado nivel de riesgo de incendio y explosividad.

#### 3.1 INFLAMABILIDAD DEL PROPELENTE HIDROCARBURO.

La definición de gas inflamable está establecida por el Sistema Internacional para la Clasificación de Materiales Peligrosos, de las Naciones Unidas <sup>1</sup>:

**Gas inflamable**, es cualquier material que se encuentra en estado gaseoso a condiciones atmosféricas (14.7 psi y 20°C), que tiene un punto de ebullición igual o menor a 20°C y que tiene un límite menor de inflamabilidad (LEL) del 12% en aire, o menos.

**El PHC es un gas a condiciones ambientales, su temperatura de ebullición es menor a 0°C y forma mezclas inflamables con el aire, a partir del 1.8% en volumen.**

La Norma Oficial Mexicana **NOM-002-STPS-2010 Condiciones de Seguridad-Prevención y Protección Contra Incendios en los Centros de Trabajo**, clasifica al propano y butano como gas inflamable. Además, da las siguientes definiciones:

**Incendio:** Es el fuego que se desarrolla sin control en tiempo y espacio.

**Fuego:** Es la oxidación rápida de los materiales combustibles con desprendimiento de luz y calor.

Los gases licuados del petróleo tienen un alto poder calorífico, por lo que además de ser un buen propelente, son un excelente combustible.

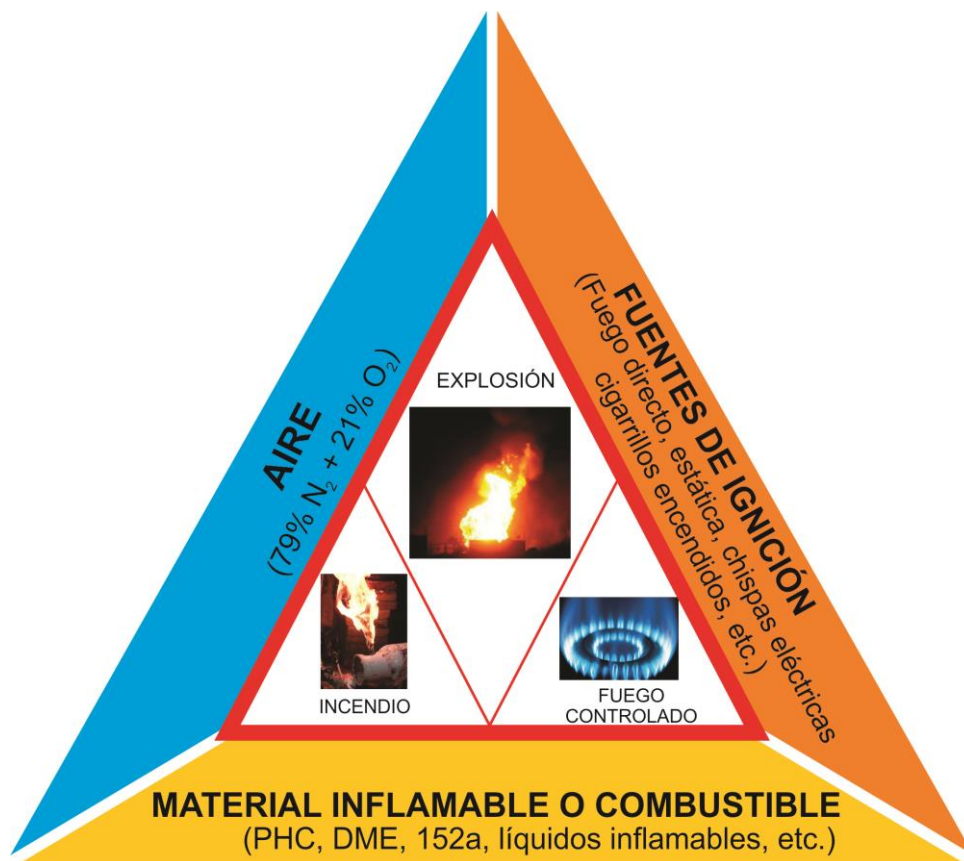
**El calor producido en la combustión de propano es de 19,918 BTU/lb (46.3 KJ/g).** Ver anexo 01 para otros gases licuados.



### 3.2. ELEMENTOS DEL TRIÁNGULO DE FUEGO Y SU CONTROL.

Aunque el PHC es un gas muy inflamable, se necesitan tres cosas para ocasionar un incendio o una explosión: una porción adecuada de hidrocarburo en aire, la presencia de oxígeno y una fuente de ignición.

La planta envasadora de aerosoles, que utiliza PHC de manera segura, no deberá permitir que estas condiciones ocurran simultáneamente. El oxígeno siempre está presente en el aire, no lo podemos controlar. Lo que si podemos y debemos controlar, es la presencia de fugas de PHC y de fuentes de ignición.



Si no existe una concentración suficiente de PHC en el ambiente, ni fuentes cercanas de ignición, es poco probable que ocurra un accidente por incendio o explosión.



### 3.2.1 CONCENTRACIONES PELIGROSAS DE PHC EN EL AIRE.

El propelente hidrocarburo, cuando se fuga de los recipientes sujetos a presión, es muy peligroso. Pero aún así, se requiere que esté presente en el aire a determinadas concentraciones conocidas como límites de explosividad. No puede causar daños cuando está demasiado diluido. Cuando está muy concentrado, tampoco puede prender por falta de oxígeno. Aunque esta condición resulta ya muy peligrosa.

El límite superior de explosividad del hidrocarburo en el aire UEL (Upper Explosive Limit) no tiene mucha importancia aquí. No queremos llegar a tener demasiado PHC en el ambiente. En la siguiente tabla se muestran los límites de explosividad del PHC.

Sustancia	Límites de explosividad
Propano	2.2% a 9.5%
Isobutano	1.8% a 8.4%
n-Butano	1.9% a 8.5%

**El límite inferior de explosividad, conocido como LEL (Lower Explosive Limit) es de extrema importancia. Representa el porcentaje mínimo, en volumen de vapores de PHC presentes en el aire, que son suficientes para causar una explosión.**

También se conocen como límites de inflamabilidad, pero este término aplica cuando los hidrocarburos se utilizan como gas combustible, a presión y flujo regulado. Por ejemplo, en una estufa se forma una mezcla inflamable para producir un fuego controlado.

En la sección 2.5, calculamos que la expansión de un litro de propano licuado produce 273.8 litros de gas @ 21°C y a presión atmosférica. Este volumen de gas, diluido en aire, puede producir 12,445 litros de mezcla explosiva ( $273.8 \text{ L} / 0.022 = 12,445.45 \text{ L}$ ).

El DME requiere mayor concentración en el aire, para llegar a su límite inferior de explosividad (3.3%). Sin embargo, mantiene un mayor intervalo de explosividad (18.0%). Esto explica su mayor nivel de riesgo de explosividad.



### 3.2.2 CUIDADO CON LAS FUENTES DE IGNICIÓN.

Los hidrocarburos requieren una temperatura de auto-ignición superior a los 405 °C (ver anexo 02). Cualquier fuego o chispa puede alcanzar esta temperatura, no importa si es ocasionada por un cerillo o un cigarro encendido, escapes de vehículos de combustión interna, arcos eléctricos de apagadores, motores, soldadura, estática, fricción, choque, etc. La llama de un cerillo puede alcanzar una temperatura de 1,650 °C<sup>2</sup>.

La Norma Oficial Mexicana **NOM-005-STPS-1998, Relativa a las Condiciones de Seguridad e Higiene en los Centros de Trabajo para el Almacenamiento, Manejo y Transporte de Sustancias Químicas Peligrosas**, prohíbe el uso de herramientas, ropa, zapatos y objetos personales que puedan generar calor, descarga estática, chispas, flama abierta o temperaturas que puedan provocar ignición. También prohíbe introducir dispositivos electrónicos que puedan generar radiofrecuencias en áreas explosivas.

**Se debe evitar el uso de teléfonos celulares en las áreas donde se maneje gases o líquidos inflamables que puedan generar atmósferas explosivas<sup>3</sup>.**



### 3.2.3 RECOMENDACIONES BÁSICAS PARA EVITAR UN INCENDIO CON PHC.

La siguiente expresión, resume la fórmula que puede destruir una planta de aerosoles:

**(Concentración de HC  $\geq$  LEL) + Fuente de ignición + O<sub>2</sub> = Incendio o explosión**

El oxígeno está por todos lados, como parte del aire que respiramos y no se puede limitar. Como no podemos controlar la presencia del oxígeno, es importante considerar las siguientes recomendaciones básicas para evitar un accidente con PHC:

- ✓ **Evitar hasta la más mínima fuga o emisiones al ambiente de PHC para reducir el riesgo de formar mezclas explosivas con el aire.**
- ✓ **Una adecuada ventilación natural es la forma más económica, sencilla y segura para evitar concentraciones peligrosas de PHC.**
- ✓ **Evitar la presencia de cualquier fuente de ignición en donde se maneje PHC.**

Obviamente, si no hubiera fugas de hidrocarburos, no existiría problema alguno. En una planta típica de aerosoles se hacen todos los esfuerzos para evitar una fuga. Las fugas representan una pérdida de dinero, además de un peligro <sup>4</sup>.

Sin embargo, por mucho que se les dé mantenimiento a las tuberías y mangueras, éstas llegan a presentar fugas. Las válvulas desarrollan fugas a través del tiempo, aún en plantas con un mantenimiento periódico. Siempre hay algunos aerosoles con fuga que tienen válvulas defectuosas o que han sido dañados por el adaptador de la máquina de gasificación.

### **3.3 PROPIEDADES DEL PHC QUE AUMENTAN EL RIESGO DE INCENDIO.**

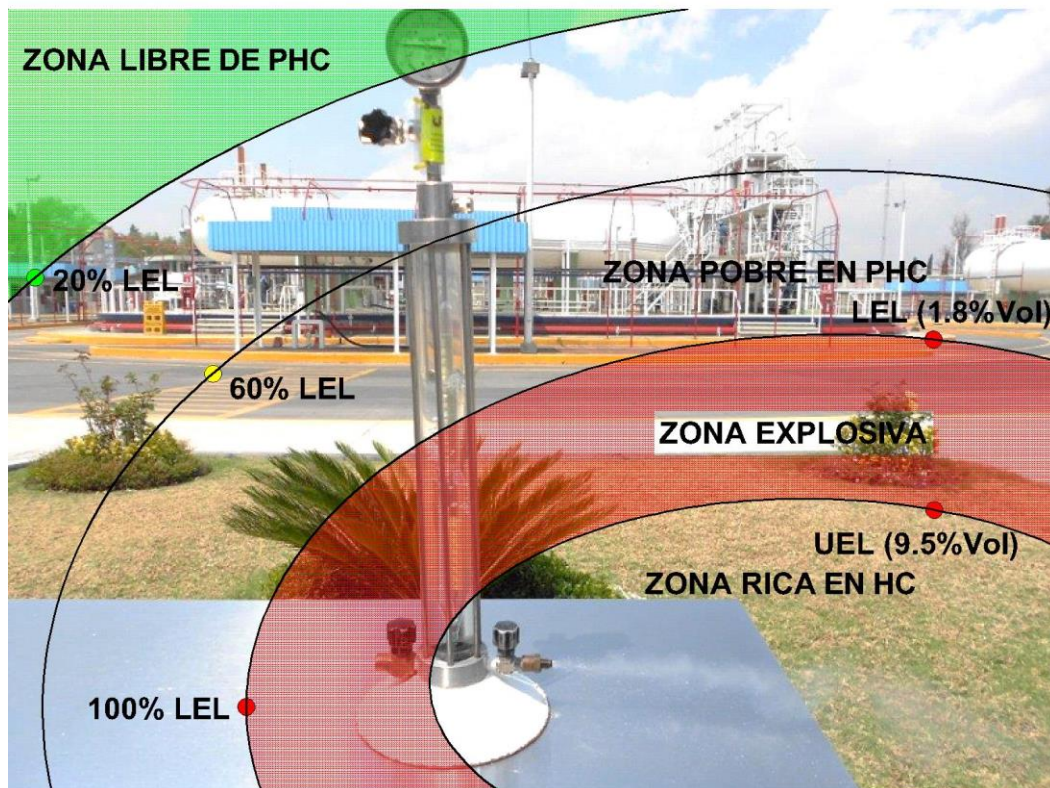
#### **3.3.1 LA FALTA DE OLOR DE LOS VAPORES DE PHC.**

El propelente hidrocarburo, grado aerosol, tienen un ligero olor aromático. Pero una vez que se fuga de los recipientes sujetos a presión, pasa a su estado natural gaseoso y se mezclan con el aire, este olor desaparece por completo. De esta forma, el gas no se puede ver en el aire, ni se puede percibir su presencia con nuestros sentidos, por lo que es indispensable disponer de medios artificiales para detectar su presencia <sup>5</sup>.

Los detectores de mezcla explosiva son instrumentos de seguridad, que nos alertan de la presencia de gas en el aire, en niveles por debajo del rango explosivo y nos avisa cuando nos estamos acercando al 20% del límite inferior de explosividad.

Lo ideal sería contar con un sistema de respuesta activado al detector de mezclas inflamables, el cual pueda activar una alarma cuando se llega al 20% LEL. Si la concentración de mezcla explosiva llega al 60% LEL, entonces se manda a parar el equipo, cerrar válvulas, incrementar el sistema de ventilación-extracción, etc.

En teoría, las mezclas de aire con menos de 1.8% y más de 9.5% de PHC no explotarán, aún en presencia de una fuente de ignición. Sin embargo, en la práctica deberá desconfiarse de las mezclas cuyo contenido se acerque a la zona explosiva, donde una fuente de ignición puede desencadenar una explosión.



### LÍMITES DE INFLAMABILIDAD DEL PHC

ZONA RICA EN PHC: (0% Aire + 100% Gas licuado).

ZONA EXPLOSIVA: Está limitada por el UEL (90.5% Aire + 9.5% PHC) y por el LEL (98.2% Aire + 1.8% Gas licuado). En la figura está representada por el área roja.

ZONA POBRE EN PHC: Está comprendida entre el 0% PHC al 100% LEL.

ZONA LIBRE DE PHC: (100% Aire + 0% PHC).

LÍMITE 1 = 20% del LEL: Valor de ajuste de alarmas en los detectores de mezclas explosivas.

LÍMITE 2 = 60% del LEL: Se ejecutan acciones de paro de bombas, bloqueo de válvulas, etc., para evitar llegar a la zona explosiva.

La falta de olor es un factor extremadamente importante a considerar en las medidas de seguridad de una planta, que llena aerosoles con PHC. Es necesario el uso de detectores de mezclas explosivas para alertar de su presencia.



Detector manual de mezclas explosivas. Es indispensable que diariamente se revisen las instalaciones que manejan PHC, con la finalidad de evitar fugas.

### 3.3.2. EL PESO RELATIVO DE SU VAPOR CON RESPECTO AL AIRE.

EL peso del vapor del hidrocarburo es otro de los factores importantes que debemos tomar en cuenta en el diseño y seguridad de una planta de aerosoles. Como se muestra en la siguiente tabla, los hidrocarburos son más pesados que el aire.

Sustancia	Peso como Vapor
Aire	1.0
Propano	1.522
Isobutano	2.006
n-Butano	2.006

**No deben existir zonas bajas donde pueda haber una acumulación de gas PHC.**

Esto significa, que en caso que ocurra una fuga de PHC en el cuarto de llenado, área de almacén o de tanques, el hidrocarburo no va a subir a la atmósfera. Se va a extender sobre el suelo y va a buscar las partes más bajas para acumularse.



Los vapores de PHC son más pesados que el aire

Como la diferencia de densidades entre los hidrocarburos y el aire, es casi el doble, es necesario bastante movimiento de aire para remover los hidrocarburos. En un sótano o drenajes, donde se acumule gases de hidrocarburo será casi imposible su dilución natural, a menos que se cuente con sistemas de extracción apropiados.



Acumulación de hidrocarburos, gas metano, solventes y la chispa de una instalación eléctrica, son los factores que causaron la explosión del pasado 31 de enero, 2013 en el edificio B2 del complejo de oficinas de Petróleos Mexicanos, en la que murieron 37 personas. Lo anterior, es el resultado de un peritaje solicitado por la PGR al Instituto de Geología de la UNAM <sup>6</sup>.

### 3.4 RIESGOS POR FUGAS O DERRAMES DE PHC.

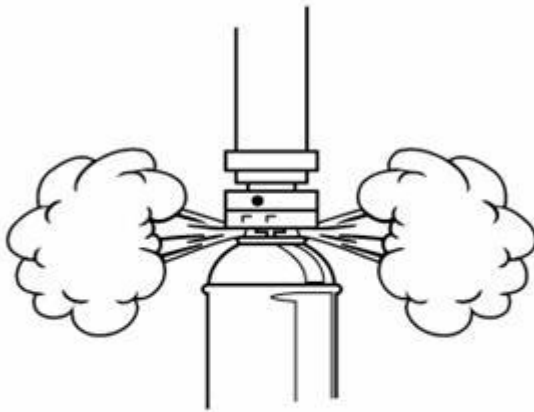
Una fuga o un derrame accidental de un gas licuado y su evaporación en el aire, puede dar lugar a la formación de una nube explosiva, cuyas consecuencias dependerán de su magnitud, grado de confinamiento y de las personas o instalaciones cercanas.

### 3.4.1 FUGAS MENORES DE ORIGEN OPERACIONAL.

La forma más común para realizar el llenado de propelente, en un aerosol, es a través de la válvula U-t-V (Under the Valve, en inglés). En esta operación siempre ocurrirá una pequeña emisión de gas en cada desacoplamiento. Típicamente, cuando se llena a través de la válvula, la cantidad fugada es aproximadamente 0.9 ml por aerosol llenado. Cada mililitro de PHC se convertirá en aproximadamente 250 ml de gas, capaz de generar 12.5 litros de mezcla explosiva, al 2% de concentración.

Por ejemplo, el volumen de un cuarto de llenado de PHC, de 3 metros de largo por 2.4 metros de ancho y por 2.5 metros de alto, es de 18 m<sup>3</sup>. Este volumen puede ser saturado, con una mezcla explosiva, después de llenar 1,440 aerosoles ( $18,000/12.5 = 1,440$ ). Una máquina que llena 300 botes por minuto los llenaría en menos de 5 minutos.

Este cálculo se basa en las siguientes condiciones:



Si no hay cuidado, es posible que la fuga por envase sea hasta de 5 ml

- ✓ No hay ventilación, todo el PHC fugado permanece en el cuarto.
- ✓ La gasificadora está en buenas condiciones y la fuga es únicamente 0.9 ml por bote envasado.
- ✓ El PHC se distribuye en todo el volumen del cuarto uniformemente.
- ✓ No hay ningún bote con fuga en el cuarto durante el proceso de llenado.

Muchas compañías trabajan con una máquina en tan mal estado que la fuga de gas es mucho más por envase, de 2 a 3 ml o hasta 5 ml de gas por aerosol <sup>7</sup>. No es extraño que las plantas de aerosoles pierdan del 5 al 10 % de propelente por fugas y de 3 a 6 % en el gasificador <sup>8</sup>.

También hay ocasiones que se trabaja con un adaptador equivocado. Por ejemplo, usan un adaptador hecho para la válvula marca Summit cuando están envasando con válvula de Precisión. El resultado es el mismo, pero la fuga de propelente es mucho más de lo normal, y por lo tanto, si no hay ventilación, se llegará más rápido al LEL.



*Aquí la fuga por envase fue tan elevada que se congeló el adaptador.*

Además, es obvio que cualquier válvula o envase puede fallar y provocar la descarga súbita del aerosol, en el cuarto de llenado. Un aerosol con 120 g de PHC que presente fuga por cualquier motivo, provocará la misma cantidad de gas emitido por el llenado rutinario de 260 aerosoles.

En un aerosol, la evaporación del propelente licuado es súbita (flash) y se produce por la reducción instantánea de su presión (desde su presión de vapor a la presión atmosférica). En una purga de PHC (por ejemplo, de un tramo pequeño de tubería o manguera) la evaporación del gas licuado no es súbita y el nivel de evaporación dependerá del calor disponible en el entorno.



DESCARGA DE LA FASE  
LÍQUIDA DE UN  
DENSÍMETRO CON PHC.

Como podrá observar, parte del líquido se evapora en el interior para mantener la presión de vapor (líquido en ebullición).

### 3.4.2 FUGAS O DERRAMES MASIVOS DE GASES LICUADOS.

#### 1) CAUSAS DE GRANDES FUGAS.

Una fuga o un derrame masivo de PHC se pueden producir por la falla del recipiente, tubería, accesorio, equipo o manguera que lo contiene a presión. Esto puede suceder por, o la combinación, de las siguientes causas:

CAUSAS	MEDIDA PREVENTIVA
1. Especificación incorrecta desde el diseño.	Contrate a un especialista calificado.
2. Materiales no certificados o defectuosos.	Especifique y verifique sus compras.
3. Equipos hechizos o improvisados.	No compre riesgos por economizar.
4. Corrosión del equipo.	Mida espesores por ultrasonido.
5. Falta de soportes adecuados.	Calcule bases, anclaje y soportes.
6. Exceso de vibración o punto de palanca.	Ponga medios de amortiguamiento.
7. Falta de protección del equipo.	Coloque protecciones contra impacto.
8. Personal no capacitado.	Capacitación periódica.
9. Falta de procedimientos operativos.	Elaborar y difundir procedimientos.
10. Trabajos peligrosos no supervisados.	Proceso de autorización y supervisión.



Fuga de PHC por falla en el conector de la válvula de acoplamiento. El uso de una franela mojada puede reducir la emisión de fugas pequeñas de PHC. En este caso, el resultado no fue satisfactorio.

#### 2) VELOCIDAD DE EVAPORACIÓN DE UN DERRAME DE GAS LICUADO.

Al producirse la fuga o derrame, el gas licuado sufre un descenso súbito de su presión de almacenamiento, desde su presión de vapor hasta la presión atmosférica. Esto da lugar a una evaporación súbita. Otra parte de líquido se evaporará, a causa de la absorción de calor procedente del aire.

La temperatura del gas licuado también cambia drásticamente. Desciende desde su



temperatura de almacenamiento, que generalmente está determinada por la temperatura ambiente, hasta llegar su punto de ebullición a presión atmosférica, de ahí que se califique como un líquido sobrecalentado <sup>9</sup>.

**El propano puede bajar su temperatura hasta 43.7°C bajo cero. Se debe evitar el contacto de la piel con la fase líquida de un gas licuado, puede producir graves quemaduras frías en poco tiempo. Si esto sucede, ver acciones a seguir en anexo 05.**

Al bajar súbitamente la temperatura del gas licuado, sus vapores condensarán la humedad contenida en el aire, por lo que se podrá observar la formación de una nube blanca. Esta nube se irá desapareciendo a medida que se diluye con más aire.



El gas licuado restante formará un charco de líquido en el suelo, que al ceder calor para su evaporación, bajará su temperatura hasta llegar a su punto de ebullición (Anexo 01).

**El calor requerido para la evaporación del propano es muy bajo (183.0 BTU/lb), comparado con su calor de combustión (19,918 BTU/lb). Ver valores en anexo 01.**

Si el derrame es de poca magnitud, la evaporación del PHC será muy rápida y todo el gas se mezclará con el aire en muy poco tiempo. En grandes derrames, tras la rápida evaporación inicial, el suelo se enfría reduciendo su nivel de evaporación y puede formar un charco que se evaporará a una velocidad que dependerá de la temperatura circundante y del tipo de suelo.

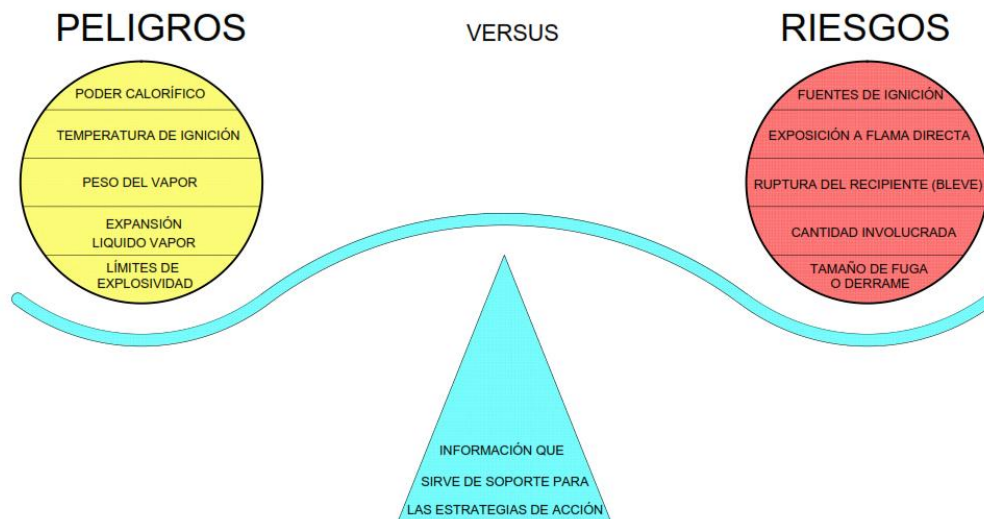
### **3.5 INCENDIOS Y EXPLOSIONES DE GASES LICUADOS.**

### 3.5.1 NIVEL DEL PELIGRO Y RIESGO INVOLUCRADO.

Con frecuencia se confunde el término peligro y riesgo, es conveniente conocer la diferencia para evaluarlos acertadamente y establecer las estrategias para su gestión.

Los peligros están relacionados con las propiedades intrínsecas del material. Para el caso del PHC su inflamabilidad. El nivel de peligrosidad dependerá de sus propiedades fisicoquímicas<sup>10</sup> (estado físico, límites de explosividad, temperatura de ignición, poder calorífico, expansión volumétrica, densidad del vapor, presión de vapor, etc.).

Riesgo es la probabilidad de efectos nocivos (daños o pérdidas). A pesar de que una sustancia química posea propiedades que la hacen peligrosa, si no se dan las condiciones necesarias de exposición no causará daño alguno. Por lo tanto, el riesgo de incendio o explosión de PHC, está relacionado con la probabilidad de una fuga o derrame y la presencia de una fuente de ignición. El nivel de riesgo dependerá de la cantidad involucrada de PHC, de las personas o instalaciones amenazadas y del nivel de protección o vulnerabilidad del sistema.



SE DEBEN SOPESAR LOS PELIGROS Y RIESGOS INVOLUCRADOS

Los peligros del PHC deben ser identificados y comunicados. Los riesgos deben ser analizados y evaluados. Un estudio de riesgos no ayudará establecer las estrategias más convenientes para evitarlos, controlarlos o mitigarlos.

### 3.5.2 CONSECUENCIAS DE UNA FUGA O DERRAME MAYOR DE PHC.

Las consecuencias de una fuga o derrame de un gas licuado inflamable son muy impredecibles y dependerán de los peligros de los materiales involucrados y del riesgo asociado al evento. No es lo mismo una fuga de PHC en un área abierta y ventilada a una fuga en un un lugar confinado. En el primer caso el PHC se dispersa en el aire, mientras que en el segundo puede originarse una fuerte explosión.

En el anexo 04, se muestra las posibles consecuencias de una fuga o derrame del PHC. También aplica para otros propelentes inflamables (DME y 152a).

#### 1) Dilución del PHC en el ambiente.

Para que esto suceda debe haber el suficiente espacio para la dispersión del gas en el aire. Pero sobre todo, no debe haber fuente de ignición cercana o en la trayectoria del paso de la nube explosiva. En la sección 3.2.1 calculamos que un litro de propano se expande a 273.8 litros de vapor, que al mezclarse con el aire puede formar 12,445 litros de mezcla explosiva, al 2.2% en volumen de concentración.



#### 2) Formación de una antorcha.

Si la emisión de PHC encuentra inmediatamente una fuente de emisión, ésta puede prender formando una antorcha o quemador. En las ilustraciones siguientes, se observa un escape de gas LP de la fase vapor de un tanque de 5,000 litros. En la segunda, se muestra la flama producida al prender dicho escape.

La temperatura que puede alcanzar la flama o llama de la combustión del propano es de  $1,998\text{ }^{\circ}\text{C}$  <sup>11</sup>. La combustión del propano es muy exotérmica, genera 19,918 BTU por libra y los productos de combustión son dióxido de carbono y vapor de agua. La máxima velocidad de propagación de la flama es de 0.82 m/s al 4.71% en volumen <sup>12</sup>.

Si la antorcha está próxima a la superficie del recipiente, se deberá enfriar con agua a su para evitar su debilitamiento. Si la antorcha está alejada, el riesgo es menor y el fuego puede durar hasta que se agote el combustible.



### 3) Deflagración.

Se conoce como deflagración es la combustión súbita de una nube de combustible, donde la velocidad de propagación de la llama es menor a la velocidad del sonido. Las reacciones que provoca una deflagración son idénticas a las de una combustión, que es un proceso de oxidación muy rápido y acelerado. En este caso la radiación térmica y la velocidad de la flama, se desarrollan a una velocidad todavía mayor, comprendida entre 1m/s y la velocidad del sonido <sup>13</sup>.



#### 4) Detonación.

En una detonación la combustión está asociada a una onda de choque que avanza a velocidad superior a la del sonido. Generalmente se presenta cuando la nube explosiva se encuentra en un espacio confinado. La onda de sobrepresión resultante puede ser muy destructiva.



Sin embargo, también puede presentarse la explosión de la nube de vapor en áreas no confinadas, conocida como UVCE (Unconfined Vapor Cloud Explosion). En este caso, la onda de sobrepresión alcanza una presión máxima de 14.5 psi (1 bar) en la zona de ignición <sup>14</sup>.

#### 5) Exposición del recipiente a fuego directo.

Cuando un recipiente con gas licuado se expone a fuego directo nos enfrentamos a un grave riesgo. Como hemos visto, la presión de vapor del propano se elevará de tal manera que provocará la apertura de las válvulas de seguridad del recipiente. Esto aumentará la emisión de gas licuado y el fuego se incrementará aumentando el nivel de radiación térmica.



## 6) Ruptura del recipiente.

La ruptura súbita de un recipiente que contiene un gas licuado, producida por la explosión del vapor en expansión de un líquido en ebullición, se conoce como BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion). Los resultados del BLEVE son:

- a) La formación de una bola u hongo de fuego con radiación de calor.

El diámetro de la bola de fuego se calcula con la siguiente ecuación<sup>15</sup>:

$$D = 6.48 W^{0.325} \quad \text{Donde } W = \text{kg de PHC y el resultado } D = \text{metros.}$$

El tiempo de duración en segundos:  $t = 0.852 W^{0.26}$ .

- b) La generación de una onda de sobrepresión muy destructiva.

Para calcular la distancia de ondas de sobrepresión, primero se calcula el equivalente de TNT (Trinitrotolueno) de la cantidad de PHC y con la ayuda de una gráfica de ondas de sobrepresión del TNT, obtenemos la distancia.

- c) La proyección y grandes desplazamientos de partes del recipiente.

- d) Otros incendios secundarios.

Existen diferentes programas para calcular el nivel de radiación y la onda de sobrepresión generada por un BLEVE. Recomendamos utilizar el método de cálculo de U.S. Department of Housing and Urban Development <sup>16</sup>.



### 3.5.3 ACCIDENTES OCURRIDOS EN LA INDUSTRIA NACIONAL DEL AEROSOL

Afortunadamente, en los más de 50 años que tiene la industria del aerosol en México, no se han presentado incendios o explosiones originados por el almacenamiento o manejo de PHC. Sin embargo, no debemos de esperar a que esto ocurra, tomemos experiencia de los accidentes ocurridos en la industria del gas LP y establezcamos las medidas preventivas para evitar que esto suceda.

Los incendios que han ocurrido se han originado por el manejo incorrecto de líquidos inflamables, bodegas de aerosoles sin ventilación con instalaciones eléctricas no clasificadas y en actividades relacionadas con la destrucción de aerosoles defectuosos.



Incendio de una bodega con instalaciones eléctricas no clasificadas.



Destrucción de una Planta Llenadora de aerosoles por incendio de solventes.

Afortunadamente, ninguno de los accidentes que han ocurrido hasta la fecha, en plantas llenadoras de aerosol, han sido fatales. El único accidente donde ocurrieron fatalidades sucedió en una planta recicladora de residuos, donde el desconocimiento del personal que realizaba la destrucción de aerosoles defectuosos concluyó en una tragedia.



Incendio de una Planta destructora de aerosoles defectuosos.

### 3.6 NORMAS Y LISTADOS QUE APLICAN A LAS SUSTANCIAS PELIGROSAS.

#### 3.6.1 LISTADO PARA SUSTANCIAS INFLAMABLES Y EXPLOSIVAS.

El 4 de Mayo de 1992, la Secretaría de Gobernación (SEGOB), publicó en el Diario Oficial de la Federación, el **segundo listado de actividades altamente riesgosas**. Este listado considera como actividad altamente riesgosa, el manejo de sustancias inflamables y explosivas, en cantidad igual o superior a la cantidad de reporte. Para el propano, isobutano y n-butano, la cantidad de reporte es de 500 kg.

La cantidad de reporte, corresponde a la masa necesaria para formar una nube inflamable o explosiva y que, en un radio de 100 metros a la redonda, es capaz de generar una onda de sobrepresión de 0.5 psig.



### 3.6.2 IDENTIFICACIÓN Y COMUNICACIÓN DE RIESGOS Y PELIGROS DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS PELIGROSAS.

La Norma Oficial Mexicana **NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo**, establece los criterios para clasificar e identificar el grado de riesgo de las sustancias peligrosas. Está basada en la norma NFPA-704, utiliza un rombo con colores para identificar los peligros y números para clasificar el grado de riesgo.

PELIGRO	COLOR	GRADO	RIESGO
SALUD		AZUL	4 SEVERO
INFLAMABILIDAD		ROJO	3 ALTO
REACTIVIDAD		AMARILLO	2 MODERADO
ESPECIAL		BLANCO	1 LIGERO
		0	MÍNIMO



Para el propelente hidrocarburo, tenemos los siguientes peligros y grados de riesgo:  
 Inflamabilidad = 4 (es muy inflamable, tiene un punto de ignición menor a 22.8°C).  
 Salud = 1 (es más denso que el aire, desplaza al oxígeno y puede causar asfixia).  
 Reactividad = 0 (es un material muy estable y no reacciona con muchas sustancias).

**El Sistema Globalmente Armonizado (SGA)** <sup>17, 18</sup> utiliza un pictograma para la comunicación del peligro del material. La letra H, del código numérico, significa peligro (del inglés "Hazard"). El primer número indica el tipo de peligro (1=peligro físico, 2=peligro a la salud y 3=peligro al medio ambiente). Los dos números siguientes, corresponden a las propiedades intrínsecas del material (20=gas inflamable y 80=gases a presión). El texto, en letra negrita, indica el peligro del material.



H220 **Gas extremadamente inflamable.**



H280 **Contiene gas a presión; peligro de explosión en caso de calentamiento.**



**Hoja de Datos de Seguridad (HDS):** es la información sobre las condiciones de seguridad e higiene necesarias, relativa a las sustancias químicas peligrosas, que sirve como base para programas escritos de comunicación de peligros y riesgos en el centro de trabajo. Para el SGA se conoce como Ficha de Datos de Seguridad (FDS).

La NOM-018-STPS-2000 establece que el personal que maneja sustancias químicas peligrosas, debe ser capacitado anualmente y conocer la HDS o FDS del producto. En el anexo 05, aparece la HDS para el propelente hidrocarburo. Cada proveedor de sustancias químicas peligrosas, está obligado a proporcionar la HDS de sus productos.

### **3.6.3 AGENTES QUÍMICOS CONTAMINANTES DEL AMBIENTE LABORAL.**

#### **NORMA NOM-010-STPS-2014, Agentes Químicos Contaminantes del Ambiente Laboral-Reconocimiento, Evaluación y Control.**

Esta norma fue publicada en el DOF, el 28 de Abril del 2014. En el Apéndice I, de la norma, clasifica al propano, isobutano y al n-butano como sustancias que dañan al sistema nervioso central y también las cataloga como sensibilizantes cardiacos.

El valor límite de exposición pico (VLE-P), que no debe rebasarse en ningún momento durante la jornada de trabajo, es de 1000 partes por millón. Este valor debe ser tomado muy en cuenta, por las empresas que realizan el llenado de aerosoles con propelente hidrocarburo, sin las medidas de ventilación recomendadas.

### **3.6.4 NORMA PARA LA ADMINISTRACIÓN DE LA SEGURIDAD.**

El 6 de Septiembre del 2012, se publicó en el DOF la Norma Oficial Mexicana **NOM-STPS-028-2012, Sistema para la Administración del Trabajo-Seguridad en los Procesos y Equipos Críticos que Manejen Sustancias Químicas Peligrosas.**

Esta norma establece los requisitos básicos para la administración de la seguridad en los centros de trabajo. Es importante resaltar los siguientes requisitos:

- 1) Contar con el análisis y evaluación de los riesgos del centro de trabajo.
- 2) Establecer procedimientos de seguridad y autorizaciones para trabajos peligrosos.

- 3) Administrar los riesgos y cambios en las instalaciones.
- 4) Administrar la integridad mecánica de los equipos que manejan sustancias peligrosas.
- 5) Contar con un plan de atención a emergencias y realizar simulacros.
- 6) Realizar auditorías de seguridad.
- 7) Contar con un programa de capacitación del personal.

Esta norma entró en vigor el 6 de Marzo del 2014 y aplica al centro de trabajo donde se maneje propano, isobutano y n-butano, en cantidad igual o mayor a 4,600 kg. También aplica para el DME, 152a y para otros gases o líquidos inflamables, que se usan en la industria del aerosol.

### 3.7 INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ÁREAS DONDE SE MANEJA PHC

#### 3.7.1 ÁREAS PELIGROSAS (CLASIFICADAS).

De acuerdo a la Norma Oficial Mexicana **NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (Utilización)**, publicada por la SENER, tenemos las siguientes definiciones:

**Área peligrosa.** Son aquellos lugares en donde pueda existir peligro de incendio o explosión debido a gases o vapores inflamables, líquidos inflamables, polvos combustibles o fibras o partículas combustibles o de fácil ignición dispersas en el aire.

#### **Clasificación de lugares.**

Los lugares se deben clasificar dependiendo de las propiedades del gas inflamable, el vapor producido por líquido inflamable, los vapores producidos por líquidos combustibles, los polvos o fibras/partículas que puedan estar presentes, y similares con posibilidad de que estén presentes en concentraciones o cantidades inflamables o combustibles.

#### **Clasificación de lugares de acuerdo al tipo de material manejado:**

**Lugares Clase I.** Son aquellos en los que hay o puede haber en el aire gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables o vapores producidos por líquidos combustibles, en cantidad suficiente para producir mezclas explosivas o inflamables.

#### **Clasificación por grupos (de acuerdo a la sustancia manejada):**

**Grupo D:** Gases y líquidos inflamables, que mezclado con aire puede arder o explotar, que posee, una relación de corriente mínima de ignición (relación MIC) mayor de 0.80. **(Ejemplo: Propano, Butano).**



**Clasificación de lugares de acuerdo al grado de riesgo:**

**División 1.** Condiciones normales de operación.

**División 2.** Operaciones anormales.

**Lugares Clase I, División 1:**

- (1) En el cual, en condiciones normales de funcionamiento, pueden existir concentraciones de gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables o vapores producidos por líquidos combustibles.
- (2) En el cual, debido a operaciones de reparación, mantenimiento o a fugas, frecuentemente pueden existir concentraciones de gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables o líquidos combustibles por encima de sus puntos de ignición.
- (3) En el cual, la avería o funcionamiento defectuoso de equipos o procesos pueden liberar concentraciones de gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables o vapores producidos por líquidos combustibles y simultáneamente pueden causar una falla en el equipo eléctrico, de manera que provoque que el equipo eléctrico se convierta en la fuente de ignición.

**Lugares Clase I, División 2.** Un lugar Clase I, División 2, es aquel:

- (1) En el cual se manipulan, procesan o utilizan gases volátiles inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables o vapores producidos por líquidos combustibles, pero en el que los líquidos, vapores o gases estarán confinados normalmente en contenedores cerrados o sistemas cerrados, de los que pueden escapar sólo por rotura accidental o avería de dichos contenedores o sistemas, o si los equipos funcionan mal;
- (2) En el cual las concentraciones de gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables o vapores producidos por líquidos combustibles se evitan normalmente mediante la ventilación mecánica positiva y el cual podría convertirse en peligroso por la falla u operación anormal del equipo de ventilación.
- (3) Que está adyacente a un lugar de la Clase I División 1 y, al cual ocasionalmente, se pueden comunicar concentraciones de gases inflamables, vapores producidos por líquidos inflamables o vapores producidos por líquidos combustibles, por

encima de sus puntos de ignición, a menos que dicha comunicación se evite mediante un sistema de ventilación de presión positiva desde una fuente de aire limpio y que se proporcionen medidas de seguridad eficaces contra las posibles fallas de la ventilación.

**Para la Industria del Aerosol, donde se maneja PHC, las áreas quedan clasificadas de la siguiente manera: Clase I, División 1 y 2, Grupo D. Para el DME el grupo es D.**

### 3.7.2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN ÁREAS CLASIFICADAS.

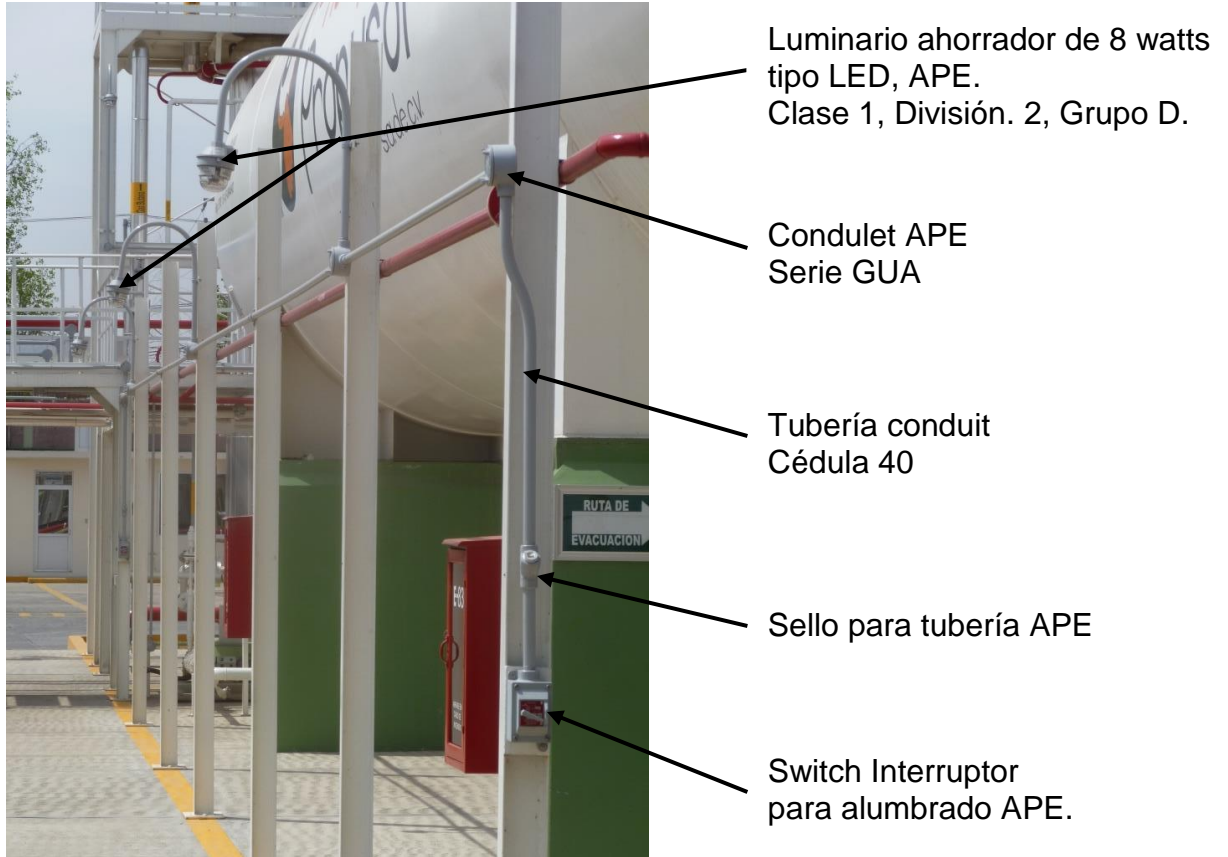
Los equipos que se instalen en áreas clasificadas (clase I, división 1 y 2) deben estar identificados y aprobados no sólo para la clase del lugar correspondiente, sino también para las propiedades explosivas, combustibles o de ignición del vapor, gas, polvo, fibra/partícula específica que estará presente.

#### 1) Ejemplo de la Instalación de un Motor Eléctrico para Compresor de PHC.



- Tubería conduit  
Cédula 40
- Sello para tubería APE
- Estación de botones  
arranque/paro con luz  
piloto APE.  
Clase I, grupos C&D.
- Cople flexible APE
- Sello para tubería APE
- Motor Eléctrico aprobado  
para lugares peligrosos.  
Clase I, grupos C&D
- Conexión a Tierra del Motor.  
Art. 250 NOM-001-SEDE-2012

**2) Ejemplo para una Instalación de Alumbrado en área de recipientes de PHC.**



Esta clasificación de la SENER, para las áreas clasificadas, es equivalente con el código NFPA 70, también conocido como código NEC (National Electric Code).

En Europa, la clasificación de las áreas es por zonas<sup>19</sup>, como se indica a continuación:

- a) Zona 1: aplica a atmósferas explosivas 100% del tiempo.
- b) Zona 2: posible atmósfera explosiva (permitida). Ejemplo el cuarto de gasificado.
- c) Zona 3: lugares donde puede presentarse una atmósfera explosiva en condiciones anormales o de falla.

La zona clasificada, generalmente son +1 metro alrededor de la maquinaria o equipo.

### 3.8 REFERENCIAS DE LA TERCERA SECCIÓN.

1. NFPA, Fire Protection Handbook. XIX Edition, Quincy Massachusetts, 2003. Vol. 1, Cap. 7, p. 7-131. ISBN: 0-8776-474-3.
2. M. Hildebrand & G. Noll, Propane Emergencies. Third Edition. Red Hat Publishing Co. Chester Maryland, 2007. p. 39. ISBN: 0-9656565-4-3.
3. <http://www.youtube.com/watch?v=6GtRLJVkF1s>.
4. G. Nardini, Cómo Perder Propelente Hidrocarburo. Aerosol la Revista. FLADA, año IX, Febrero, 2013. pp 27-32.
5. M. Kusselevsky, Seguridad en las Plantas Productoras de Aerosoles, Segunda parte. Aerosol la Revista. FLADA, Año IV, Marzo 2008. p. 32.
6. <http://www.animalpolitico.com/2013/08/gases-solventes-y-una-chispa-causantes-de-la-explasion-en-torre-de-pemex/#ixzz2xfSUWWQt>
7. PNUMA. Manual de Seguridad: Aspectos Técnicos de la Inflamabilidad de los Gases Hidrocarburos. Publicación de Naciones Unidas ISBN: 92-807-2603-X. Año 2005. p. 8.
8. Ibid, p. 18.
9. NTP 430: Gases licuados: evaporación de fugas y derrames. Ministerio del Trabajo y Asuntos Sociales. España. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. p. 1.
10. M. Hildebrand & G. Noll. Loc. cit. p. 173.
11. [www.ingenieroambiental.com/4011/gases](http://www.ingenieroambiental.com/4011/gases).
12. The Handbook of Butane-Propane Gases. First Edition. Published by Western Gas, 1932. Los Angeles, California, U.S.A. p. 22.
13. <http://es.wikipedia.org/wiki/Deflagraci%C3%B3n>
14. J. Storch de Gracia & T. García. Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Energéticas. Segunda Edición. Ediciones Díaz de Santos S.A. 2008. Impreso en España. p. 54.
15. C. Pietersen & S. Cendejas. Analysis of the LPG incident in San Juan Ixhuatepec, Mexico City, 19 November 1984. TNO The Hague, 1984. p. 37.
16. <http://www.hud.gov/offices/cpd/environment/asdcalculator.cfm>.
17. Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA).Cuarta edición revisada Naciones Unidas, Nueva York y Ginebra, 2011.
18. ACUERDO de Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo. DOF, viernes 6 de septiembre del 2013.
19. BAMA: Guidelines on Basic Safety Requirements in Aerosol Manufacturing. Second Edition: September 2003.

# SECCIÓN 4

## SEGURIDAD EN LAS INSTALACIONES DE LA PLANTA DE AEROSOL



***“Antes de emprender algo hay que pensarlo;  
antes de cualquier acción hay un proyecto.”***

*Eclesiástico 37, 16*





## 4.0 MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA LA PLANTA DE AEROSOL.

### 4.1 UBICACIÓN DE LA PLANTA.

La fabricación de aerosoles se inició en México en los años 50's, utilizando Clorofluorocarbonos (CFC's), como propelente, los cuales no son inflamables. En aquel entonces, hubo muchas plantas pequeñas que funcionaban hasta en vecindades, casas habitacionales y departamentos.

En los últimos cuarenta años, la sustitución de los CFC's por hidrocarburos, vino a transformar las condiciones de seguridad requeridas para el llenado de aerosoles, pero hay compañías que aún creen que pueden llenar aerosoles en casas, o al lado de casas habitación. Si pueden pero no deben. Cada quien tiene derecho de poner en peligro su vida, pero no las vidas de los inocentes vecinos. **La fabricación de aerosoles con propelentes inflamables debe ser únicamente en zonas industriales.**

México tiene muchas zonas "mixtas" que contienen tanto habitaciones como industrias. Las zonas mixtas son adecuadas para actividades de bajo riesgo, como imprentas, talleres mecánicos, talleres de costura, etc., pero no son aptas para plantas químicas.

Las empresas donde se manejan propelentes inflamables, como en el caso de plantas de llenado de aerosoles, deberán considerar las distancias recomendadas de separación, entre el tanque de almacenamiento y las viviendas más próximas o los centros de concentración masiva como escuelas, guarderías, hospitales, etc. (ver tabla).

Capacidad de almacenamiento, L (gal)	Distancia aceptable de separación a casas habitación, m (ft)		
	Onda de sobrepresión	Radiación térmica a personas	Radiación térmica a construcciones
300 (79.25)	28.87 (94.74)	29.31 (96.19)	4.74 (15.57)
1,000 (264.172)	43.0 (141.05)	48.41 (158.84)	8.28 (27.17)
5,000 (1,320.86)	73.19 (240.13)	94.65 (310.56)	17.42 (57.18)
50,000 (13,208.6)	156.7 (514.11)	247.03 (810.49)	50.53 (165.8)

Para otras capacidades pueden calcularlo mediante el programa disponible en la siguiente dirección: <http://www.hud.gov/offices/cpd/environment/asdcalculator.cfm> <sup>1</sup>. La NOM-001-SEDG-1996 establece una distancia mínima de 100 metros, a las viviendas.

## 4.2 DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA PARA EL LLENADO DE AEROSOLES.

La seguridad de una planta llenadora de aerosoles empieza desde su diseño. La mayoría de las plantas en México, son diseñadas por el propio dueño y en el mejor de los casos, por un arquitecto o un ingeniero civil. Estos podrán contar con la mejor intención y experiencia en su área, pero si no están familiarizados con la normatividad, con las propiedades y con los riesgos asociados al manejo de sustancias químicas peligrosas, se puede dar el caso de llegar a construir oficinas y naves industriales muy bonitas e imponentes, pero muy peligrosas.

En la sección 2.0 y 3.0 se explican las propiedades peligrosas y riesgos del PHC, que deberán tomarse en cuenta para el diseño y distribución de las instalaciones de una planta para el llenado de aerosoles. La experiencia muestra que el congestionamiento de áreas es el origen de grandes accidentes y pérdidas. Es necesario una buena planeación que considere las distancias aceptables entre las instalaciones generales de la planta y las áreas donde se almacenen o manejen materiales peligrosos <sup>2</sup>.

Sin embargo, el PHC no es el único material peligroso que se maneja en grandes volúmenes, en una planta de llenado de aerosoles. También se manejan líquidos inflamables y combustibles, que se utilizan como solventes. Éstos merecen mucha atención, pues han sido el origen de la mayoría de los incendios ocurridos en plantas de aerosoles. Así mismo, en el llenado de aerosoles para uso industrial, insecticidas, plaguicidas, etc., pueden existir otras sustancias tóxicas, reactivas, corrosivas, etc. Su almacenamiento y manejo deberá ser conforme la normatividad aplicable, la información contenida en las HDS de cada sustancia y las recomendaciones del fabricante.

En general, las áreas destinadas al almacenamiento de propelentes y de solventes deberán ubicarse en zonas abiertas, alejadas de lugares concurridos, de circulación de vehículos, de fuente de ignición y sobre todo, con buena circulación natural del aire.

La línea de llenado de aerosoles también resulta de alto riesgo, en especial la etapa de gasificado (inyección del PHC). El gasificado se recomienda realizar en áreas abiertas y bien ventiladas. El almacenamiento de aerosoles inflamables es otra área que deberá ser independiente y alejada de otras áreas peligrosas de la planta (ver anexo 6).



### 4.3 ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE PROPELENTE HIDROCARBURO.

A falta de normas para el PHC, las compañías que suministran este producto en México, deberán exigir al usuario que sus instalaciones cumplan con las especificaciones de diseño y construcción, establecidas por las Normas Oficiales Mexicanas, de la Subsecretaría de Hidrocarburos, de la Secretaría de Energía (SENER). Las normas están disponibles en: <http://www.sener.gob.mx/portal/Default.aspx?id=983>.

Aunque las normas de la SENER, actualmente no aplican para el PHC, constituyen la mejor referencia disponible para el diseño y construcción de instalaciones para el manejo y almacenamiento de gases licuados inflamables. También es recomendable usar como referencia la norma americana NFPA-58, edición 2014<sup>3</sup>.

#### 4.3.1 RECIPIENTES PARA ALMACENAMIENTO DE PHC.

Los recipientes para PHC, deberán estar fabricados conforme a la NORMA Oficial Mexicana **NOM-009-SESH-2011, Recipientes para Contener Gas L.P., Tipo no Transportable. Especificaciones y Métodos de Prueba** (DOF, 8 de Octubre, 2013).

Los recipientes con capacidad mayor a 5000 litros deberán ser Clase A. Los recipientes de 100 a 5000 litros deben ser Clase B. La presión mínima de diseño es de 17.5 kgf/cm<sup>2</sup> (250 PSI). Las boquillas, accesorios de control, medición y seguridad se especifican en la norma, al igual que sus funciones.

Los recipientes Clase A se fabrica bajo pedido del cliente. Los recipientes comerciales cuentan con boquillas suficientes para la instalación de la bomba de PHC, que alimenta a la gasificadora y para la línea de retorno. Estos recipientes tienen la ventaja de poder especificar el número de boquillas, de acuerdo a las necesidades de la planta. Esta clase de recipientes, solo son utilizados en México por las grandes empresas.

Los recipientes Clase B son los más utilizados en plantas pequeñas y medianas. Los recipientes comerciales no están diseñados para el servicio de líquido, son fabricados para el servicio de gas LP en fase vapor. Sin embargo, han sido utilizados para servicio de líquido, utilizando la boquilla del dren (para alimentar la bomba de PHC) y la boquilla de servicio (para el retorno del PHC y para la colocación del manómetro del recipiente).



La ventaja de los recipientes Clase B es que son más económicos y se encuentran disponibles para su entrega inmediata. Lo más conveniente es solicitar al fabricante la instalación de las dos boquillas adicionales, aunque por esto puede incrementar el precio y demorar su tiempo de fabricación.

Una vez instalados, los recipientes nuevos, deberán ser inspeccionados a los 10 años y después cada 5 años, con una inspección con ultrasonido y conforme a la norma NOM-020-STPS-20011. Las válvulas de seguridad y las válvulas automáticas, instaladas en las boquillas de los recipientes Clase A deberán ser reemplazadas cada 10 años. Para los recipientes Clase A deberán ser reemplazadas cada 5 años.

#### 4.3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS PLANTAS DE LLENADO DE AEROSOLES.

Como vimos en la sección 4.1, la distancia de afectación de una explosión de un recipiente con PHC, es proporcional al tamaño del recipiente. Por lo tanto, las medidas de seguridad deberán incrementarse, de acuerdo a la cantidad de PHC almacenado.

Por lo anterior, resulta conveniente clasificar las plantas de llenado de aerosoles de acuerdo al volumen total de sus recipientes. Para esto, tomaremos como referencia el *Segundo listado de materiales peligrosos*, la NOM-028-STPS-2012 y la norma NOM-004-SEDG-2004 <sup>4</sup>.

CLASIFICACIÓN	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO	REFERENCIA
Laboratorio	Hasta 1000 litros	Segundo listado
Clase I	Mayor a 1000 y hasta 10,000 litros	NOM-028-STPS-2012
Clase II	Mayor a 10,000 y hasta 20,000 litros	NOM-004-SEDG-2004
Clase III	Mayor a 20,000 y hasta 60,000 litros	NOM-004-SEDG-2004
Clase IV	Mayor a 60,000 litros	NOM-004-SEDG-2004

El segundo listado clasifica como actividad altamente peligrosa, con riesgo de incendio o explosión, cuando se utilizan cantidades mayor o igual a 500 kg de propano/butano. La NOM-028-STPS-2012 requiere que se establezca un sistema para la administración del trabajo-Seguridad en los procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas. Aplica a cantidades mayores a 4,600 kg de PHC (ver 3.6.3).

### 4.3.3 DISTANCIA DE SEPARACIÓN DE RECIPIENTES CON PHC.

La normatividad para gas LP, requiere que los recipientes sean instalados en áreas abiertas y separados de edificios, colindancias y paredes. En la siguiente tabla se indican las distancias mínimas de separación, de acuerdo a la capacidad del recipiente.

Capacidad del recipiente (100% de agua)	Distancia en metros a linderos y paredes		Distancias a gasificadora, almacenes, solventes, etc.
Menor a 500 litros	1	(NOM-004-SEDG-2004)	7 metros del recipiente
De 500 y hasta 1000 litros	3	(NFPA-58 edición 2014)	7 metros del recipiente
Mayor a 1000 y hasta 5,000	3	(NOM-003-SEDG-2004)	7 metros del recipiente
Mayor a 5000 y hasta 20,000	7	(NOM-004-SEDG-2004)	15 metros del recipiente
20,000 litros hasta 60,000	10	(NOM-004-SEDG-2004)	15 metros del recipiente
Mayor a 60,000 litros	15	(NOM-004-SEDG-2004)	25 metros del recipiente

Las distancias al cuarto de gasificado, almacenes, bodegas, área de solventes, maquinaria, talleres, etc. se tomaron en base a la norma NOM-003-SEDG-2004<sup>5</sup>. La distancia mínima a planta generadora de energía eléctrica y lugares donde hay trabajos de soldadura la distancia es de 25 metros. La distancia mínima entre recipientes es de 1.0 m, para recipientes hasta 5,000 litros de capacidad y de 1.5 m para recipientes de mayor volumen (NOM-004-SEDG-2004).

### 4.3.4 UBICACIÓN Y PROTECCIÓN DEL ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE PHC.

#### 1) UBICACIÓN DE LOS RECIPIENTES DE ALMACENAMIENTO.

No está permitido que un recipiente de PHC sea colocado en el interior de una planta, cuarto, zona techada o espacios confinados. Deben estar a la intemperie y en áreas con circulación natural del viento. Se deben colocar sobre piso firme y nivelado o, sobre plataformas, bases de concreto o estructuras metálicas debidamente sustentadas.

La extracción de PHC, en fase líquida, se recomienda realizar por el fondo del recipiente. La altura mínima entre el fondo y el nivel de piso deberá ser mínimo de 1 m.

La NOM-003-SEDG-2004 <sup>5</sup> permite instalar recipientes a la intemperie en azotea, siempre y cuando su capacidad máxima sea de 5,000 litros. Recipientes con mayor capacidad deberán instalarse a nivel de piso. La capacidad total permitida para este caso será de 25,000 litros (por ejemplo, 5 recipientes de 5,000 litros, cada uno).

## 2) CERCAS PERIMETRALES DE PROTECCIÓN.

El área de recipientes de almacenamiento de PHC deberá estar libre de cualquier material combustible o construcción ajena a las instalaciones. El suelo deberá ser de cemento. Se recomienda proteger el área de almacenamiento de PHC con una cerca perimetral de malla ciclón, con altura mínima de 1.30 m, para evitar la entrada de personal no autorizado. La cerca deberá contar con dos puertas de acceso al área.

La distancia mínima de separación del recipiente a la cerca de protección es de 1.5 metros. En zonas de circulación de vehículos se deberá proteger con postes de concreto o tubos de acero para evitar que puedan ser alcanzados por un vehículo.

Se deberá contar con una escalera fija para la inspección del indicador de nivel, de las válvulas de seguridad y para la operación de las válvulas de llenado de los recipientes.



Los recipientes con capacidad hasta de 5,000 litros, pueden abastecerse con PHC de manera directa. Esto se hace conectando la manguera de suministro, del auto tanque del proveedor, a la válvula de llenado del recipiente y que se encuentra localizada en la parte superior del mismo.

Cuando los recipientes se encuentren en un segundo nivel, la instalación deberá de contar con líneas de llenado, para poder realizar la descarga de manera segura. Para evitar un posible sobrellenado, los recipientes de PHC con diferente presión de vapor, deberán contar con líneas de llenado independientes.

Los recipientes con capacidad mayor a 5,000 litros, deberán contar con líneas de llenado. Las líneas de llenado deberán estar firmemente sujetadas a un anclaje que pueda soportar el jalón del transporte, en caso de que se arranque sin haberse desconectado. Las tuberías deberán contar con un punto de fractura y estar protegidas con válvulas de exceso de flujo, para evitar el posible escape del PHC.





### 3) PROTECCIÓN DE LAS BOQUILLAS DE SERVICIO.

Es indispensable que todas las salidas del recipiente, para el servicio de líquido o de vapor, estén protegidas por una válvula automática (exceso de flujo o válvula check).

Las válvulas de exceso de flujo funcionan de manera automática, protegiendo al recipiente, ante descargas masivas de PHC. Por ejemplo, en el caso de una ruptura de tubería, la descarga libre de PHC provocará el cierre de la válvula y no dejará escapar más PHC, en fase líquida. De forma similar, la válvula de exceso actúa en la fase vapor.

Para el caso del servicio de fase líquida y en diámetros de dos pulgadas o mayores, se recomienda instalar válvulas internas, que se operan neumáticamente y ofrecen mayor seguridad. En caso de incendio la válvula cierra automáticamente por falla de aire.

Para la línea de llenado del recipiente, es recomendable instalar una válvula de no retroceso (check) que permita solo la entrada de PHC, pero que impide su salida.

Así mismo, deberá contar con una válvula manual, inmediatamente después de cada válvula automática. De esta manera, contamos con un sistema de doble válvula, que protege cada boquilla de servicio del recipiente.

Se recomienda instalar conectores flexibles metálicos, colocados después de la válvula manual. Esta medida, protegerá la integridad del sistema de válvulas, en caso de sismo, vibración excesiva o de cualquier esfuerzo de palanca de las tuberías. De otra manera, las válvulas automáticas podrían fracturarse y se presentaría una descarga masiva de PHC, difícil de controlar. La longitud del conector será menor a un metro y deberán soportar una presión mínima de trabajo de 350 psi (24,47 kgf/cm<sup>2</sup>).

En el catálogo del proveedor de equipos y válvulas para gas LP, se pueden consultar las características de estos productos. Para su consulta, selección y especificación, están disponibles en la página: [www.egsa.mx/CatalogoEGSA.aspx](http://www.egsa.mx/CatalogoEGSA.aspx). Sin embargo, se deberá consultar a su proveedor de PHC, o a una Unidad de Verificación acreditada en gas LP, para su correcta especificación. En la página de la SENER, puede seleccionar a la Unidad de Verificación que le resulte más conveniente.



#### 4) PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO.

La NOM-002-STPS-2010<sup>6</sup>, clasifica como instalación con alto riesgo de incendio cuando se cuente con inventarios de más de 3,000 litros de líquidos o gases inflamables. Esta norma establece colocar al menos un extintor por cada 200 metros cuadrados de superficie o fracción y no exceder 23 metros de distancia máximas de recorrido para acceder a cualquier extintor, tomando en cuenta las vueltas y rodeos necesarios.

Las plantas de aerosoles con recipientes de PHC, deberán estar protegidas contra incendio, por medio de extintores como mínimo y en aquellos casos que así se especifica, en la siguiente tabla, deberán estar protegidos mediante hidrantes o un sistema fijo de enfriamiento por aspersion de agua.

PLANTA TIPO	PROTECCIÓN MÍNIMA	SUMINISTRO DE AGUA
Laboratorio	Un extintor de 9 kg, tipo A/B/C, mínimo	No requiere
Clase I	Dos extintores de 9 kg, tipo A/B/C	No requiere
Clase II	Dos hidrantes o monitores de agua	30 minutos
Clase III	Sistema fijo de aspersion de agua	60 minutos
Clase IV	Aspersion, hidrantes y monitores	90 minutos



De acuerdo a la norma NOM-004-SEDG-2004, instalaciones con capacidad mayor a 20,000 litros (Clase III) deberán contar con un sistema fijo de aspersión de agua.

El agua deberá mojar directamente el recipiente, cuando menos el 90% de la superficie de la zona de vapor, cuando fase líquida del recipiente se encuentre al 50% de su capacidad. La norma NFPA-58 <sup>7</sup> recomienda mojar directamente el 100% del recipiente.

La capacidad mínima de la cisterna para almacenamiento de agua contra incendio, deberá ser de 21,000 litros. O bien, la que resulte por el cálculo para el enfriamiento del recipiente de mayor tamaño, durante un tiempo mínimo de 30 minutos y un caudal de 10 litros por minuto por metro cuadrado de superficie del recipiente.

Además, también es conveniente contar por lo menos con dos hidrantes y/o monitores, que son requeridos para tener acceso a la zona de válvulas y cerrar las válvulas, en caso de ser necesario.

Para instalaciones Clase IV la norma NOM-002-STPS-2010 recomienda una capacidad de abastecimiento de agua para dos horas y una presión de la red de 7 kg/cm<sup>2</sup>.



#### 4.3.5 TRASIEGO DEL PROPELENTE HIDROCARBURO A LA GASIFICADORA.

##### 1) SE PROHIBE LA PRESURIZACIÓN DE LOS RECIPIENTES CON AIRE.

La transferencia de PHC de un recipiente a otro se conoce como trasiego. En la industria del gas LP, básicamente se utilizan bombas y compresores, para realizar esta actividad. En una planta de aerosoles en el llenado de aerosoles se utilizan bombas.

Puede que México sea el único país en el mundo, donde algunas compañías rutinariamente presurizan sus recipientes con aire, en lugar de utilizar una bomba para el llenado de aerosoles. Cuando el PHC se acaba, el aire del tanque es purgado a la atmósfera. De lo contrario, la bomba del auto tanque para suministro de PHC, no podría vencer la contrapresión del recipiente presurizado. Aunque no se conoce de algún accidente provocado por esta mala práctica, no debe ser, es muy peligroso.

##### 2) LAS BOMBAS DE TRASIEGO DE PHC.

Las bombas para PHC podrán ser neumáticas o eléctricas. En caso de ser eléctricas (ver sección 3.7), es imprescindible que la instalación sea a prueba de explosión, Clase 1, División 1, Grupo D y que la empresa dé primordial atención en mantener la instalación eléctrica en buenas condiciones. Los motores eléctricos deberán estar debidamente aterrizados y con su varilla individual para la tierra física. Para la transferencia de DME los motores deberán ser Clase I, División 1, Grupo C.



Las bombas neumáticas trabajan únicamente con una tubería hacia la máquina de llenado, mientras que las bombas eléctricas podrán trabajar con una o con dos tuberías. Ambos sistemas son aceptables, pero la práctica ha indicado que el sistema de suministro con tubería de retorno al recipiente y con bombas eléctricas, da menos problemas de variación de peso en el llenado de aerosoles.

En una instalación con bomba eléctrica, el PHC es bombeado desde el tanque hasta la máquina de llenado y luego el gas que no se utiliza para envasar, es devuelto al tanque de almacenamiento por una línea de retorno. Para esta operación no deberá utilizarse el by-pass de la bomba, el cual está diseñado exclusivamente para la protección de la bomba en caso de válvulas bloqueadas.

Es recomendable instalar un acumulador de propelente, con cámara de nitrógeno, cerca de la máquina. Esto evita la vaporización del PHC, cuando se produce la inyección de PHC a cada aerosol y sirve como pulmón de PHC.



Esta medida reduce la variación de peso de PHC en el aerosol, pues evita la entrada de PHC en fase vapor, que puede provocar variaciones en el peso dosificado de PHC.

### **3) PURGANDO LOS VAPORES DE LA LÍNEA DE PHC.**

Las máquinas gasificadoras son volumétricas y llenan el mismo peso de gas siempre y cuando reciban propelente en fase 100% líquida. Cuando empieza a variar el peso del gas, indica que hay propelente en fase vapor en la línea. En México la costumbre es abrir un poco la conexión de la última manguera y dejar escapar propelente hasta que el sonido indique que está saliendo gas en fase líquida. Cuando esto sucede afuera o en una zona con alta ventilación, no hay problema, pero hay ocasiones que esto se realiza dentro de la planta. En este caso es necesario colocar una válvula de purga y una línea de desfogue para que el gas se libere a la atmósfera.

Para evitar realizar el purgado de la línea, se recomienda utilizar una línea de retorno de PHC de la gasificadora al recipiente. Cuando retorna el excedente de PHC líquido, también retornan los vapores presentes en la línea y evita su purgado. También es importante, que la salida de PHC líquido, no se realice por la parte superior del tanque.

#### **4.3.6 TUBERÍAS, VÁLVULAS Y CONEXIONES PARA PHC.**

La conducción del PHC del tanque a la bomba y de ésta a la máquina de llenado, es realizado a través de tuberías, válvulas y de mangueras.

##### **1) TUBERÍAS Y CONEXIONES.**

Para el caso de tuberías, estas deberán ser del diámetro adecuado para el volumen de propelente que se va a transportar y deberán cumplir con cualquiera de una de las siguientes dos especificaciones:

- ✓ **Cédula 40 soldada al 100% unidas con bridas clase 150 ó mayor.**
- ✓ **Cédula 80 roscada y unida con conexiones roscadas para 3000 psi.**

Ambas están permitidas por la normatividad nacional. Sin embargo, desde el inicio de la industria se ha preferido utilizar tubería cédula 80 soldada, que excede la especificación y por lo tanto, da mucho mayor margen de seguridad.

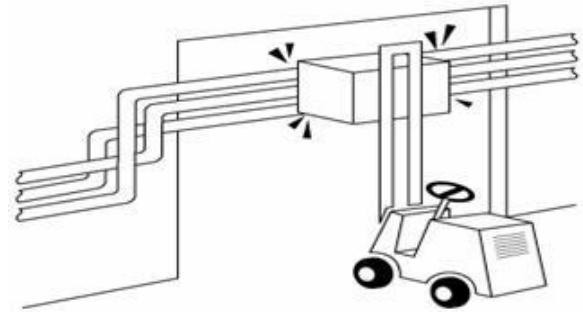
##### **2) VÁLVULAS PARA PHC.**

Las válvulas a utilizar en las líneas de transferencia y recipientes de almacenamiento deberán ser apropiadas para el manejo de gas LP. Las válvulas de apertura manual podrán ser de globo o de cierre rápido. Cuando exista el riesgo de una fuga de PHC, por la apertura accidental de una válvula manual, se deberá instalar una válvula de globo que son de apertura lenta y cuestan más para abrirse.

Las válvulas conectadas directamente al tanque deberán ser reemplazadas cada 10 años. Las válvulas de recipientes con capacidad de 5,000 litros o menos y que no cuenten con líneas de llenado, deberán cambiarse cada 5 años.

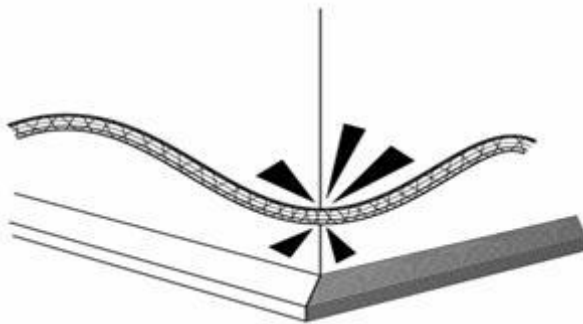
También se deberá instalar una válvula de relevo hidrostático entre cada tramo de tubería limitado por dos válvulas de cierre manual, colocada en las partes más altas de la tubería y con una calibración de apertura no menor a 350 psi.

Toda la tubería de propelente PHC tiene que estar protegida contra golpes y estropeos. La tubería podrá ser elevada, a nivel de suelo, o subterránea, pero tiene que estar 100% hermética. En caso de tuberías subterráneas, éstas deberán ser protegidas por una reja de acero, pero tienen que estar al aire libre.



*Es esencial que nada pueda dañar la red de tuberías*

### 3) USO DE MANGUERAS PARA PHC.



*Mangueras en mal estado son muy peligrosas y no son aceptables*

Normalmente se utiliza manguera en cuatro lugares; (a) en la salida de tanques, después de la válvula de exceso de flujo y la válvula manual, (b) en la última distancia de la tubería hacia la bomba, (c) de la bomba nuevamente a la tubería que va a la máquina de llenado, y (d) en el último tramo de la tubería hacia la máquina. Las mangueras no deberán tener una longitud mayor de 1.5 m.

Es muy importante que la manguera sea de alta presión (40 kg/cm<sup>2</sup> o más). No deben estar talladas, raspadas o con quiebres en su superficie.

### 5.0 REFERENCIAS DE LA CUARTA SECCIÓN.

1. Acceptable Separation Distance (ASD) Assessment Tool Users Guide. Department of Housing and Urban Development Community Planning and Development Office of Environment and Energy Environmental Planning Division V1.0 July 2008.
2. GAP.2.5.2 September 1, 2007. Oil and Chemical Plant Layout and Spacing. A Publication of Global Asset Protection Services.
3. NFPA 58, Liquefied Petroleum Gas Code, 2014 Edition.
4. NORMA Oficial Mexicana NOM-004-SEDG-2004, Instalaciones de Aprovechamiento de Gas L.P. Diseño y Construcción. D. O. F. 2 de diciembre de 2004.
5. Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEDG-2004, Estaciones de Gas L. P. Para Carburación. Diseño y Construcción. D. O. F. 28 de abril de 2005.
6. NORMA Oficial Mexicana NOM-002-STPS-2010, Condiciones de seguridad-Prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo. D.O.F. 9 de diciembre de 2010.
7. NFPA 58, Liquefied Petroleum Gas Code, 2014 Edition.

# SECCIÓN 5

## SEGURIDAD EN EL GASIFICADO DEL AEROSOL



***“Ama tu trabajo,  
dedícate a él  
y disfruta en su labor diaria.”***

Eclesiástico 11, 20

## 5.0 SEGURIDAD EN EL GASIFICADO DEL AEROSOL.

La inyección del propelente al envase de aerosol se conoce como gasificado. Esta actividad, es la que diferencia a un aerosol de cualquier otra forma de envasado. El Dr. Montfort A. Johnsen, autor del AEROSOL HANDBOOK <sup>1</sup> define al propelente como “el alma del aerosol”. Luego entonces, en el gasificado “nace el aerosol”.



Cuando se inyecta el propelente, a través de la válvula del envase de aerosol, se crea el sistema fisicoquímico que ofrece al usuario la energía necesaria y constante, para poder pulverizar o dosificar el producto, desde la primera, hasta la aplicación.

En esta etapa se produce el aerosol, lo que sigue será probar su hermeticidad, antes de ser enviado a su almacenamiento, o a su distribución.

### 5.1 EL CUARTO DE GASIFICACIÓN.

La operación de la inyección del propelente, puede ser la más peligrosa en la planta de aerosoles, cuando no se toman las medidas necesarias para hacerlo con seguridad.

Como vimos en la sección 3.4.1, durante el desacoplamiento de la cabeza dosificadora de PHC y la válvula del aerosol, siempre habrá una pequeña emisión de PHC. La clave para evitar cualquier riesgo de incendio o de salud laboral, es una buena ventilación.

En la práctica de la industria del aerosol, existen tres formas de realizar el gasificado:



- a) La primera es adentro de la nave principal de la planta, aunque es la más peligrosa, es la más común en la mayoría de las plantas pequeñas de México.
- b) La segunda es en cuarto cerrado y fuera de la nave principal. Ésta opción es la más cara, pero es lo más recomendable para máquinas de alta capacidad o cuando el producto así lo requiere. La mayoría de las grandes empresas lo usan.
- c) La tercera, es el llenado “al aire libre” es la forma más recomendable, económica y segura para el llenado de aerosoles que no requieren inocuidad del producto.

A continuación se describen las características y medidas de seguridad, para cada una.

## 5.2 GASIFICADO DE AEROSOLES DENTRO DE LA PLANTA.

El gasificado de aerosoles dentro de la nave de la planta es muy peligroso, no debería existir y solo se puede permitir cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- 1) Contar con la evaluación de la concentración de PHC en el ambiente laboral, llevada a cabo por un laboratorio de pruebas certificado y aprobado por la STPS que confirme el cumplimiento de la NOM-010-STPS-2014 <sup>2</sup>.
- 2) Mantener la operación continua de los extractores en los puntos de emisión de PHC.
- 3) Tener un control muy estricto sobre el manejo del propelente.

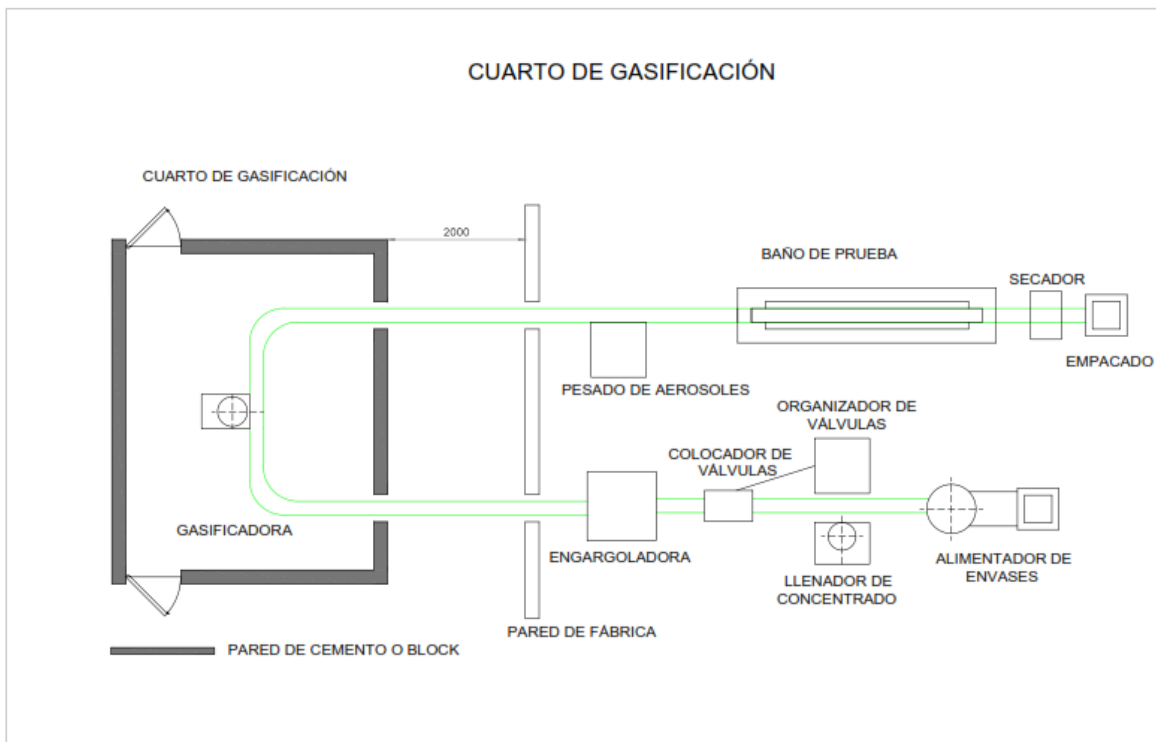


Aún con el cumplimiento de los requisitos anteriores, es indispensable garantizar las siguientes condiciones de seguridad:

- ✓ que no exista manera de golpear o dañar ninguna línea de PHC.
- ✓ Que se utilicen mangueras lo menos posible, solo en tramos cortos, menor a 2 m.
- ✓ Que toda la zona de gasificado cuente con buena ventilación natural. Que el área de trabajo sea abierta, sin bultos de envases, cajas de válvulas, bolsas de tapas o estibas de producto terminado para que no interrumpan el flujo de aire.
- ✓ Que existan detectores de gases, automáticos y fijos; que ante altos niveles de LEL, puedan activar una alarma, parar la máquina y bloquear la entrada de PHC.
- ✓ Que no existan contactos eléctricos dentro de 7 metros de las líneas de PHC o de las máquinas gasificadoras y que la iluminación sea a prueba de explosión.

### 5.3 LLENADO FUERA DE PLANTA EN CUARTO CERRADO.

Esta es básicamente la tecnología utilizada los Estados Unidos de Norteamérica <sup>3</sup>. Es bastante sofisticada y muy cara. Esto incluye mucho o todo de los siguientes puntos:



- ✓ Llenado dentro de un cuarto con paredes de alta resistencia.
- ✓ Una pared o techo de baja resistencia que se pueda botar en caso de explosión.
- ✓ Ventilación de dos velocidades o dos ventiladores.

- ✓ Sistema automático para detección de gases.
- ✓ Válvulas solenoide de arranque y paro, para la línea de propelente.
- ✓ Sistemas de alarma y mucho más.

Aquí está una foto tomada en la India de tres cuartos exteriores que reúnen todos estos requisitos <sup>4</sup>. Esta compañía jamás ha tenido un accidente. Hay un ventilador que evacua todo el volumen del cuarto por lo menos una vez por minuto. Lo demás lo maneja el sistema de detector de gases. Este se calibra a 20% del LEL y a 40% del LEL.



Cuando llega la concentración de HC al 20% de LEL, sucede lo siguiente:

- ✓ Suena un timbre.
- ✓ Arranca un segundo ventilador que desaloja el volumen del cuarto por lo menos tres veces por minuto.



Esto puede suceder con cierta frecuencia y no es problemático. Esto puede suceder cada vez que pasa a gasificación un envase con válvula defectuosa.

Pero la calibración de 40% LEL es mucho más crítica. Esto actúa como sigue: [1] Suenan un claxon, [2] Para la máquina, [3] Bloquea la línea de propelente y [4] Alarma para que el personal empiece a evacuar la zona.

#### **5.4 LLENADO DE AEROSOLES AL AIRE LIBRE.**

El llenado de aerosoles al aire libre es una técnica que permite gasificar aerosoles con propelentes inflamables, en forma económica y segura. Consiste en disponer de un área abierta y con ventilación natural, para que el viento pueda disipar los vapores liberados rutinariamente en el llenado de cada aerosol (ver anexo 07).

El viento proporciona la ventilación necesaria para evitar la formación de mezclas explosivas. Vamos a hacer un pequeño cálculo, considerando un viento “en calma”, con una velocidad de un kilómetro por hora y que de acuerdo a la escala de la fuerza del viento de Beaufort, corresponde a la clasificación 0 (0-2 km/h).

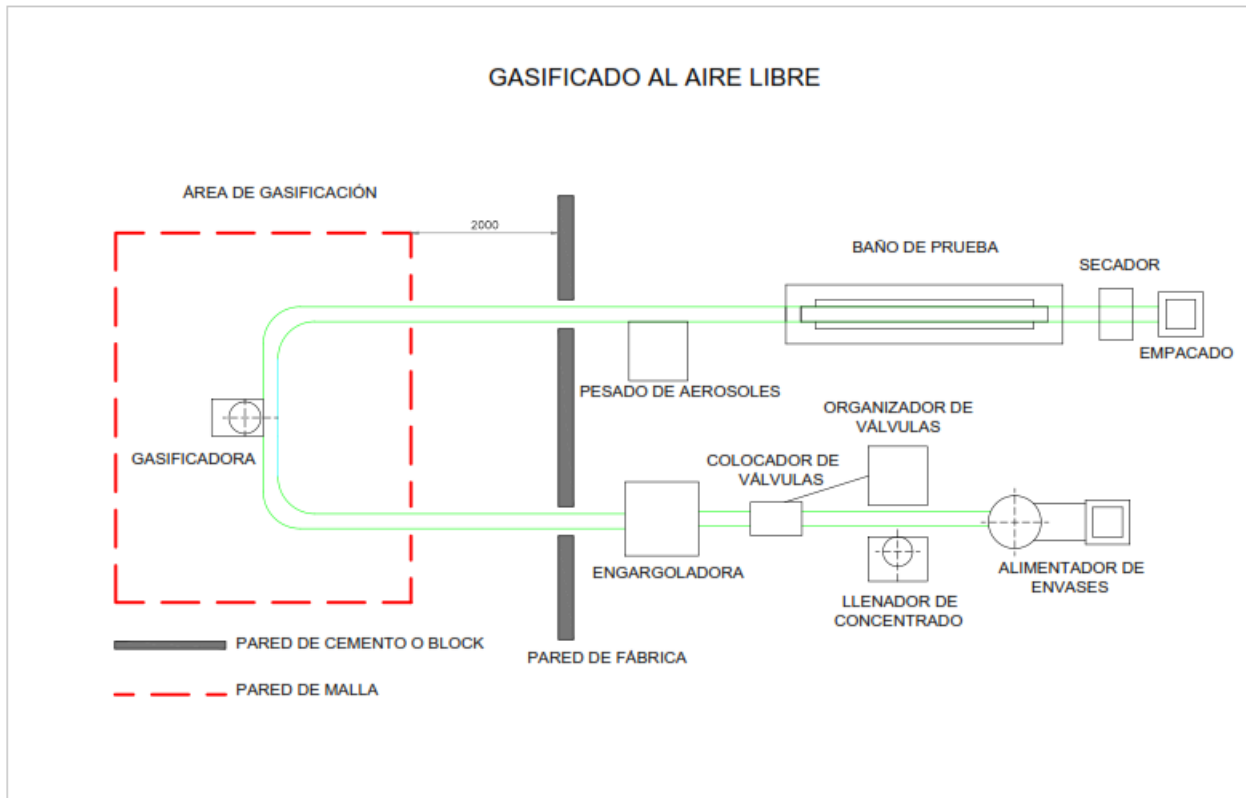
Con un viento de un kilómetro por hora, el movimiento del aire es de 16.6 metros por minuto, en promedio. Un cuarto de llenado al aire libre, de 5 metros de largo, recibirá más de tres cambios de aire por minuto, mientras que exista este “viento en calma.”

Esta ventilación natural es tres veces mayor a lo recomendado por la CSPA<sup>5</sup> (un cambio de aire por minuto) y cuatro veces mayor a lo recomendado por FEA<sup>6</sup> (0.83 cambios de aire por minuto).

El llenado al aire libre tiene dos grandes ventajas:

- ✓ Es económico, ideal para compañías que tienen poca disponibilidad de capital.

- ✓ El viento siempre está activo, eliminando así el problema de falla técnica o humana.



#### 5.4.1 BENEFICIOS DEL LLENADO AL AIRE LIBRE.

El beneficio más visible que obtiene una compañía utilizando el llenado al aire libre es el costo. El principal beneficio no visible es la seguridad. El cuarto de llenado al aire libre no necesita ninguna acción humana para mantenerse seguro. Cuando se utiliza un sistema mecánico o eléctrico necesita mantenimiento para funcionar correctamente. Con el aire libre, ningún instrumento requiere ser calibrado o verificado continuamente.

Un ejemplo más reciente, todavía no se sabe con seguridad, pero parece ser que un trabajador en la India arrojó un puro prendido dentro de un tambor de 200 litros de solvente. Al explotar el tambor, aparentemente también había más del LEL de butano / propano presente y explotó la fábrica completa, muriendo siete personas. Aquí es muy factible que al estar trabajando al aire libre, hubiera provocado un gran incendio, pero no una explosión y posiblemente no hubiera muerto nadie. Más comentarios sobre este siniestro en la sección de solventes.

El gasificar al aire libre elimina problemas como:

- ✓ Que el sistema de ventilación no arranque.
- ✓ Se rompió una banda del ventilador y el motor está trabajando pero la extracción no.
- ✓ La mercancía está tapando los ductos de extracción.
- ✓ El detector de gas no está trabajando o no ha sido calibrado.

Por lo general, todos estos problemas son ocasionados por errores o descuidos humanos.

#### **5.4.2 CONSIDERACIONES PARA SU FUNCIONAMIENTO.**

Este sistema depende de un fenómeno natural, el viento, que proporciona la ventilación y por consiguiente la seguridad de la planta. Por lo tanto, es importante conocer las condiciones adecuadas para que esto suceda.

Al decir “aire libre” se indica exactamente esto. Es muy esencial que el área de llenado tenga por lo menos tres lados abiertos y que no haya ninguna otra pared, equipo, tanques u obstáculos de cualquier naturaleza que puedan frenar el movimiento natural del aire. Un cobertizo sin paredes es ideal.

Por lo menos se requiere de una separación de 7 metros de cualquier fuente de ignición. Es preciso que nada más el personal que labora en la línea de aerosoles pase por esta área. El cuarto no deberá estar en el camino a las oficinas, la cafetería, los baños, etc.

En algunos casos, es posible construir el cuarto de gasificado a un nivel más alto que el nivel de alrededor. Cuando esto sucede, es excelente. La emisión continua que existe cuando se llena cada lata, desciende a nivel del piso, se extiende al borde del cuarto y luego pasa al nivel más bajo, disminuyéndose y dispersándose cada vez más.



El cuarto deberá estar situado por lo menos a 2 metros de la planta. El gas hidrocarburo es muy peligroso, pero no puede buscar un camino determinado. Aunque haya dos hoyos donde pasan las bandas transportadoras para llevar envases hasta el cuarto de gasificación y para regresarlos a la planta, por la distancia de 2 metros, no hay peligro.



## 5.5 RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL LLENADO DE HC.

Hay numerosas cosas que se tienen que cuidar cuando se llenan aerosoles con gas hidrocarburo que no dependen de que se llenen al aire libre, en un cuarto exterior cerrado, o adentro de la fábrica. Algunas son:

- ✓ Que los tanques, bombas, líneas de propelente y máquinas de llenado sean conectados a tierra.
- ✓ Que los pisos deben ser antichispa por lo menos 7 metros de distancia alrededor de la gasificadora.
- ✓ Que los trabajadores deben usar ropa de algodón y zapatos de suela suave sin clavos.
- ✓ Que toda la herramienta que se use dentro de 7 metros de la gasificadora tendrá que ser de cobre, bronce, aluminio, u otro material antichispa.
- ✓ Iluminación. Cuando la gasificación es afuera, o en un cuarto cerrado o al aire libre, se pueden tener luces normales en la zona de producción. Cuando la gasificación se lleva a cabo dentro de la planta, no debe haber luces normales dentro de 7 metros de las máquinas gasificadoras.
- ✓ No deberá haber drenajes o desniveles cerca de cualquier posible fuga de gas.
- ✓ Es imprescindible que la zona cercana a la operación de gasificación esté libre de obstáculos, materiales, etc. para que el aire pueda circular libremente.

Contactos eléctricos. Cuando la gasificación es afuera o en un cuarto cerrado, o bien al aire libre, se pueden tener contactos en la zona de producción, pero no de gasificación. Cuando la gasificación se lleva a cabo dentro de la planta, no deberá haber contactos dentro de 7 metros de la máquina gasificado



### 5.5.1 CONSIDERACIONES DEL EQUIPO NEUMÁTICO Y ELÉCTRICO.

Se recomienda de manera especial el uso de equipo neumático en el cuarto de gasificado, pero si esto no es posible se deberán usar instalaciones eléctricas a prueba de explosión. El uso de equipo neumático tiene la misma ventaja como la ventilación natural. Es decir, no requiere ningún mantenimiento o inspecciones continuas para permanecer seguro.



Cuando se usa equipo eléctrico a prueba de explosión, es importante su inspección continua para asegurar el mantenimiento. Es muy común que con el tiempo el personal de la planta destruya la integridad del sistema de prueba de explosión. Si las necesidades de producción lo permiten, es ideal usar sólo luz natural de día para iluminar el área de gasificado.

### 5.5.2 CUIDADO CON LA GENERACIÓN DE CHISPAS.

La máquina gasificadora, las paredes de la malla de alambre y puertas, los transportadores, las tuberías, etc. deberán conectarse a tierra para evitar que las cargas estáticas causen chispas. El piso deberá ser de un material antichispa. Si es de concreto, se debe recubrir con una resina antiderrapante o con loseta antichispa.

Todos los obreros deberán usar zapatos de suela suave y ropa de algodón, incluyendo las medias. Las herramientas utilizadas en el área de gasificado podrán ser de latón, aluminio, caucho, plástico u otro material antichispa.

## 5.6 EL BAÑO DE PRUEBA.

Las Naciones Unidas (UN) ha establecido la prueba del baño de agua caliente como un requisito básico para el transporte seguro de los aerosoles <sup>7</sup>. Por esta razón, todas las

empresas transnacionales que operan en México, cumplen rigurosamente este requisito.

En México, en el año 2003, la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) estableció este requisito, en la Norma Oficial Mexicana NOM-024-SCT2/2002 <sup>8</sup> “Especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de prueba de los envases y embalajes de las sustancias, materiales y residuos peligrosos”. Sin embargo, en la revisión 2010 de esta norma la eliminó, al excluir de su alcance a los recipientes sujetos a presión.

El propósito de la prueba de baño de agua caliente es comprobar la hermeticidad y resistencia del envase de un aerosol.

Las Naciones Unidas (NU) han establecido los siguientes requisitos para realizar esta prueba.

- 1) La temperatura del baño de agua y la duración de la prueba deberá ser tal que la presión interna alcance el valor que tendría a 55 °C (50 °C si la fase líquida no ocupa más del 95% del contenido del aerosol a 50 °C). Si el contenido es sensible al calor o si los aerosoles son de plástico que se reblandece a esa temperatura de ensayo, la temperatura del baño deberá fijarse entre 20 °C y 30 °C, pero, además, un aerosoles de cada 2,000 deberá someterse a ensayo a la temperatura superior.



- 2) No deberá producirse ninguna fuga o deformación permanente de un aerosol, excepto un aerosol de plástico podrá deformarse o reblandecerse, a condición de que no haya fugas.

Por otra parte, con el fin de probar la integridad de los aerosoles, las buenas prácticas, la legislación en algunos países y organizaciones como la FEA<sup>9</sup> (European Aerosol Federation) y la NFPA 30 B<sup>10</sup> recomiendan realizar la prueba.

La prueba de baño de agua caliente, consiste en sumergir cada aerosol llenado, a una tina con agua a 55 °C de temperatura.

Esta prueba ofrece las siguientes ventajas:

1. Garantiza la hermeticidad y la resistencia del envase de un aerosol.
2. Reduce el riesgo de fuga, incendio o explosión por sobrellenado.
3. Asegura la confianza y seguridad durante el manejo, almacenamiento, transporte y uso del aerosol.
4. Se cumple con la normatividad internacional, establecida por las naciones unidas.
5. Permite a la industria nacional ser competitiva y estar preparada para la exportación de sus productos.
6. Reduce el riesgo de accidentes que pueden dañar a las personas y a la imagen de la industria.

## **5.7 SEGURIDAD EN LA PLANTA.**

Esta Guía está enfocada totalmente a los peligros que existen debido al gas hidrocarburo grado aerosol. Sin embargo, existen muchos otros factores que pueden provocar un accidente. Algunos de ellos están identificados en esta sección.

### **5.7.1 ZONA DE PREPARACIÓN Y ENVASADO DE CONCENTRADOS.**

De verdad sería excelente si todos los aerosoles fueran base agua. Entonces nuestro único peligro sería el gas propelente. Pero este no es el caso. La gran mayoría de compañías envasan productos que contienen solventes y la mayoría de éstos solventes son altamente inflamables.

El almacenamiento de los solventes frecuentemente está cerca del gas propelente, siendo la teoría “peligro con peligro”. No hay ningún problema si las instalaciones están bien hechas y las distancias reglamentarias son respetadas, los tanques de solventes



tienen sus diques, etc. Desde luego, el manejo de solventes inflamables requiere que todas las conexiones de las bombas sean fijas y a prueba de explosión.

La preparación de concentrados en tanques es más peligrosa que los tanques de almacenamiento de HC y deben prepararse lejos del cuarto de gasificación. Todos los tanques, tuberías, bombas y agitadores deben estar puestos a tierra permanentemente y con botoneros a prueba de explosión.

Es ilógico, pero con mucha frecuencia se encuentran contactos de luz que no son a prueba de explosión, en la zona de preparación de concentrados, así como básculas eléctricas, radio toca cintas, etc. No debe haber ningún contacto en esta área y ninguna conexión del tipo “enchufar - quitar” que provoque chispas. Todas las conexiones deberán ser fijas y a prueba de explosión.

Los tanques donde se preparan mezclas con solventes inflamables y volátiles requieren de un extractor. Toda el área de mezclas debe ser ventilada naturalmente, de tal manera que no se puedan acumular vapores.

Esta área debe tener suficientes extintores de fuego y algunos de ellos deben ser tipo CO<sub>2</sub> ya que estos pueden apagar un incendio mediante el hecho de eliminar oxígeno.

### **5.7.2 BODEGA DE MATERIALES.**

Es increíble que compañías bien preocupadas por la seguridad a veces descuiden su bodega de materiales teniendo contactos donde no deben, conexiones de luz irregulares, solventes guardados adentro del edificio, etc. Estas son las principales cosas que se deben evitar.

Aquí no es necesario tener instalaciones eléctricas a prueba de explosión, pero éstas deberán estar bien hechas. Puede haber contactos de luz normales, pero no deberán estar cerca de la mercancía. Un corto circuito atrás de una estiba de cajas de cartón destruyó la planta de Siseda Papeete, en Indonesia, destruyendo un área mayor a 5,000 metros cuadrados. Los tanques de gas propelente fueron instalados correctamente y no fueron afectados.



Los solventes inflamables nunca deberán ser guardados dentro de un edificio. Afuera al “aire libre” es el lugar más indicado. Si no hay alternativa, se podrá construir un cuarto dentro de la planta pero separado con muros de cemento y rigurosamente a prueba de explosión.

### **5.7.3 BODEGA DE PRODUCTO TERMINADO.**

Se destruyen muchas más fábricas por latas de aerosol que explotan que por explosión directa de hidrocarburos. La mayoría de los aerosoles explotan a una temperatura de 50 a 100 grados. Por lo tanto, cualquier incendio que llegue a la zona de producto terminado va a provocar que el incendio se incremente enormemente. Los envases van a explotar, tirando líquido, quemándose por todos lados y probablemente destruyendo la planta entera. Más adelante en la sección de solventes aparece la foto del accidente de la India, donde una gran cantidad de botes de producto terminado todavía guardado en la zona de producción incremento en gran escala el grado del desastre.

La protección de producto terminado muy inflamable es sencilla; [1] Prevenir cualquier fuente de fuego, [2] Tener la bodega bien ventilada, [3] Tener una amplia cantidad de extinguidores tipo ABC y [4] Tener disponible un sistema de aspersion con mucha agua. Las empresas transnacionales diseñan sus almacenamientos conforme a la NFPA 30B.

Se puede hacer mucho para prevenir:

- ✓ Eliminar contactos. La mayoría de incendios en almacenes son provocados por cortos circuitos.
- ✓ Tener en perfecto estado la instalación de la iluminación.
- ✓ Mantener las luces arriba de las estibas, no encima.
- ✓ No permitir la entrada de personal ajeno al almacén.
- ✓ Entrenar al operador del montacargas y hacerles saber que un error de golpear las cajas cerradas con los tenedores del montacargas puede ser fatal.

- ✓ Evitar que se guarden líquidos inflamables junto con el producto terminado.

En el caso de miles de latas mal engargoladas, se puede formar un ambiente explosivo en el almacén de producto terminado. La solución no es encerrarlo, sino dejar hoyos de ventilación para que no se puedan acumular vapores explosivos.

Extinguidores y personal entrenado en su uso pueden salvar un almacén de producto terminado, o de una planta. Los aerosoles explotan por el calor y un extinguidor puede apagar el fuego de una estiba cuyas cajas estén encendidas. La reacción tiene que ser instantánea, una vez que empiezan a explotar las latas, ya no sirven de mucho los extinguidores.

Pero el agua si sirve. No, no se puede apagar con agua una estiba de aerosoles incendiada, pero si se puede enfriar. Dirigiendo el rocío del agua un poco al fuego, pero principalmente a las demás estibas de alrededor que todavía no se estén quemando, esto puede minimizar el daño y salvar la planta.

Pero hay que entender que prevención y ventilación son aspectos pro-activos, mientras que extinguidores y agua son reactivos. La prevención aquí es la mejor política. Estas recomendaciones citadas para el almacenamiento de aerosoles aplican también para su transporte.



### 5.7.4 MANEJO DE SOLVENTES

Hay compañías que envasan aerosoles que manejan pura agua como solvente y por lo tanto no tienen problemas en este renglón. Otras compañías que fabrican aerosoles usan nada más solventes clorados, como cloruro de metileno o percloroetileno, que no son inflamables y también no tienen problemas en este renglón. Pero la gran mayoría de las compañías que elaboran aerosoles utilizan uno o más solventes inflamables y conforme a su grado de peligro y el contenido que se maneje, en algunos casos hacen que este renglón sea más peligroso que el propio manejo de gas hidrocarburo.

Aquí esta una tabla con algunos aerosoles comunes y los solventes que le contienen:

**Tabla 6. Peligrosidad de Algunos Solventes Comunes.**

Producto en Aerosol	Usa (o puede usar) solvente	Grado de Riesgo
Afloja Todo (Aceite Penetrante)	Petróleo descolorizado (APE)	Mediano
Desodorante/antitranspirante	Alcohol etílico	Alta
Fijador de Cabello	Alcohol etílico	Alta
Desmoldante de Silicón	Hexano	Alta
Insecticida	Petróleo descolorizado (BPE)	Alta
Pinturas	Acetona, metil etil cetona	Alta
Pinturas	Tolueno, xylol	Alta
Limpiador de carburadores	Xylol, acetona, alcohol diacetona	Alta
Arrancador de motores	Eter etílico	Muy alta





Los solventes arriba indicados difieren bastante del grado de riesgo que representan, el petróleo de alto punto de ebullición (utilizado en el afloja todo) es difícil provocar su ignición, mientras que el dietil-éter utilizado en arrancador de motores tiene un punto de ebullición muy bajo. Es decir, que es muy volátil y su punto de inflamación también es bajo. Además, tiene un rango de inflamabilidad en aire muy amplio, que hace que esta sustancia sea la más peligrosa que manejamos en el ramo de aerosoles.

Hay ciertas reglas generales para el manejo de solventes inflamables:

- ✓ Siempre se deben manejar en tanque o tambor cerrado.
- ✓ Se deben comprar con proveedores de solventes que descarguen mediante rampa hidráulica en los camiones. Se debe evitar el sistema a la mexicana, es decir dejarlos caer sobre una llanta.
- ✓ El uso de bomba neumática es la forma preferida para transferir solventes a tanques de mezcla o a la línea de envasado. En caso de utilizar bombas eléctricas, estas deben ser rigurosamente a prueba de explosión.
- ✓ Como los fluidos en movimiento causan electricidad estática, antes de empezarse a bombear debería conectar un cable de tierra al tambor o al tanque.
- ✓ Los camiones de entrega a granel también tienen que estar puestos a tierra antes de iniciar su bombeo.
- ✓ Como los tambores pueden presentar fugas, los tambores de solventes inflamables siempre deberán ser almacenados al aire libre. En caso de ser deseable, se puede techar la zona de tambores para evitar su calentamiento por el sol o para evitar que se oxiden o que se llenen sus tapas con agua durante las lluvias.

El peligro que representa la descarga y almacenamiento de solventes inflamables va de acuerdo con las características del solvente y la cantidad que se almacena cuando el almacén está a su capacidad máxima. Muchas compañías tienen uno o dos tambores de alcohol o petróleo dentro de su propia fábrica y mientras que no haya fuente de



chispa o flama cerca y la zona esté bien ventilada, esto no representa gran peligro.

En cambio se han visto compañías que almacenan 10 - 15 tambores o más de solventes muy volátiles cerca de donde entran camiones de carga y descarga o cerca de sus compresoras. Seis tambores de hexano volaron en la entrada de la planta de Ruby Aerosoles en la India en el 2001, no había ruta de evacuación marcada y fallecieron 7 personas.

### 5.7.5 EI LABORATORIO.

El laboratorio es un frecuente problema de seguridad en muchos países, pero normalmente aquí en México no lo es. Un laboratorio tamaño mediano en los Estados Unidos probablemente va a incluir equipo para envasado de aerosoles y por lo tanto se va a manejar gas propelente dentro del laboratorio. Se pueden llenar pequeñas corridas de muestras dentro del laboratorio mientras que se haga esto hay 10, 20 ó 50 litros de solvente presentes también.



En México afortunadamente no acostumbramos este tipo de actividad, muestras casi universalmente se llenan en la planta en la línea de envasado. Más sin embargo, si hay peligro en el laboratorio. Se debe preocupar de no almacenar propelentes en el laboratorio y mantener cantidades mínimas de solventes.



En caso que haya un horno de pruebas aceleradas esto es muy peligroso y se debe de guardar la menor cantidad de envases posibles para pruebas aceleradas. El horno de pruebas desde luego tiene que ser rigurosamente a prueba de explosión, ya que por su forma de uso, una lata puede fugarse en cualquier momento. Si el horno no es a prueba de explosión, fugándose gas propelente con un solvente inflamable invariablemente va a resultar en un siniestro. Hace años uno de los fabricantes de válvulas en los Estados Unidos sufrió la destrucción entera de su laboratorio debido a que un horno de pruebas aceleradas fue comprado como “a prueba de explosión” pero en realidad no lo era.

### 5.7.6 DESTRUCCIÓN DE LATAS.

Todas las empresas tienen productos fuera de especificación que deben manejarse adecuadamente para su disposición final. Algunos son productos defectuosos como válvulas y envases. Otros son productos cuyos pesos de envasado no son los especificados. En la mayoría de estos casos se perfora la válvula, luego se extrae el contenido y finalmente se puede disponer de los diferentes componentes obtenidos.

Se deberá entender que la operación de recuperar latas es la operación más peligrosa de la planta. Casi seguramente esta operación de recuperación fue la responsable de la destrucción de la planta de KMS de Malasia. En el Reino Unido hace unos años, dos personas murieron mientras recuperaban envases.

Aquí se indican algunas recomendaciones para realizar este proceso en forma segura:

- ✓ La herramienta con que se perfora el envase debe ser de aluminio o bronce – material antichispa.
- ✓ Se debe hacer la recuperación de envases al aire libre fuera de la planta, en una zona bastante ventilada.
- ✓ No debe haber fuentes de ignición (chispas o llamas) dentro de 10 metros.
- ✓ No debe haber contactos eléctricos que no sean a prueba de explosión dentro de 10 metros.
- ✓ No debe haber desniveles cercanos al lugar donde se están perforando los envases.
- ✓ Se debe hacer la recuperación de envases poco a poco. Nunca se deben recuperar más de 10 envases en una hora. Esta es la indicación más importante. En lugar de juntar 50 – 60 envases en todo el día, es muy importante que se recuperen 5 – 10 envases cada hora.



- ✓ El recipiente en el cual se arrojan los envases perforados – normalmente es un tambor de 200 litros – va a tener un ambiente inflamable siempre – a menos que lo inerticen con nitrógeno. Por lo tanto, este recipiente debe estar afuera y destapado al aire libre, para que se vayan diluyendo los vapores inflamables que pudieran contener.
- ✓ Siempre debe tener dos extinguidores de 6 kg o más de polvo químico seco y uno de CO<sub>2</sub> en la zona de recuperación.

## 5.8 REFERENCIAS DE LA QUINTA SECCIÓN.

- 1.0 Montfort A. Johnsen, "The Aerosol Handbook". Second edition. Wayne Dorland Company. Mendham, New Jersey, (1982) p. 306. ISBN: 0960 3250 3-4.
- 2.0 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-010-STPS-2014, Agentes Químicos Contaminantes del Ambiente Laboral-Reconocimiento, Evaluación y Control.
- 3.0 CSPA, Aerosol Propellants: Considerations for effective Handling in the Aerosol Plant and Laboratory. Third Edition, 2010.
- 4.0 PNUMA. Manual de Seguridad: Aspectos Técnicos de la Inflamabilidad de los Gases Hidrocarburos. Publicación de Naciones Unidas ISBN: 92-807-2603-X. Año 2005.
- 5.0 CSPA, Aerosol Propellants: Considerations for effective Handling in the Aerosol Plant and Laboratory. Third Edition, 2010.
- 6.0 BAMA: Guidelines on Basic Safety Requirements in Aerosol Manufacturing. Second Edition: September 2003.
- 7.0 Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA). Cuarta edición revisada Naciones Unidas, Nueva York y Ginebra, 2011
- 8.0 NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-024-SCT2/2010, Especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de ensayo (prueba) de los envases y embalajes de las sustancias, materiales y residuos peligrosos
- 9.0 BAMA: Guidelines on Basic Safety Requirements in Aerosol Manufacturing. Second Edition: September 2003.
- 10.0 NFPA 30B, Code for the Manufacture and Storage of Aerosol Products, 2011 Edition.

# SECCIÓN 6

## CAPACITACIÓN PARA EMERGENCIAS.



***Estad, pues alerta y preparados...***

***No sea que viniendo de repente,***

***os encuentre dormidos.***

*Mc 13,33*

## 6.0 CAPACITACIÓN PARA EMERGENCIAS.

### 6.1 Entrenamiento.

El entrenamiento del personal de la planta es muy necesario. La normatividad de la STPS establece la obligación de impartir capacitación al personal que maneja materiales peligrosos. NFPA-58 recomienda se refresque por lo menos cada 3 años. Las compañías serias hacen sus campañas de capacitación en forma continua.

El personal de la planta deberá conocer que el PHC es muy inflamable, que no tiene olor y es explosivo, aún en concentraciones muy pequeñas. Deben saber que estos gases descienden al nivel más bajo y se acumulan si no hay una adecuada ventilación.

Tanto los jefes, como los supervisores, deberán saber qué válvulas cerrar en cualquier circunstancia. Se deberán reunir para discutir qué hacer durante cualquier situación de peligro concebible. Así mismo, deberán conocer donde se localiza el equipo contra incendio y cómo usarlo. También deberán guardar la calma para no asustar a sus compañeros. Literalmente ellos deberán estar preparados para cualquier emergencia en la planta.



## 6.2 Plan de Emergencia y Evacuación.

La evacuación del personal de la planta tiene que ser contemplada. Cada empleado deberá saber cómo evacuar su área de trabajo. Nunca deberá haber un lugar de la planta donde haya personal que esté sin ruta de evacuación. La falta de ésta fue lo que provocó las muertes en Ruby Aerosols, donde al iniciar el incendio el personal estaba adentro y únicamente había una puerta no señalizada. El personal no tuvo forma de salir.



## 6.3 REQUISITOS NORMATIVOS DE LA STPS.

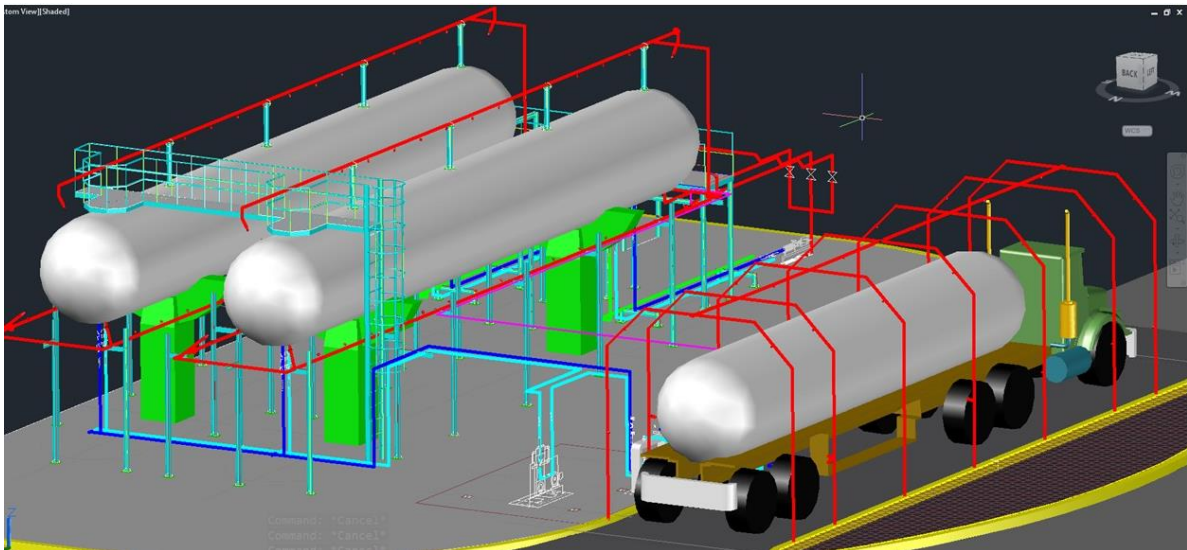
La STPS, en la Norma Oficial Mexicana **NOM-002-STPS-2010 Condiciones de Seguridad-Prevención y Protección Contra Incendios en los Centros de Trabajo**, establece los requisitos para el establecimiento de un plan de emergencia, la capacitación, los recursos, simulacros y las funciones de las diferentes brigadas.

## 6.4 REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE PROTECCION CIVIL.

Fue publicado el día 13 de Mayo, en el D.O.F. por la Secretaría de Gobernación (SEGOB). En su artículo 75 y 76, establece los lineamientos del Programa Interno de Protección Civil, que toda empresa deberá presentar de manera anual.

# SECCIÓN 7

## ANEXOS DEL MANUAL DE SEGURIDAD





## **ANEXOS DEL MANUAL DE SEGURIDAD EN EL LLENADO DE AEROSOL CON PROPELENTE HIDROCARBURO**

Anexo 01:

Propiedades físicas de los propelentes más usuales en la industria del aerosol.

Anexo 02:

Gráfica No.1 Presión vs Temperatura para los propelentes hidrocarburos más usuales.

Anexo 03:

Gráfica No. 2 Gráfica de Presión vs Temperatura para PHC y otros gases licuados.

Anexo 04:

Posibles consecuencias de una fuga o derrame de propelente hidrocarburo (PHC).

Anexo 05:

Hoja de Datos de Seguridad para el Propelente Hidrocarburo.

Anexo 06:

Planos y diagramas de plantas e instalaciones para PHC.

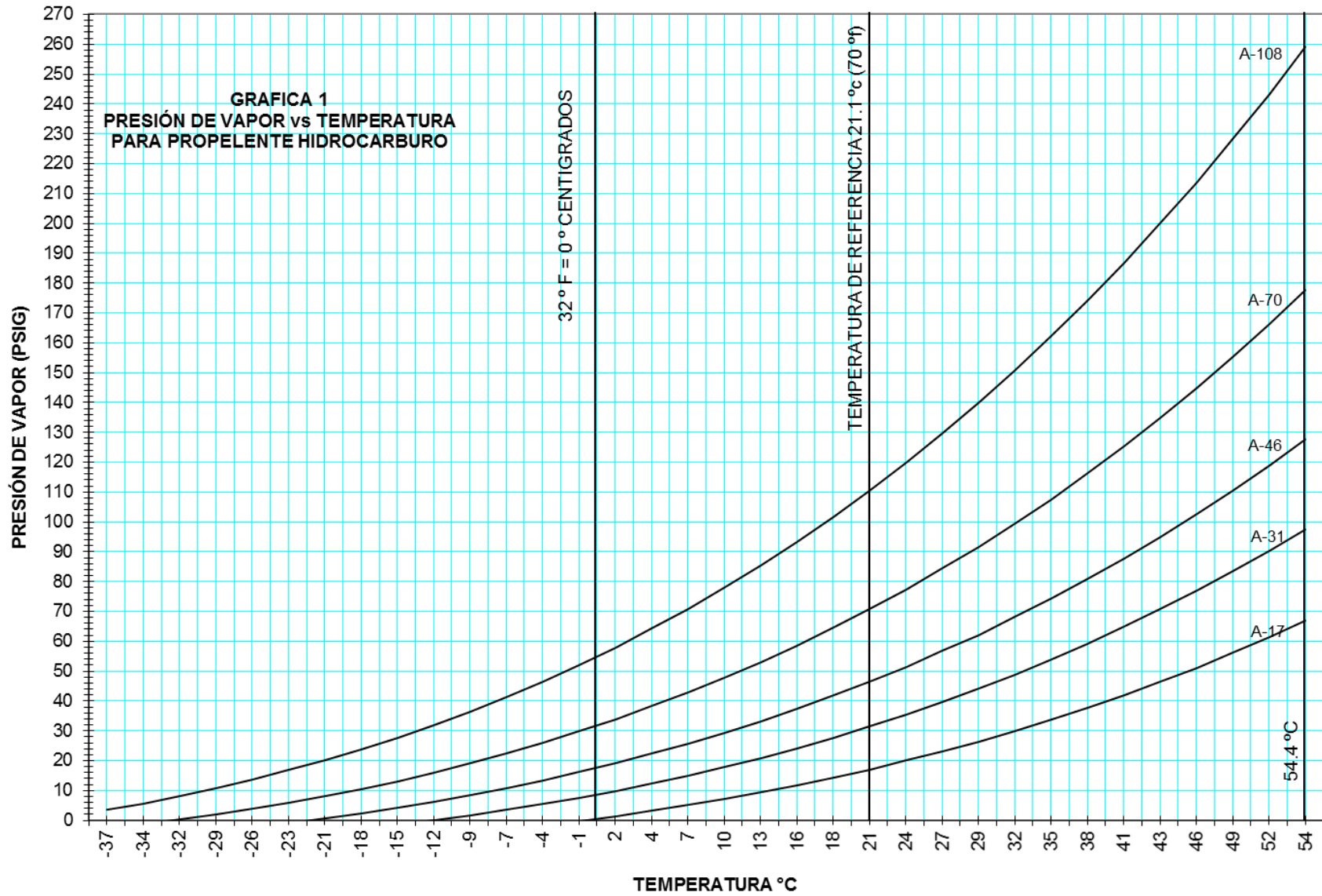
Anexo 07:

Diagramas para cuartos de llenado de aerosoles con PHC.

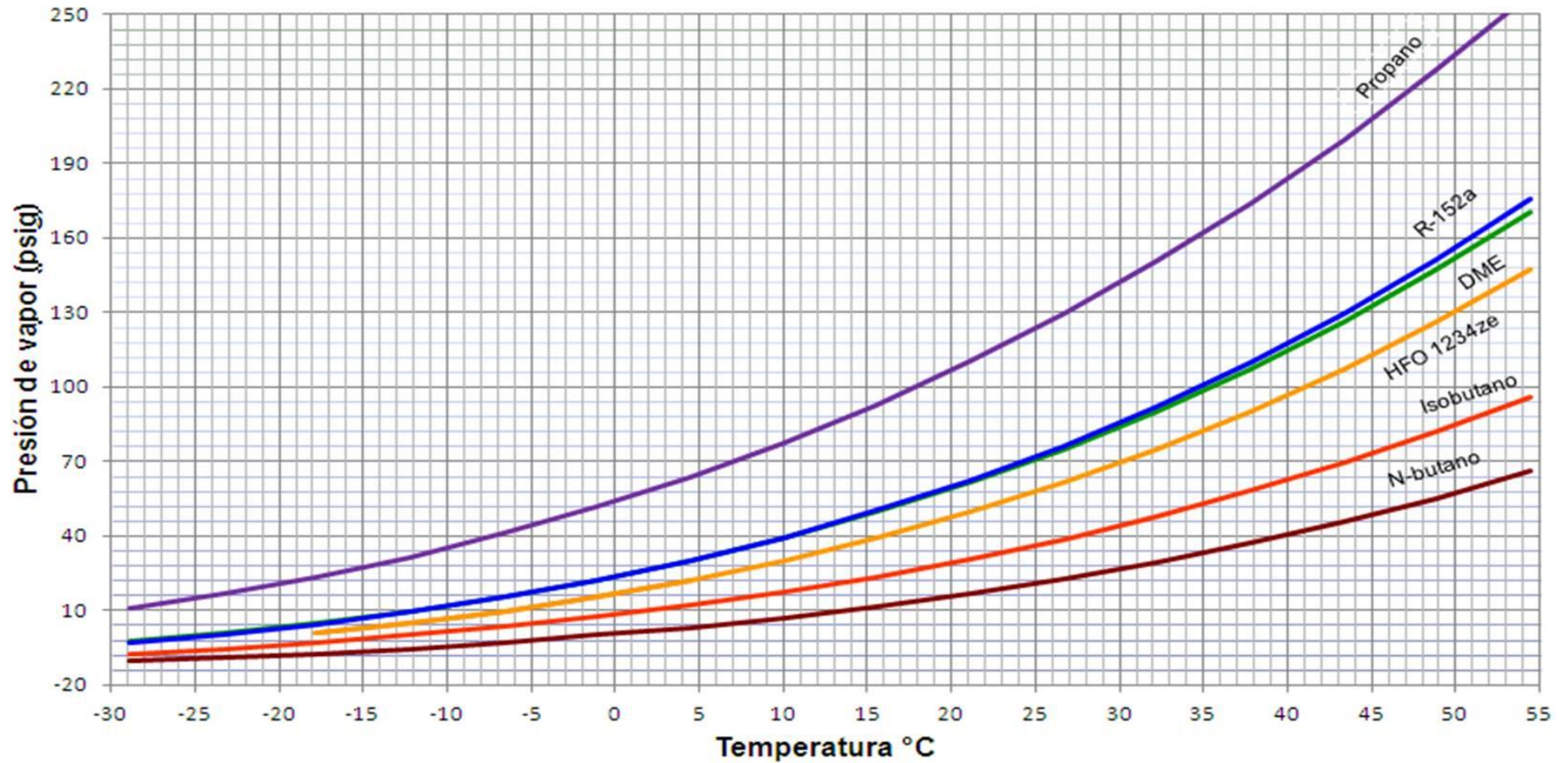


**ANEXO 01: PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS PROPELENTE MÁS USUALES EN LA INDUSTRIA DEL AEROSOL.**

PROPELENTE	n-Butano	Iso-Butano	Propano	DME	152a
Fórmula Química	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>3</sub> -O-CH <sub>3</sub>	CH <sub>3</sub> -CHF <sub>2</sub>
Peso Molecular	58.123	58.123	44.096	46.069	66.051
Presión de Vapor @ 21.1 °C psig	16.9	31.1	109.3	61.3	63.9
Presión de Vapor @ 54.4 °C psig	66.1	95.2	259.1	174	177
Punto de ebullición @ 1 atm., °C	-0.5	-11.7	-42.1	-24.8	-25
Temperatura de autoignición °C	405	543	450	350	454
Densidad relativa del gas @ 15.5 °C (aire = 1)	2.006	2.006	1.522	1.590	2.280
Densidad del líquido g/cm <sup>3</sup> a 21.1 °C	0.578	0.557	0.500	0.66	0.91
Relación de expansión (Líquido a Gas) @ 1 ATM., 21.1 °C	240.11	231.3	273.8	345.6	330.49
Flash Point °C	-74	-83	-104	-41	-50
Calor de vaporización KJ/g @ P.eb.	385.7	365.7	425.7	467.5	327.7
Calor neto de combustión de líquido @ 25 °C, KJ/g	45.7	45.6	46.3	28.8	11.5
Viscosidad de líquido, centipoise @ 37.8 °C	0.258	0.277	0.186	N/A	0.247
Coefficiente de dilatación de líquido @ 21.1 °C	0.002	0.0022	0.0031	0.0055	0.0014
Solubilidad en agua, % en peso, @ 21.1 °C	0.008	0.008	0.007	35	1.7
Valor de Kauri-butanol	20	18	15	60	11
Límites de inflamabilidad, gas en aire, % en volumen	1.9-8.5	1.8-8.4	2.2-9.5	3.3-18	3.9-16.9



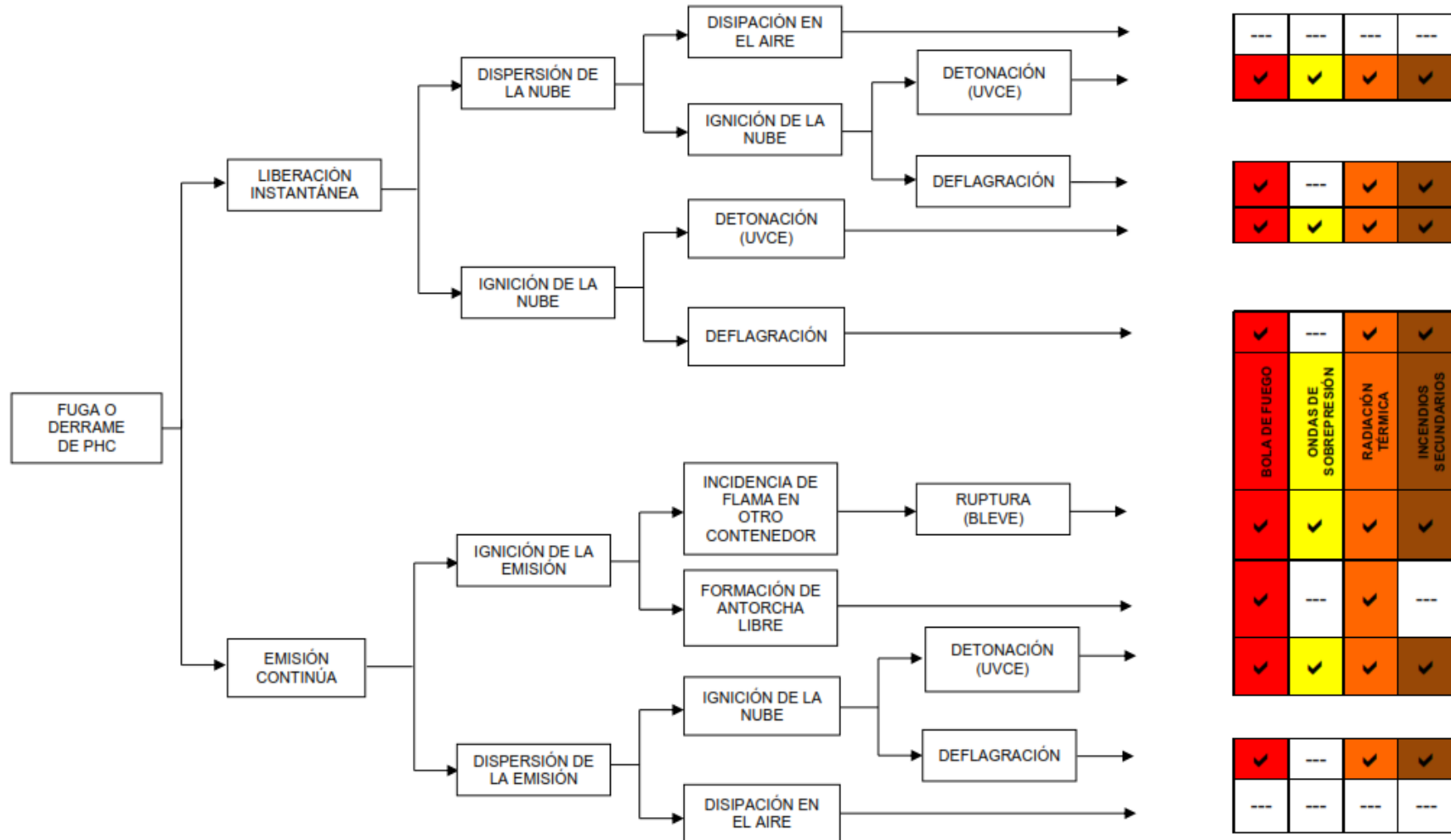
**ANEXO 02: GRÁFICA No. 1 PRESIÓN vs TEMPERATURA PARA LOS PROPELENTES HIDROCARBUROS MÁS USUALES**



**GRÁFICA No. 2 GRÁFICA DE PRESIÓN vs TEMPERATURA PARA PHC Y OTROS GASES LICUADOS**

**ANEXO 03**

**ANEXO 04: POSIBLES CONSECUENCIAS DE UNA FUGA O DERRAME DE PROPELENTE HIDROCARBURO (PHC)**



**ANEXO 05**

		<b>HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA PROPELENTE HIDROCARBURO</b>															
ELABORADA CONFORME NORMA: NOM-018-STPS-2000 (DOF. 27/OCT/00)		HDS ELABORADA POR: I.Q. JUAN NOLASCO M.		FECHA DE ACTUALIZACIÓN: 16/MAY/14 (REV. 20)													
<b>SECCIÓN I DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA SUSTANCIA QUÍMICA</b>																	
<b>1.1 NOMBRE DEL RESPONSABLE:</b>  <b>PROPYSOL, S.A. de C.V.</b>			<b>1.2 DOMICILIO:</b> Carretera Teoloyucan-Zumpango s/n Barrio de San Juan, Teoloyucan Edo. de México C.P. 54770 Tel. (01 593) 914 6613 / 914 6615 / 914 7007 / 914 69 99 FAX. (01 593) 914 6611														
<b>1.3 EN CASO DE EMERGENCIA FAVOR DE COMUNICARSE A LOS TELÉFONOS:</b>																	
SETIQ: INTERIOR DE LA REPÚBLICA      01-800-00-214-00 D.F. Y ÁREA METROPOLITANA      5559-1588.			UNIDAD DE PROTECCIÓN CIVIL, BOMBEROS Y RESCATE MUNICIPAL DE TEOLOYUCAN: Tel. (01 593) 914 3191														
EMERGENCIA EN TRANSPORTES			EMERGENCIA EN PLANTA														
<b>SECCIÓN II DATOS GENERALES DE LA SUSTANCIA QUÍMICA</b>																	
<b>2.1 NOMBRE COMERCIAL:</b> PROPELENTE HIDROCARBURO			<b>2.3 FAMILIA QUÍMICA:</b> Hidrocarburos Alifáticos (Alcanos)														
<b>2.2 NOMBRE QUÍMICO (IUPAC):</b>			<b>2.4 SINÓNIMOS:</b>														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>HIDROCARBURO</th> <th>FÓRMULA</th> <th>PESO MOLECULAR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Propano</td> <td>C<sub>3</sub>H<sub>8</sub></td> <td>44.096</td> </tr> <tr> <td>Isobutano</td> <td>C<sub>4</sub>H<sub>10</sub></td> <td>58.123</td> </tr> <tr> <td>n-Butano</td> <td>C<sub>4</sub>H<sub>10</sub></td> <td>58.123</td> </tr> </tbody> </table>			HIDROCARBURO	FÓRMULA	PESO MOLECULAR	Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44.096	Isobutano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58.123	n-Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58.123	Gases Licuados del Petróleo (GLP) deodorizados.  Mezcla de Propano / Isobutano / n-Butano.  Propelente Hidrocarburo.		
HIDROCARBURO	FÓRMULA	PESO MOLECULAR															
Propano	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44.096															
Isobutano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58.123															
n-Butano	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58.123															
<b>2.5 OTROS DATOS:</b> Los propelentes hidrocarburos (PHC's) están constituidos básicamente por mezclas de propano, isobutano y n-butano. En forma pura, corresponden a los propelentes A-108, A-31 y A-17, respectivamente. La terminología internacional, emplea una "A" para denotar el grado aerosol, seguida por la presión de vapor manométrica, medida (a 21 °C) y expresada en lb/in <sup>2</sup> (método ASTM-D1267). Estos hidrocarburos pueden mezclarse apropiadamente, para obtener mezclas con diversas presiones de vapor. Por ejemplo A-70, A-50, A-46, A-31, A-28, etc.																	
<b>SECCIÓN III IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES</b>																	
<b>3.1 COMPONENTE:</b> Propano (1) Isobutano (1) n-Butano (1)	<b>3.2 No. CAS:</b> 74-98-6 (2) 75-28-5 (2) 106-97-8 (2)	<b>3.3 No. EINECS:</b> 200 827 9 200 857 2 203 448 7	<b>3.4 LMPE-PPT</b> 1000 ppm (1800 mg/m <sup>3</sup> ) 1000 ppm (2380 mg/m <sup>3</sup> ) 1000 ppm (2380 mg/m <sup>3</sup> )	<b>LMPE-CT</b> N.A. N.A. N.A.	<b>LMPE-P</b> N.A. N.A. N.A.	<b>3.5 IPVS:</b> 2000 ppm (3600 mg/m <sup>3</sup> ) 2000 ppm (4700 mg/m <sup>3</sup> ) 2000 ppm (4700 mg/m <sup>3</sup> )											
Notas: 1. La composición específica (%MOL) deberá consultarse en el Certificado de Calidad del embarque correspondiente. 2. Para mezclas de Propano, Isobutano y n-Butano puede utilizarse el No. de CAS: 68476-86-8 (ver NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards) 3. No puede ser recomendado un LMPE, debido a que el factor limitante es el oxígeno disponible (NOM-010-STPS-1999).																	
<b>3.6 No. DE NACIONES UNIDAS (4):</b>			<b>3.7 GRADO DE RIESGO:</b>														
PROPANO			ISOBUTANO														
n-BUTANO																	
Nota 4: El PHC podrá ser identificado por el componente de mayor proporción. También podrá utilizarse el código UN-1965, que aplica para mezclas de gases de hidrocarburos licuados. El UN-1075 aplica para el gas LP, destinado a combustión. Estos códigos, deben ser conformes con el Permiso para Prestar Servicio de Transporte Privado de Carga otorgado por la SCT.																	
<b>3.8 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL:</b> Ropa de algodón (con camiseta de manga larga), guantes de camaza, casco clase C (contra impacto), anteojos de protección y calzado ocupacional.																	



PROPYSOL S.A. DE C.V.

HDS-PROPELENTE HIDROCARBURO

SECCIÓN IV PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS	
<b>4.1 TEMPERATURA DE EBULLICIÓN (°C):</b> <i>Propano -42.1; Isobutano -11.7; n-Butano -0.5</i>	<b>4.2 TEMPERATURA DE FUSIÓN (°C):</b> <i>Propano -187.6; Isobutano -159.6; n-Butano -138.3</i>
<b>4.3 TEMPERATURA DE INFLAMACIÓN (°C):</b> <i>N.A. es un gas a presión ambiente</i>	<b>4.4 TEMPERATURA DE AUTOIGNICIÓN (°C):</b> <i>Propano 450; Isobutano 543; n-Butano 405</i>
<b>4.5 DENSIDAD RELATIVA DEL LÍQUIDO (15/15°C):</b> <i>Propano 0.50699; Isobutano 0.56287; n-Butano 0.58401</i>	<b>4.6 DENSIDAD RELATIVA DEL VAPOR (AIRE = 1):</b> <i>Propano 1.522, Isobutano 2.006; n-Butano 2.006</i>
<b>4.7 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH):</b> <i>N.A. por ser hidrocarburo</i>	<b>4.8 ESTADO FÍSICO, COLOR Y OLOR:</b> <i>Gas licuado a presión, inodoro e incoloro</i>
<b>4.9 VELOCIDAD DE EVAPORACIÓN (butil-acetato = 1):</b> <i>Superior a 1</i>	<b>4.10 SOLUBILIDAD EN AGUA (% EN PESO @ 21.1°C):</b> <i>Propano 0.007; Isobutano 0.008; n-Butano 0.008</i>
<b>4.11 PRESIÓN DE VAPOR @ 101.3 kPa y 21.1°C, kPa (psi):</b> <i>Propano 753.6(109.3); Isobutano 214(31.1); n-Butano 124(16.9)</i>	<b>4.12 POR CIENTO DE VOLATILIDAD:</b> <i>N.A. es un gas a presión ambiente</i>
<b>4.13 LÍMITE INFERIOR DE INFLAMABILIDAD (%VOL):</b> <i>Propano 2.2; Isobutano 1.8; n-Butano 1.9</i>	<b>4.14 LÍMITE SUPERIOR DE INFLAMABILIDAD (%VOL):</b> <i>Propano 9.5; Isobutano 8.4; n-Butano 8.5</i>
SECCIÓN V RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSIÓN	
<b>5.0 INFLAMABILIDAD:</b> <i>El propelente hidrocarburo es extremadamente inflamable, tanto en fase vapor como en fase líquida. El vapor mezclado con oxígeno o aire, puede formar mezclas inflamables o explosivas, por lo que debe evitarse la presencia de fuentes de ignición (fuentes de calor, chispas, flama abierta, etc.). La NOM-002-STPS-2010 establece como alto grado de riesgo de incendio, un inventario <math>\geq</math> a 3000 litros para Gases Inflamables. La NOM-005-STPS-1998 prohíbe el uso de herramientas, ropa, zapatos y objetos personales que puedan generar calor, descarga estática, chispas, flama abierta o temperaturas que puedan provocar ignición. También prohíbe introducir dispositivos electrónicos que generen radiofrecuencias en áreas peligrosas (por ejemplo celulares, radios de comunicación que no sean intrínsecamente seguros).</i>	
<b>5.1 MEDIO DE EXTINCIÓN:</b> Niebla de agua <u>SÍ</u> Espuma <u>NO</u> CO <sub>2</sub> <u>SÍ</u> Polvo químico seco <u>SÍ</u> <b>IMPORTANTE:</b> <i>Antes de extinguir un fuego de propelente hidrocarburo, debe detenerse el escape del material.</i>	
<b>5.2 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL PARA COMBATE DE INCENDIO:</b> <i>Equipo completo para bombero integrado por chaquetón, pantalón, casco, botas, monja y guantes contra temperaturas extremas. En lugares cerrados, o con deficiencia de oxígeno, se deberá usar equipo de respiración autónoma.</i>	
<b>5.3 PROCEDIMIENTO Y PRECAUCIONES ESPECIALES PARA COMBATE DE INCENDIO:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>Ante todo dé la señal de alarma, notifique a Bomberos y a Protección Civil.</i></li><li>2. <i>El fuego no debe ser extinguido, a menos que el escape del material pueda ser detenido.</i></li><li>3. <i>Conatos y fuegos pequeños, de materiales combustibles pueden ser extinguidos con agua o con extintores tipo ABC.</i></li><li>4. <i>Si puede hacerlo sin riesgo, retire los recipientes portátiles de las áreas de riesgo.</i></li><li>5. <i>En incendios masivos, como recipientes no portátiles, autotanques o semirremolques, considere lo siguiente:</i><ol style="list-style-type: none"><li>a) <i>Enfriar el recipiente desde la máxima distancia posible, aplicando agua en gran cantidad, con monitores fijos o mangueras con boquillas reguladoras de flujo, a razón de 10 LPM/m<sup>2</sup> de superficie expuesta. Si el recipiente está expuesto a flama directa aumente la dosificación de agua por lo menos a 25 LPM/m<sup>2</sup>.</i></li><li>b) <i>Manténgase alejado de las cabezas del recipiente. Utilice patrón de cono de poder para el enfriamiento y no dirija el agua a la fuente de la fuga, ni a las válvulas de seguridad, puede haber congelamiento.</i></li><li>c) <i>En caso de poder detener el escape del material, hágalo protegido con cortinas de niebla de agua y continúe el enfriamiento del recipiente, aún después de que el fuego haya sido extinguido.</i></li><li>d) <i>Si no es posible detener el escape de gas, enfríe y permita que el propelente se autoconsuma.</i></li><li>e) <i>Retírese y evacue el área de inmediato, a un radio de 1,600 metros a la redonda, en los siguientes casos: Cuando el agua es insuficiente y no se garantiza el suministro constante para el enfriamiento. Cuando aumenta el sonido de las válvulas de seguridad del recipiente expuesto al fuego. Cuando empieza a decolorarse la superficie del recipiente, ante el excesivo calentamiento del metal por fuego.</i></li></ol></li></ol>	
<b>5.4 CONDICIONES QUE CONDUCEN A OTRO RIESGO ESPECIAL:</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. <i>Los vapores del propelente hidrocarburo, son más pesados que el aire y pueden formar mezclas inflamables que pueden incendiarse y producir una deflagración o una explosión no confinada (UVCE).</i></li><li>2. <i>Un recipiente con PHC, que sea expuesto a fuego directo, por más de 10 minutos puede explotar. Esto por la expansión de los vapores del líquido en ebullición (BLEVE), proyectar los fragmentos del recipiente a grandes distancias, en dichas explosiones la radiación térmica y la onda de sobrepresión resultantes, tienen efectos muy destructivos.</i></li><li>3. <i>Se debe evitar sobrellenados de recipientes con PHC, debido a la elevada expansión térmica y presión hidrostática.</i></li></ol>	
<b>5.5 PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN NOCIVOS PARA LA SALUD:</b> <i>El propelente hidrocarburo arde completamente formando dióxido de carbono y agua. En lugares cerrados o con deficiencia de oxígeno, puede formar grandes cantidades de monóxido de carbono que es muy nocivo para la salud.</i>	



PROPYSOL S.A. DE C.V.

HDS-PROPELENTE HIDROCARBURO

SECCIÓN VI DATOS DE REACTIVIDAD	
<b>6.1 SUSTANCIA:</b>  <i>Estable</i> <u>Si</u> <i>Inestable</i>	<b>6.2 CONDICIONES A EVITAR:</b>  <i>El isobutano puede contaminarse al reaccionar en tanques con superficies interiores oxidadas, que contengan humedad y presencia de aire, formando TBHP (hidroperóxido de terbutilo) (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>COOH. El TBHP puede atacar algunos ingredientes del aerosol (alcoholes y aldehídos) oxidándolos a sus correspondientes ácidos carboxílicos. El TBHP ha sido el responsable de la contaminación de millones de aerosoles en el mundo. Un tanque contaminado con TBHP solo puede ser tratado por sandblasteo y su limpieza con agentes químicos no ha tenido éxito.</i>
<b>6.3 INCOMPATIBILIDAD (SUSTANCIAS A EVITAR):</b> <i>El PHC es incompatible con sustancias oxidantes (hipoclorito de sodio, permanganato de potasio, etc.) y puede reaccionar con cloro, bromo, flúor, pero no con yodo. No reacciona con el agua, ácidos, bases, ni con otros reactivos de uso común, excepto con el ácido peracético (CH<sub>3</sub>-CO-OOH) con el cual produce una espontánea y violenta explosión.</i>	
<b>6.4 PRODUCTOS PELIGROSOS DE LA DESCOMPOSICIÓN:</b> <i>El propelente hidrocarburo es muy estable, se descompone fotoquímicamente en el ambiente, produciendo agua y dióxido de carbono. En ambientes contaminados el PHC es un precursor para la formación de ozono troposférico.</i>	
<b>6.5 POLIMERIZACIÓN ESPONTÁNEA:</b> <i>Puede ocurrir</i> <u>No</u> <b>Condiciones a evitar:</b> <i>El propelente hidrocarburo no se polimeriza.</i>	

SECCIÓN VII RIESGOS PARA LA SALUD		
VÍAS DE ENTRADA	EFECTOS A LA SALUD	EMERGENCIA Y PRIMEROS AUXILIOS
<b>7.1 INGESTIÓN ACCIDENTAL:</b>	<i>Su ingestión es difícil, pero se han reportado síntomas de neumonía bilateral progresiva, vómito, dolor abdominal, gastritis y esofagitis hemorrágica.</i>	<i>Ingerir agua en abundancia. Si es preciso, aplicar antibióticos y antiácidos.</i>
<b>7.2 INHALACIÓN:</b>	<i>Es un asfixiante simple, desplaza al oxígeno del aire y puede provocar las siguientes fases de hipoxia (deficiencia de oxígeno):</i> a) <i>Etapa de indiferencia: disminuye la visión nocturna, aumento de respiración y pulso.</i> b) <i>Etapa compensatoria: disminuye las habilidades de ejecución y de alerta.</i> c) <i>Etapa de confusión: fatiga, mareos, visión en túnel, dolor de cabeza y confusión mental.</i> d) <i>Etapa crítica: pérdida progresiva del juicio, coordinación y estado de consciencia.</i>  <i>Sensibilizante cardíaco; daño a sistema nervioso central de acuerdo a la NOM-010-STPS-2012 (DOF 28/ABR/14)</i>	<i>Sacar a la víctima del área contaminada y trasladarla a un área abierta, donde pueda respirar.</i>  <i>Suministrar oxígeno si la víctima respira con dificultad.</i>  <i>En caso de paro respiratorio, emplear el método RCP (reanimación cardiopulmonar).</i>
<b>7.3 CONTACTO Y ABSORCIÓN CON LOS OJOS:</b>	<i>Entorpecimiento pasajero de la visión, deficiencia visual nocturna, irritación, dolor, lagrimeo y fotofobia.</i>	<i>Irrigar con cantidades abundantes de agua a temperatura ambiente por 15 minutos. No usar agua caliente.</i>
<b>7.4 CONTACTO Y ABSORCIÓN CON LA PIEL:</b>	<i>El contacto con el líquido, puede provocar quemaduras por congelamiento, cuya intensidad varía de acuerdo al tiempo de exposición. Provoca dolor, hinchazón, irritación e inflamación de tejidos.</i>	<i>Recuperar la temperatura corporal irrigando la zona afectada en agua tibia (a 40 °C), durante 20 a 30 minutos. En caso de ropa congelada, deberá descongelarse antes de retirarla.</i>
<b>7.5 POR EXPOSICIÓN CRÓNICA:</b>	<i>No se ha reportado ningún síntoma patológico.</i>	<i>Ventilación general por dilución.</i>
<b>7.6 SUSTANCIA CONSIDERADA COMO: CANCERÍGENA</b> <u>No</u> ; <b>MUTAGÉNICA</b> <u>No</u> ; <b>TERATOGENICA</b> <u>No</u> ; <b>TOXICIDAD</b> <u>No</u> <b>OTROS:</b> <i>Los propelentes hidrocarburos son considerados como asfixiantes simples: NOM-010-STPS-1999 (DOF 13/MAR/00)</i>		
<b>7.7 INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA:</b> (ND= No Disponible) n-Butano CL <sub>50</sub> 658 g/m <sup>3</sup> /4 hr, DL <sub>50</sub> N.D. Propano CL <sub>50</sub> N.D., DL <sub>50</sub> N.D. Isobutano CL <sub>50</sub> 620 g/m <sup>3</sup> /4 hr, DL <sub>50</sub> N.D.		

SECCIÓN VIII INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAME
<i>El PHC se almacena y transporta como gas licuado a presión. Si escapa en fase líquida se vaporiza rápidamente. El vapor de PHC, es más pesado que el aire y puede diluirse para formar mezclas inflamables o explosivas. Esto dependerá de la concentración del PHC en el aire, el tamaño de la nube, las condiciones atmosféricas y de confinamiento. Por lo tanto, se deberán tomar las siguientes medidas:</i> <ol style="list-style-type: none"><li><i>1. Ante todo, dé la señal de alarma, notifique a Bomberos y a Protección Civil.</i></li><li><i>2. Evacue el área 800 metros a la redonda y evite cualquier fuente de ignición (Guía de Respuesta en Caso de Emergencia, 2012).</i></li><li><i>3. En caso de poder hacerlo sin riesgo, detenga la fuga del propelente.</i></li><li><i>4. Pequeñas fugas en conexiones pueden ser congeladas provisionalmente con franelas húmedas.</i></li><li><i>5. Fugas en tuberías y válvulas pueden obstruirse con estacas de madera.</i></li><li><i>6. En recipientes portátiles, gire el recipiente de manera que escape vapor en lugar de líquido.</i></li><li><i>7. En atmósferas saturadas de vapor utilice el equipo de respiración autónoma y equipo de protección personal contra incendio.</i></li><li><i>9. Evite el acumulamiento de los vapores en zonas subterráneas o su introducción a sótanos, alcantarillas y drenajes.</i></li><li><i>10. Verifique el Índice de explosividad antes de iniciar los trabajos de retorno a la normalidad.</i></li></ol>



PROPYSOL S.A. DE C.V.

HDS-PROPELENTE HIDROCARBURO

**SECCIÓN IX PROTECCIÓN ESPECIAL PARA SITUACIONES DE EMERGENCIA****9.1 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL:***Ver sección 5.2***9.2 VENTILACIÓN:***En áreas cerradas ventilar completamente hasta su dilución.***SECCIÓN X INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTACIÓN**

Las sustancias utilizadas como *Propelente Hidrocarburo* aparecen en el "Listado de Sustancias y Materiales Peligrosos más Usualmente Transportados" NOM-002-SCT/2011 (DOF 27/ENE/12). Su transporte está regulado por el "Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos" (DOF 07/ABR/93) de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) que establece en su artículo 52, portar los siguientes requerimientos:

1. Autorización para la importación o exportación del producto, cuando aplique.
2. Póliza vigente del seguro de responsabilidad civil (del transportista y del expedidor).
3. El operador deberá contar con licencia vigente para conductores de Materiales Peligrosos (Categoría "E").
4. Bitácoras de horas de servicio del conductor del transporte NOM-006-SCT2/2011 (DOF 22/AGO/11).
5. Documentos que avale la inspección técnica de la unidad verificadora de la SCT (Art. 41 del Reglamento de Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos).
6. Documento de embarque del material NOM-043-SCT/2003 (DOF 27/ENE/04).
7. Información de emergencia en transportación NOM-005-SCT/2008 (DOF 14/AGO/08). Usar guía 04 de la DOT.
8. La unidad será identificada como lo señala la norma NOM-004-SCT/2008 (DOF 18/AGO/08).
9. El operador realizará la inspección ocular diaria de la unidad NOM-006-SCT2/2011 (DOF 22/AGO/11).
10. Se deberá contar con el certificado vigente de la inspección de condiciones físico-mecánicas de la unidad conforme a la NOM-068-SCT-2-2000 (DOF 24/JUL/00).
11. Se verificarán las condiciones de seguridad de los autotanques y semirremolques conforme lo establece la norma NOM-007-SESH-2010 (DOF 11/JUL/11).
12. La NOM-002-SCT/2011 (DOF 27/ENE/12) Lista al Propano, Butano, Isobutano y Mezclas de Hidrocarburos Gaseosos Licuados como División 2.1 (gases inflamables).
13. El Reglamento del Servicio de Medicina Preventiva en el Transporte requiere que el operador se practique exámenes de aptitud Psicosfísica cada 3 años como requisito para renovar su licencia Categoría E.

**SECCIÓN XI INFORMACIÓN ECOLÓGICA****11.1 EFECTOS EN EL AMBIENTE:**

Componente	ODP	MIR	GWP	Vida atmosférica
Propano	0	0.46	3	14 días
Isobutano	0	1.17	4	9 días
n-Butano	0	1.08	4	9 días

ODP=Ozone Depletion Potential, MIR=Maximum Incremental Reactivity (William Carter, 2009), GWP= Global Warming Potential

**11.2 DISPOSICIÓN:**

*El Cliente podrá negociar con PROPYSOL el cambio o devolución de producto y el vaciado de cualquier remanente.*

**11.3 CANTIDAD DE REPORTE:**

*500 kg (Segundo Listado de Actividades Altamente Riesgosas SEGOB: DOF 04/MAY/92).*

**SECCIÓN XII PRECAUCIONES ESPECIALES****12.1 PRECAUCIONES QUE DEBEN SER TOMADAS PARA EL MANEJO Y ALMACENAMIENTO:**

*En ausencia de normas nacionales para el almacenamiento y manejo del PHC, se recomienda utilizar como referencia la norma de diseño y construcción de plantas de almacenamiento de gas LP: NOM-001 SEDEG-1996 (DOF 12/SEP/97) y la de instalaciones de aprovechamiento: NOM-004-SEDG-2004 (DOF 02/DIC/04). También puede utilizarse como referencia, la Norma NFPA 58 Standard for the Storage and Handling of Liquefied Petroleum Gases, edición 2014.*

*Se deberá realizar una medición ultrasónica para la evaluación de espesores a los 10 años de la fecha de fabricación del recipiente, conforme a la norma NOM-020-STPS-2011 (DOF 27/DIC/11) y posteriormente cada 5 años.*

*Se deberá prohibir toda fuente de ignición donde se maneje PHC NOM-002-STPS-2010 (DOF 09/DIC/10).*

*El equipo eléctrico deberá ser a prueba de explosión y cumplir con la norma NOM-001-SEDE-2012 (DOF 29/DIC/12).*

*Todas las instalaciones y equipos eléctricos, deberán estar aterrizados NOM-022-STPS-2008 (DOF 07/NOV/08).*

*No se permitirá sobrellenar un recipiente a más del 90% en volumen NOM-005-STPS-1998 (DOF 02/FEB/99).*

*El llenado máximo para un recipiente que contenga PHC con una presión  $\leq 70$  psi podrá ser de 90% de nivel y para aquellos que contengan PHC con presiones  $> 70$  psi será del 85%, como máximo, para evitar sobrellenados.*

*La NOM-028-STPS-2012 establece como cantidad umbral de propano y butano 4,600 kg. Las empresas que manejen una cantidad igual o mayor, deberán establecer un sistema de administración de seguridad, conforme a esta norma.*

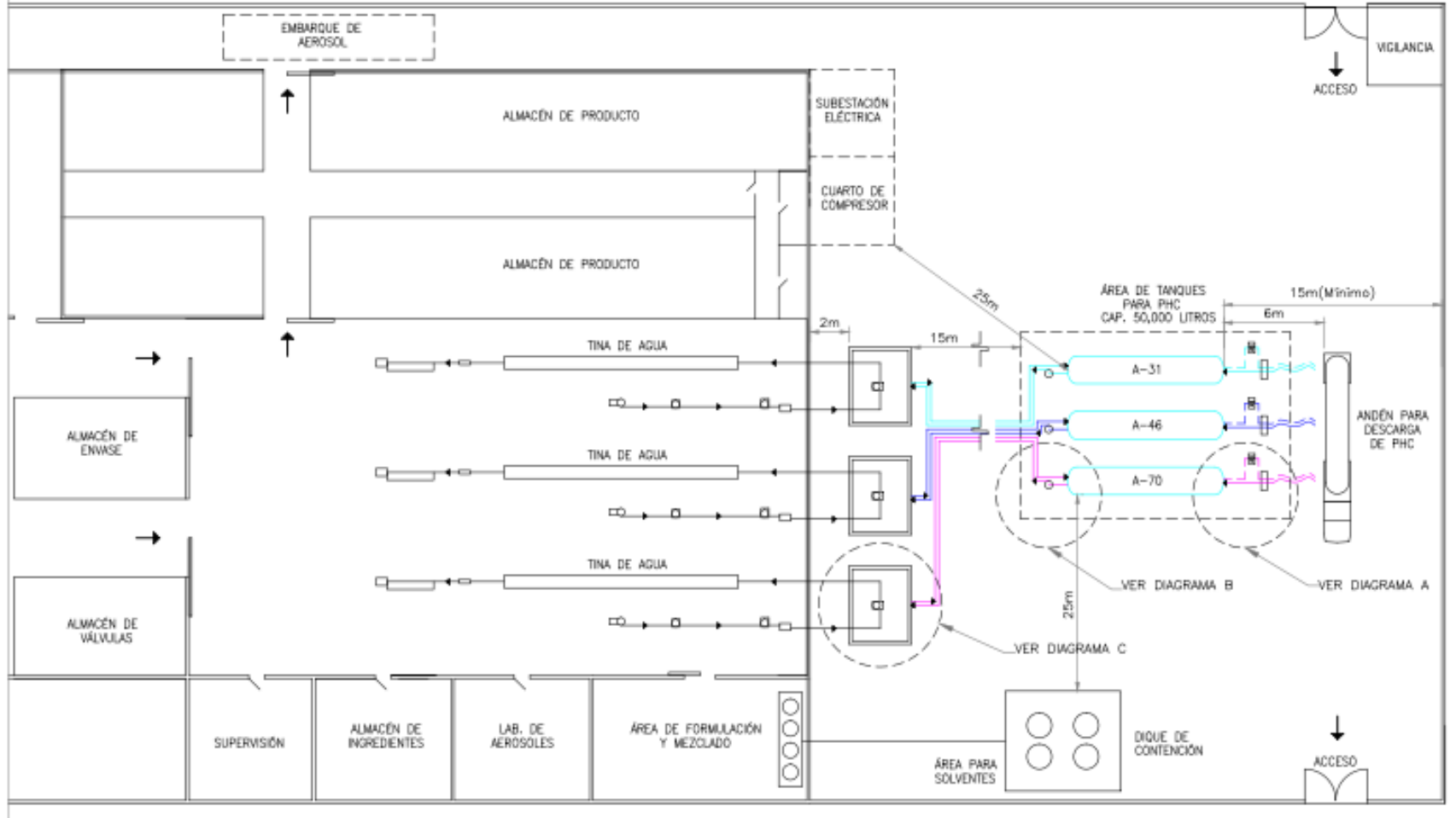
**12.2 OTRAS PRECAUCIONES O RECOMENDACIONES:**

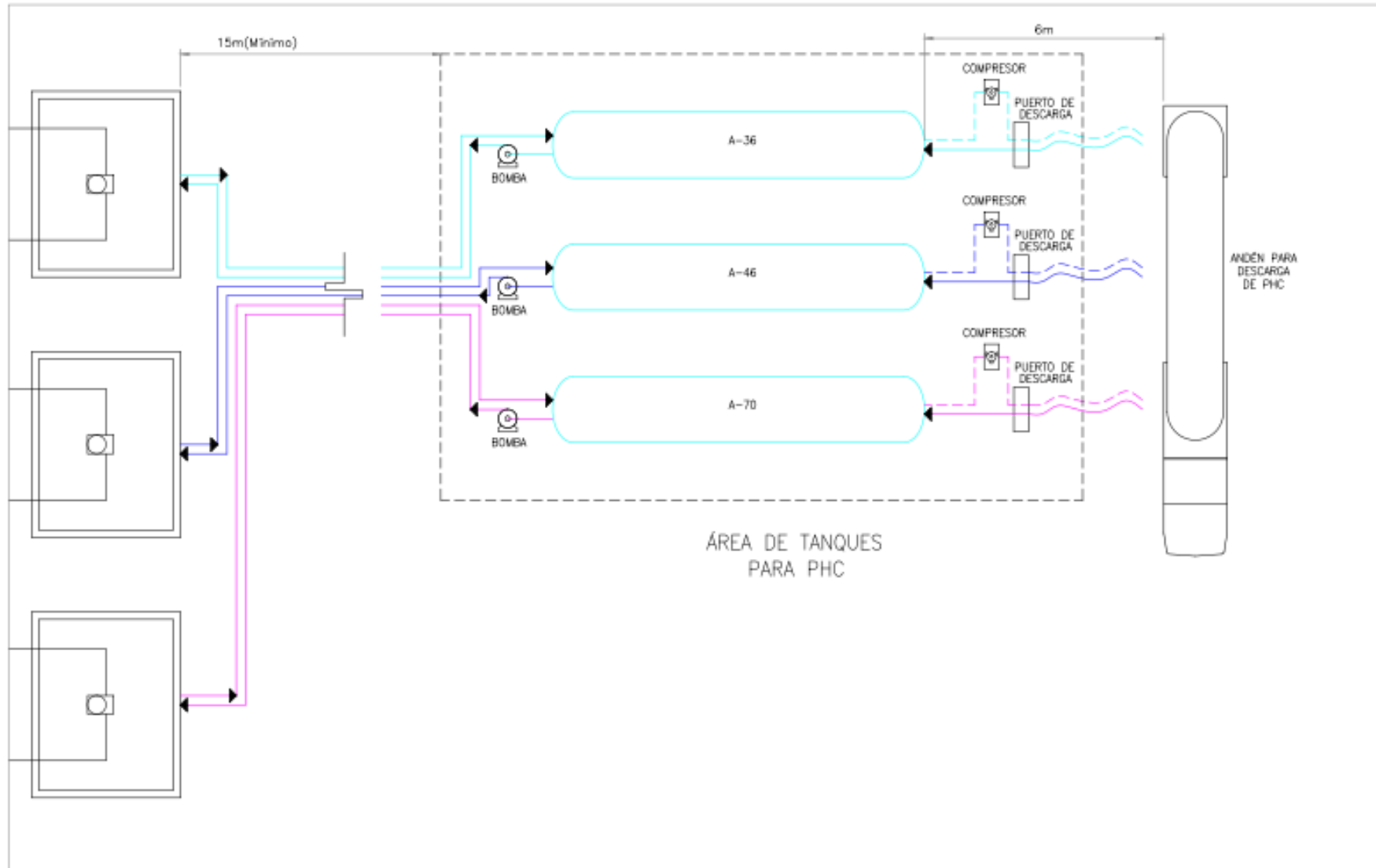
*Es conveniente contar con los señalamientos y lineamientos de seguridad establecidos por la SENER, SEMARNAT, STPS, SCT, SEGOB, Reglamento de la Ley General de Protección Civil (DOF 13/MAY/14). Así mismo, es indispensable capacitar y adiestrar al personal no sólo para la realización normal de sus funciones, sino también para prevenir y proteger la vida y la salud de las personas así como para evitar daños a la propiedad y al centro de trabajo NOM-005-STPS-1998 (DOF 02/FEB/99).*

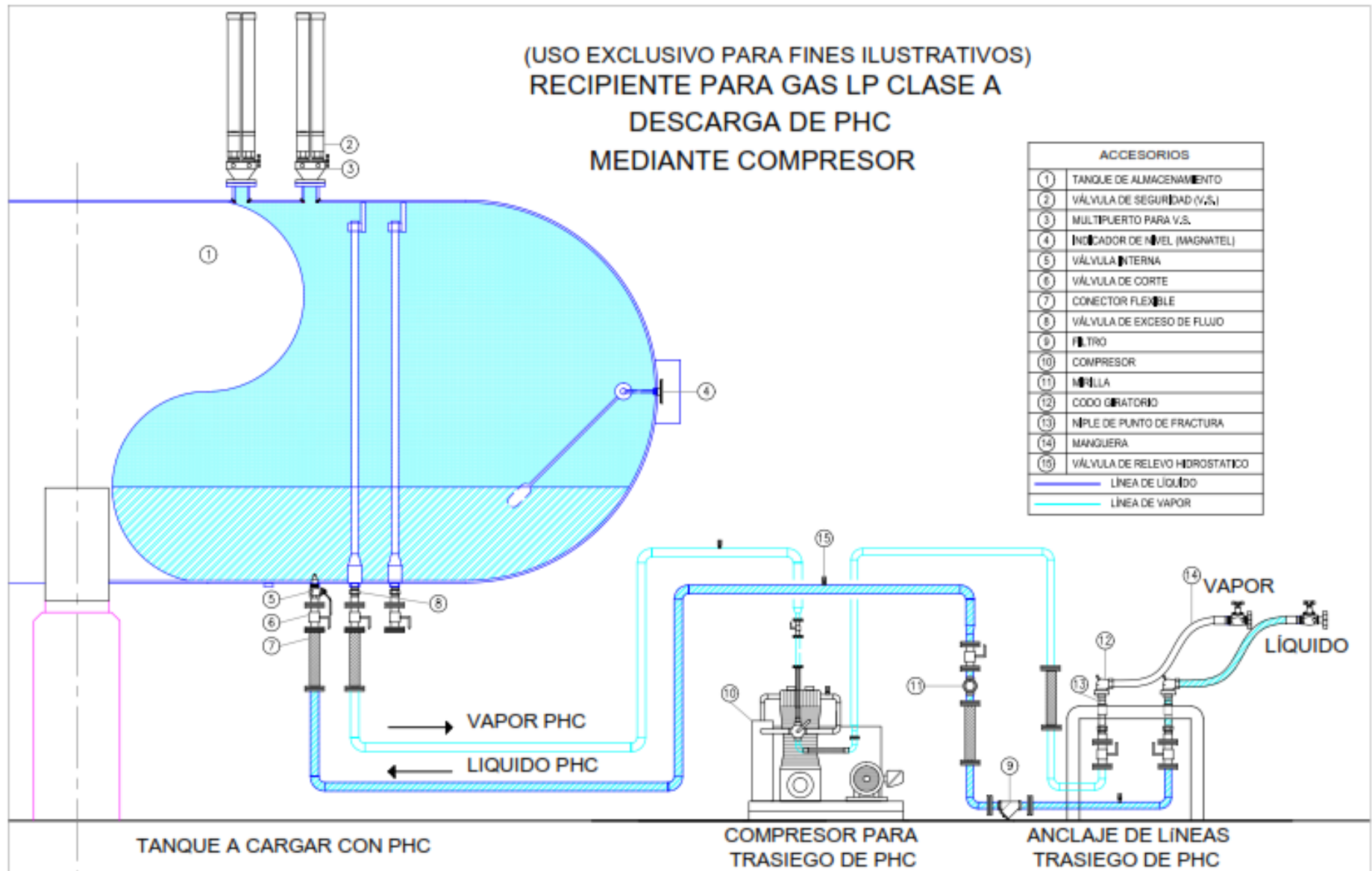


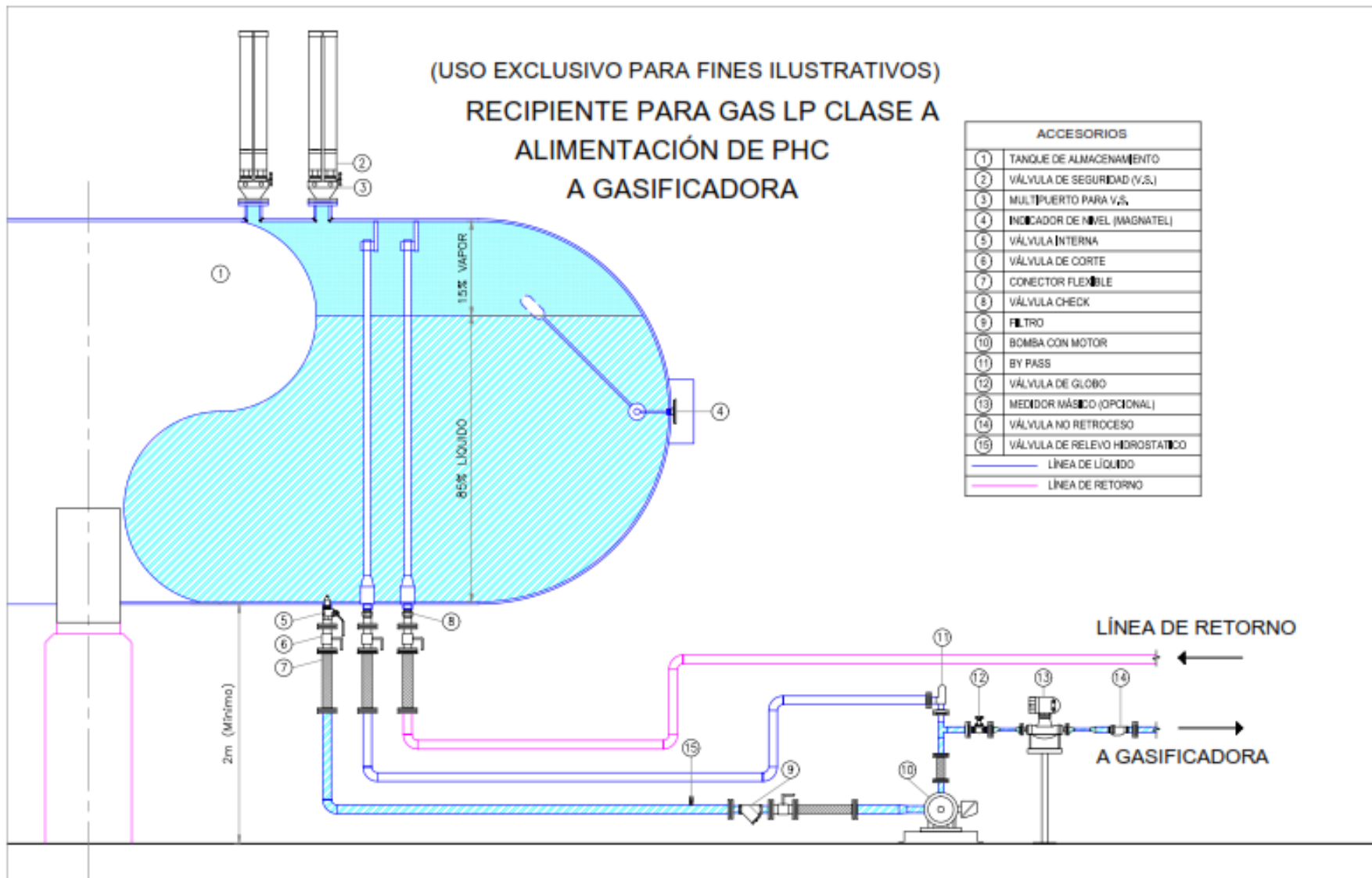
**ANEXO 06**

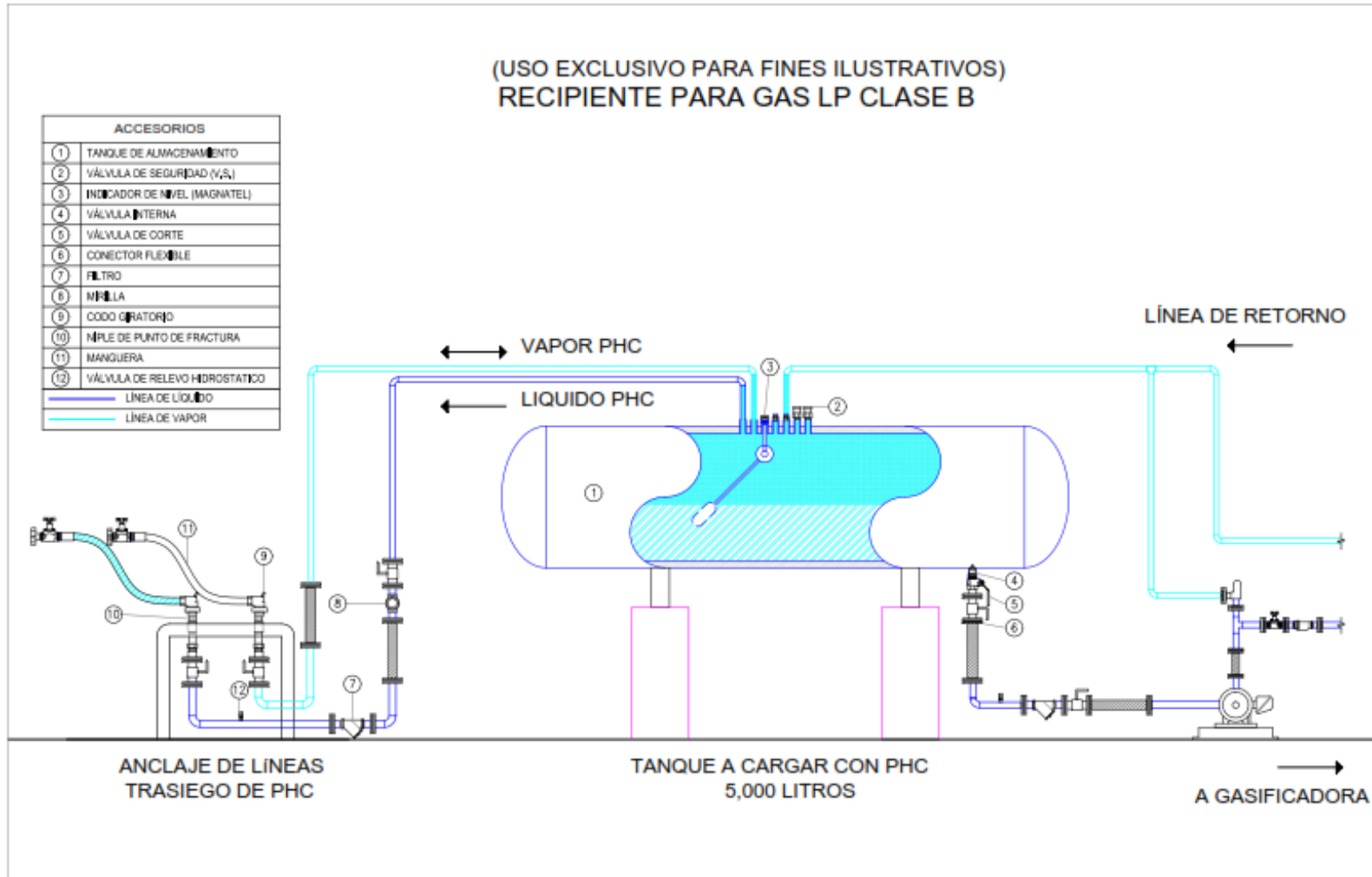
**PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL (PLG): PLANTA PARA LLENADO DE AEROSOLES  
(USO EXCLUSIVO PARA FINES ILUSTRATIVOS)**



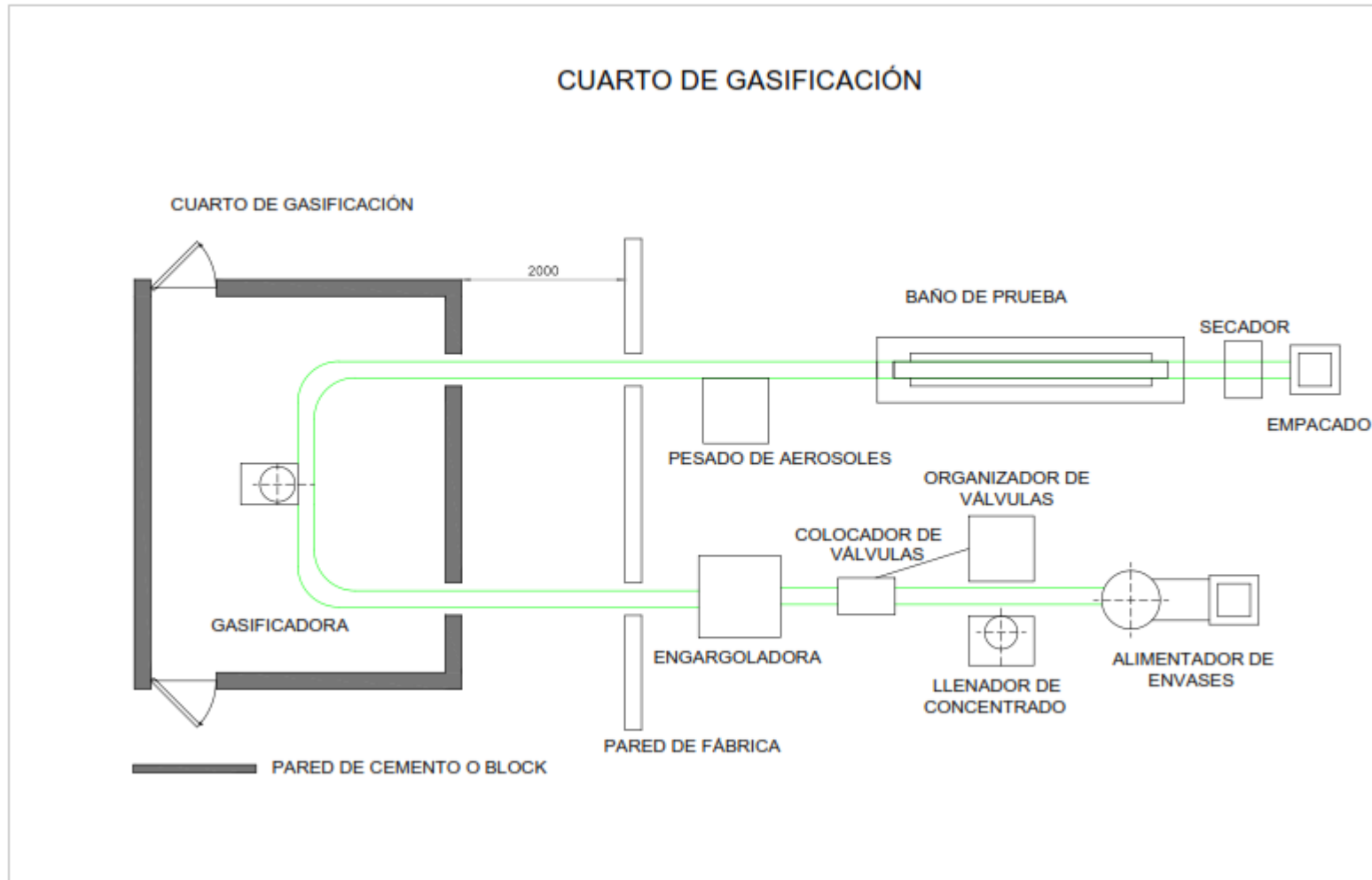


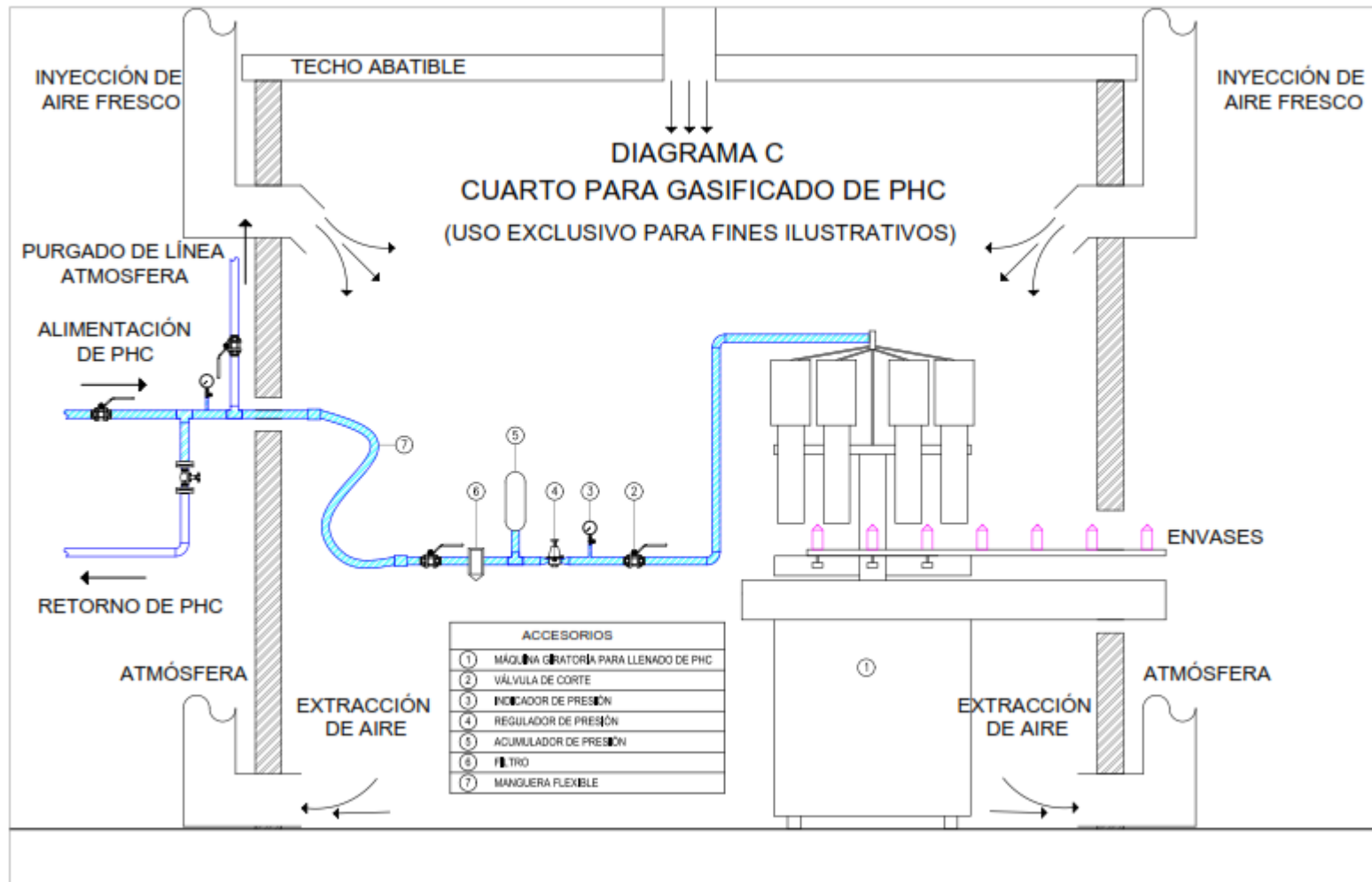


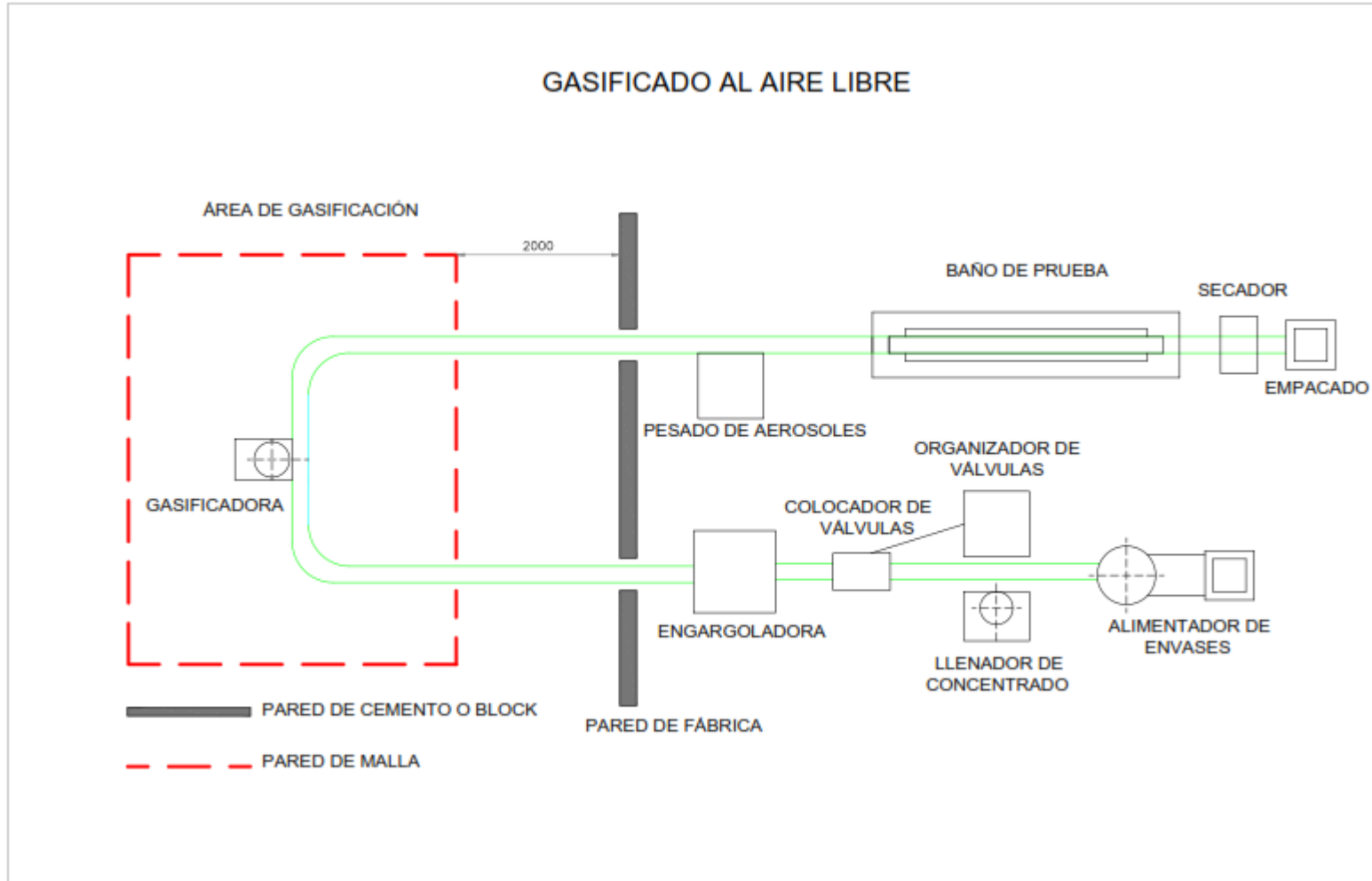




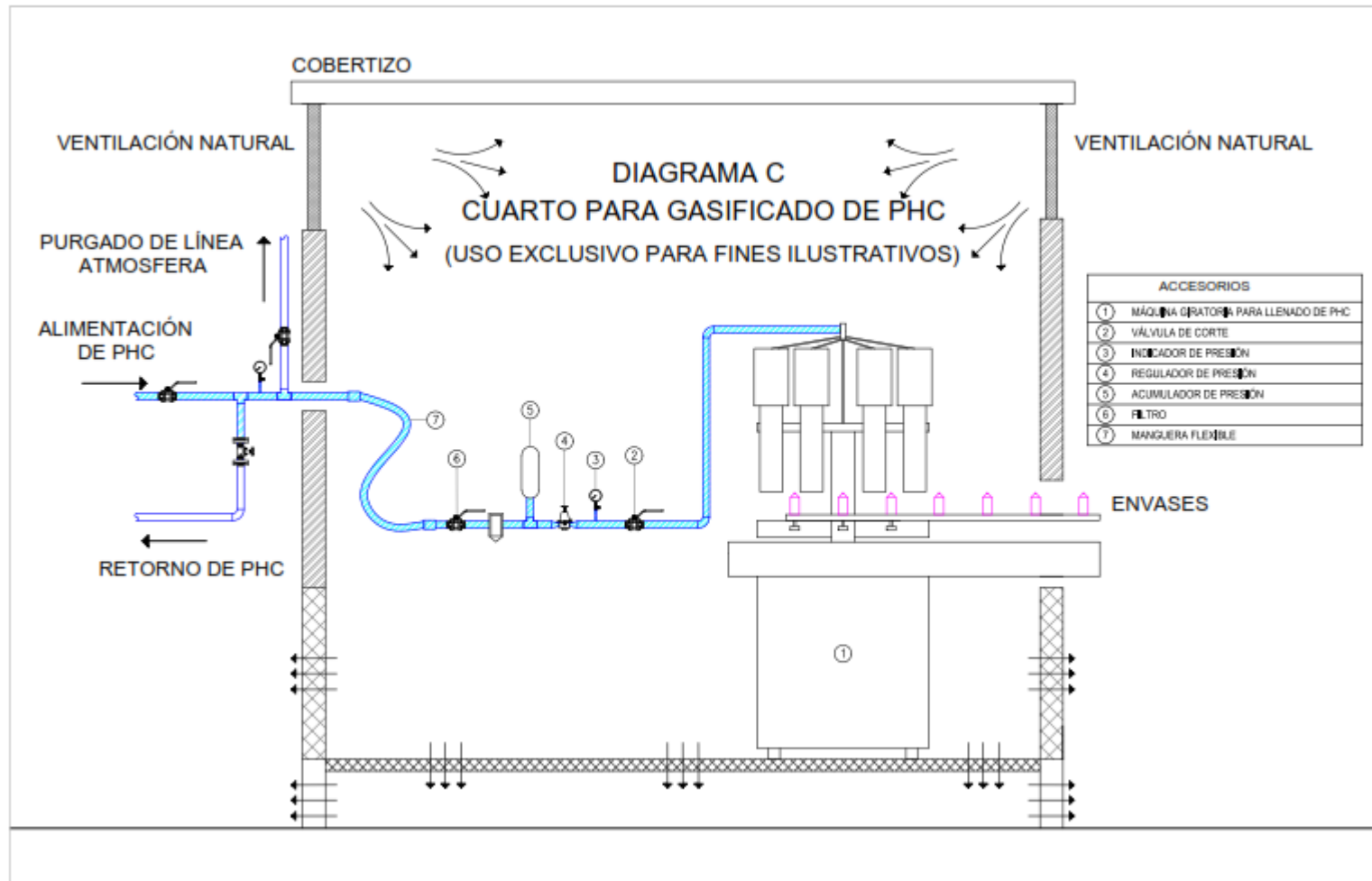
**ANEXO 07**











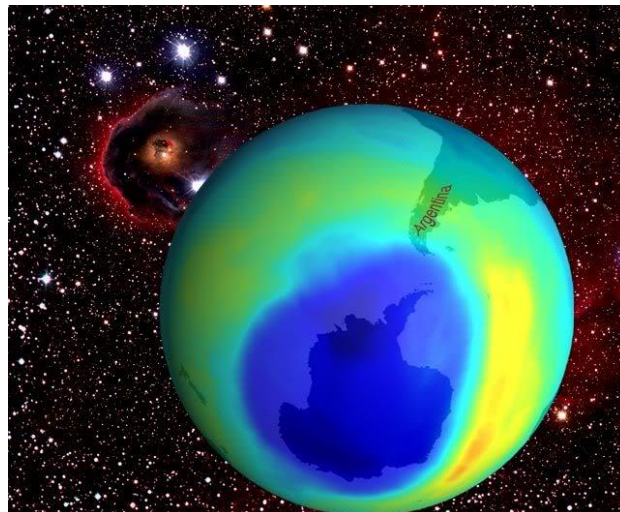
# ANEXO C

## LOS AEROSOLES Y SU IMPACTO AMBIENTAL

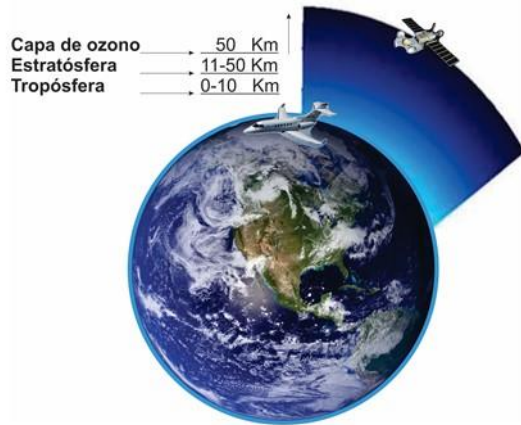
MURAL DIDÁCTICO: LOS AEROSOLES Y SU IMPACTO AMBIENTAL

1. LOS AEROSOLES Y SU IMPACTO AMBIENTAL

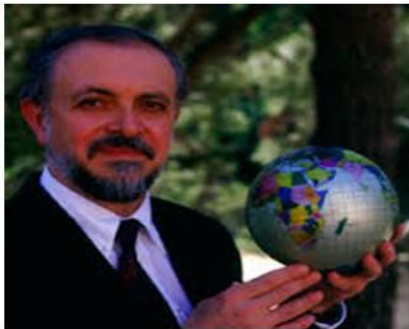
2. LOS PROPELENTES Y EL MEDIO AMBIENTE



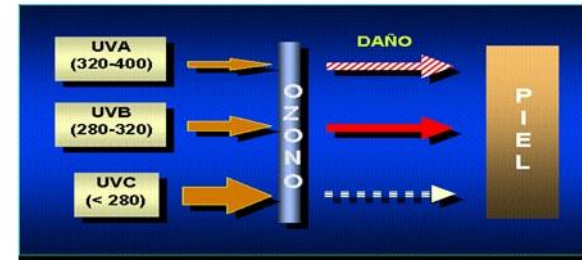
# LOS AEROSILES Y SU IMPACTO AMBIENTAL



APLICACIONES DE LOS CLOROFUOROCARBONOS (CFC's) DESDE LOS AÑOS 50's



## LA CAPA DE OZONO NOS PROTEGE DE LOS RAYOS ULTRAVIOLETA



AIRE ACONDICIONADO		Confort, comodidad, bienestar y salud.
REFRIGERADORES		Conservación de alimentos, medicamentos, bebidas, helados, etc.
AEROSILES		Prácticos, eficientes e higiénicos
PLÁSTICOS Y ESPUMADOS		Prácticos, baratos, ligeros, desechables.
EXTINTORES		Extingue fuego, no moja, no deja residuos o polvos.



1974:  
**TEORÍA DE MARIO MOLINA**  
 "LA CAPA DE OZONO PUEDE SER DESTRUIDA POR LOS CFC's DEBE DETENERSE SU PRODUCCIÓN"

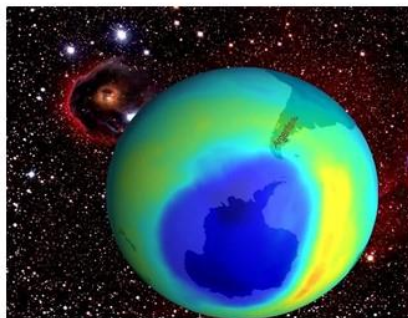




**SE CONFIRMA LA APARICIÓN DEL AGUJERO EN LA CAPA DE OZONO EN 1985**



PROGRAMA DE LAS NACIONES UNIDAS PARA EL MEDIO AMBIENTE



## MÉXICO PRIMER LUGAR EN EL MUNDO EN LA PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO



**MÉXICO FUE EL PRIMER PAÍS EN EL MUNDO EN FIRMAR EL PROTOCOLO DE MONTREAL EN 1987 PORQUE LOS AEROSOLIOS MEXICANOS NO CONTIENEN CFC's**



**EN 1995 EL DOCTOR MARIO MOLINA RECIBE EL PREMIO NOBEL DE QUÍMICA POR SU TEORÍA "DEL AGOTAMIENTO DE LA CAPA DE OZONO POR CFC's"**



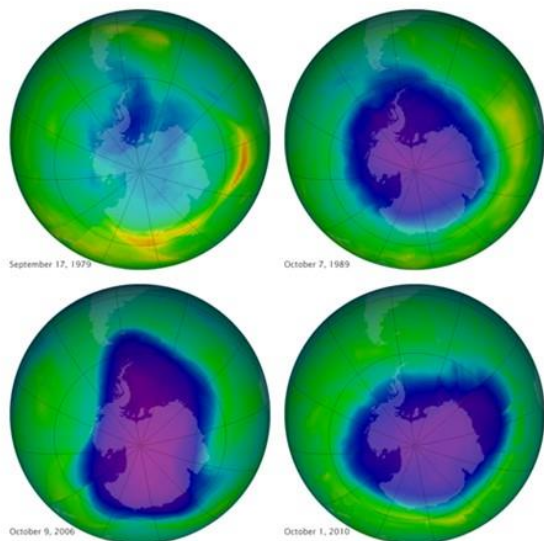
**Desde el 1 de enero de 2010 todos los equipos de refrigeración, aire acondicionado, espumas y aerosoles fabricados en México están libres de CFC's.**



INSTITUTO MEXICANO DEL AEROSOL



**GRACIAS AL DR. MOLINA, AL PROTOCOLO DE MONTREAL Y AL LIDERAZGO DE MÉXICO EN LA PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO, ÉSTA SE RECUPERA GRADUALMENTE.**



**LA NASA MANTIENE UN MONITOREO CONTINUO DE LA CAPA DE OZONO DESDE 1979 Y HA COMPROBADO QUE GRACIAS AL PROTOCOLO DE MONTREAL, SE HA INICIADO LA RECUPERACIÓN NATURAL DE LA CAPA DE OZONO.**



**EN EL 2012 SE LOGRA EL PRIMER ACUERDO DE LA HUMANIDAD A FAVOR DE LA PROTECCIÓN DE LA CAPA DE OZONO.**



**EL 20 DE NOVIEMBRE DE 2013 OBAMA ENTREGA MEDALLA LIBERTAD A MARIO MOLINA POR SU CONTRIBUCIÓN A FAVOR DE LA HUMANIDAD.**



**EL 20 DE SEPTIEMBRE DE 2013 MÉXICO CONFIRMA SU COMPROMISO Y LIDERAZGO CON EL PROTOCOLO DE MONTREAL.**



## **1.0 LOS AEROSALES Y SU IMPACTO AMBIENTAL.**

### **1.1 EL INICIO DE LA INDUSTRIA DEL AEROSOL Y EL USO DE LOS CFC's.**

El primer aerosol fue inventado en 1922, por el Ingeniero Químico Erik Rotheim, en Oslo, Noruega. Rotheim, más conocido como el "*Padre del aerosol*", define al aerosol como un sistema de envasado versátil, capaz de producir la atomización o dispersión fina o gruesa de cualquier sustancia líquida, semilíquida o sólida, de una manera más práctica, higiénica y eficiente<sup>1</sup>.

Su invento fue patentado en EUA, el 7 de abril de 1931.<sup>2</sup> Rotheim Fabricó lacas, resinas, cosméticos, jabones, etc. Sin embargo, su producción fue muy limitada, pues sus envases eran recipientes metálicos, pesados, costosos y rellenables. Así mismo, las válvulas que utilizo eran roscadas y costosas.<sup>3</sup>

El aerosol funciona con un gas propelente, que proporciona la presión necesaria, para dosificar en forma de finas partículas el producto envasado. El tamaño de partícula del aerosol depende de la presión del propelente, del orificio de la válvula y de la forma del pulsador. El propelente puede ser un gas licuado (isobutano, dimetil-éter, etc.) o un gas comprimido (nitrógeno, dióxido de carbono, etc.).

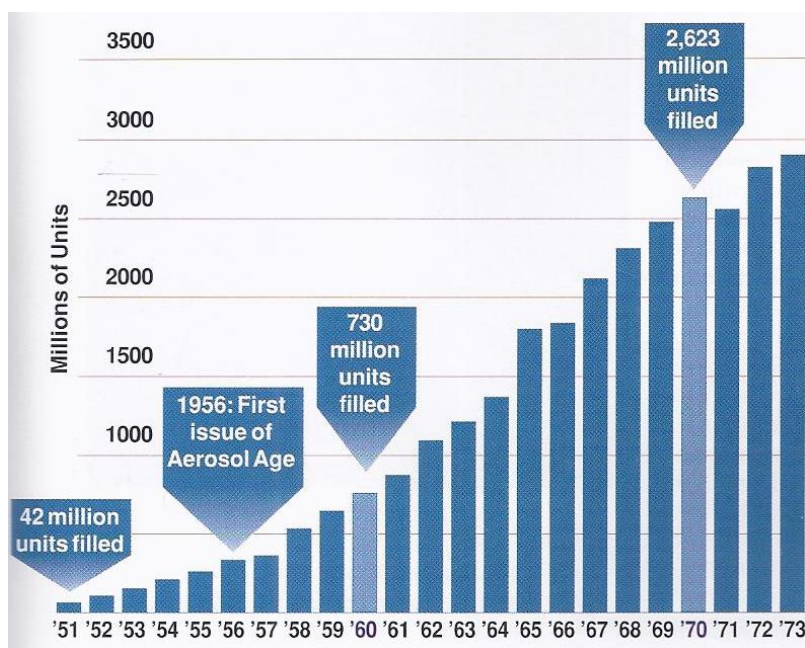
A diferencia de los gases comprimidos, los gases licuados se utilizan más en la industria del aerosol, porque mantienen su presión de vapor constante y al ser descargados, pasan súbitamente a su estado gaseoso. Esto garantiza una mejor pulverización y desempeño del producto.

El uso del aerosol se inició hasta 1943, cuando fue utilizado como insecticida por el ejército americano, durante la Segunda Guerra Mundial. El insecticida en aerosol, fue desarrollado por los investigadores L. Goodhue y W. Sullivan, quienes utilizaron el diclorodifluorometano como propelente. Los clorofluorocarbonos, o más conocidos como CFC's, fueron fabricados y comercializados por Du Pont desde 1936 para la industria de la refrigeración, del aire acondicionado y espumas plásticas. Sin embargo, fueron muy usados en la industria del aerosol por ser gases licuados muy estables, no inflamables y con bajo nivel de toxicidad<sup>4</sup>.

El mayor crecimiento y diversificación del aerosol, se dio en la década de los 50's, con el invento de envases no rellenables, válvulas más prácticas y con el uso de CFC's como propelente. La industria del aerosol encontró infinidad de aplicaciones en diversos productos industriales, cosméticos, farmacéuticos, veterinarios, alimenticios, de higiene personal, agropecuarios, de diversión, etc.<sup>5</sup>

El propelente hidrocarburo, elaborado con de mezclas de propano, n-butano e isobutano, se empezó a comercializar por la Phillips Petroleum Chemical Company hasta 1954<sup>6</sup> pero su inflamabilidad producía desconfianza, tanto al usuario, como al productor de aerosoles. Esto también aplicó con el dimetil-éter, que se empezó a comercializar en Francia, por la empresa AKZO, hasta 1966.<sup>7</sup>

Con el uso de los CFC's, la producción americana de aerosoles, creció de manera vertiginosa durante sus primeros 25 años. De 4.3 millones de unidades producidas en 1947, llegó a casi 3,000 millones de unidades en 1973<sup>8</sup>.



## 1.2 LA PROHIBICIÓN DE LOS CFCS.

En 1974, el Doctor Mario Molina, Ingeniero Químico egresado de la Facultad de Química, de la Universidad Nacional Autónoma de México<sup>9</sup>, y el Profesor en Química, de la Universidad de Berkeley, Sherwood Rowland, publicaron la “Teoría del Agotamiento de la Capa de Ozono”, por la acción de los CFC's

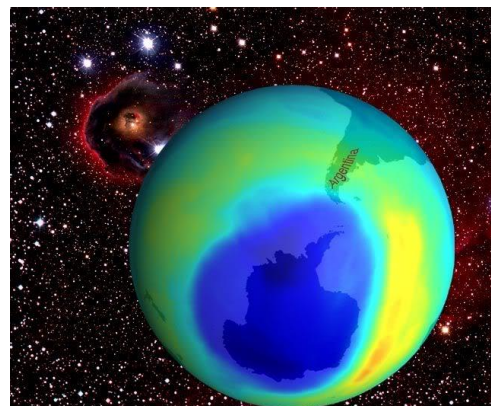
En su teoría los investigadores exponen que los CFC son muy estables, haciendo que su vida en la atmósfera sea muy larga. Los CFC más comunes CFC-11 y CFC-12, pueden permanecer en la atmósfera entre 75 a 120 años, respectivamente. En un periodo, aproximado de cinco años alcanzan la estratósfera, donde son destruidos por la radiación ultravioleta liberando un átomo libre de cloro, el cual reacciona con las moléculas de ozono (O<sub>3</sub>), descomponiéndolo en oxígeno (O<sub>2</sub>) y en monóxido de cloro.

***Esta reacción se produce en cadena y un solo átomo de cloro es capaz de destruir 100,000 moléculas de ozono, antes de ser eliminado o neutralizado en alguna otra reacción.***

La destrucción del ozono estratosférico deja el paso libre a los rayos UV del Sol, los cuales son muy dañinos a la salud humana, produciendo quemaduras, cáncer de piel y otras enfermedades cutáneas, así como problemas en la vista. También afecta los ecosistemas al alterar el proceso de fotosíntesis en las plantas.

En consecuencia, se inició de inmediato una publicidad adversa en contra del uso de los aerosoles. Esto frenó de manera drástica el uso y producción de aerosoles, en Estados Unidos y en todo el mundo.

Por tal razón, en 1981 se firma el Protocolo de Montreal, donde se prohíbe el uso y la producción de CFCs y se crea la Secretaría del Ozono, en el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).



En 1996 se prohíbe también el uso de los HCFCs. El 16 de Septiembre, del 2009, PNUMA informó que el Protocolo de Montreal alcanzó la ratificación universal de los 196 países integrantes de la ONU.

## **1.2 DESARROLLO DE AEROSOLES CON PROPELENTES ECOLÓGICOS.**

Ante esta situación, Du Pont redujo la producción de CFC's y desarrolló otros refrigerantes alternos, que también fueron usados como propelentes en la industria del aerosol, los hidroclorofluorocarbonos (HCF's). Aunque éstos son menos estables en el ambiente, pronto fueron incluidos en la lista de Sustancias Agotadoras de la Capa de Ozono (SAO's).<sup>10</sup> Después fabricaron los hidrofluorocarbonos (HFC's) que son compuestos libres de cloro, por



lo que ya no dañan la capa de ozono, pero presentan un elevado potencial de calentamiento global.<sup>11</sup>

También se han probado los gases comprimidos como el nitrógeno y dióxido de carbono, pero no tienen un buen desempeño como propelentes, pues su presión baja conforme se usa el aerosol. Además, el gas puede ser descargado de manera accidental. El aire resulta muy oxidante, por la cual tampoco se utiliza como propelente para aerosoles.

Actualmente, el propelente más utilizado en la industria del aerosol, es el propelente hidrocarburo (elaborado con mezclas de propano, isobutano y n-butano). Estos gases no dañan la capa de ozono<sup>12</sup>, son de origen natural (se obtienen del petróleo), no reaccionan con el producto y mantienen su presión de vapor hasta la última gota de líquido. En el ambiente, estos gases se descomponen en pocos días con la luz solar, formando dióxido de carbono y vapor de agua.<sup>13</sup>

La desventaja del propelente hidrocarburo es su inflamabilidad, con sus riesgos asociados de incendio o explosión. No obstante, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) lo considera como la mejor opción ecológica para sustituir a los CFC's y lo ha promovido a nivel mundial<sup>14</sup>. Así mismo, ha elaborado manuales para el uso seguro de estos hidrocarburos.<sup>15</sup>

Otra alternativa ecológica es el dimetil-éter (DME), que tiene la particularidad de mezclarse con el agua y reducir así, su nivel de inflamabilidad. Se obtiene por deshidratación catalítica del metanol, por lo que su proceso y costo de producción es mayor, comparado con el propelente hidrocarburo. Sin embargo, se están desarrollando nuevas tecnologías para obtenerlo de la biomasa y en especial de la basura orgánica. Esto puede hacerlo más competitivo en precio y convertirlo en el propelente y en el combustible del futuro<sup>16</sup>.

### **1.3 EL INICIO DE LA INDUSTRIA MEXICANA DEL AEROSOL.**

En los años 50's, se inicia en México la producción de aerosoles, utilizando CFC's como propelente, el cual se importaba de Estados Unidos a precios muy elevados. En consecuencia la producción de aerosoles era muy baja.

La industria mexicana del aerosol se consolida en los años 60's, impulsada por el Ingeniero Químico William Buenfil. En 1978, establece la empresa Propysol para producir propelente hidrocarburo, a partir de gases puros producidos por Petróleos Mexicanos (PEMEX). Así mismo, crea otras empresas para fabricar envases y válvulas para aerosol. También establece empresas para la producción y maquila de aerosoles. En 1972 fue uno de los

primeros socios del Instituto Mexicano del Aerosol (IMAAC), cuyo primer presidente fue el Ing. Miguel Jiménez y J. de Cisneros, quien era Director General de PRODUCTOS H-24.



En 1976, el IMAAC invitó al Dr. Mario Molina para explicar su teoría del “Agotamiento de la Capa de Ozono por CFC’s”, logrando el respaldo total de la industria del aerosol, pues la mayoría de los aerosoles mexicanos ya usaban propelente hidrocarburo<sup>17</sup>. Esto sucedió 11 años antes, de que su teoría fuera aceptada a nivel mundial en 1987 y 19 años antes, de ser galardonado con el Premio Nobel de Química en 1995.

En 1978 El ing. Buenfil dirige la fundación de la Federación Latinoamericana del Aerosol (FLADA), integrada por Argentina, Brasil, Chile y Venezuela, donde ocupa la presidencia y lo reeligen por su liderazgo, durante doce años <sup>18</sup>.

Con este liderazgo, México fue el primer país en ratificar en 1988 el Protocolo de Montreal, promovido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) para de reducir y eliminar la producción de sustancias agotadoras de la capa de ozono. En 1991, el IMAAC recibe el “Premio Internacional por la Protección de la Capa de Ozono”.<sup>19</sup>

No obstante, hoy en día, existen en México libros de texto gratuitos de educación primaria, donde aún se informa que “los aerosoles dañan la capa de ozono”<sup>20</sup>. Esta información, no actualizada, es una de las principales razones por las personas limitan o evitan el uso de aerosoles.<sup>21</sup>

La población mexicana desconoce el liderazgo que tiene México en la protección de la capa de ozono<sup>22</sup>, la importancia del Protocolo de Montreal y la trascendencia de la obra del Dr. Mario. Todo esto realizado en favor de la vida sobre el planeta.

1. Associação Brasileira de Aerossóis e Saneantes Domissanitários (ABAS), ANUÁRIO 2011 ABAS. Public Projetos Editoriais. Sao Paulo, Brazil. (2011) p. 28.
2. Erik Rotheim "Method and Means for the Atomizing or Distribution of Liquid or Semiliquid Materials" United States Patent Office. Patent: 1,800,156 (April 7, 1931).
3. J. Guomin, M.A. Johnsen and B.V. Braune, "Aerosol Propellant Handbook". Jing Tai Printing Ltd., Hong Kong. (1998) p. 6-7.
4. P.A. Sanders, "Handbook of Aerosol Technology", Second edition. Van Nostrand Reinhold Company. New York, N. Y. U.S.A. (1979) p. 6.
5. Montfort A. Johnsen, "The Aerosol Handbook". Second edition. Wayne Dorland Company. Mendham, New Jersey, (1982) p. 306.
6. Montfort A. Johnsen. Loc. Cit. p. 306
7. Ibid p. 355.
8. P.A. Sanders. Loc. Cit. p. 9.
9. <http://www.nobel.unam.mx/Molina/autobio.html>
10. <http://www.epa.gov/ozone/science/ods/class>. List of Class II Ozone-Depleting Substances.
11. <http://www.foronuclear.org/minisite/energia2012/cap.9/09.01.htm>. Capítulo 9, Protocolo de Kioto.
12. United States Environmental Protection Agency (EPA) "Manual for Non-CFC Aerosol Packaging Conversion from CFC to Hydrocarbon Propellants" U.S. EPA, Office of Research and Development. Washington, D.C. 1991.
13. John H. Sainfeld "Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution" .Wiley Interscience Division, John Wiley & Sons, Inc. New York. NY. (1986). Pp. 142-145.
14. <http://www.unep.fr/ozonoaction>.
15. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) "Manual de Seguridad: Aspectos Técnicos de la Inflamabilidad de los Gases Hidrocarburos. Publicación de Naciones Unidas, 2005.
16. <http://www.aboutdme.org>.: International DME Association.
17. Aerosol. Órgano Informativo del Instituto Mexicano del Aerosol, A.C. Verano de 1993, No. 3. Varios Países Siguen el Ejemplo de México. pp. 4-6.
18. Aerosol, la Revista. Órgano Oficial de Comunicación de FLADA. Año II, Marzo 2006. William Buenfil, Pionero de la Industria Latinoamericana del Aerosol. pp. 4-8.
19. Aerosol. Órgano Informativo del Instituto Mexicano del Aerosol, A.C. Verano de 1992, No. 1. Reconocimiento Internacional del IMAAC. p. 12.
20. Libro de Texto Gratuito de Ciencias Naturales, 3er Grado de Educación Primaria, Ciclo Escolar 2011-2013. Bloque II, Tema 3: "Importancia del Cuidado del Ambiente. pp 60-66. Elaborado por la Dirección General de Materiales Educativos (DGME) de la Subsecretaría de Educación Básica, Secretaría de Educación Pública.
21. Centro Universitario ETAC, Plantel Coacalco, Estado de México. Metodología de la Investigación, Proyecto: "Consumo de Aerosoles en México". Mayo del 2013.
22. <http://saladeprensa.semarnat.gob.mx/index.php/noticias/527-mexico-mantiene-su-liderazgo-en-la-proteccion-de-la-capade-ozono>. 12 de febrero del 2013.

## 2.0 LOS PROPELENTES Y EL MEDIO AMBIENTE.

### 2.1 Definición y función del propelente para aerosol.

El Doctor en Química Montfort A. Johnsen (autor del Hand Book del aerosol), asegura que el propelente es el “alma del aerosol”, de otra forma, el sistema solo sería una bomba dosificadora, un rociador accionado por un pistón, pero de ninguna manera un aerosol.



Ahora bien, técnicamente, podemos definir al propelente como “un gas que realiza un trabajo (W) al proporcionar la presión (P) requerida para extraer el volumen (V) contenido del envase de aerosol.” La fórmula que describe este trabajo, es la siguiente:

$$W=P (V_i-V_f)$$

$w = P (V_i - V_f)$

$w = \int_{V_i}^{V_f} P dV$

“Es un gas que realiza un trabajo(w), al proporcionar la presión(P) requerida, para extraer el volumen contenido del envase de aerosol”

Cuando usamos un aerosol, tenemos un volumen inicial de producto ( $V_i$ ) y llegamos a un volumen final ( $V_f$ ). En la mayoría de los aerosoles, la dosificación del producto es por disparos con determinados volúmenes de producto ( $dV$ ), según se requiera. En este caso, el trabajo total del propelente se calcula por la sumatoria del número de veces que estamos disparando el producto. Esto es, la integral del producto de la presión del propelente y los volúmenes dosificados:

$$W=\int_{V_i}^{V_f} P dV$$

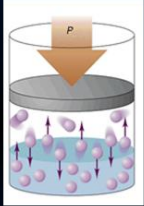
Por tanto, el correcto desempeño y la vida del aerosol dependerán de la presión proporcionada por el propelente. Lo importante será, garantizar que la presión del propelente se mantenga constante desde el principio, hasta la dosificación de la última gota de producto.

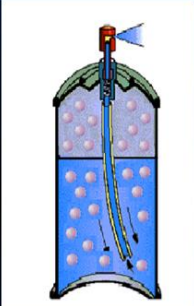
Podemos valorar más, la importancia del propelente, cuando analizamos termodinámicamente su función en un sistema de aerosol:

$$\Delta U + \Delta E_c + \Delta E_p = -Q - W$$


Donde  $\Delta U$  es la energía interna del sistema en aerosol.  $\Delta E_p$  es la energía potencial causada por la diferencia de la presión interna del propelente y la presión externa ambiental, que se transforma en energía cinética ( $\Delta E_c$ ) o de movimiento al dosificar, dispensar o atomizar el producto contenido en el envase del aerosol.  $Q$  es el calor perdido del aerosol que se traduce en enfriamiento del recipiente cuando se usa (esto se puede percibir en descargas prolongadas o totales del producto).  $W$  es el trabajo realizado por el propelente.

**Energía potencial**  
 $E_p = \Delta P$





**Energía cinética**  
 $E_c = \frac{1}{2} mv^2$



$$\Delta U + \Delta E_c + \Delta E_p = -Q - W$$

“Es un gas cuya energía potencial ( $E_p$ ) se transforma en energía cinética ( $E_c$ ) al dosificar, dispensar o atomizar el producto contenido en el envase de aereosol”

Lo anterior, lo podemos comprender claramente en un bote de pintura en aerosol, donde el propelente es capaz de sustituir el trabajo realizado por una compresora, de una manera más económica, sencilla y práctica. El cambio de la energía potencial a energía cinética, se presenta al momento de presionar el actuador. La diferencia entre la presión del propelente y del exterior, provoca el desplazamiento del producto por el tubo de descarga, pasando por la cámara y por el orificio de la válvula. La energía cinética se calcula con la siguiente ecuación:

$$E_c = \frac{1}{2} mv^2$$

Donde la velocidad ( $v$ ) de salida del producto está determinada por el diámetro de orificio de la válvula y la presión del propelente. La masa de producto ( $m$ ) está determinada por el tiempo de dosificación y la velocidad másica.

El propelente también ayuda a realizar el rompimiento de los conglomerados de la pintura en partículas más finas. Esto se realiza por el cambio de diámetros que ocurre en la cámara de la válvula, que provoca la expansión súbita del propelente y su cambio físico del estado líquido al gaseoso. Por ejemplo, un litro de propano se expande 273 veces su volumen mientras que el dimetil-éter 345 veces.

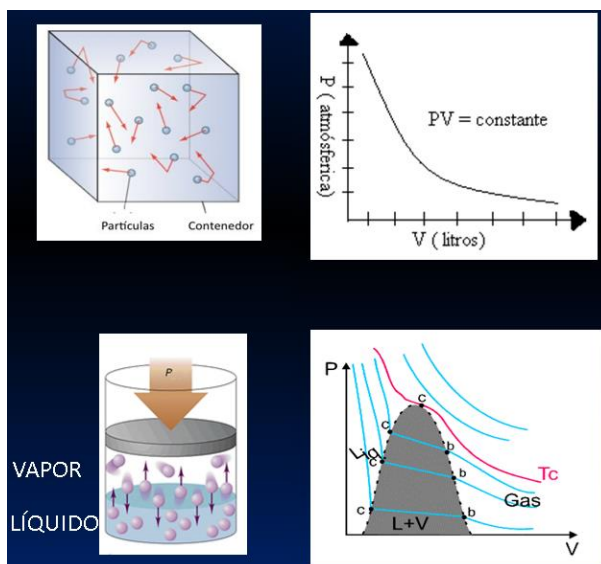
En resumen, el aerosol es un sistema termodinámico, donde el equilibrio interno lo establece el propelente. Por ésta razón, el propelente es “el alma del aerosol.” De aquí la importancia de seleccionar el propelente que sea más compatible con el producto a envasar, más amigable con la salud y con el medio ambiente.

## 2.2 Tipos de propelentes.

Existen dos tipos de propelentes: los gases comprimidos y los gases licuados.

Los gases comprimidos son aquellos que no se pueden llevar a su estado líquido fácilmente. Por ejemplo, el nitrógeno, el dióxido de carbono y el óxido nitroso.

Los gases licuados son aquellos que se pueden llevar a su estado líquido sometiéndolos a presiones moderadas, lo cual facilita y reduce el costo para su manejo, almacenamiento y transporte. Por ejemplo, los hidrocarburos, el dimetil-éter y los hidrocarburos halogenados.



### **a) Gases comprimidos.**

El primer gas comprimido que se utilizó fue el nitrógeno (N<sub>2</sub>). Resulta interesante señalar que este gas es el principal constituyente del aire que respiramos, el cual se constituye de 78% de nitrógeno y 21% de oxígeno, aproximadamente. Sin lugar a dudas, el nitrógeno, es el propelente más ecológico y disponible que existe. Sin embargo, el N<sub>2</sub> al emplearlo como gas comprimido para aerosol, baja su presión en la medida que se emplea, por lo que su capacidad de desempeño no es constante y tiende a decaer, en cada dosificación.

Otro gas comprimido utilizado como propelente es el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que también se encuentra en el aire, pero en proporciones muy bajas (315 ppm). El CO<sub>2</sub> es ligeramente soluble en el agua (su solubilidad se calcula con la ley de Ostwald) por lo que es posible determinar cuánto podemos diluir en este líquido al momento de formular. Como dato adicional, todas las sodas (refrescos) contienen CO<sub>2</sub>.

El óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) tiene el mismo comportamiento que el CO<sub>2</sub>. Es parcialmente soluble en agua y da un mejor desempeño que el N<sub>2</sub>. Al igual que los gases anteriores, su presión decrece conforme se emplea el producto.

### **b) Gases licuados.**

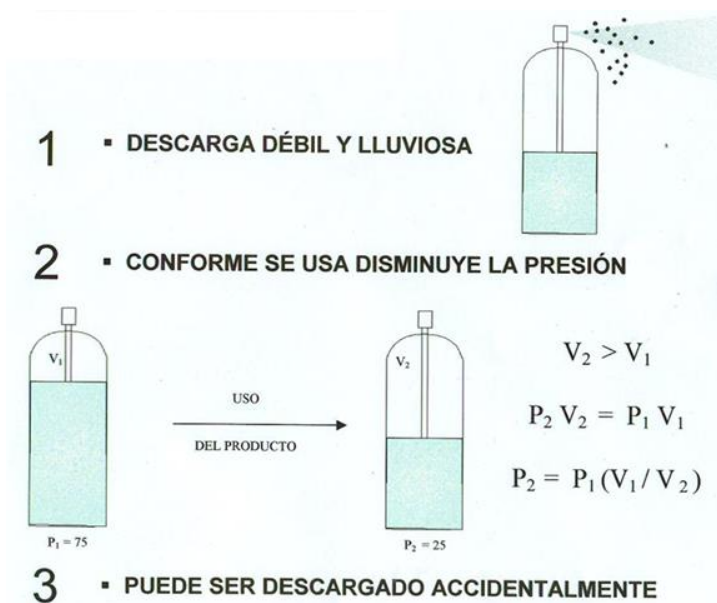
Por definición, un gas está formado por moléculas que tienen una alta energía cinética. Están en constante movimiento, y la única forma de contenerlas es dentro de un recipiente cerrado, donde es posible comprimirlas. Los gases que permiten la transición de esas moléculas a su estado líquido, a presiones moderadas, se conocen como gases licuados. Esta condición permite la existencia de una fase líquida y una fase vapor en un equilibrio termodinámico. A cada temperatura, corresponde una presión de vapor constante.

Por ejemplo, a 21°C la presión del isobutano es de 31 psi. Esta presión se mantendrá constante, mientras haya tan solo una gota de propelente en el envase. La presión de vapor solo cambia en función de la temperatura y en forma proporcional. Si la temperatura aumenta, la presión de vapor aumenta. La presión de vapor del isobutano a 38 °C, es de 59 psi; a 55 °C sube a 95 psi. Por esta razón, los aerosoles nunca deben calentarse, ni mucho menos exponerse al fuego, porque el envase puede reventar.

Por lo anterior, la prueba de baño en agua caliente a 55°C, para cada aerosol, es fundamental y es una prueba normativa en muchos países. No solo garantiza el sellado hermético del gas propelente, sino que también verifica que el envase se capaz de resistir el

aumento de la presión del propelente, originada por los cambios naturales de la temperatura ambiente.

El gas comprimido no hace un rompimiento de moléculas como lo hace un gas licuado, el producto solo es arrastrado, en forma de una descarga débil y lluviosa. En cambio, el gas licuado súbitamente aumenta su volumen al pasar de líquido a vapor desde 250 a 300 veces (dependiendo del gas), consiguiendo el rompimiento del conglomerado y una mayor atomización del producto.



La segunda desventaja, del gas comprimido, es que conforme se usa disminuye su presión. La presión decrece en forma proporcional al volumen de producto desplazado:  $P_2 = P_1 (V_1/V_2)$ .

La tercera desventaja, es que el aerosol puede descargar todo el gas comprimido accidentalmente, en caso de accionarse de manera invertida, dejando solo el concentrado. Estos aerosoles, deben usarse siempre con el envase de manera vertical.

## 2.3 Los gases licuados como propelentes para aerosol y su impacto ambiental.

### 1) Hidrocarburos halogenados.

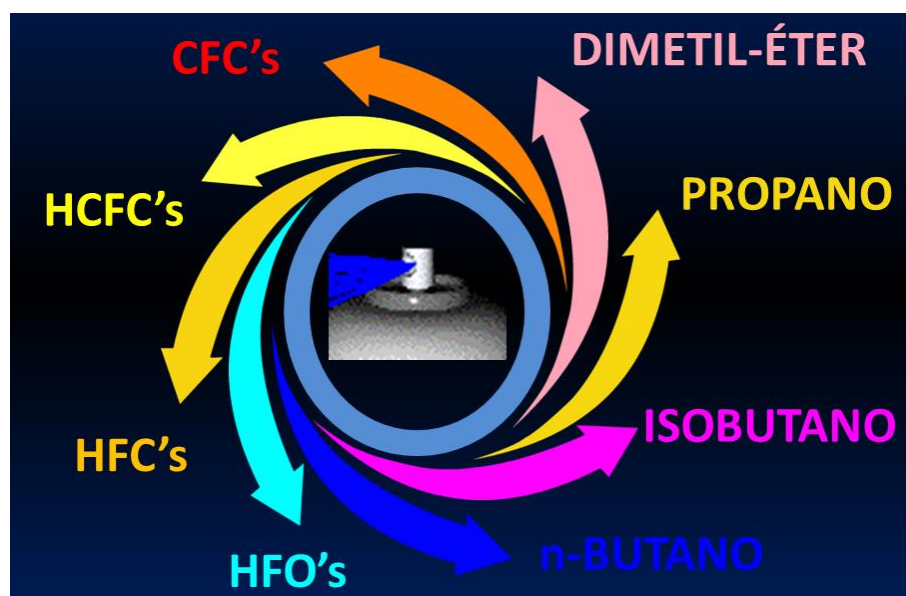
Los primeros gases licuados, empleados de manera masiva en aerosoles, fueron los clorofluorocarbonos (CFCs). Son compuestos muy estables en el ambiente, tienen una vida media atmosférica muy alta. Se obtienen por la sustitución total de los átomos de hidrógeno



de los hidrocarburos (metano y etano) y que son reemplazados por átomos de halógenos (cloro y flúor). Los más usados, desde los años 50's, fueron el triclorofluorometano (CFC-11) y el diclorodifluorometano (CFC-12), tienen una vida media de 50 y 102 años, respectivamente. Son compuestos no inflamables, por lo que proporcionaban una seguridad muy amplia al fabricante y al consumidor de aerosoles, razón por la cual predominaron por más de 25 años. Fue hasta 1974, cuando los científicos Sherwood Rowland y Mario Molina, relacionaron el agotamiento de la capa de ozono con la presencia de los CFCs en la estratósfera. Por este motivo, los países miembros de la ONU comenzaron a prohibir su uso y producción.

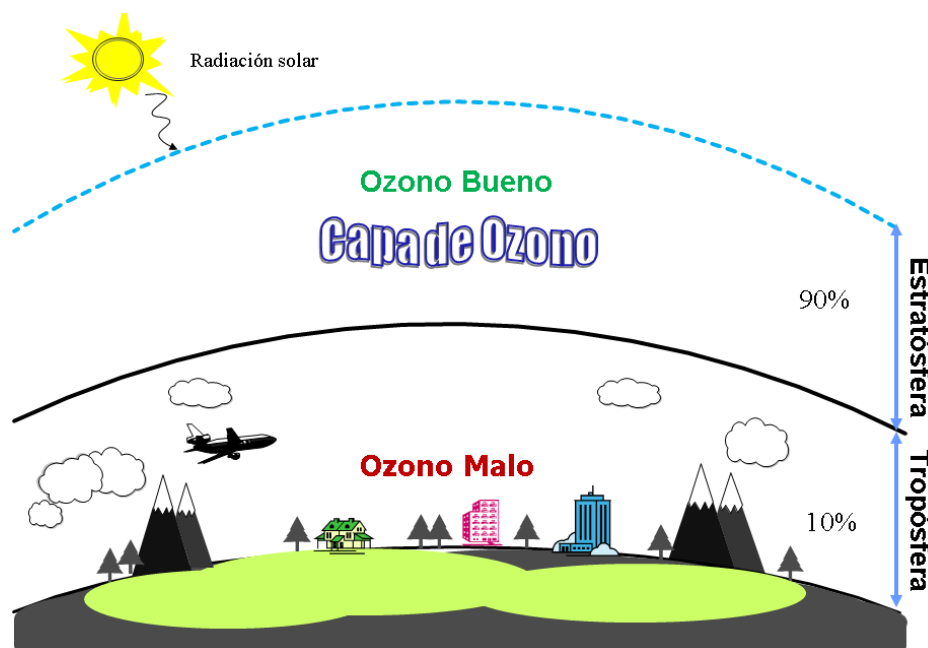
Posteriormente, Du Pont, quien era el mayor fabricante de CFCs, presenta al mercado los hidroclorofluorocarbonos (HCFCs), los cuales son menos estables y se descomponen más fácilmente en el ambiente. Un ejemplo es el hidroclorodifluorometano (HCFC-22) que tiene una vida media de 13.3 años. Por algunos años se permitieron su uso, pero también fueron prohibidos en 1996 ante la posibilidad de que pueden llegar a la estratósfera y destruir la capa de ozono.

Ante esta situación, Du Pont crea los hidrofluorocarbonos (HFCs), compuestos libres de cloro, que es el elemento destructor del ozono. Los más importantes son el 1,1,1,2-tetrafluoroetano (HFC-134a) y el 1,1-difluoroetano (HFC-152a). El 134a es un gas no inflamable, pero está catalogado como un gas con efecto invernadero, por su elevado potencial de calentamiento global (GWP=2250), por lo que fue restringido por el Protocolo de Kioto, en 1997. El 152a, es un gas inflamable, con una vida media de 1.5 años, pero no está clasificado como compuesto orgánico volátil (VOC), por lo que se sigue utilizando en la formulación de aerosoles, especialmente en Estados Unidos.



La última novedad de los hidrocarburos halogenados, son los hidrofluoro-olefinas (HFO's), fueron lanzados al mercado de los gases refrigerantes por la empresa Honeywell, en el 2009. El tetrafluoruro de propileno (HFO1234ze), está catalogado como VOC, pero es un gas no inflamable. Por ser una olefina (hidrocarburo insaturado con una doble ligadura entre dos carbonos de la molécula) reacciona y se descompone fácilmente en el ambiente, tiene una vida media atmosférica de 18 días. La doble ligadura puede ser desfavorable en un aerosol, donde también puede reaccionar con el ingrediente activo, por lo que su aplicación y compatibilidad debe ser previamente analizada y verificada.

Es conveniente subrayar que los hidrocarburos halogenados no fueron diseñados para su uso como propelente en aerosol, fueron creados para la industria de los refrigerantes y del aire acondicionado. La formación de radicales libres de cloro y de flúor, que se producen cuando se descomponen en el ambiente, también contribuyen a la producción de lluvia ácida, por lo que ya no debieran usarse.



## 2) Los hidrocarburos.

Los propelentes hidrocarburos se obtienen de manera natural por destilación del petróleo, son compuestos inflamables y están constituidos por dos elementos: hidrógeno y carbono. Los más usados son el n-butano, el isobutano y el propano. El n-butano consta de una molécula lineal, con cuatro átomos de carbono y diez de hidrógeno, y tiene una presión de vapor de 17 libras por pulgada cuadrada (psi) @ 21°C.

El isobutano posee la misma composición, pero la diferencia es que la molécula no es lineal, posee un carbono ramificado en la parte central, y proporciona una presión de 31 psi. El propano tiene una molécula más pequeña con solo tres carbonos y ocho hidrógenos, por lo que su presión es más alta, 110 psi. Con estos tres hidrocarburos, es

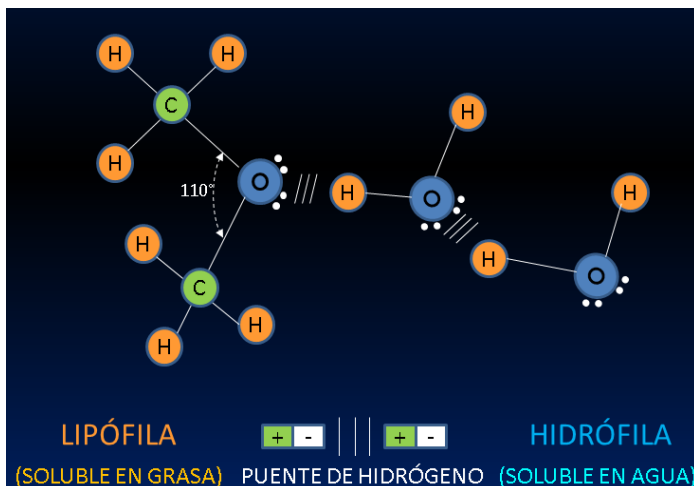
posible crear mezclas con una gran variedad de presiones, que van desde las 17 hasta las 110 psi.



Por ser compuestos naturales, de origen orgánico, los hidrocarburos se descomponen en el ambiente formando dióxido de carbono y vapor de agua. El propano tiene una vida media atmosférica de 14 días y los butanos de 9 días. En condiciones normales, el dióxido de carbono se integra al ciclo natural de la fotosíntesis de las plantas, que lo transforman en oxígeno puro, mientras que el carbono se convierte en carbohidratos (glucosa, fructosa, celulosa, etc.).

### 3) Éteres.

Son compuestos sintéticos que se obtienen por la deshidratación de alcoholes. El más importante es el dimetiléter (DME) que se obtiene por la deshidratación del alcohol metílico. Está constituido por dos radicales metilo, unidos por un oxígeno. La molécula es polar (por el lado del oxígeno), por lo que se puede mezclar con otros compuestos polares como el agua. La parte de hidrocarburo (los dos radicales metilo) es soluble en solventes orgánicos, como en grasas y aceites.

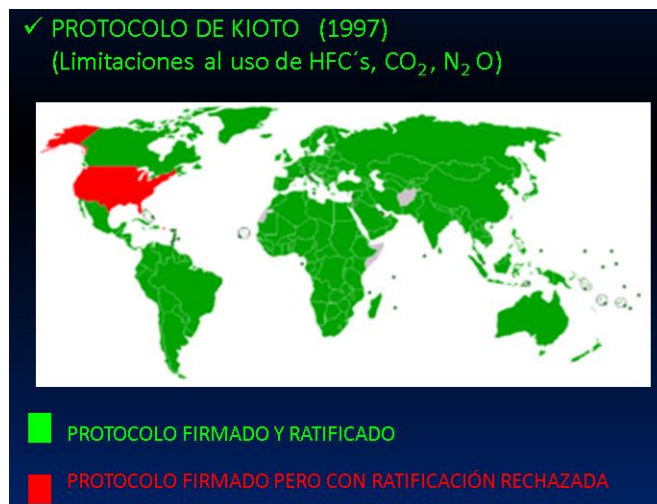


El DME tiene una presión de vapor de 61 psi. Es inflamable, pero al agregarle agua baja su nivel de inflamabilidad. No obstante, si se abusa del agua, se corre el riesgo de obtener productos llivosos que repercute en un mal desempeño del aerosol. Al igual que los hidrocarburos, se descompone en dióxido de carbono y en agua. Tiene una vida media atmosférica de 8 días.

## 2.4 Los propelentes y la contaminación ambiental.

Cuando se rompe el equilibrio ambiental, al reducir los bosques y las áreas verdes, se reduce la capacidad de la fotosíntesis de las plantas y por consecuencia, la acumulación de dióxido de carbono en el ambiente. Esto ha provocado el calentamiento global del planeta, del cual, todos somos responsables.

El Protocolo de Kioto, establecido en 1997, propone la reducción de emisiones de gases con efecto invernadero (metano, dióxido de carbono, óxido nitroso, HFCs, etc.). En consecuencia, los gases comprimidos dejan de ser una alternativa como propelentes para aerosol.



Más aún, cuando se acumulan compuestos orgánicos volátiles (VOC) en los ambientes contaminados de las ciudades, se forma ozono troposférico, que es un contaminante muy perjudicial para la salud de los seres vivos.

Por esta razón, en California (USA) se han establecido regulaciones ambientales para reducir el contenido de los VOCs, en los aerosoles (incluyendo el propelente hidrocarburo, alcoholes, éteres, etc.). Aunque más del 98 % de los VOCs, en California, provienen de sus emisiones vehiculares e industriales. Paradójicamente, Estados Unidos de Norteamérica, no ha firmado el protocolo de Kioto, siendo uno de los principales generadores de gases invernadero.



Actualmente, la correcta selección del propelente, se debe analizar desde el punto de vista, ambiental, técnico y económico.

En la tabla de propiedades ambientales de los propelentes para aerosol, se resumen los principales parámetros que determinan su impacto en el ambiente y que deben ser considerados para su selección. Como puede observarse, solo el dimetiléter y el propelente hidrocarburo ofrecen la mejor alternativa ecológica. No dañan la capa de ozono (ODP), tienen el menor potencial de calentamiento global (GWP), tienen un bajo potencial para la formación de ozono fotoquímico (POCP) y un incremento de reactividad moderado (MIR).

**TABLA DE PROPIEDADES AMBIENTALES DE LOS PROPELENTES**

PROPELENTE	FÓRMULA	ODP	GWP	POCP	MIR	VIDA MEDIA
CFC-11	CCl <sub>3</sub> F	1.00	10200	--	--	50 ± 5 años
CFC-12	CCl <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	0.95	10600	--	--	102 años
HFC-152a	CH <sub>3</sub> -CHF <sub>2</sub>	0	124	0	--	1.5 años
HCFC-142b	CH <sub>3</sub> -CClF <sub>2</sub>	0	600	0	--	9.5 años
HFC-134a	CH <sub>2</sub> F-CF <sub>3</sub>	0	2250	0	--	14 años
Dimetil-éter	CH <sub>3</sub> -O-CH <sub>3</sub>	0	2	0.12	0.76	8 días
Propano	CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> -CH <sub>3</sub>	0	3	0.296	0.46	14 días
n-Butano	(CH <sub>3</sub> -CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	0	4	0.414	1.08	9 días
isobutano	(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> CH	0	4	0.315	1.17	9 días
Dióxido de carbono	CO <sub>2</sub>	0	1	--	--	122 años
Óxido nitroso	N <sub>2</sub> O	bajo	18	0	--	120 años
HFO-1,2,3,4ze	CHF=CHCF <sub>3</sub>	0	6	--	0.091	18 días

ODP = OZONE DEPLETION POTENTIAL  
Estándar ODP: CFC-11 = 1

GWP = GLOBAL WARMING POTENTIAL  
Estándar GWP: CO<sub>2</sub> = 1

POCP = PHOTOCHEMICAL OZONE CREATION POTENTIAL  
Estándar POCP: Etileno = 1

MIR = MAXIMUM INCREMENTAL REACTIVITY = Δ(O<sub>3</sub>) / Δ(VOC)  
HC + NO<sub>x</sub> + hν = OZONO(O<sub>3</sub>) + NO<sub>y</sub>

## **2.5 Conclusiones.**

- 1.- El propelente es el alma del aerosol que proporciona la presión requerida para dosificar, dispersar o atomizar el producto contenido en el envase de aerosol.
- 2.- Los gases licuados constituyen la mejor opción como propelente porque mantienen su presión constante, desde el inicio hasta el final de su uso.
- 3.- El propelente hidrocarburo, formado por mezclas purificadas de propano, isobutano y n-butano es el más disponible y económico en el mercado. Por su origen natural son ambientalmente aceptables. Aunque tienen el peligro de inflamabilidad, actualmente existe la experiencia y tecnología para administrar este riesgo a niveles aceptables.
- 4.- Desde los inicios de aerosol se consideró al dimetil éter como la mejor opción por su solubilidad en agua, pero su costo y disponibilidad en el mercado, lo hacen poco accesible.

## **2.6 Referencias:**

1. J. Nolasco, El Propelente como Alma del Aerosol. Aerosol la Revista. Año VII, Octubre 2011 (Primera Parte).
2. J. Nolasco, El Propelente como Alma del Aerosol. Aerosol la Revista. Año VII, Noviembre 2011 (Segunda Parte).