

RIESGOS HIGIENICOS EN LA INDUSTRIA DE TRANSFORMACION DE PLASTICOS

M.^a Victoria Arriandiaga Abaroa
Dra. Ciencias Químicas
Centro Nacional de Verificación de Maquinaria. Vizcaya

DEGRADACION TERMICA DE MATERIALES POLIMERICOS EN LA INDUSTRIA DE TRANSFORMACION

INTRODUCCION

La utilización de los plásticos en la vida moderna se puede considerar masiva. Es tan extenso y variado el muestrario de productos acabados, que es quizás uno de los sectores de actividad de mayor número de empresas y población ocupada.

Según datos estadísticos, el consumo de plásticos en España (España ocupa el noveno lugar mundial) se sitúa alrededor de 1.100.000 toneladas y, el consumo "per cápita" es de alrededor de 31 kg. Sin embargo hay que destacar que en este último terreno figuramos muy por detrás de otros países desarrollados que, pese a los estragos de la crisis económica, han visto expandirse su demanda un año tras otro, con lo que, a modo de ejemplo, el consumo por habitante de la República Federal Alemana llegaba en 1985 a 111 kg., a 51 el de Francia, a 49 el de Italia y a 46 el de Gran Bretaña (1) (2).

En la Tabla primera se dan los índices de producción de primeras materias plásticas y materias plásticas transformadas para distintos países europeos en 1985 (3).

La industria española del plástico tiene la particularidad de presentar:

- un subsector de producción de materias con una dimensión empresarial inferior a la de nuestros principales competidores,
- un subsector de transformados, que da ocupación a una cuarta parte de trabajadores del subsector anterior, y donde la pro-

ducción está excesivamente atomizada (4),

- una notable presencia extranjera en todo el sector, hasta el punto de que cuatro de las cinco primeras firmas están controladas por capitales foráneos. Sin embargo, en algunas partidas de inversiones han ganado con amplitud a las homónimas extranjeras, siendo en general, el de plásticos, un sector en expansión.

En la estructura del ciclo industrial del plástico concurren tres tipos de intervenciones: (5),

- la producción del polímero de base (gránulos, polvos o resinas),
- la transformación de estos materiales en productos semiacabados o acabados,

- la fabricación de bienes de consumo.

Para completar propiamente el ciclo también habría que incluir tanto a la industria petroquímica como suministradora de las sustancias de partida y los fabricantes de productos auxiliares y aditivos, como a la industria del reciclaje para la regeneración de desechos y residuos plásticos.

Sin embargo, sólo las tres intervenciones centrales del ciclo industrial se consideran fundamentales en la plasturgia. De entre ellas, son los procesos de transformación de los materiales poliméricos los de mayor riesgo intrínseco dado las temperaturas de hasta 400° C a que estos materiales deben someterse y que producen

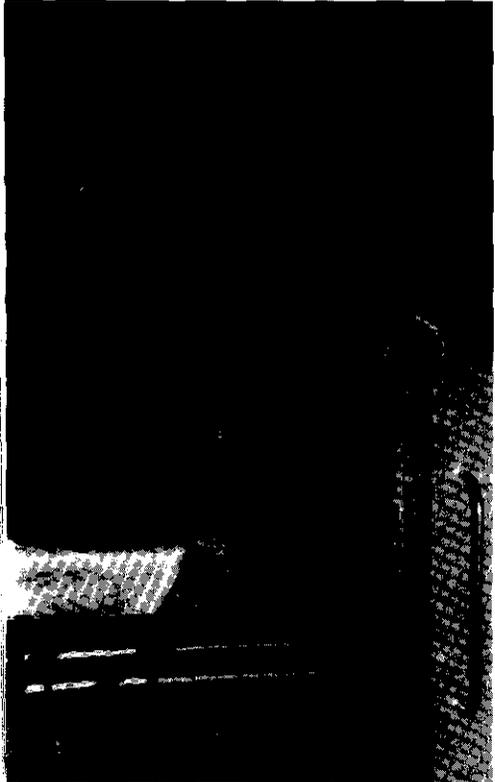
TABLA 1

	Capacidad de producción de primeras materias plásticas (1985)			Capacidad de la industria de transformación de plásticos (1985)		
	N.º plant.	N.º empl. (miles)	Ventas* (mill.)	N.º plant.	N.º empl. (miles)	Ventas* (mill.)
Alemania	60	70,0	8.576	1.970	208,0	11.681
Austria	23	2,4	387	282	12,5	649
Bélgica	25	4,0	—	205	16,0	1.688
Dinamarca	0	0,0	0	700	27,0	1.804
España	97	7,1	1.517	2.052	49,0	2.506
Francia	40	17,0	2.558	3.034	117,0	5.006
G. Bretaña	48	36,9	2.439	2.059	114,0	8.483
Holanda	18	5,6	1.325	681	20,0	1.325
Noruega	4	1,5	—	700	12,0	—
Portugal	3	2,1	—	300	13,0	347
Suiza	14	2,3	264	1.100	20,0	1.423

* Para algunos países no existen datos concretos.

descomposiciones y degradaciones de los mismos con emisión de gases, vapores y humos irritantes, corrosivos y algunos altamente tóxicos.

El objeto del presente trabajo es examinar, con los datos recogidos hasta el momento, los riesgos higiénicos derivados de los procesos de transformación de materiales poliméricos, como consecuencia de la degradación térmica de los mismos.



POLIMEROS Y PLASTICOS BREVE DESCRIPCION GENERAL

Los polímeros, naturales o sintéticos, son macromoléculas de partículas unitarias llamadas monómeros. Homopolímeros, copolímeros, prepolímeros y oligómeros son los resultados de estos encadenamientos.

Parámetros característicos son el peso molecular, el grado de polimerización que le asegura unas determinadas propiedades mecánicas, y el grado de funcionalidad que indica su disposición dimensional (6).

Los polímeros se utilizan para la fabricación de tres grandes tipos

de materiales industriales: plásticos, elastómeros y fibras.

Los plásticos se suelen clasificar como: termoplastos (cloruro de polivinilo, PVC, poliacrilatos y metacrilatos, poliolefinas, etc.); termorigidos (resinas formofenólicas, poliésteres, poliuretanos, poliepóxidos); termoestables (sustitutivos de metales y cerámica) (7).

En este trabajo se estudiarán los riesgos higiénicos en la transformación de termoplastos y termorigidos de mayor volumen de fabricación y consumo.

Composición general de materiales poliméricos

El polímero formado por reacciones de síntesis no puede ser utilizado sin la adición de otros compuestos químicos secundarios en lo que los fabricantes de resinas llaman "componer el polímero" (8). Algunos de estos productos auxiliares pueden ser considerados como aditivos, pero otros no, ya que son imprescindibles y de presencia cuantitativa considerable. Los principales tipos son:

- **Plastificantes:** ftalatos y ésteres fosfóricos.
- **Estabilizantes:** aminas aromáticas, fenoles, fosfitos orgánicos.
- **Lubricantes:** estearatos metálicos, ácidos esteárico, palmítico, y oleico, ceras, polietileno de bajo peso molecular.
- **Cargas o sustancias de relleno:** negro de carbón, fibras de madera, carbonato cálcico, sílice,

mica, talco, tierra de diatomeas, óxido de titanio.

- **Colorantes y pigmentos:** sales inorgánicas o compuestos orgánicos complejos.

También los polímeros suelen llevar en su composición otros polímeros secundarios llamados "modificadores" que tienen por objeto reducir la viscosidad y modificar otras propiedades reológicas, y son característicos en la formulación de termoplastos (9).

RIESGOS HIGIENICOS ESPECIFICOS EN EL CICLO INDUSTRIAL DEL PLASTICO

Riesgos en la producción de polímeros de base

Cualquiera que sea el mecanismo de polimerización, las reacciones de síntesis industrial de polímeros son efectuadas según cuatro técnicas principales: polimerización en masa, en solución, en suspensión, o en emulsión. La primera permite la obtención de un polímero con un mínimo de impurezas, sin embargo, no permite controlar termodinámicamente los intercambios de calor. Las otras permiten el control de la degradación térmica. La reacción transcurre en vasijas rotatorias cerradas (10).

Los riesgos higiénicos específicos que se pueden presentar en estas técnicas son los que corresponden a la manipulación de las sustancias que se mezclan, y entran en reacción.



Monómeros como el cloruro de vinilo, el formaldehído e isocianatos son alergénicos, irritantes y tóxicos. Las aminas alifáticas y aromáticas de elevado punto de ebullición que se usan como catalizadores y endurecedores son irritantes y pueden producir dermatitis eczematiformes. Los plastificantes son fosfatos y sales derivadas del ácido ftálico, sustancias alergénicas. Las cargas y sustancias de relleno que son sólidos en forma pulverulenta son asfixiantes y algunos pueden producir neumoconiosis.

Las medidas de prevención adecuadas serían: ciclos cerrados de producción cuando intervienen monómeros gaseosos peligrosos, uso de mascarillas al adicionar cargas y rellenos sólidos particulados, uso de gafas para evitar las proyecciones de líquidos, etc. También es necesaria una buena ventilación general y limpieza de suelos.

Cuando estas medidas de prevención generales no son suficientes, son convenientes otras como una eficaz aspiración localizada, mediante una campana extractora sobre el foco emisor que permita una correcta eliminación de contaminantes.

Siempre que sea posible es deseable la sustitución de algunas de estas sustancias por otras de menor toxicidad. Por ejemplo, en los últimos años se ha logrado sustituir algunas aminas alifáticas y aromáticas que se utilizan como endurecedores en la fabricación de resinas poliepoxicas por poliamidaminas, que aunque algo irritantes son menos peligrosas que las anteriores.

Riesgos en los procesos de transformación de materiales poliméricos

Es conocida la afirmación de que los polímeros sintéticos son materiales inertes y no tóxicos. Esto puede ser cierto para el consumo de un producto acabado, y puede no serlo cuando los polímeros se ven sometidos a procesos de transformación para dar los productos acabados o semiacabados (11) (12).

Los riesgos higiénicos potenciales que se pueden originar en estos procesos son debidos a:

- materia particulada en ambiente ya que las resinas se manipulan en estado pulverulento (granza). Incluso si el polvo emitido es inerte, puede entrañar riesgo, ya que su contacto es difícil de evitar. La materia particulada se emite también en forma de humos, y es sabido que las partículas de plástico son superficie de acumulación de carga eléctrica estática (13) (14).
 - presencia eventual en ambiente de prepolímeros, monómeros o sustancias de partida, que en mayor o menor cantidad contaminan las resinas, estando ocultas en ellas. En los termoplastos los prepolímeros o monómeros se encuentran en muy pequeña cantidad, pero su presencia puede ser importante si el exceso necesario de monómeros no está bien separado del polímero. Los termorigidos contienen siempre moléculas activas de prepolímeros o productos de partida (formaldehído, fenol, isocianatos, epoxicompuestos ligeros, etc.) Si su presencia en el polímero es considerable, éste puede adquirir propiedades tóxicas, algunas veces irritantes o sensibilizantes para la piel y las vías respiratorias.
 - degradaciones y descomposiciones térmicas que sufren los polímeros durante los procesos de transformación que suelen tener lugar a temperaturas entre 100 y 400 °C. Tanto inyectoras como extrusoras, y las compresoras de moldeo en caliente, son focos de emisión de contaminantes en forma de gases y vapores. Aunque los productos eliminados lo sean en cantidades pequeñas, la importancia de esta emisión no debe ser despreciada, ya que puede tratarse de sustancias extremadamente peligrosas o bien los operarios ser muy sensibles (sensibilidad a veces potenciada por la ingestión de fármacos), o ser sustancias de riesgo desconocido.
- Además de estos procesos de despolimerización, algunos productos secundarios presentes en la composición del polímero como los plastificantes y endurecedores, son susceptibles de migrar hacia la superficie de la masa procesada y pasar al ambiente por acción del calor.

Por otra parte, en la etapa de semiacabado, los procesos de perfilado con cortadoras calentadas al rojo, o soldadura con gran aporte de energía pueden también provocar degradaciones y emisión de contaminantes.

Riesgos en la fabricación de bienes de consumo

Sería imposible resumir los riesgos higiénicos específicos que se presentan en la fabricación de bienes de equipo y de consumo y en la manipulación de plásticos semiacabados en la industria. El análisis de estos riesgos se tiene que hacer para cada caso concreto.

De todos los riesgos higiénicos que pueden presentarse en la industria del plástico, quizá los más importantes son los debidos a emisión de contaminantes durante los procesos de transformación por degradaciones y descomposiciones del polímero tratado.

DEGRADACION TERMICA DE MATERIALES POLIMERICOS

Los procesos de transformación tienen lugar a temperaturas entre 100 y 400 °C que son suficientes para que los polímeros manipulados sufran procesos de degradación. Además, a estas temperaturas se pueden liberar compuestos residuales y monómeros volátiles ocultos en los polímeros durante su fabricación. También pueden ser emitidos compuestos secundarios y aditivos volátiles.

Focos de emisión en extrusoras, inyectoras y prensas transformadoras, pueden ser las tolvas de alimentación, zonas de descarga en conductos y toberas, proyección de materia fundida en las boquillas de las extrusoras, a lo largo de las bandas calefactoras, etc., siendo siempre las fases más críticas de los procesos las que corresponden a la puesta en marcha y parada accidental (15) (16).

Estas degradaciones pueden ser estudiadas experimentalmente, distinguiéndose para su estudio dos tipos de degradaciones térmicas: la degradación oxidativa y la pirólisis, según un gran aporte o no de oxígeno atmosférico. Otro tipo de degradación térmica, como

es la combustión, que es en realidad una degradación oxidativa con llama, cae fuera del alcance de este trabajo.

En la práctica tanto la pirólisis como la degradación oxidativa ocurren consecuentemente y es difícil distinguir entre estos dos procesos. Se dice, en general, que los polímeros empiezan pirolizándose y acaban degradándose. Se observa que los resultados experimentales coinciden con los reales, salvo en la valoración de la concentración ambiental, que es algo menor en los casos reales (17).

Los productos finales de toda degradación térmica son siempre el CO₂ y el vapor de agua, pero esto sólo ocurre a muy alta temperatura. Desde el punto de vista higiénico, interesa los productos de degradación que se producen entre 100 y 400° C. Estos se pueden dividir en tres tipos:

- productos volátiles de bajo punto de ebullición (hasta 180°C).
- productos de alto punto de ebullición (condensan a temperaturas superiores a 180° C).
- residuo sólido (fragmentos sólidos, alquitrán).

Experimentalmente la pirólisis puede ser llevada directamente en la puerta de inyección de un cromatógrafo de gases utilizando una sonda pirolítica que permite llegar a las temperaturas de descomposición deseadas. También puede ser llevada a cabo en un termoanalizador en atmósfera inerte. El termoanalizador puede ser, a su vez, utilizado para experiencias de degradación oxidativa con flujo de aire o con oxígeno (18).

Reacciones de pirólisis

El polímero por efecto del calor puede sufrir una serie de modificaciones irreversibles, que generalmente se dividen en tres tipos:

(a) Reacciones de reagrupamiento: un polímero que se convierte en precursor, generalmente de cadena no cíclica, sometido a pirólisis, genera un reagrupamiento funcional en el resto de las moléculas, que puede ser acompañado de la eliminación de ciertos grupos. Por ejem. en la obtención de fibras de carbón a partir de fibras de poliacrilonitrilo se emiten pe-



queñas cantidades de ácido cianhídrico hidratado con agua.

(b) Reacciones de reticulación: son aquellas que terminan en una red bi o tri-dimensional por puente entre las moléculas. La reticulación crea enlaces químicos entre cadenas disminuyendo considerablemente ciertas propiedades elásticas y plásticas del polímero y, sin embargo, reforzando la resistencia a la descomposición.

(c) Reacciones de descomposición que pueden ser de dos tipos: ruptura de las cadenas estáticas en puntos repartidos de manera aleatoria a lo largo de la macromolécula, formándose fragmentos gaseosos y otros líquidos; la proporción de la composición gaseosa crece con la temperatura. Otro tipo de reacción de descomposición es la despolimerización, que se inicia en un extremo de la macromolécula, o bien, en los extremos de las cadenas más cortas creadas por escisión estática. Los productos de emisión suelen ser monómeros de partida. Existen otras reacciones de descomposición como la eliminación de fragmentos laterales, reacciones de cracking, etc. En general, por efecto térmico, todas las reacciones anteriores coexisten en un momento dado.

En la Tabla 2 se incluyen las temperaturas de utilización recomendadas para plásticos de consumo. Son temperaturas que sólo en algún caso supera los 140°C. Hay que tener en cuenta que la descomposición comienza a temperatura sólo algo superior.

PRODUCTOS DE DEGRADACION TERMICA PARA DISTINTAS CLASES DE PLASTICOS

Aunque el producto final de toda degradación térmica es el CO₂ y el vapor de agua, en los procesos de transformación de plásticos no se llega a tan altas temperaturas, no superándose los 400° C. Para estos valores, los productos degradados en ambiente pueden ser muy variados y se requieren varias técnicas experimentales para su identificación. Las más usuales son cromatografía de gases para productos ligeros, cromatografía líquida de alta resolución para productos pesados, técnicas espectroscópicas como infrarrojo y resonancia magnética nuclear, y espectrometría de masas. Un esquema analítico general se muestra en la Figura 1.

Para el estudio de los productos de degradación, se han escogido, como representativos, los tres tipos de plásticos de mayor nivel de producción y consumo: cloruro de polivinilo, poliuretano, y polímeros olefínicos lineales (polietileno y polipropileno) (19) (20).

Cloruro de polivinilo

En la transformación de PVC, el producto que se desprende en mayor cantidad es el CIH. La cantidad desprendida no varía para distintas temperaturas, y corresponde prácticamente a todo el cloro presente en la muestra. Sin embargo, es distinta para diferentes for-

TABLA 2
TEMPERATURAS DE UTILIZACION
ACONSEJADAS PARA PLASTICOS

Material	Temperatura de utilización
Poliestireno-butadieno-acrilonitrilo	50-70
Polioximetileno	80-85
Poliamida 6	65-105
Poliamida 66	65-105
Poliamida 11	50
Policarbonato	65-115
Polioxifenileno	90-110
Polipropileno	50-105
Polisulfona	140-150
Poliestireno	50
Poliétileno tereftalato	105
Polimida	210
Resinas alquídicas	130
Melamina formol	150
Fenólicas	150
Poliésteres	130
Urea-formol	100
Poluretanos	50
Siliconas	140
Poliépóxidos	105-130

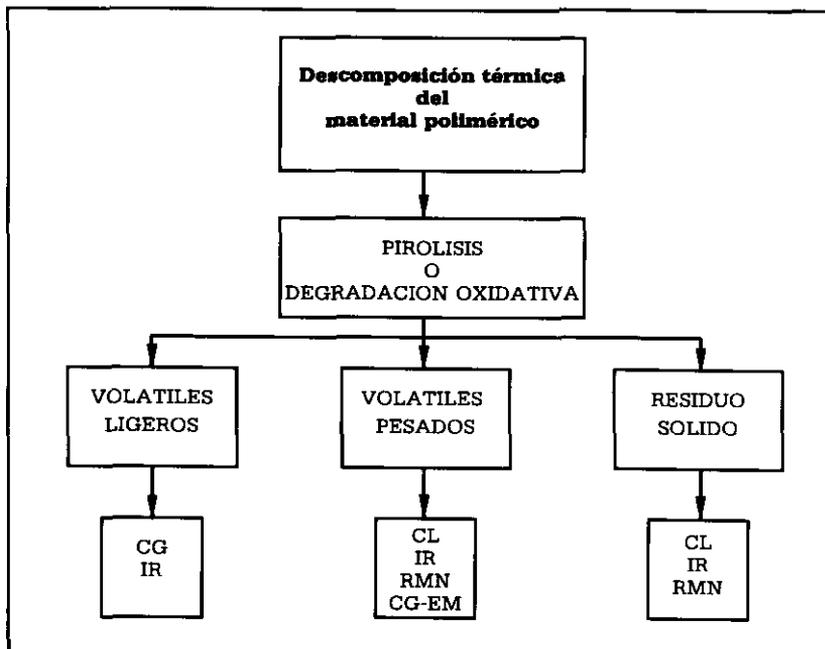


Figura 1. Esquema general de análisis.

mulaciones del polímero ya que también depende de la concentración de estos compuestos clorados en forma de plastificantes, lubricantes y estabilizantes (21).

Otros productos de degradación importantes son CO, CO₂ y el benceno, que se forma como consecuencia de reacciones de deshidrocloración del monómero y cicloaddición para dar esta sustancia.

Además de estos productos, se han detectado hasta otros 59 en menores concentraciones, que se consideran productos secundarios. Algunos de los cuales por su peligrosidad se hace importante identificarlos. Según datos bibliográficos se han identificado hidrocarburos alifáticos menores (1-6 átomos de carbono), cíclicos (5 y 6 átomos de carbono), aromáticos (tolueno,

xilenos y derivados), hidrocarburos clorados (en menor proporción el cloruro de vinilo).

En la Tabla 3 se señalan los principales productos de degradación para distintos tipos de PVC. (22) (23).

Poliuretano

A temperaturas entre 200-300° C los distintos tipos de espuma de poliuretano liberan humos amarillentos formados por compuestos nitrogenados, algunos de los cuales pueden llegar a ser muy tóxicos. Estos humos son estables hasta temperaturas de 800° C en que empiezan a descomponerse. Aunque esta temperatura no se alcanza en los procesos de transformación, el estudio de estos productos de degradación es de interés porque es indicativo de la composición de los humos amarillos eliminados. En la Tabla 4 se reflejan, según datos bibliográficos, los productos de degradación de los humos amarillos preliminares (24) (25) (26).

Poliétileno y polipropileno

Son materiales poliméricos de cadena hidrocarbonada lineal. Sus productos de degradación son hidrocarburos alifáticos saturados y no saturados de bajo peso molecular.

A 400° C, la degradación del polietileno puede producir hasta 30 compuestos hidrocarbonados (C₁ hasta C₆). En estas condiciones el polipropileno también da un conjunto numeroso de productos de degradación que son hidrocarburos (C₁ hasta C₁₂). los datos bibliográficos se recogen en la Tabla 5 (27) (28) (29).

CONCLUSIONES

- Los materiales poliméricos sufren degradación térmica al ser sometidos a temperaturas superiores a 150°C.
- Dentro del ciclo industrial del plástico son los procesos de transformación los de mayor riesgo higiénico potencial al alcanzarse temperaturas de hasta 400° C.
- Inyectoras, extrusoras y prensas transformadoras son focos de emisión de gases, vapores y

humos que pueden ser de gran peligrosidad.

- Estos procesos de degradación pueden ser estudiados a nivel de ensayo de laboratorio, ya que los resultados obtenidos no difieren cualitativamente de los reales.
- Toda degradación térmica empieza con una pirólisis que, en el laboratorio, se puede realizar en sonda pirolítica, acoplada a un cromatógrafo de gases.
- Los productos degradados de polímeros pueden ser: volátiles ligeros, volátiles semipesados y residuo sólido.
- Se analizan por técnicas cromatográficas, espectroscópicas y análisis químico de laboratorio.
- Según datos bibliográficos, los resultados obtenidos son análogos para materiales poliméricos del mismo tipo y difieren solamente según su contenido en aditivos y coadyuvantes.
- Se han escogido tres tipos de materiales: PVC, poliuretanos y polímeros de hidrocarburos lineales (polietileno y polipropileno) para realizar el estudio de su degradación térmica, ya que son los de mayor producción y consumo.
- Se recogen los datos bibliográficos sobre los productos de degradación térmica de estos tipos de plásticos.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Min. de Industria y Energía. La industria química en España. Madrid, 1986. 127 págs.
- (2) Asociación Española de Industriales del Plástico (ANAIP). Resultados de la industria del plástico en España. Madrid, 1987. 69 págs.
- (3) Banco de Bilbao. Boletín de comercio exterior. Serie Servex. núm. 1511. Bilbao, 1987. 11 págs.
- (4) Federación Empresarial de la Industria Química (FEIQUE). Industria química española. Madrid, 1984. 334 págs.
- (5) Techniques de l'Ingenieur. Vol. A 9I, A 9II, A 9III. Estrasburgo, 1983.
- (6) BILLMEYER, F.W. Ciencia

TABLA 3
PRODUCTOS DE DEGRADACION TERMICA
DE DISTINTAS FORMULACIONES DE PVC

Producto	PVC Homopoli- mero	Cloruro vinilo Acetato vinilo Copolimero	PVC plástico utilizado en tuberías
Cantidades expresada en mg./g. polímero			
HC1	583	500	333
Ac. acético	—	96	—
CO ₂	729	923	1.182
CO	442	292	90
Benceno	36	28	11
Metano	4,6	4,4	6,8
Etileno	0,58	0,6	2
Etano	2,2	2,3	2,9
Propileno	0,47	0,56	1,4
Propano	0,84	0,88	1,4
Cloruro vinilo	0,6	0,72	2,6
1-Buteno	0,18	0,22	0,58
Butano	0,28	0,29	0,74
Isopentano	0,02	0,02	0,04
1-Penteno	0,06	0,09	0,15
Pentano	0,16	0,21	0,38
Ciclopenteno	0,05	0,05	0,07
Ciclopentano	0,05	0,06	0,09
1-Hexeno	0,05	0,08	0,18
Hexano	0,12	0,17	0,35
Metilciclopentano	0,14	0,05	0,09
Tolueno	1,3	0,96	1,00

TABLA 4
PRODUCTOS DE DEGRADACION TERMICA (800°C)
PROCEDENTES DE DISTINTOS TIPOS DE ESPUMA
DE POLIURETANO

Producto	Humo de poliéster (2,5 mg.)	Humo de poliéster (2,4 mg.)
Cantidades expresadas en mg.		
Hidrocarburos C ₂	53,2	36,8
Acido cianhídrico	26,9	23,0
Acetonitrilo	21,4	26,8
Acrilonitrilo	11,0	12,7
Benceno	5,8	6,3
Piridina	6,4	5,6
Tolueno	4,1	4,9
Benzonitrilo	28,6	36,1

de los polímeros. Reverté. Barcelona. 1975.

(7) BRYDSON, J. A. Materiales plásticos. Instituto de Plásticos y Caucho. Madrid, 1969.

(8) KRAUSE-LANGE. Introduc-

ción al análisis químico de los plásticos. Blume. Madrid, 1970.

(9) DUBOIS, H.; JOHN, F. W. Plastics. Van Nostrand Reinhold. New York, 1981.

(10) BLOW, C.M.; HEPBURN, C.

TABLA 5
PRODUCTOS DE DEGRADACION TERMICA DE POLIETILENO
Y POLIPROPILENO

POLIETILENO Productos de degradación (400°C)	POLIPROPILENO Productos de degradación (400°C)
Metano, etano, etileno	Metano, etano
Propano, propileno	Propano, propileno
2-Metil-propano	Isobutileno
1-Buteno-2-metil-propeno	Butano
Butano	2-Metil-1-buteno
2-Buteno (trans. y cis)	1-Penteno
3-Metil-1-buteno	Pentano
1, 4-Pentadieno	2-Penteno (trans. y cis)
2-Metil-butano	2-Metil-pentano
1-Penteno	2-Metil-1-penteno
2-Metil-1-buteno	2, 4-Dimetil-pentano
Pentano	2, 4-Dimetil-penteno
2-Penteno (trans. y cis)	4-Metil-heptano
1, 3-Pentadieno (trans y cis)	2, 4-Dimetil-1-hepteno
4-Metil-1 penteno	2,4-Dimetil-nonano
2-Metil-1-penteno	2, 4, 6-Trimetil-1-noneno
1-Hexeno	
Hexano	

Rubber technology and manufacture. Butterworth Scientific. London, 1982.

(11) BARROW, C. S.; LUCIA, H. Development of methodologies to assess the relative hazards from thermal decomposition products of polymeric materials. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. Vol. 40. 1979. págs. 408-423.

(12) GRASSIE, N.; SCOTT, G. Polymer degradation and stabilization. Cambridge University Press. Cambridge, 1985.

(13) CAPRON, R.; JOUANY, J. M. et al. Etude de l'empoussiérage lors de la thermolyse des matériaux. Rev. Gen. Sec. vol. 60. 1987. págs. 68-71.

(14) Health and Safety Executive. Control of exposure to polyvinyl chloride dust. Serie Guidance Notes. núm. EH 31. Londres, 1982. 6 págs.

(15) EINHORN, I. N.; CHATFIELD, D. A. et al. A strategy for analysis of thermal decomposition of polymeric materials. Fire Res. vol. (1). 1977. págs. 41-56.

(16) MADORSKY, S. L. Thermal degradation of organic polymers. Interscience Publishers. New York, 1964.

(17) CULLIS, C. F.; HIRSCHLER, M. M. The combustion of organic polymers Clarendon Press. Oxford, 1981.

(18) INSHT. QUINTANA, M. J. Productos desprendidos en la combustión de materiales poliméricos sintéticos. Vizcaya, 1982.

(19) PACIOREK, K. L. et al. Oxidative thermal degradation of selected polymer compositions. Am. Ind. Hyg. Assoc. vol. 35. 1974. págs. 175-180.

(20) BEREZKIN, V. G.; AISHOYEV, V. R.; WEMIROSKAYA, A. Gas chromatography of Polymers. Elsevier. Amsterdam, 1977.

(21) PACIOREK, K. L. et al. Oxidative thermal decomposition of polyvinyl chloride compositions. J. of Appl. Pol. Sci. vol. 18. 1974. págs. 3.723-3.729.

(22) TSUCHIYA, Y.; SUMI, K. Thermal decomposition products of polyvinyl chloride. J. appl. Chem. vol. 17. 1967. págs. 364-366.

(23) VIDOVIC, R.; KANSKY, A. Contact dermatitis in workers processing polyvinyl chloride plastics. Dermatosen vol. 33. 1985. págs. 104-105.

(24) HAYS, R. et al. Cyanide toxicity from the thermal degradation of rigid polyurethane foams. Am. Ind. Hyg. Assoc. vol. 40. 1979. págs. 757-776.

(25) WOOLLEY, W. D. Nitrogen-containing products from the thermal decomposition of flexible polyurethane foams. Br. Polym. J. vol. 4. 1972. págs. 37-43.

(26) POTTS, A. M.; et al. An unusual type of keratopathy observed in polyurethane workers and its reproduction in experimental animals. Am. J. of Ind. Med. vol. 9. 1986 págs. 203-213.

(27) TSUCHIYA, Y.; SUMI, K. Thermal decomposition products of polyethylene. J. of Polym. Sci. vol. 6. 1968. págs. 415-424.

(28) TSUCHIYA, Y.; SUMI, K. Thermal decomposition products of polypropylene. J. of Polym. Sci. vol. 7. 1969 págs. 1.599-1.607.

(29) FROSTLING, H. et al. Analytical, occupational and toxicologic aspects of the degradation products of polypropylen plastics. Scand. J. Work Env. Health vol. 10. 1984. págs. 163-169.

CARTAS AL DIRECTOR

SALUD Y TRABAJO pone a disposición de sus lectores esta sección, con la única condición de sujetarse a las siguientes normas:

Los escritos destinados a esta sección no deben exceder de 30 líneas mecanografiadas con 70 espacios por línea.

Es imprescindible que estén firmados y que conste expresamente el nombre, domicilio y teléfono de sus autores.

Salud y Trabajo se reserva el derecho de publicar los textos íntegros de tales colaboraciones, así como de resumirlos o extractarlos cuando por razones de espacio lo considere oportuno.