

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL

Escuela Superior de Ingeniería Química
e Industrias Extractivas.

MANUAL PARA IDENTIFICACION DE PLASTICOS

Memoria de Experiencias Profesionales

Que para obtener el Título de
INGENIERO QUIMICO INDUSTRIAL

p r e s e n t a

MONICA PALOMA CONDE ORTIZ



México, D. F.

1992



SECRETARIA
DE
EDUCACION PUBLICA

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA QUIMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS
DIVISION DE SISTEMAS DE TITULACION T-115

México, D. F., a 26 de julio de 1991

Al(los) C. Pasante(s):	Carrera:	Generación:
CONDE ORTIZ MONICA PALOMA PONIENTE 83 # 118 CÓL. COVE.	I.Q.I.	1982-1987

Mediante la presente se hace de su conocimiento que esta División acepta que el
C Ing MARTHA ELENA GARCIA RUIZ sea orientador
en el Tema de Tesis que propone(n) usted(es) desarrollar como prueba escrita en la opción
MEMORIA DE EXPERIENCIAS bajo el
título y contenido siguientes
MANUAL PARA IDENTIFICACION DE PLASTICOS

- RESUMEN
- INTRODUCCION
- I.- ANTECEDENTES
- II.- PRESENTACION DEL MANUAL PARA IDENTIFICACION DE PLASTICOS
- III.- DESCRIPCION GENERAL POR TIPO DE PLASTICO
- CONCLUSIONES
- BIBLIOGRAFIA

Se concede plazo máximo de un año para presentarla a revision por el Jurado

Elsa Martínez Vázquez
ING. ELSA MARTINEZ VAZQUEZ ..
VOCAL DE CARRERA

Martha Elena García Ruiz
ING. MARTHA ELENA GARCIA RUIZ
EL PROFESOR ORIENTADOR
CED. PROF. 660820

Nancy Martínez Cruz
M.C. NANCY MARTINEZ CRUZ
EL JEFE DE LA DIVISION DE SISTEMAS
DE TITULACION

Nestor L. Díaz Ramírez
ING. NESTOR L. DIAZ RAMÍREZ.
EL SUBDIRECTOR ACADEMICO



SECRETARIA
DE
EDUCACION PUBLICA

INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA QUIMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS

MEXICO, D F., a 21 de Julio de 1994.

C. MONICA PALOMA CONDE ORTIZ
Pasante de Ingeniero QUIMICO INDUSTRIAL
Presente:

Los suscritos tenemos el agrado de informar a usted que, habiendo procedido a revisar el borrador de la modalidad de titulacion correspondiente, denominado "MODALIDAD PARA IDENTIFICACION DE PLASTICOS"

encontramos que el citado trabajo y/o proyecto de tesis, reúne los requisitos para autorizar el Examen Profesional y proceder a su impresión según el caso, debiendo tomar en consideración las indicaciones y correcciones que al respecto se le hicieron.

Atentamente
JURADO

.....
C. ING. MARTHA ELENA GARCIA RUIZ
(PROFESOR ORIENTADOR)

.....
C. DR. ABELARDO FLORES VELA

.....
C. ING. CECILIA URBINA VALLE

c.c.p.—Expediente.
dvv*

*Con todo mi amor dedico este trabajo
especialmente a mis padres, como una
muestra de agradecimiento y admiración
de todo lo que han hecho por mí y nuestra
maravillosa familia*

*A mis hermanos,
Porque los quiero mucho*

*Mi agradecimiento y especial afecto para
el Ing. Rafael Blanco Vargas
y al Instituto Mexicano del Plástico Industrial
por todo el apoyo brindado*

*A mi Escuela y Maestros
esperando que este trabajo
resulte de utilidad*

CONTENIDO

	RESUMEN	PAG.
	INTRODUCCION	3
		4
<hr/>		
CAPITULO I		
	ANTECEDENTES	5
	<i>1.1. Actividades del Instituto Mexicano del Plástico Industrial.</i>	5
	<i>1.2 . Reseña de actividades profesionales desarrolladas.</i>	7
	<i>1.3. Metodología empleada para la integración del Manual para Identificación de Plásticos.</i>	9
<hr/>		
CAPITULO II		
	PRESENTACION DEL MANUAL PARA IDENTIFICACION DE PLASTICOS.	11
	<i>2.1. Métodos existentes para identificar plásticos.</i>	11
	<i>2.2. Descripción del Método Empírico para Identificación de Plásticos.</i>	15
	– <i>2.2.1. Pruebas de Apariencia Física.</i>	16
	– <i>2.2.2. Pruebas de Densidad.</i>	20
	– <i>2.2.3. Pruebas de Combustibilidad.</i>	23
<hr/>		
CAPITULO III		
	DESCRIPCION GENERAL POR TIPO DE PLASTICO.	32
	<i>3.1. Generalidades</i>	32
	<i>3.2. Termoplásticos</i>	33
	– <i>3.2.1. Poliolefinas</i>	35
	– <i>3.2.2. Vinílicos</i>	40
	– <i>3.2.3. Estirénicos</i>	42
	– <i>Acrílicos</i>	46
	– <i>Pollamidas</i>	47
	– <i>Poliéster Termoplástico</i>	49
	– <i>Policarbonato</i>	51
	– <i>Acetales</i>	52

3.3. Termofijos	54
- <i>Sistemas Formaldehído</i>	<i>54</i>
- <i>Sistemas Poliéster Insaturado</i>	<i>56</i>
- <i>Sistemas Epóxicos</i>	<i>57</i>
- <i>Poliuretanos</i>	<i>58</i>
CONCLUSIONES	60
BIBLIOGRAFIA	61

SOLO LECTURA

En el desarrollo profesional, se ha adquirido el conocimiento de diversos elementos de carácter técnico-económico que inciden en la industria del plástico entre los que destacan:

- 1.- Mercado y disponibilidad de materias primas.
- 2.- Conocimientos generales sobre propiedades, aplicaciones y tecnologías de procesamiento de plásticos.
- 3.- Caracterización e identificación de plásticos.
- 4.- Reciclado de plásticos.

Derivado de esta experiencia se colaboró como autora del libro intitulado *Manual para Identificación De Plásticos*, publicado por el Instituto Mexicano del Plástico Industrial en donde actualmente se tiene el cargo de Gerente de Promoción Industrial.

Este trabajo incluye el desarrollo de los siguientes objetivos:

- 1.- Reseñar la experiencia profesional adquirida dentro del Instituto Mexicano del Plástico Industrial desde 1986 a la fecha en actividades de Investigación, Desarrollo y Comercialización de productos y servicios orientados a satisfacer necesidades de Tecnología, Información y Capacitación de las Industrias del Plástico.
- 2.- Describir el contenido del *Manual para Identificación de Plásticos*, libro publicado por el Instituto Mexicano del Plástico Industrial y en el que la sustentante colaboró en la realización de este trabajo.

INTRODUCCION

La Industria del Plástico juega en la actualidad un papel muy importante por tener relación con todas las actividades industriales modernas.

Desde el más simple de los envases, hasta los sistemas de comunicaciones interestaciales no serían posibles sin el uso de los plásticos.

En el año de 1900 se conocían menos de 10 plásticos semisintéticos y ya representaban un problema para el estudiante, fabricante y usuario final el identificarlos.

Actualmente son más de 1500 los plásticos registrados y sobrepasan 10,000 las mezclas y aleaciones existentes. La ciencia y tecnología de estos materiales juegan un papel preponderante en la formación de técnicos y personal que maneje la importante industria del plástico con tecnologías de punta para el reto de competitividad internacional.

Por ello, es importante e indispensable tener una cultura general sobre plásticos para aprender a reconocerlos e identificarlos mediante métodos y técnicas adecuadas.

Lamentablemente, su conocimiento está todavía solo al alcance de algunos profesionales, quizá por la reciente incorporación de sus aplicaciones a los diferentes campos debido a que apenas hace cincuenta años que comenzó su industrialización, o tal vez, por su versatilidad que al ser aptos para tan variados usos su enseñanza se ha difumado

El "Kit" para Identificación de Plásticos que es el motivo principal de este trabajo, pretende de manera simple y comprensible proporcionar la información teórica y práctica suficiente que permita al fabricante, usuario y estudiante del plástico una cultura general para su identificación y el mejor desarrollo de sus actividades industriales.

ANTECEDENTES

1.1. ACTIVIDADES GENERALES DEL INSTITUTO MEXICANO DEL PLASTICO INDUSTRIAL.

El Instituto Mexicano del Plástico Industrial, S.C. es una Institución privada dedicada a la promoción y desarrollo de la industria del plástico en México y Latinoamérica.

Iniciando sus actividades en el año de 1985, actualmente se ha mantenido exitosamente con la característica de tener el soporte tecnológico para proporcionar respuestas oportunas y certeras a las inquietudes y carencias técnicas, comerciales y administrativas de las empresas del sector plásticos, a través de la investigación, producción, desarrollo, comercialización e implementación de diversos productos y servicios.

Los principales productos y servicios con los que se cuenta actualmente son:

1.- SEMINARIO LA ERA DEL PLASTICO.

Es un evento en el que se presenta información general sobre obtención, propiedades, transformación, usos, mercados y tendencias de los principales plásticos.

Tiene el objetivo principal de situar al participante en el desarrollo que existe en otros países, oportunidades de nuevos negocios y aplicaciones actuales y potenciales.

2.- ANUARIO ESTADISTICO DEL PLASTICO.

Esta publicación anual reúne información actualizada del mercado de los plásticos que se producen y transforman a nivel internacional y nacional en sus diversos aspectos: Capacidad

Instalada, Producción, Importación, Exportación y Consumo, desglosando su Distribución Geográfica y por Aplicaciones

3.- "KIT" PARA IDENTIFICACION DE PLASTICOS.

Motivo de la realización del presente trabajo, razón por la cual será descrito con detalle en los capítulos siguientes

4.- DIPLOMADO EN PLASTICOS.

Cuyo objetivo primordial es formar verdaderos especialistas en plásticos tanto en el aspecto teórico como práctico, capaces de desarrollar nuevos productos, identificar cada material y que tengan los conocimientos necesarios para formularlos, transformarlos y aplicarlos adecuadamente.

5.- ENCUENTRO TECNICO COMERCIAL DEL PLASTICO (ELECOPLAST)

Es el foro anual de las empresas líderes en materia prima, maquinaria y transformación.

Está especialmente diseñado para dar a conocer las expectativas de los mercados, desarrollos de tecnología y materiales, mediante conferencias de los directivos de cada empresa y expertos en diversos tipos de plásticos planteando y analizando las amenazas y oportunidades de esta Industria. Se incluye además una exposición de stands de las empresas participantes.

6.- EVENTOS ESPECIALES

Son cursos, seminarios y exposiciones sobre diversos temas específicos dirigidos a personal operativo y ejecutivo de empresas de plásticos. Algunos de ellos son: *SEMINARIO DE PVC, CURSO DE INYECCIÓN, SEMINARIO DE ENVASE Y EMBALAJE, CURSO PRÁCTICO DE EXTRUSIÓN.*

7.- PLAN ESTRATEGICO INTEGRAL

Es un estudio que se realiza a las empresas de manera particular, mediante el diagnóstico de su situación real conforme a infraestructura, tecnología, personal, mercado y desarrollo; efectuando una auditoría física a sus equipos e instalaciones.

Además de los servicios antes mencionados, se cuenta con servicio de consulta general sobre plásticos, ya que se cuenta con un centro de información estadística, técnica, comercial y bibliográfica que se actualiza continuamente manteniéndose a la vanguardia de los desarrollos tecnológicos nacionales e internacionales.

Por otro lado, el personal administrativo, técnico y de desarrollo está formado por profesionistas especializados generalistas en plásticos.

Como Institución, cuenta con el apoyo tecnológico de otras instituciones afines del extranjero y de centros de información nacionales e internacionales.

A lo largo de su historia, el IMPI ha contribuido a la creación y diversificación de un gran número de empresas, ejecutivos y técnicos del Sector Plásticos que ahora se encuentran en una posición bastante sólida alcanzado un alto grado de desarrollo tecnológico y comercial.

1.2. RESEÑA DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES REALIZADAS

Ingresando en el año de 1986, se colabora en el departamento de "*Investigación Académica*" del Instituto Mexicano del Plástico Industrial con actividades que consistieron en la elaboración y actualización del material didáctico para la presentación de diversos temas que conforman el seminario *La Era del Plástico*, adquiriendo la responsabilidad de los siguientes, según el orden en que se realizaron:

- 1.- POLIAMIDAS
- 2.- POLIACETALES

- 3.- SILICON
- 4.- POLIESTER TERMOPLASTICO
- 5.- POLIMETIL METACRILATO
- 6.- RESINAS EPOXICAS
- 7.- RECICLADO DE PLASTICOS
- 8.- EL MUNDO DE LOS PLASTICOS
- 9.- IDENTIFICACION DE PLASTICOS
- 10.- SELECCION DE PLASTICOS

Durante este mismo año, se inician actividades correspondientes a la coordinación de seminarios en aspectos de organización, planeación y presentación de cada tema en el desarrollo del evento.

Siendo responsable total de los temas anteriormente mencionados y habiendo estudiado cada uno hasta su dominio en aspectos generales y buscando el apoyo práctico en empresas externas involucradas con los diferentes plásticos de interés se participa como conferencista durante el desarrollo del seminario.

Después de dos años de actividades en el área de Investigación Académica, se asume el cargo de Gerente de Promoción Industrial, desarrollando asimismo actividades como conferencista y coordinadora de eventos.

En 1988 se inicia el proyecto para la elaboración del *KIT PARA IDENTIFICACION DE PLASTICOS* en colaboración con dos ejecutivos más de la misma institución, para concluirse en 1989.

Por otro lado, a lo largo de este período y hasta la fecha, se ha colaborado en la realización de las diversas publicaciones de la Institución como son Revistas y el Anuario Estadístico del Plástico, así como también en los siguientes Estudios de Mercado desarrollados de manera especial para las empresas que los soliciten:

- ADITIVOS PARA PLASTICOS
- RECICLADO DE PLASTICOS POR MOLIENDA CRIOGENICA
- PLASTICOS DE INGENIERIA

Se ha participado en diversos foros, eventos y conferencias sobre Plásticos, como expositora de los temas de la especialidad adquirida, organizados tanto por el mismo Instituto como Instituciones del ramo nacionales y extranjeras

1.3 . METODOLOGIA EMPLEADA PARA LA INTEGRACION DELMANUAL PARA IDENTIFICACION DE PLASTICOS

Cotidianamente al encontrarse en una exposición de artículos de plástico, en el análisis de un nuevo uso de resina, en el estudio para sustituirla y en el reciclado de desperdicios plásticos, es necesario contar con métodos sencillos que permitan identificarlos en forma preliminar y posteriormente de acuerdo al grado de precisión requerido aplicar métodos especiales químicos e instrumentales.

Con base a esta necesidad, el Instituto Mexicano del Plástico Industrial se asignó la tarea de investigar, recopilar, analizar, desarrollar y experimentar las técnicas más sencillas para la identificación de plásticos. El resultado fue la elaboración del *KIT PARA IDENTIFICACION DE PLASTICOS*, el cual consiste en un conjunto de probetas de los diferentes tipos de plásticos más importantes a nivel comercial, que se utilizan como estándares de comparación en la identificación de una muestra desconocida.

Como parte esencial del *KIT PARA IDENTIFICACION DE PLASTICOS* se desarrolló el *MANUAL PARA IDENTIFICACION DE PLASTICOS*, el cual reúne información general sobre técnicas existentes para identificar un plástico, obtenida de la investigación bibliográfica de diversas publicaciones e instituciones en el mundo, así como de la experimentación práctica, adecuación a los productos y aplicaciones nacionales, de tal forma que se describen los pasos necesarios para realizar las pruebas que permitan conocer las características de una muestra desconocida de manera simple y accesible a cualquier persona involucrada con el uso y manejo de plásticos. Para este fin , se eligieron un encendedor, sal común, agua natural, alcohol y las probetas de los plásticos.

Los materiales con que se fabricaron las probetas son de primera calidad y cubren las características propias de cada

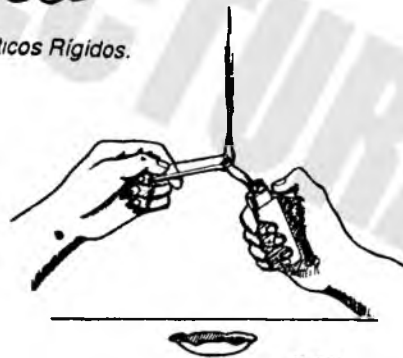
plástico, de tal manera que al utilizarse como estándares de comparación no presenten interferencias, además de que fueron diseñadas en forma, tamaño y espesores que facilitan su empleo.

Se proporcionan en estuches de 20 piezas cada uno, rotulados de acuerdo al plástico de que se trate, además de que cada probeta tiene un color determinado para evitar confundirlas.

Es importante mencionar que la terminología técnica empleada en la redacción se buscó fuera lo más simple posible, para que cualquier persona sin importar el nivel de estudios comprendiera sin dificultad el método, empleando también gráficas y dibujos altamente didácticos como los ejemplos que se muestran a continuación.



Plásticos Rígidos.



Fáciles de Incendiar.

4 566

Como ayuda adicional para la caracterización, diseño y selección de plásticos, se incluyó un capítulo donde se describen las características y aplicaciones de los principales plásticos utilizados y otro donde se mencionan las normas y estándares de prueba que éstos deben de cumplir.

PRESENTACION DEL MANUAL PARA IDENTIFICACION DE PLASTICOS

2.1. MÉTODOS EXISTENTES PARA IDENTIFICAR PLASTICOS

Al analizar el comportamiento de una muestra desconocida, observando sus propiedades físicas como transparencia, flexibilidad, densidad y solubilidad, es posible obtener información valiosa que nos oriente hacia su identificación. Aunado a lo anterior, con el comportamiento a la flama y detectando su combustibilidad, la duración y el color de la flama, la alteración de la muestra, el color de los humos y el olor de los vapores desprendidos, se deducen conclusiones importantes que definen el tipo de plástico a identificar.

El conjunto de estas pruebas integran un método empírico, el cual, debidamente organizado constituye una valiosa herramienta para la identificación de una muestra de plástico

Cuando se busca desarrollar algún nuevo producto y se requiere identificar correctamente el material presentando su composición y propiedades, debe recurrirse a otros métodos de análisis más profundos y exactos que el empírico, los cuales se clasifican según la propiedad que se observa en el proceso de medición final. Así se tienen los métodos químicos y los métodos instrumentales.

Los métodos químicos se fundamentan en mediciones gravimétricas y volumétricas proporcionando información cualitativa y cuantitativa referente a la presencia o ausencia de cada uno de los componentes de una muestra.

En los últimos años, la química experimental ha logrado importantes avances en el campo de los análisis de identificación de materiales, incluyendo "Plásticos". Se han desarrollado métodos instrumentales que facilitan en gran

medida los análisis que dan resultados confiables en un mínimo de tiempo.

Pocas características distinguen claramente los métodos instrumentales de los químicos. Algunas técnicas instrumentales son más sensibles y por lo tanto más exactas que las técnicas clásicas, pero otras no lo son. Con ciertas combinaciones de elementos o compuestos un método instrumental puede ser más específico; con otras, un procedimiento gravimétrico o volumétrico está menos sujeto a interferencia. Por esta razón, se puede afirmar que ambos métodos son complementarios entre sí, e inclusive con el método empírico.

METODOS QUIMICOS

En términos generales, en el análisis químico para la determinación de elementos y compuestos inorgánicos se sigue una metodología, es decir, la muestra primeramente se disuelve, los elementos se separan en grupos por precipitación y finalmente se identifican por reacciones características. A partir de estos resultados puede conocerse la composición de un material o mezcla.

En el caso del plástico y otros materiales poliméricos de origen orgánico, tal procedimiento es solamente posible en un número reducido de casos.

Sin embargo, la identificación puede realizarse por un procedimiento sistemático: ensayos preliminares, detección de los elementos, determinación de índices característicos y finalmente, ensayos específicos.

Para una identificación exacta, es importante que el material sea un producto puro y no contenga aditivos como plastificantes, cargas o pigmentos, puesto que estos pueden actuar como impurezas y afectar los resultados.

Por esta razón, el material deberá ser purificado antes del análisis.

Esto se efectúa por extracción con disolventes, sin embargo, el disolvente empleado varía y no se puede dar un método general.

A continuación se enumeran cada uno de los pasos a seguir en el método.

ENSAYOS PRELIMINARES

- a) *Comportamiento al calor.*
- b) *Propiedades e índices característicos.*
 - *Propiedades exteriores*
 - *Densidad*
 - *Índice de Refracción*
 - *Punto de Fusión*
- c) *Solubilidad*
- d) *Determinación cualitativa de los elementos*

ENSAYOS ESPECIFICOS

- a) *Reacción de Color con p-Dimetilaminobenzaldehído*
- b) *Prueba Formaldehído*
- c) *Prueba de Gibbs- Indofenol*
- d) *Reacción de Color con Piridina*
- e) *Reacción de Liberman-Storch-Morawski*

METODOS INSTRUMENTALES

Existen ciertos fenómenos que no es posible observar directamente, por ejemplo, la radiación electromagnética emitida o absorbida por ciertas sustancias que, a través de un sistema capaz de traducir tal fenómeno en otro claramente observable sirven para la caracterización de materiales. Los instrumentos para este tipo de análisis serán entonces "transductores", que permitirán evaluar fenómenos no observables directamente.

El perfeccionamiento del análisis instrumental ha seguido una ruta paralela a los descubrimientos en el campo de la electrónica. Se han ideado numerosos sistemas computarizados que proporcionan velocidad, exactitud y simplicidad de manejo. Sin embargo, uno de los problemas que

se presentan antes de llevar a cabo este tipo de análisis es elegir el método instrumental adecuado.

Su elección y combinación dependerá entonces, del conocimiento de los principios básicos de los distintos métodos disponibles, sus ventajas y limitaciones. Ninguno de estos métodos es definitivo, ya que todos ellos se complementan entre sí.

Es importante aclarar que todos estos métodos requieren de una previa preparación de la muestra, por ejemplo su disolución para separar componentes, o bien preparando probetas especiales que pueden ser películas de material, pastillas de compuestos especiales o soluciones. Estos pasos son con frecuencia más laboriosos y pueden causar mayor número de errores en la medición final misma.

Los métodos instrumentales más comúnmente empleados en el análisis de plásticos son:

METODOS ESPECTROMETRICOS.

- a) *Espectroscopía Infrarroja (IR).*
- b) *Espectroscopía Ultravioleta y Visible (UV).*
- c) *Resonancia Magnética Nuclear (NMR).*
- d) *Espectrometría de Masas*

METODOS DE ANALISIS TERMICOS.

- a) *Análisis Diferencial Térmico (DTA)*
- b) *Análisis Diferencial Calorimétrico de Exploración (DSC).*
- c) *Análisis Termogravimétrico(TGA).*
- d) *Análisis Termomecánico (TMA).*

METODOS CROMATOGRAFICOS.

- a) *Cromatografía de Gases (GC).*
- b) *Cromatografía de Líquidos (LC).*
- c) *Cromatografía de Permeación Gel (GPC).*
- d) *Cromatografía de Capa Fina.*

2.2. DESCRIPCION DEL METODO EMPIRICO PARA IDENTIFICACION DE PLASTICOS.

El método empírico tiene origen en la experiencia práctica adquirida por las personas involucradas en la fabricación y transformación de plásticos, sin embargo, la mayoría de las veces se obtienen resultados reducidos al tipo de plásticos conocidos. Por ejemplo, si alguna persona dedicada a la fabricación de bolsas de polietileno tiene la necesidad de identificar una muestra desconocida de algún material plástico, su conclusión podría ser simplemente de que se trata de un polietileno duro o suave aunque sea un plástico de ingeniería.

Normalmente el industrial está acostumbrado a llevarse a la boca los granos o pellets de plástico para su identificación, o bien los queman para distinguirlos a través del olor que desprenden. Esto se ha llevado a cabo por tradición y no constituye una forma confiable de identificación al no existir ningún orden adecuado ni un conocimiento general de los plásticos.

Con base a la necesidad de contar con un método confiable, sencillo y económico se integró el Método Empírico basado en la comparación con probetas estándar de cada uno de los tipos de plásticos más comúnmente utilizados y que constituye la etapa preliminar para cualquier tipo de pruebas tanto químicas como instrumentales.

El conjunto de pruebas que integran el Método Empírico se han dividido en tres tipos con el objetivo de facilitar su desarrollo y se sugiere que para alcanzar resultados confiables se realicen en el orden siguiente:

1.- Apariencia Física

2.- Densidad

3.- Comportamiento a la Flama.

De acuerdo a cada prueba, se incluye al final de este capítulo una tabla que agrupa a los plásticos según sus propiedades y comportamiento. Asimismo, se describen las posibles causas de interferencia que pudieran originar resultados equivocados.

2.2.1. PRUEBAS DE APARIENCIA FISICA.

Las pruebas de apariencia física son las primeras que se deben llevar a cabo cuando se va a identificar una muestra desconocida. En realidad, este tipo de pruebas siempre se realizan desde el momento en que la muestra de material se tiene en las manos, a veces hasta de manera inconsciente, pero cuando se lleva una metodología, éstas son la base para una buena identificación.

Las propiedades que se determinan en esta etapa quedan divididas en:

- **Propiedades Mecánicas**
- **Propiedades Ópticas**

PROPIEDADES MECANICAS

Las propiedades mecánicas consisten en determinar el grado de resistencia que presenta la muestra de plástico al doblarse. Dependiendo de su comportamiento, se clasifican en tres grupos:

- a) *Plásticos Rígidos.*
- b) *Plásticos Semi-rígidos.*
- c) *Plásticos Flexibles.*

a) **PLÁSTICOS RÍGIDOS.**

Un plástico rígido es aquel que al intentar doblarlo se rompe. Dentro de este grupo se clasifican la mayoría de los plásticos termofijos, excepto el Silicón y el Poliuretano Flexible. El Poliestireno Cristal, el Medio Impacto y el Expandible, son ejemplos típicos de materiales altamente rígidos, también el Acrílico y el Copolímero de Estireno Acrilonitrilo (SAN), aunque en algunas ocasiones pueden estar modificados al impacto y entonces, presentar mayor resistencia a la ruptura.

Cuando se requiera realizar esta prueba a piezas moldeadas que por su espesor o diseño no sea posible flexionarlas, se puede golpear la pieza o dejarla caer, y si ésta se fracciona, entonces se concluye que se trata de un plástico rígido. Para el caso de granos o pellets, la prueba de rigidez se evalúa cuando al golpearlos con un martillo se fraccionan.

b) PLASTICOS SEMI-RIGIDOS

Los plásticos semi-rígidos presentan oposición al doblado y algunos incluso pueden llegar a romperse.

Este grupo abarca a los plásticos que presentan buenas propiedades mecánicas como resistencia a la tensión, dureza y tenacidad; tal es el caso del ABS (Acrilonitrilo - Butadieno - Estireno), Poliestireno Alto Impacto, PVC rígido y los denominados "Plásticos de Ingeniería" como el Policarbonato, Poliamida 6, Poliamida 6/6, Poliéster Termoplástico, Poliacetales y Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular.

En ocasiones es posible que existan confusiones al tratar de distinguir entre un plástico rígido de uno semi-rígido. La diferencia consiste en que los primeros, al intentar flexionarlos, se rompen casi inmediatamente y los plásticos semi-rígidos pueden soportar la flexión sin mostrar fractura, a menos que el esfuerzo sea muy grande.

En piezas moldeadas y pellets, los plásticos semi-rígidos manifiestan dificultad para conseguir que se rompan y en ocasiones no es posible lograrlo.

c) PLASTICOS FLEXIBLES

A diferencia de los plásticos rígidos y semi-rígidos, los plásticos flexibles no presentan ninguna oposición a ser doblados, e incluso es posible torcerlos sin que muestren ruptura.

La mayoría de los plásticos flexibles como el Polietileno de Baja Densidad, el Copolímero de Etileno y Acetato de Vinilo (EVA), los Elastómeros Termoplásticos de baja dureza y el Poliuretano Flexible, tienden a recuperar su forma original debido a su memoria plástica, no obstante, también existen plásticos flexibles que carecen de esta propiedad, es decir, que al doblarlos o torcerlos no recuperan su forma original, tal es el caso del Copolímero de Estireno - Butadieno (SB) y de los polímeros Celulósicos.

La flexibilidad de una pieza moldeada puede resultar difícil de comprobar cuando se tienen grandes espesores, diseños estructurales complejos o que el material se encuentre modificado con alguna carga.

Una prueba sencilla consiste en presionar la pieza, intentar rayarla o bien cortar una laja de la superficie con una navaja. Cuando esto resulta fácil, entonces se trata de un material flexible debido a que estos materiales presentan una baja dureza superficial. Si el corte resulta difícil y el material únicamente se desbasta seguramente pertenece a un plástico semi-rígido o incluso rígido.

PROPIEDADES OPTICAS

Las propiedades ópticas determinan el grado de luz que puede dejar pasar un cuerpo a través de él. Existen instrumentos especiales que cuantifican exactamente estas propiedades, sin embargo, para fines del método empírico, los plásticos se clasifican en tres grupos que puede distinguir el ojo humano:

- a) *Plásticos Transparentes*
- b) *Plásticos Translúcidos*
- c) *Plásticos Opacos*

a) PLÁSTICOS TRANSPARENTES

Se trata de materiales que permiten ver los objetos a través de ellos.

Los plásticos transparentes presentan una estructura química amorfa, esto significa que no tienen un arreglo molecular uniforme, por lo que sus propiedades mecánicas no son buenas, a menos que se modifiquen con aditivos especiales para impartirles resistencia al impacto. Por otro lado, presentan puntos de fusión moderados y bajas contracciones de moldeo. A excepción del Policarbonato, los plásticos transparentes como el Poliestireno Cristal, Cloruro de Polivinilo, Acrílico y Resina Poliéster, no presentan muy buenas propiedades mecánicas y todos ellos muestran resistencia química regular, es por ello que los fabricantes de estos polímeros ofrecen diversos grados formulados con aditivos según el uso final al que se destinen. Cuando se utilizan cargas o, cierto tipo de pigmentos, la transparencia se ve afectada haciendo que plásticos transparentes se vuelvan translúcidos e incluso opacos, sin embargo, debido a que son pocos los plásticos que

forman este grupo es común utilizarlos en su forma natural transparente.

b) PLÁSTICOS TRANSLÚCIDOS

Los plásticos translúcidos permiten el paso de una pequeña cantidad de luz, por lo que únicamente se logran apreciar sombras cuando se mira a través de ellos.

Las películas de materiales plásticos pertenecientes a esta clasificación suelen verse transparentes debido a su mínimo espesor, sin embargo, la mayoría de los plásticos con los que se fabrican películas son translúcidos, por ejemplo, Polietileno, Poliamidas y Polipropileno, donde este último plástico logra su transparencia debido al proceso de biorientación con que se fabrican las películas.

Los plásticos translúcidos presentan una estructura molecular parcialmente cristalina, esto significa que sus cadenas moleculares se encuentran arregladas de tal forma que obstruyen en bajo grado el paso de la luz.

Este ordenamiento molecular imparte buenas propiedades de resistencia Química, Térmica y Mecánica, incrementándose a medida que la cristalinidad aumenta, por ejemplo los Poliacetales y Poliamidas son materiales de alta cristalinidad y por lo tanto su balance de propiedades Físicas y Químicas hacen que éstos se encuentren dentro del grupo de los plásticos de Ingeniería. A pesar de su elevado nivel de cristalinidad, estos materiales cuando no se encuentran modificados con cargas o pigmentos opacos, son translúcidos.

c) PLÁSTICOS OPACOS

A través de los plásticos opacos no es posible apreciar la luz. Suelen ser materiales de estructura molecular cristalina como es el caso del Polibutilen Tereftalato, o bien son opacos porque presentan una distribución de fases muy heterogénea, es decir, partículas de diferente composición y tamaño. Esto sucede con materiales plásticos que para su obtención utilicen dos o más monómeros como es el caso del ABS compuesto de Acrilonitrilo, Butadieno y Estireno, así como algunos plásticos termofijos. A medida que se logran distribuciones de partícula más homogéneas y de menor tamaño, entonces es posible

obtener materiales translúcidos y transparentes, como sucede con el ABS, que como ya se mencionó, tradicionalmente se trata de un material opaco, pero a través de un proceso especial de polimerización se obtiene en grado transparente.

Es importante aclarar que no existe un plástico completamente opaco; generalmente la opacidad total se logra con el uso de aditivos como son cargas y pigmentos. Por esta razón, debe considerarse que cuando se tiene una muestra desconocida de un plástico totalmente opaco, seguramente ha sido formulada con dichos aditivos. Para piezas de grandes espesores es indispensable hacer cortes de no más de tres milímetros para realizar esta prueba sin riesgo a confusiones.

2.2.2. PRUEBAS DE DENSIDAD

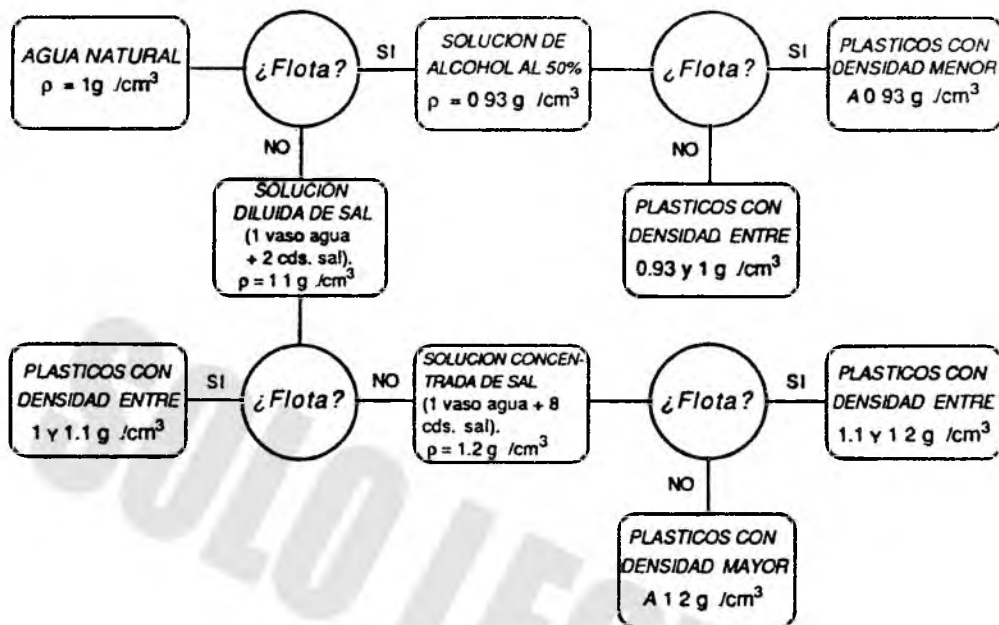
La densidad de un cuerpo es la relación que existe entre su peso y el volumen que ocupa. Generalmente se expresa en g/cm^3 .

Para el caso de los plásticos es conveniente distinguir entre la densidad propiamente dicha y la densidad aparente. La primera está basada en el volumen del material sólido, homogéneo y compacto. La densidad aparente se basa en el volumen de un compuesto en forma de polvo, gránulos o pellets a granel y es de gran importancia para conocer el volumen que ocupa un material en el momento de su almacenamiento.

Debido a que los plásticos presentan diferentes rangos de densidad entre sí, es posible formar 5 grupos haciéndolos flotar en diferentes soluciones, lo cual proporciona información para la identificación de plásticos.

Para la realización de esta prueba se recomienda usar un vaso de 200 ml el cual deberá llenarse con agua natural donde primeramente se colocará la muestra para verificar si flota o no flota, de acuerdo al siguiente diagrama de flujo:

DIAGRAMA PARA EVALUACION DE LA DENSIDAD



FLOTAN EN AGUA

Quando la muestra flota en agua como es el caso del Polietileno, Polipropileno y las Espumas de Poliuretano, significa que su densidad es menor a 1 g/cm^3 .

Es importante tomar en cuenta que la densidad de un plástico varía cuando se formulan con ciertos aditivos como son los agentes espumantes que hacen que esta disminuya debido a que su función es formar celdas en el material que lo hacen más ligero. Contrariamente, las cargas y los refuerzos son aditivos que incrementan la densidad del material, por ejemplo el carbonato de calcio, los talcos y la fibra de vidrio.

FLOTAN EN SOLUCIÓN ALCÓHOLICA

Sí la muestra desconocida flota en agua, se procede a probar con la solución de alcohol preparada al 50% de alcohol etílico con agua, la cual tendrá una densidad de 0.93 g/cm^3 aproximadamente. Sí al colocar la muestra flota, significa que su densidad es inferior a la de esta solución y si no flota tendrá una densidad del rango de 0.93 a 1.0 gr/cm^3 .

Esta es una forma práctica de distinguir al Polietileno del Polipropileno, ya que las características de apariencia física y comportamiento a la flama de estos dos plásticos son muy similares. Al efectuar esta prueba se observa que el Polipropileno flota y el Polietileno de alta densidad se hunde en la solución de alcohol, debido a que presenta mayor densidad.

FLOTAN EN SOLUCIÓN DILUÍDA DE SAL

En el caso de que la muestra no flote en el agua, se procede a probar en una solución diluída de sal, que se prepara agregando 2 cucharadas cafeteras de sal al vaso con agua y sí flota en esta, entonces la muestra tendrá una densidad entre 1.0 y 1.1 g/cm^3 . Con esta característica se agrupan todos los plásticos de la familia del Poliestireno.

Algunas veces el ABS y el SAN presentan una densidad prácticamente igual a la de la solución diluída de sal. Cuando esto sucede, se observará que la muestra se va al fondo muy lentamente con el mismo movimiento del agua.

FLOTAN EN SOLUCIÓN CONCENTRADA DE SAL.

Esta solución se prepara con ocho cucharadas de sal en 200 ml de agua. De esta manera se alcanza una densidad aproximadamente de 1.2 g/cm^3 , por lo tanto, la muestra que flote en esta solución, estará entre el rango de 1.1 a 1.2 g/cm^3 de densidad. En esta clasificación se encuentran las Poliamidas, Acrílico y Policarbonato y dependiendo del nivel de plastificante también puede flotar el PVC Flexible.

NO FLOTAN EN NINGUNA SOLUCIÓN.

Los plásticos que forman este grupo tienen una densidad mayor a 1.2 g/cm^3 . Aquí se clasifican el PBT, Acetales, PVC Rígido y todos los plásticos termofijos no espumados.

Los plásticos que han sido cargados con carbonatos, talcos y en general cargas minerales, aumentan su densidad de tal forma que no flotan en ninguna solución de las mencionadas. Por esta razón, puede existir confusión en el momento de su identificación por densidad, sin embargo, con las pruebas de combustibilidad se aclara esta interferencia ya que es posible determinar si el plástico ha sido formulado de esta manera

2.2.3. PRUEBAS DE COMBUSTIBILIDAD

Los plásticos son compuestos orgánicos básicamente de carbono e hidrógeno, lo cual los hace que en mayor o menor medida sean combustibles.

La combustión es un proceso químico el cual tiene lugar cuando un material por medio de la acción calorífica reacciona con el oxígeno del aire para producir bióxido de carbono, agua y energía

La combustión de los plásticos se inicia en el momento en que el calentamiento de éstos, por la acción de una flama sobrepasa su punto de descomposición

La composición de los diferentes plásticos, su estructura, su densidad y geometría del producto tienen influencia en la flamabilidad del plástico, así como la propagación de la flama se debe a la cantidad de oxígeno presente y al tipo de vapores que se desprenden.

Cada plástico se comporta de manera particular cuando se somete a la flama, lo cual proporciona información importante acerca del tipo de plástico que se examine.

La flama adecuada para las pruebas de combustión, es la que proporciona un encendedor de bolsillo regulado entre mínimo y regular, de tal modo que se obtenga una altura de flama de más o menos 2.5 cm. Además es conveniente que la muestra a

ensayar siempre se coloque sobre la parte azul de la flama para evitar confusión entre la flama del encendedor y la del plástico.

Todos los ensayos deberán realizarse cuidadosamente utilizando las mínimas cantidades de material posible, porque si el calentamiento es muy intenso, la descomposición puede ir demasiado rápido y los cambios característicos no podrán observarse. Por otro lado, si se emplean grandes cantidades pueden ocurrir situaciones peligrosas debido a que algunos plásticos durante su combustión generan chispas y desprendimiento de vapores tóxicos e irritantes.

Para prevenir accidentes durante estas pruebas, deben realizarse sobre un cenicero o un plato de cerámica, y evitar que gotas de material fundido, caigan sobre alguna parte del cuerpo produciendo quemaduras, o sobre objetos flamables cuyas consecuencias podrían resultar graves.

COMBUSTIBILIDAD

Esta prueba sirve para clasificar a los plásticos de acuerdo a la facilidad o dificultad que presentan para incendiarse cuando se someten a una flama de las características mencionadas.

En esta primera etapa de la prueba se forman dos grupos:

- a) *Plásticos Fáciles de Incendiar.*
- b) *Plásticos Difíciles de Incendiar*

a) PLÁSTICOS FÁCILES DE INCENDIAR.

Los plásticos que son fáciles de incendiar tardan menos de 7 segundos en generar su propia llama, algunos arden al primer contacto con la flama

La mayoría de los plásticos se incluyen en este grupo, donde los más característicos son el Acetal, Acrílico y Poliestireno.

b) PLÁSTICOS DIFÍCILES DE INCENDIAR.

Estos materiales presentan cierta dificultad a ser incendiados, sin embargo, después de 7 segundos se genera la flama. Esta

característica se debe principalmente a que son plásticos que tienen una estructura química muy fuerte, la cual requiere de más energía para romperse y que inicie la combustión.

Ejemplos de estos materiales son el Policarbonato, Poliamidas, PBT y algunos termofijos como son el Silicón, Melaminas y Fenólicas.

Estas pruebas pueden presentar interferencias durante su desarrollo debido a que como la mayoría de los plásticos son en mayor o menor medida inflamables, se han desarrollado aditivos que sirven para retardar dicha inflamabilidad conocidos como "Retardantes a la Flama". Actualmente este tipo de aditivos se utilizan en la formulación de los plásticos por especificación en aplicaciones para la Industria Automotriz, Eléctrica, Electrónica y de Construcción principalmente

Una forma de averiguar la presencia de aditivos retardantes a la flama en una muestra de plástico es que al quemarlos generan una ligera flama de color verde en la base y obviamente tardan más tiempo en incendiarse.

Los "Plásticos de Ingeniería" como lo son el ABS, Poliamidas, Policarbonato, son los materiales más comúnmente formulados con retardantes a la flama, incluyendo también algunos de los plásticos commodities como el Polipropileno y el Poliestireno en algunas aplicaciones especiales.

DURACION DE LA FLAMA

Sin importar que los plásticos sean fáciles de incendiar o no, éstos pueden tener la característica de que la flama se propague o no, de tal manera que se forman dos grupos:

a) PLÁSTICOS QUE CONTINÚAN ARDIENDO

Esta característica se observa cuando una vez que se logra incendiar la muestra, la flama se mantiene hasta que se apaga soplando o presionándola sobre el cenicero.

La mayoría de los plásticos se clasifican dentro de esta categoría y es por ello que muchas veces de acuerdo a la aplicación que tendrán, están formulados con aditivos

retardantes que inhiben que la flama se propague a niveles normales.

Todos los polímeros de la Familia del Estireno en grados estándar o de uso general, así como las Poliiolefinas, Poliuretano, Acrílico, entre otros están incluidos en este grupo.

b) PLÁSTICOS QUE AUTOEXTINGUEN.

Los plásticos que autoextinguen son los que se apagan al instante después de retirar la flama del encendedor.

Este fenómeno es consecuencia de la liberación de algunos gases durante la combustión, que consumen el oxígeno del aire y evitan que la combustión prosiga por sí misma en la muestra de plástico a ensayar.

Un ejemplo típico de plástico autoextinguible es el PVC el cual durante su combustión libera cloro y este gas a su vez, reacciona con el oxígeno del aire y entonces se apaga la flama.

Los retardantes a la flama también en esta prueba pueden causar cierta interferencia, debido a que su presencia puede hacer autoextinguibles a los plásticos que en forma natural no lo son.

COLOR DE LA FLAMA

La observación del color de la flama puede realizarse durante la prueba de Duración a la Flama. Una vez que la flama se ha generado en la muestra problema, se puede apreciar claramente su color. En términos generales los plásticos se pueden clasificar de acuerdo a su color de flama en:

- a) *Plásticos de Flama Amarilla*
- b) *Plásticos de Flama Azul*

Es necesario definir el color de la flama durante los primeros 5 segundos de la combustión de la muestra, debido a que con el tiempo el calor se vuelve más intenso, el plástico se descompone y la flama azul puede tornarse amarilla. En el caso de los plásticos que autoextinguen, el color de la flama se debe observar inmediatamente después de alejar el encendedor y antes de que la muestra se apague.

a) PLÁSTICOS DE FLAMA AMARILLA

La mayoría de los plásticos generan flama amarilla. Sin embargo, pueden distinguirse diferentes tonalidades como pueden ser rojizas brillantes y verdes tenues. Por esta razón, es importante observar toda la flama, desde su base hasta la punta.

El PVC tanto rígido como flexible presenta la peculiaridad de que el color de la base de su flama es verde aunque predomina el amarillo. Esta característica facilita su identificación puesto que lo distingue fácilmente de los demás plásticos.

b) PLÁSTICOS DE FLAMA AZUL

Un reducido grupo de plásticos presentan flama de color azul, estos son las Poliolefinas, Acetales y Poliamidas.

En este caso, el número de alternativas en la identificación de una muestra se reduce y por lo tanto será mas rápida.

ALTERACION DE LA MUESTRA

Los plásticos se clasifican en dos grupos de acuerdo a su comportamiento al calor:

TERMOPLASTICOS

TERMOFIJOS

Los plásticos que se ablandan por la acción del calor hasta llegar a fundirse son Termoplásticos. Al enfriarse estos solidifican nuevamente. Este proceso puede repetirse varias veces siempre y cuando el calor no sea excesivo y pueda provocar la degradación total de las moléculas.

Por el contrario, los plásticos Termofijos se moldean a partir de sistemas de dos o más componentes y por la acción del calor forman estructuras altamente consistentes las cuales una vez enfriadas no es posible fundirlas por calor. Si se aplica calor en exceso estos materiales carbonizan.

De acuerdo a este comportamiento de los plásticos, se forman tres grupos que contribuyen a la identificación de una muestra desconocida.

- a) *Plásticos que Funden*
- b) *Plásticos que Funden y Gotean*
- c) *Plásticos que Carbonizan*

a) **PLÁSTICOS QUE FUNDEN**

Estos plásticos pertenecen al grupo de los Termoplásticos debido a que por la acción del calor se reblandecen. Para apreciar este efecto, la muestra se coloca sobre la flama y se permite que el plástico arda por unos 5 segundos. Se apaga y se deja enfriar. Durante el tiempo en que la muestra permanece encendida solamente se aprecia el reblandecimiento del material y una vez enfriado conserva la deformación que le dió la fusión .

Este comportamiento se debe a que estos plásticos en estado fundido presentan una alta viscosidad. Como ejemplo se tienen a los Polímeros de Estireno, PVC y Policarbonato.

b) **PLÁSTICOS QUE FUNDEN Y GOTEAN**

Al igual que el grupo anterior, también se trata de materiales Termoplásticos, sólo que éstos presentan la peculiaridad de que gotean debido a su elevada fluidez en estado fundido. Ejemplos de estos plásticos son las Poliolefinas, PBT, Poliamidas, Acrílico, Acetal y Elastómeros Termoplásticos.

c) **PLÁSTICOS QUE CARBONIZAN**

Estos materiales pertenecen al grupo de los Termofijos debido a que no muestran ningún ablandamiento ni fusión cuando se someten a la flama. Algunos pueden degradarse hasta que carbonizan totalmente dejando cenizas como residuo. Tal es el caso de la Melamina, Resina Fenólica y Poliéstier Insaturado. Otros plásticos termofijos tienden a volatilizarse totalmente dejando un residuo de aceite como el poliuretano flexible. También en ocasiones se obtiene un residuo blanco como resultado de la combustión de algunos plásticos, lo cual se

debe a que se formulan para moldeado utilizando refuerzos como la fibra de vidrio y cargas como el carbonato de calcio y talcos.

El silicón es un material termofijo que al quemarse deja cenizas blancas sin que éste haya sido formulado con alguna carga, debido a que su estructura está basada en silicio y no de carbonos como los demás plásticos, por lo tanto durante la combustión se forman silicatos.

COLOR DE LOS HUMOS

El tipo y color de los humos que se desprenden durante la combustión de los plásticos, también proporciona información que ayuda a la caracterización de una muestra.

Esta observación puede realizarse durante la prueba de "Alteración de la Muestra".

De acuerdo a la composición del plástico, los humos pueden ser:

- a) *Humos Blancos.*
- b) *Humos Negros*

a) HUMOS BLANCOS

Los plásticos que generan humos blancos presentan una estructura de ligaduras simples sin presencia de compuestos insaturados.

Se trata de humos ligeros sin partículas visibles en suspensión.

Ejemplos de materiales que al quemarse desprenden humos blancos son las Poliolefinas, el Silicón, las Poliamidas y los Acetales.

b) HUMOS NEGROS.

El desprendimiento de humos negros se debe a que en la estructura del plástico se tienen partes aromáticas como el benceno que durante la combustión se descompone fácilmente convirtiéndose en "hollín".

En este grupo se encuentran todos los plásticos de la Familia de los Poliestirenos, el Policarbonato, el Polibutilen Tereftalato y el PVC entre otros.

OLOR DE LOS VAPORES

Como etapa final para la identificación por ensaye a la flama se tiene que definir el olor característico del plástico una vez que la muestra se ha apagado, lo cual proporciona resultados muy particulares para cada material.

La mayoría de las veces, esta prueba es la que define exactamente la muestra.

Para realizarla, se deja disipar la mayor parte del humo y de los vapores que se generan después de apagar la muestra, evitando así que al olerla provoque irritación o alguna otra incomodidad, debido a que los olores pueden ser desagradables y si la concentración es alta pueden resultar tóxicos.

Debido a que es muy difícil la clasificación de los olores es conveniente utilizar muestras que funcionen como estándares de comparación y así reducir las probabilidades de error.

A continuación se presenta una tabla general que incluye el comportamiento físico y a la flama de los 31 plásticos considerados como los más utilizados prácticamente en la industria.

Numero y Símbolo	Plástico	Mecánicas	Ópticas	Densidad	Combustibilidad	Duración de la Flama	Alteración de la Muestra	Color de la Flama	Color de los Humos	P.H. de los Vapores	Olor de la Muestra
1 POM	Acetal	Semi - Rígido	Translúcido	No Flotan	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Funde y Gotea	Azul Claro	Blanco	Neutro	Picante del Formaldehído
2 EVA	Etileno y Acetato de Vinilo	Flexible	Translúcido	Flotan en Agua*	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Funde y Gotea	Azul	Blanco	Acido	Vinagre
3 PMMA	Acrílico	Rígido	Transparente	Flotan en Solución Concentrada de Sal	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Funde y Gotea	Amarillo Brillante	Blanco	Neutro	Solvente
4 ABS	Acrlonitrilo-Butadieno-Estireno	Semi - Rígido	Opaco	Flotan en Solución Diluida de Sal	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Funde	Amarillo Brillante	Negro	Neutro	Humo de Llantia
5 ABS-T	Acrlonitrilo-Butadieno Estireno Transparente	Semi - Rígido	Transparente	Flotan en Solución Diluida de Sal	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Funde	Amarillo Brillante	Negro	Neutro	Humo de Llantia
6 PVC-F	Cloruro de Polivinilo Flexible	Flexible	Transparente	Flotan en Solución Concentrada de Sal	Fácil de Incendiar	Auto - Extinguen	Funde	Amarillo con Bordes Verdes	Negro	Acido	Picante del Acido Clorhídrico
7 PVC-R	Cloruro de Polivinilo Rígido	Semi - Rígido	Transparente	No Flotan	Fácil de Incendiar	Auto - Extinguen	Funde	Amarillo con Bordes Verdes	Negro	Acido	Picante del Acido Clorhídrico
8 SAN	Estireno-Acrlonitrilo	Rígido	Transparente	Flotan en Solución Diluida de Sal	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Funde	Amarillo	Negro	Alcalino	Humo de Llantia Ligeramente Picante
9 SB	Estireno-Butadieno	Flexible	Transparente	Flotan en Solución Diluida de Sal	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Funde	Amarillo	Negro	Neutro	Humo de Llantia
10 TPE	Hule Termoplástico Olefínico	Flexible	Opaco	Flotan en Agua*	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Funde y Gotea	Amarillo Rojizo	Negro	Neutro	Humo de Llantia
11 MF	Melamina	Rígido	Opaco	No Flotan	Difícil de Incendiar	Auto - Extinguen	Carboniza	Amarillo	Blanco	Alcalino	Pescado
12 PA 6	Nylon 6	Semi - Rígido	Translúcido	Flotan en Solución Concentrada de Sal	Difícil de Incendiar	Auto - Extinguen	Funde y Gotea	Azul con Bordes Amarillos	Blanco	Alcalino	Cabello Quemado
13 PA 6/6	Nylon 6/6	Semi - Rígido	Translúcido	Flotan en Solución Concentrada de Sal	Difícil de Incendiar	Auto - Extinguen	Funde y Gotea	Azul con Bordes Amarillos	Blanco	Alcalino	Cabello Quemado
14 PBT	Polibutlen Tereftalato	Semi - Rígido	Opaco	No Flotan	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Funde y Gotea	Amarillo Rojizo	Negro	Acido	Irritante
15 PC	Policarbonato	Semi - Rígido	Transparente	Flotan en Solución Concentrada de Sal	Difícil de Incendiar	Auto - Extinguen	Funde	Amarillo Brillante	Negro	Neutro	Irritante
16 PS	Poliestireno Cristal	Rígido	Transparente	Flotan en Solución Diluida de Sal	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Funde	Amarillo Brillante	Negro	Neutro	Humo de Autos Ligeramente Dulce
17 PSMI	Poliestireno Medio Impacto	Semi - Rígido	Translúcido	Flotan en Solución Diluida de Sal	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Funde	Amarillo Brillante	Negro	Neutro	Humo de Autos Ligeramente Dulce
18 PSAI	Poliestireno Alto Impacto	Semi - Rígido	Opaco	Flotan en Solución Diluida de Sal	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Funde	Amarillo Brillante	Negro	Neutro	Humo de Autos con Hule
19 EPS	Poliestireno Expansible	Rígido	Opaco	Flotan en Agua	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Funde y Gotea	Amarillo Brillante	Negro	Neutro	Humo de Autos Ligeramente Dulce
20 PEAD	Poliétileno Alta Densidad	Semi - Rígido	Translúcido	Flotan en Agua*	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Funde y Gotea	Azul con Punta Amarilla	Blanco	Neutro	Parafina
21 PEBD	Poliétileno Baja Densidad	Flexible	Translúcido	Flotan en Agua	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Funde y Gotea	Azul con Punta Amarilla	Blanco	Neutro	Parafina
22 UHMPE	Poliétileno Ultra Alto Peso Molecular	Semi - Rígido	Translúcido	Flotan en Agua	Difícil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Funde y Gotea	Azul con Punta Amarilla	Blanco	Neutro	Parafina
23 PP	Polipropileno	Semi - Rígido	Translúcido	Flotan en Agua	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Funde y Gotea	Azul con Punta Amarilla	Blanco	Neutro	Parafina y Aceite Quemado
24 PUR-F	Poliuretano Espuma Flexible	Flexible	Opaco	Flotan en Agua	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Carboniza y Gotea	Amarillo Brillante	Blanco	Acido	Irritante Desagradable
25 PUR-R	Poliuretano Espuma Rígida	Rígido	Opaco	Flotan en Agua	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Carboniza	Amarillo Rojizo	Negro	Alcalino	Irritante Desagradable
26 TPU	Poliuretano Termoplástico	Flexible	Translúcido	No Flotan	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Funde y Gotea	Amarillo Rojizo	Blanco	Acido	Irritante Desagradable
27 EP	Resina Epoxi	Rígido	Transparente	No Flotan	Fácil de Incendiar	Auto - Extinguen	Carboniza	Amarillo	Negro	Alcalino	Picante a Fenol
28 PF	Resina Fenólica	Rígido	Opaco	No Flotan	Difícil de Incendiar	Auto - Extinguen	Carboniza	Amarillo	Negro	Neutro	Irritante a Madera Verde
29 UP	Resina Poliéster Cristal	Rígido	Transparente	No Flotan	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Carboniza	Amarillo Brillante	Negro	Neutro	Humo de Autos Irritante
30 UP-FV	Resina Poliéster con Fibra de Vidio	Semi - Rígido	Translúcido	No Flotan	Fácil de Incendiar	Continúa Ardiendo	Carboniza	Amarillo Brillante	Negro	Neutro	Humo de Autos Irritante
31 SI	Silicón	Flexible	Opaco y Transparente	No Flotan	Difícil de Incendiar	Auto - Extinguen	Polvo Blanco	Amarillo	Blanco	Neutro	Solvente muy Ligero

* No Flotan en Solución al 50% de Agua y Alcohol

DESCRIPCION GENERAL POR TIPO DE PLASTICO

3.1. GENERALIDADES

Este capítulo incluye información sobre los principales plásticos que han alcanzado importancia comercial.

El análisis está dividido en dos partes principales: Termoplásticos y Termofijos. Asimismo, los diferentes tipos de plásticos están agrupados en familias: Olefínicas, Vinílicas, Epóxicos, etc. y para cada polímero o sistema de resinas se proporciona además información sobre la estructura química esencial destacando algunas consideraciones generales de su comportamiento físico y a la flama lo cual se puede apreciar a través de sistemas sencillos descritos en el capítulo anterior.

Es importante también a manera de introducción a este capítulo mencionar la clasificación por consumo de los plásticos aunque a veces resulta un tanto subjetiva. Los polímeros o sistemas poliméricos que son más comúnmente utilizados y que tienen buenas, aunque no sobresalientes propiedades y su precio es de un nivel moderado se conocen como "*Comodities*" donde se incluyen el Polietileno, PVC, Polipropileno, y Poliestireno.

Existe también un grupo de plásticos intermedio en consumo que se caracteriza por requerir alta creatividad para el diseño de productos, principalmente en aspectos de apariencia, color y forma al cual se le ha denominado como "*Versátiles*".

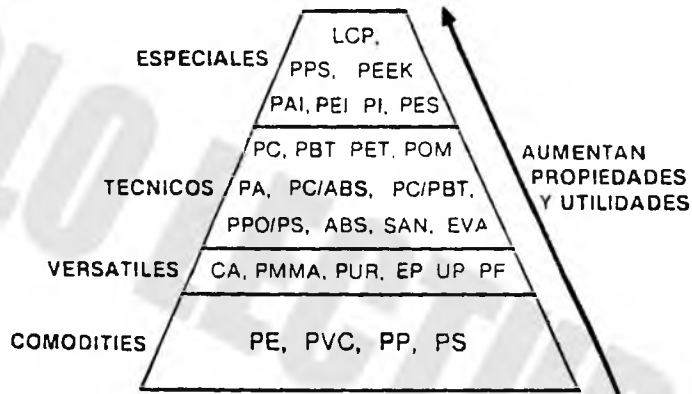
El término "*Ingeniería*" se usa para aquellos plásticos que presentan un alto desempeño y funcionalidad con un excelente conjunto de propiedades tales como resistencia mecánica, límites de temperatura elevados; estos son además significativamente más caros y en este grupo se incluyen a las Poliamidas, Poliacetales, Policarbonato y Poliéster

Termoplástico. A este grupo de plásticos también se les conoce como "Técnicos".

Los polímeros denominados como "Especialidades" normalmente son asociados con una o más propiedades sobresalientes, por ejemplo bajo índice de fricción, elevada resistencia dieléctrica, y sobre todo un elevado precio por lo que ocupan el menor porcentaje en el consumo global de plásticos. En el siguiente esquema se muestra una pirámide según esta clasificación, donde se puede apreciar que a medida que los plásticos se toman de mayor especialidad, aumentan sus propiedades y se generan mayores utilidades económicas.

SITUACION DE LOS PLASTICOS

México 1990 2000



COMODITIES - CRISIS DE PRECIO Y MERCADO
VERSATILES - OPORTUNIDAD POR DISEÑO
TECNICOS - FUTURO Y ALTA RENTABILIDAD
ESPECIALES - SUPER OPORTUNIDAD

3.2. TERMOPLASTICOS

La definición de un polímero Termoplástico puede ser dada en términos de sus propiedades y comportamiento físico o por su estructura molecular. En términos simples, un termoplástico es un material sólido que posee gran elasticidad a temperatura ambiente y que se convierte en un líquido viscoso a temperaturas superiores; el cambio puede ser reversible. Debido a su alto peso molecular, los polímeros nunca se convierten en fluidos ligeros.

Es esencial percatarse de que el cambio de sólido a líquido, comúnmente llamado fusión puede significar dos mecanismos enteramente diferentes en dos clases de polímeros termoplásticos. Una clase será referida como "*Termoplásticos Amorfos*" y la otra como "*Termoplásticos Cristalinos*".

Los plásticos amorfos tienen una estructura molecular que los hace incapaces de cristalizar, que significa el ordenamiento de las moléculas o porciones de estas de un polímero acomodadas en forma de cristales. Las moléculas de un plástico amorfo pueden imaginarse con una configuración al azar inmóvil en el estado sólido (fase rígida) abajo de su transición y una configuración al azar móvil por arriba de su transición (fase flexible).

A la transición se le ha llamado "Transición Vítreo" debido a que la estructura y propiedades de los polímeros abajo de la transición son similares a las del vidrio ordinario. El rango de transición es relativamente estrecho y por conveniencia en la caracterización de polímeros individuales, se reporta una temperatura específica conocida como *Temperatura de Transición Vitrea (T_g)*. Es importante tomar en cuenta que tal temperatura no es posible medirla muy precisamente, pero es la característica más útil para identificar cada polímero.

El grado de cristalinidad de un determinado polímero semicristalino está en función de su estructura, pero también de factores de procesamiento, tales como el rango de enfriamiento o la deformación antes o durante la cristalización. Esto es importante para darse cuenta que los termoplásticos cristalinos son una clase con características que pueden ser muy similares o muy diferentes a las de los termoplásticos no cristalinos o amorfos.

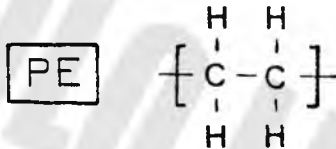
Cuando un termoplástico cristalino está sobre su temperatura de fusión (T_m), la configuración de las moléculas es al azar y no difiere si se compara con la de los plásticos amorfos. Abajo del punto de fusión, la configuración molecular puede imaginarse como una mezcla de cristales de cadenas plegadas y regiones amorfas. Raramente se logra una elevada cristalinidad, por lo que la mayoría de estos plásticos son más bien semicristalinos por la presencia de zonas amorfas en su configuración.

Los termoplásticos amorfos tienden a presentar ciertas características que los distinguen, tales como su transparencia y un tanto baja resistencia química a disolventes. Por otro lado, los termoplásticos cristalinos normalmente no son transparentes, aunque pueden ser translúcidos y presentan mejor resistencia química y al impacto que los amorfos.

3.2.1. POLIOLEFINAS

Este grupo está formado por los plásticos más importantes a nivel comercial y su fórmula química consiste de átomos de carbono (C) e hidrógeno (H) exclusivamente sin presencia de estructuras anulares.

POLIETILENO (PE)



El polietileno es el plástico que ocupa el primer lugar en el volumen de consumo nacional y mundial.

Su temperatura de fusión T_m es del rango de 135 a 110 °C. Su baja temperatura de transición vítrea está asociada con una buena retención de propiedades mecánicas incluyendo flexibilidad y resistencia al impacto a bajas temperaturas.

Los polietilenos se clasifican según su densidad, propiedad que es un buen indicador del nivel de cristalinidad el cual a su vez afecta muchas propiedades tales como tenacidad, permeabilidad a gases y resistencia a grasas, las cuales decrecen normalmente con la densidad.

Los grados de polietileno también se clasifican de acuerdo a su índice de fluidez, propiedad que refleja su peso molecular. Esta propiedad es particularmente importante para su procesamiento ya que los diferentes métodos exigen diferentes índices de fluidez. Por ejemplo, el moldeo por inyección

requiere de grados de alto flujo mientras que la extrusión y termoformado requieren de grados de alta viscosidad.

Para su identificación es importante considerar que se pueden utilizar numerosos aditivos para cambiar considerablemente algunas de las propiedades de los polietilenos. Por ejemplo, las elevadas temperaturas y la radiación UV provocan la oxidación de la molécula del polietileno que se refleja con una apariencia amarillenta en el producto, la cual puede reducirse con la adición de absorbedores de radiaciones UV y antioxidantes. La flamabilidad puede controlarse a través de retardantes a la flama y sus propiedades superficiales pueden modificarse con el uso de agentes deslizantes, de entrecruzamiento o por tratamientos externos como el tratamiento corona. En los últimos desarrollos, los polietilenos también han sido modificados con aditivos foto y biodegradables.

Polietileno de Baja Densidad (LDPE)

Por apariencia física el polietileno de baja densidad se comporta como un material altamente flexible y su color natural es translúcido. Flota en agua y en la solución de alcohol al 50% siendo su densidad del rango de 0.910 a 0.925 gr/cm³. Durante su ensaye a la flama presenta facilidad para incendiarse, continúa ardiendo, funde y gotea y es de flama azul con la punta amarilla desprendiendo un olor a parafina y humos de color blanco.

Sus principales aplicaciones son las bolsas y películas de empaque así como el tubo conduit y de riego, recubrimiento de alambre y cable, juguetes y tapas.

Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

El polietileno de alta densidad presenta una menor flexibilidad que el de baja densidad debido a su mayor peso molecular, por lo que se clasifica como un plástico semi-rígido. Su rango de densidad es de 0.941 a 0.965 gr/cm³ por lo que este material sí flota en el agua pero no en la solución de alcohol al 50 % . Su comportamiento a la flama es prácticamente igual al polietileno de baja densidad aunque su goteo puede ser más lento.

Los artículos fabricados con este tipo de polietileno son enseres domésticos como cubetas, tinas y recipientes de

cocina, botellas para jugos, shampoos, productos químicos y aceites industriales, así como cajas para refrescos, tarimas, juguetes, tapas y tubería para conducción de líquidos a alta presión.

Poliétileno Lineal (LLDPE)

El bajo grado de cristalinidad del polietileno convencional de baja densidad es atribuido a las frecuentes ramificaciones cortas y largas las cuales se forman durante la polimerización del etileno bajo alta presión.

Recientemente un nuevo tipo de polietileno denominado Poliétileno Lineal de Baja Densidad esta incrementando su popularidad debido a sus propiedades superiores al polietileno convencional de baja densidad. Su estructura lineal se logra a través de un proceso de polimerización de baja presión en presencia de catalizadores especiales y pequeñas cantidades de alfa-olefinas como co-monomeros, cuyo papel es el de uniformizar las ramificaciones cortas a lo largo de una estructura lineal.

El polietileno lineal de baja densidad cuando se compara con el polietileno convencional de baja densidad del mismo valor de densidad e índice de fluidez en aplicaciones tales como películas y productos moldeados flexibles, es utilizado cuando se requiere mayor impacto, mayor resistencia al rasgado y resistencia química en general, permitiendo en particular disminuir los calibres de películas proporcionando así un mayor rendimiento. Sin embargo, su procesamiento requiere ciertos ajustes en el diseño y condiciones de operación de los equipos convencionales.

Poliétileno de Ultra Alto Peso Molecular (UHMWPE)

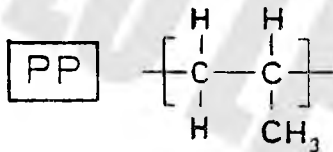
Este tipo de polietileno presenta un peso molecular por lo menos 10 veces mayor al del polietileno regular. La polimerización permite moléculas lineales asociadas con una alta densidad y por lo tanto una elevada cristalinidad, aunque la

densidad reportada corresponde al rango usual de alta densidad (0.940 a 0.980 g/cm³)

El comportamiento térmico del material es más elastomérico que de plástico por lo que requiere de procesos especiales para su transformación como son el moldeo por compresión y extrusión forzada con los cuales se obtienen barras y placas para su maquinado posterior.

El UHMWPE tiene ciertas propiedades sobresalientes que lo califican como plástico de ingeniería. Su resistencia química es casi sin igual incluyendo su resistencia al envejecimiento. Su propiedad más sobresaliente es su resistencia a la abrasión y debido a su excelente resistencia al impacto y a la fatiga encuentra aplicaciones como sustituto de metales para la fabricación de engranes, levas, poleas, tornillos alimentadores, bases para suajado y corte, etc.

POLIPROPILENO (PP)



El polipropileno es uno de los plásticos conocidos como "comodities" por su alto volumen de consumo y es en muchos aspectos muy parecido al polietileno de alta densidad. Sin embargo, su elevado punto de fusión de 175 °C proporciona una mejor resistencia térmica, la cual lo hace factible de utilizar en productos que requieren esterilización por calor como lo son las jeringas desechables.

En contraste al polietileno, no existe variación significativa en la tendencia a la cristalización entre los distintos grados. Algunos aditivos como los agentes nucleantes y las condiciones de procesamiento pueden tener un fuerte efecto en la estructura cristalina y por lo tanto en sus propiedades como artículo final.

En general el polipropileno presenta excelente resistencia química. Puede ser ligeramente atacado por algunos

hidrocarburos no polares y es también sensible a la degradación por oxidación con calor o radiación UV, pero puede protegerse con aditivos adecuados.

Presenta una moderada rigidez y tenacidad por lo que se clasifica en términos de identificación práctica como un plástico semirígido. Su resistencia a la abrasión es particularmente buena en comparación con el polietileno.

Existen dos tipos de polipropileno: Homopolímero y Copolímero. Los primeros, tienden a ser frágiles a bajas temperaturas debido a su alta temperatura de transición (T_g) de -20°C . Los Copolímeros son más tenaces y se obtienen a partir de la copolimerización del propileno con pequeñas cantidades de etileno, butilo o elastómeros de etileno-propileno.

El polipropileno en general se puede procesar por los métodos convencionales para termoplásticos: Inyección, Extrusión, Soplado, Termoformado.

Su comportamiento a la flama es muy similar a la de los polietilenos y la manera más práctica de distinguirlos entre sí es a través de la prueba de densidad, debido a que en la solución alcohólica es posible separar al polietileno de alta densidad del polipropileno, ya que este último presenta una densidad menor del rango de 0.890 a 0.91g/cm^3 y por lo tanto flota en ésta.

Las más notables aplicaciones del polipropileno son las películas biorientadas utilizadas en el empaque de botanas, pastas, galletas y productos secos en general, fibras textiles para bajo alfombras, raffia para la confección de costales, cuerdas y cabos marinos, cintas adhesivas y ornamentales, así como diversos artículos moldeados por inyección para la industria automotriz como carcasas de baterías y depósitos de aceite. Para el sector doméstico se usa en recipientes y contenedores para alimentos. Los grados modificados con cargas se emplean para aplicaciones de uso más rudo igualmente en industria automotriz y algunos aparatos electrodomésticos.

COPOLÍMERO DE ETILENO Y ACETATO DE VINILO (EVA)

El EVA es un termoplástico que se obtiene de la copolimerización del etileno con acetato de vinilo. Existen

diferentes grados dependiendo del contenido de acetato de vinilo que máximo puede alcanzar el 50 %. Debido a que se reduce la regularidad de las cadenas del polietileno, baja la cristalinidad y consecuentemente la rigidez del material y a medida que se incrementa el contenido de acetato de vinilo, aumenta la transparencia, flexibilidad y también la barrera y las propiedades superficiales lo cual permite que las películas y láminas presenten buena permeabilidad al vapor de agua y resistencia a grasas y aceites, aunado a que se disminuye el deslizamiento tendiendo a volverse pegajoso.

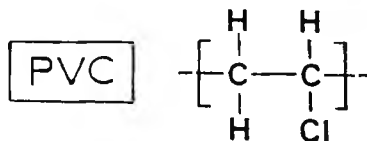
Principalmente se aplica en la fabricación de películas termoencogibles, sellos para tapas de bebidas carbonatadas (liners), en suelas espumadas para zapatos tenis.

Su comportamiento a la flama no difiere mucho de las demás poliolefinas, excepto que desprende un olor a vinagre que lo distingue durante la combustión .

3.2.2. VINILICOS

Aunque este grupo está formado por un número importante de polímeros que presentan cierta similitud en su estructura química de los cuales, el más importante es el Cloruro de Vinilo y será el que se analizará en esta sección.

CLORURO DE POLIVINILO



Este plástico conocido más comúnmente por sus siglas como PVC es uno de los cuatro polímeros denominados comodities y se considera también como el más versátil debido a su posibilidad de formulación con distintos tipos de aditivos que pueden alterar sus propiedades considerablemente dando lugar a una amplia variedad de aplicaciones como compuesto rígido, flexible, plastisol, organosol y espumas, que se pueden

procesar por todos los métodos convencionales para plásticos, desde extrusión, inyección y soplado hasta procesos especiales como sinterización, calandreo y rotomoldeo.

El PVC tiene buena resistencia química, sin embargo, algunos solventes polares se aprovechan como adhesivos para este plástico. Su resistencia al intemperismo puede ser excelente, especialmente con la incorporación de aditivos convenientes, lo que explica sus extensos usos exteriores para construcción en Europa y Estados Unidos. En México debido al ángulo de incidencia de los rayos solares puede presentar ciertos problemas de degradación si no se modifica correctamente con aditivos absorbedores de luz ultra violeta y a mayores niveles que en otras regiones del mundo.

La presencia de los átomos de cloro en la unidad repetitiva está asociada con la propiedad de autoextinguibilidad de este polímero. Cuando el PVC se somete a la flama se genera una llama de color amarillo brillante con bordes verdes en la base y desprende humo negro y un olor característico del ácido clorhídrico el cual a elevadas concentraciones puede resultar tóxico y causar corrosión en los equipos cuando el acero de éstos no está debidamente tratado con procesos de cromado o nitrurado.

El uso de estabilizadores al calor como aditivo en el PVC es indispensable para facilitar el procesamiento y evitar la degradación causada por las altas temperaturas.

El PVC presenta buenas propiedades aislantes para sistemas eléctricos de baja frecuencia. A elevadas frecuencias la pérdida dieléctrica es alta, de hecho, la generación de calor asociada es utilizada ventajosamente para la configuración de artículos como salvavidas y juguetes sellados por alta frecuencia.

Cloruro de Polivinilo Rígido (PVC-R)

El PVC rígido es el resultado de la formulación de la resina obtenida por el proceso de masa o suspensión con diversos aditivos como modificadores de impacto para disminuir su fragilidad natural, cargas para incrementar sus propiedades mecánicas además de estabilizadores y pigmentos que normalmente se utilizan en cualquiera de los compuestos. Los artículos fabricados pueden ser transparentes, translúcidos y

opacos dependiendo de la formulación, se clasifica como plástico semirígido y presenta una densidad del rango de 1.3 hasta 1.6 g/cm³.

Entre las principales aplicaciones de este plástico se incluyen las botellas para aceite comestible,shampu, aguas y algunas otras bebidas. También se fabrica lámina transparente para envases denominados "blister pack" y opaca para las tarjetas de crédito. La tubería sanitaria e hidráulica también es de PVC rígido así como también los perfiles para persianas, muebles y marcos de ventana.

PVC Flexible (PVC-F)

El compuesto de PVC Flexible se logra mezclando la resina de PVC con plastificantes que consisten en cierto tipo de aceites que confieren flexibilidad al producto además de otros aditivos que se eligen dependiendo de la aplicación final. Los artículos resultantes pueden ser transparentes, translúcidos u opacos.

Su densidad promedio es de 1.3 g/cm³ por lo que normalmente no flota en ninguna de las tres soluciones de la prueba de densidad para identificación, pero debe tomarse en cuenta que puede ser formulado con agentes espumantes que disminuirán este valor por ejemplo las boyas marinas.

Este compuesto de PVC se utiliza para fabricar películas transparentes para envoltura de carnes y alimentos, para la confección de diversos artículos como bolsas, impermeables y juguetes inflables entre otros. Otra aplicación muy importante es la fabricación de calzado tenis y sandalias. El recubrimiento de alambre y cable para bajas frecuencias es de PVC flexible así como las mangueras para uso médico y jardinería. La industria del juguete utiliza este plástico en grandes proporciones y las telas y pieles sintéticas para tapicería de muebles y asientos automotrices también son de PVC.

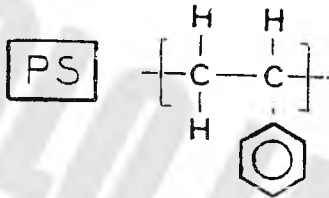
El PVC puede presentarse en forma líquida como emulsiones o como suspensiones de partículas en plastificantes. A estos compuestos se les denomina *Plastisoles* y *Organosoles*.

3.2.3. ESTIRENICOS

En este grupo se clasifican una gran variedad de homopolímeros y copolímeros de similar estructura química cuya peculiaridad es la presencia del anillo aromático "aryl" proveniente del monómero de estireno que es la base de ellos.

POLIESTIRENO

El poliestireno es uno de los cuatro plásticos denominados comodities. Como la mayoría de los plásticos, éste se encuentra disponible en una amplia variedad de grados que corresponden a diferentes métodos de fabricación y formulación con diversos tipos de aditivos



Básicamente existen tres subclasificaciones de este material.

- Poliestireno Cristal
- Poliestireno Impacto
- Poliestireno Expansible

Estos polímeros presentan las mismas propiedades de olor cuando se queman, son fácilmente incendiables y desprenden humos negros con hollín.

Poliestireno Cristal

Se trata del homopolímero que se obtiene directamente de la polimerización del estireno. Es de estructura amorfa, y se considera uno de los plásticos de mayor transparencia y brillo superficial, sin embargo también presenta alta rigidez y fragilidad.

Es considerado también como uno de los plásticos de más fácil procesamiento. No requiere secado y presenta mínimas contracciones de moldeo. Se fabrican piezas de diseños intrin-

cados por el método de inyección y por extrusión se fabrican perfiles y lámina para termoformado o cancelería.

Sus aplicaciones se dirigen a campos donde no se requiera de estabilidad a la intemperie ya que la luz ultravioleta causa amarillamiento y pérdida de propiedades mecánicas. Sus usos más comunes son los estuches para cassettes, envases y vajillas desechables, algunos juguetes, canceleria para interiores y joyería de fantasía.

Poliestireno Impacto

Debido a la fragilidad del homopolímero de estireno sin modificar, se desarrollaron grados con mayores índices de resistencia al impacto, a través de la copolimerización del estireno con polímeros elastoméricos, principalmente polibutadieno.

Esta modificación, si se efectúa por el método de copolimerización al azar, provoca una reducción de la transparencia dependiendo de la cantidad de polibutadieno que se utilice que puede ser desde 2 hasta 9%, lo cual a su vez genera otra subclasificación :

- Poliestireno Medio Impacto (2 a 5%)
- Poliestireno Alto Impacto (5 a 9%)

El Poliestireno Medio impacto es translúcido y se emplea prácticamente en las mismas aplicaciones del Poliestireno Cristal donde la transparencia no es importante y se requiere de una mayor resistencia al impacto, por ejemplo en el cuerpo del cassette tanto de audio como video

El Poliestireno Alto Impacto presenta apariencia opaca por su alto contenido de butadieno y es empleado en la fabricación de algunas carcasas de uso ligero.

Para aumentar la resistencia al impacto sin modificar la transparencia original del poliestireno cristal, se debe utilizar el método de copolimerización en bloque, de tal manera que las partículas elastoméricas logren una dispersión muy fina y no afecten la Tg. del polímero base. Con este método se pueden alcanzar niveles de hasta 30 % de Butadieno sin afectar la transparencia. A este copolímero se le denomina Estireno-Butadieno (SB) .

Poliestireno Expansible (EPS)

Cuando durante la polimerización del monómero de estireno se incorpora un agente expansor como el n-pentano se logra obtener un producto que puede ser espumado cuando se somete a un procesamiento que involucra el uso de vapor saturado.

La espuma de poliestireno presenta excelentes propiedades de aislamiento térmico y acústico y tiene muy baja densidad, por lo que se utiliza en construcción de viviendas y edificios, aislante de depósitos frigoríficos, vasos desechables del tipo térmico y empaques para uso agrícola, pesca y para artículos frágiles que requieran protección contra los golpes. Se distingue como un producto blanco muy ligero y de estructura celular que puede desmoronarse.

Estireno Acrilonitrilo (SAN)

La copolimerización al azar de 20 a 30% de unidades repetitivas de acrilonitrilo con poliestireno permite plásticos que tienen muchas de las propiedades útiles del poliestireno, como son la transparencia, brillo superficial y facilidad de procesamiento, favorecidos además por las propiedades que imparte el acrilonitrilo que son resistencia térmica y química.

El SAN es utilizado en donde la resistencia química a grasas y aceites es importante aunado a su transparencia, por lo que es común encontrarse aplicaciones en enseres domésticos por ejemplo, vasos de licuadora, vajillas y capelos protectores de diversos aparatos eléctricos.

Su comportamiento ante la flama es prácticamente idéntico al del poliestireno cristal, por lo que es más fácil diferenciarlo de este a través de su comportamiento mecánico, debido a que el SAN es más tenaz y por lo tanto resulta más difícil de doblar.

Acrilonitrilo- Butadieno- Estireno (ABS)

Como lo indica su nombre, el ABS es el resultado de la combinación de tres monómeros que originan un plástico que se presenta en una gran variedad de grados dependiendo de las proporciones utilizadas de cada uno.

De manera general, se puede considerar que cada monómero participa en el polímero impartiendo las siguientes propiedades:

ACRILONITRILO.- Resistencia química y térmica

BUTADIENO.- Resistencia al impacto

ESTIRENO.- Brillo y procesabilidad

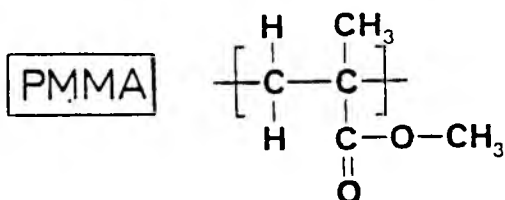
El ABS es un plástico muy versátil en sus aplicaciones las cuales incluyen principalmente carcasas para diversos aparatos eléctricos y domésticos siendo la más típica la de los teléfonos. Otra aplicación importante son las cubiertas internas de las puertas de refrigeradores y carcasas de computadoras. Se puede utilizar también para la fabricación de tubería sanitaria como sustituto del PVC y por su característica de ser cromable se utiliza ampliamente en la industria automotriz.

Para su identificación deberá considerarse un comportamiento a la flama similar al de el resto de los polímeros pertenecientes a la familia de los poliestirenos, es decir, fácil de incendiar, flama amarilla y desprendimiento de hollín. Su densidad es prácticamente la misma que el poliestireno por lo que también flota en la solución diluída de sal. Su comportamiento físico es el de un plástico semi-rígido y puede existir en versión opaca que es la más común, y como plástico transparente.

ACRILICOS

Existen un gran número de polímeros que están formados con unidades repetitivas denominadas "acryl", sin embargo, el Polimetil-Metacrilato es el único polímero de toda la serie que tiene una suficiente temperatura de transición vítrea para formar un plástico maleable. Los demás tipos de polímeros acrílicos se emplean como adhesivos y pinturas o bien como elastómeros.

POLIMETIL METACRILATO (PMMA)



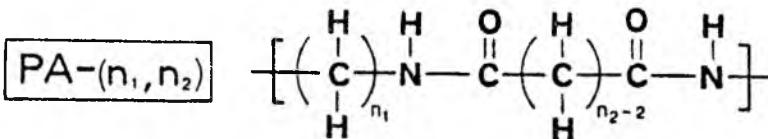
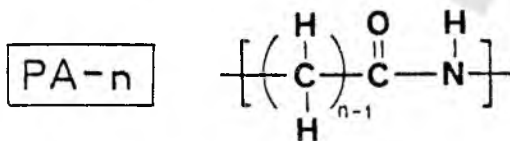
La más conocida y sobresaliente propiedad del PMMA mejor conocido como "Acrílico" es su excelente transparencia. Esta característica además está soportada en su buena rigidez, aceptable resistencia al impacto sobresaliendo su resistencia a la intemperismo y buena resistencia química excepto para algunos solventes orgánicos.

A diferencia de la mayoría de los termoplásticos es más común obtener este plástico en forma de láminas mediante un proceso de vaciado conocido como "casting", aunque también se presenta en forma de gránulos o pellets para procesarse por inyección y extrusión.

El acrílico se puede usar en forma transparente natural o coloreado para diversos artículos que van desde domos, piezas decorativas, luminarias, anuncios luminosos, reflectores de automóvil. Como lámina opaca se usa para la fabricación de muebles de baño por ejemplo las tinas de "jacuzzi".

Su comportamiento para su identificación es muy singular por presentar durante su combustión un olor característico del monómero de metil-metacrilato similar al de un solvente de pinturas o al de frutas en proceso de descomposición. Además, presenta también un burbujeo y desprende humos blancos.

POLIAMIDAS



El grupo de las poliamidas también conocidos como "Nylons" es uno de los más variados que se caracterizan por contener cadenas con unidades repetitivas de tipo Amida

Son consideradas como Plásticos de Ingeniería y dependiendo del proceso utilizado para la obtención y del tipo de materias primas se pueden lograr innumerables grados de estos polímeros.

Aunque pueden ser clasificadas de muchas formas, la clasificación más común es por el tipo de reacción utilizada para su obtención:

- Por Adición.- que utiliza diaminas de estructura cíclica donde la materia prima más común es la Hexametilendiamina que origina la Poliamida 6 por contener seis átomos de carbono en su estructura molecular como unidad repetitiva.
- Por Condensación.- que utiliza diaminas y ácidos grasos. Dependiendo del número de carbonos de cada reactivo la Poliamida obtendrá su nombre, siendo la más común de este tipo la Poliamida 6,6 por provenir de la Hexametilendiamina y del Ácido Adípico.

Las Poliamidas más utilizadas comercialmente son las mencionadas anteriormente: la Poliamida 6 y la Poliamida 6,6 siendo muy parecidas en sus propiedades por lo que se analizarán conjuntamente.

El éxito de este tipo de materiales como una de las principales clases de plásticos de ingeniería está asociado con su buen balance de propiedades mecánicas y de resistencia química, sobresaliendo su resistencia al desgaste y abrasión así como a la fatiga, a la tensión y al impacto.

Una característica importante que debe considerarse en el uso de las poliamidas es su elevada absorción de humedad que ocasiona una pobre estabilidad dimensional y para su procesamiento es indispensable su secado previo.

La resistencia térmica es particularmente buena, siempre y cuando no se sometan a cargas fluctuantes. Existen grados modificados con cargas minerales y fibra de vidrio con lo cual

se logran propiedades de resistencia al impacto, a la tensión y térmicas superiores a los grados convencionales. También existen grados autoextinguibles mediante el uso de aditivos retardantes a la flama.

Las numerosas aplicaciones de las poliamidas incluyen una gran variedad de componentes mecánicos como engranes, bujes, levas e inclusive carcazas completas de aparatos de uso rudo. La industria automotriz utiliza piezas donde la resistencia química y térmica del nylon es importante, por ejemplo en el tapón de la gasolina, depósitos de aceite, mangueras y cables.

Como película, el nylon presenta permeabilidad al oxígeno así como a grasas y aceites, lo que ha abierto el mercado de laminaciones para empaque de carnes y quesos envasados al alto vacío.

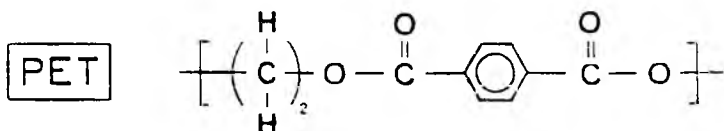
También es posible encontrar al Nylon del tipo 6 como fibra de uso textil y monofilamentos usados para la confección de cuerdas para llantas, redes e hilo quirúrgico. Otros tipos de Nylon de mayor peso molecular se usan para la fabricación de cerdas para cepillos de dientes.

Su identificación mediante el método empírico no permite la diferenciación entre los distintos tipos de Nylon ya que presentan densidades prácticamente iguales y con su comportamiento físico y a la flama sucede lo mismo, siendo semi-rígidos, translúcidos, flotan en la solución concentrada de sal, son difíciles de incendiar, presentan cierto grado de autoextinguibilidad, desprenden un aroma a cabello quemado y humos blancos.

POLIESTER TERMOPLASTICO

La característica de esta familia de polímeros es la presencia de eslabones éster $-CO-O-$. Estos grupos pueden destruirse con la presencia de moléculas de agua a elevadas temperaturas generando una reacción de hidrólisis, por lo que estos plásticos deben procesarse en un estricto estado seco. A temperatura ambiental no se ven afectados por la humedad y en particular su baja absorción de agua contribuye a su buena estabilidad dimensional.

POLIETILEN TEREFTALATO (PET)



El PET fue introducido a nivel comercial como fibra textil e industrial, siendo en la actualidad todavía muy utilizado en estas aplicaciones. El crecimiento comercial de este producto como botella y tarro ha sido sorprendente, principalmente en el envase de alimentos y bebidas carbonatadas, por el buen balance de propiedades de permeabilidad a gases tales como CO₂, Oxígeno y Nitrógeno, aunada a su resistencia química y mecánica. Existen también películas que se utilizan en el envase de alimentos generalmente en combinación con películas de otros plásticos como laminaciones y coextrusiones, aunque su aplicación más importante es para películas fotográficas y cintas magnéticas para audio, video y cómputo, así como cintas para aislamiento eléctrico.

Otra aplicación muy importante del PET es que existen grados que permiten su uso como plástico de ingeniería para productos donde la resistencia térmica y dieléctrica, así como su apariencia superficial de alto brillo son importantes, por ejemplo, carcasas de planchas para el hogar, tapas de distribuidor del automóvil y diversos dispositivos para uso eléctrico sustituyendo gran parte de las aplicaciones de las resinas fenólicas. Los grados de ingeniería generalmente se formulan con aditivos retardantes a la flama, fibras y cargas que imparten mejores propiedades de resistencia térmica y mecánicas al polímero.

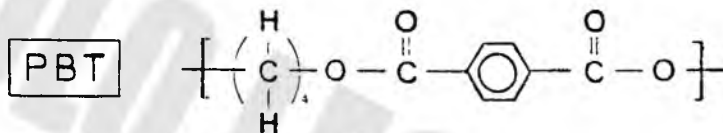
La propiedad más singular del PET es que debido a que muestra una baja temperatura de transición vítrea (T_g = 70 °C) se puede controlar mediante el proceso de transformación el grado de cristalinidad del polímero, es decir, que sí se enfría razonablemente rápido desde su estado fundido de arriba de 270 °C hasta una temperatura menor a la de Transición vítrea, solidifica en estado amorfo obteniéndose un producto de apariencia transparente. Contrariamente, sí el polímero se

calienta por arriba de la Tg entonces tomará lugar la cristalización y como consecuencia el producto moldeado será opaco.

Para muchas de sus aplicaciones el PET se procesa primeramente en el estado amorfo y después se le proporciona una orientación uniaxial cuando se fabrican fibras, cintas y lámina, o biaxial cuando se fabrican películas, botellas y tarros.

Mediante el proceso de moldeo por inyección se pueden obtener objetos transparentes si el molde utiliza temperaturas menores a 20 °C o bien, piezas cristalinas de buenas propiedades mecánicas que son opacas cuando el molde se mantiene alrededor de 120 °C.

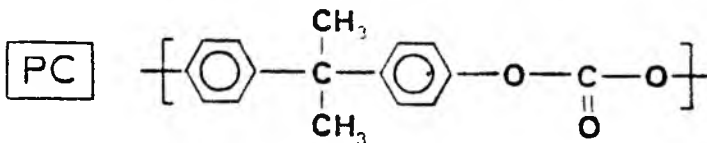
POLIBUTILEN TEREFALATO (PBT)



La estructura química de este tipo de poliéster está conformada con grupos (CH₂)₄ que son más largos y flexibles que los del PET por lo que el PBT puede cristalizar más rápido y normalmente no se encuentra amorfo en estado sólido.

Las propiedades y aplicaciones del PBT son similares a las del PET en estado cristalino y solamente se utiliza como Plástico de Ingeniería, transformándose por el método de inyección.

POLICARBONATO (PC)



Los policarbonatos pueden ser considerados como poliésteres de ácido carbónico. Presentan una estructura amorfa y una baja tendencia a la cristalización.

Las características sobresalientes del policarbonato son su tenacidad y resistencia al impacto la cual es superior a la mayoría de los plásticos rígidos, transparentes y sin modificar, razón por la cual son considerados como plásticos de ingeniería .

La naturaleza no cristalina del PC está asociada con su baja contracción de moldeo que permite tolerancias estrechas. La estabilidad dimensional de piezas moldeadas es muy buena y presenta baja absorción de agua.

El PC de uso general es autoextinguible y existen asimismo grados especiales considerados como no flamables. También al igual que otros plásticos se puede modificar con fibras y cargas minerales que proporcionan gran variedad de grados.

La resistencia química de este plástico no es particularmente buena. Los hidrocarburos, ésteres, cetonas, aminas y bases fuertes pueden afectar severamente sus características físicas.

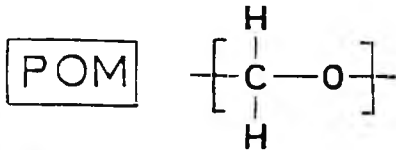
Entre las numerosas aplicaciones del policarbonato, muchas involucran la combinación de transparencia y tenacidad. Las ventanas de seguridad de lugares públicos, domos, mamparas, luminarias de la vía pública, faros automotrices son algunos ejemplos de éstas.

Debido a que es un material atóxico, se han abierto sus aplicaciones al sector de envase de alimentos, como son las botellas retornables para agua y leche, así como diversas aplicaciones de uso doméstico, por ejemplo, biberones y recipientes para uso en hornos de microondas y finalmente en artículos para uso médico, ya que es un material que soporta diferentes tratamientos de esterilización.

Su resistencia al impacto y resistencia térmica, así como su resistencia a la flama son requeridas en la fabricación de carcasas de aparatos y herramientas de uso rudo. También se usa en cuerpos de cámaras fotográficas, conectores, capacitores y películas donde la estabilidad dimensional es muy importante.

POLIOXIDO DE METILENO (POM)

Este grupo de polímeros se caracterizan por la presencia de unidades repetitivas éter -O- en su estructura química y están considerados como los plásticos de mayor cristalinidad de apariencia translúcida. Comúnmente se les conoce como "Acetales".



Existen básicamente dos tipos de Acetales: Homopolímeros y Copolímeros

Los homopolímeros presentan una densidad de 1.4 g/cm³. Esta elevada densidad comparada con la mayoría de los termoplásticos refleja empaquetamiento compacto de sus cadenas moleculares de tipo lineal. La copolimerización tiende a disminuir ligeramente la densidad y la temperatura de fusión. Ambos tipos de acetales presentan excelentes propiedades mecánicas que los distinguen entre los mejores plásticos de ingeniería.

Las aplicaciones de los acetales generalmente consisten en partes pequeñas que deben desempeñar una importante función mecánica, requiriendo de estrechas tolerancias de estabilidad dimensional, movimiento continuo, y fricción, por lo que pueden sustituir aleaciones de aluminio, bronce y acero.

La industria automotriz, por ejemplo, hace uso de los acetales en engranes, cojinetes, rodamientos, levas y embragues. Su resistencia a la gasolina justifica su uso en partes del carburador y de la bomba del combustible.

Existen también un número importante de aplicaciones de tipo doméstico como son los cierres, encendedores, broches, y en plomería, debido a su resistencia al agua fría y caliente que ha sido el factor clave para aplicarse en válvulas, llaves, regaderas y coladeras.

Al quemarse o exponerse a un sobrecalentamiento durante su procesamiento se descompone desprendiendo gas de formaldehído que tiene un olor irritante. Es fácil de incendiarse y presenta una llama de color azul intenso con chispas rojas. No es posible modificarlo con aditivos retardantes a la flama debido a que pueden reaccionar con el formaldehído generando explosiones dentro de la maquinaria.

3.3. TERMOFIJOS

La definición más simple de un plástico Termofijo es que son materiales rígidos que tienen una estructura molecular compleja tipo red, generada por una reacción no reversible entre dos o más componentes, la cual tiene lugar durante el proceso de moldeo.

El nombre de "Resinas Termofijas" implica que debe haber calentamiento, sin embargo, es usado igualmente para todos los sistemas reactivos ya sea a temperatura ambiente o superiores.

Las reacciones involucradas pueden ser activadas por temperatura, mezclado o por catálisis y los procesos de moldeo son distintos a los procesos de los termoplásticos.

Al quemarse simplemente carbonizan o se degradan en otras sustancias.

Existen diversos tipos de sistemas de resinas Termofijas orientados principalmente a las industrias de adhesivos, pinturas y recubrimientos. En la industria del plástico en la actualidad su uso es cada vez menor debido a la restricción de que son materiales no reciclables, siendo sustituidos por polímeros termoplásticos.

En esta sección no se incluyen las fórmulas químicas de cada sistema debido a su complejidad.

SISTEMAS FORMALDEHIDO

Consisten en una serie de polímeros termofijos que involucran la reacción del formaldehído con tres sustancias químicas con

contenido de hidrógeno reactivo: Fenol, Urea ó Melamina, que forman redes moleculares tridimensionales.

Las resinas relativas al formaldehído frecuentemente se componen con fibras y cargas tales como harina de madera, fibras de α -celulosa, sílices y otras cargas minerales.

Para propósitos de moldeo generalmente son abastecidas en forma de polvos u hojuelas y algunas veces compactados en forma de pastillas o masillas.

Los sistemas del Formaldehído también son utilizados como resinas aglomerantes, adhesivos y recubrimientos.

RESINA FENOLICA (PF)

Se basan en la reacción entre el Fenol y el Formaldehído. Este fue el primer plástico existente a nivel comercial con la marca de "Bakelita".

Sus propiedades se basan en una elevada rigidez, estabilidad dimensional a elevadas temperaturas y baja flamabilidad. Generalmente son frágiles y solamente pueden obtenerse en colores oscuros y opacos

Las aplicaciones de moldeo incluyen partes para aislamiento térmico de enseres domésticos como asas, perillas, mangos de sartenes y para diversos componentes eléctricos por ejemplo conectores, enchufes y algunas piezas automotrices tales como las tapas del distribuidor. Sirven como aglutinante de arenas abrasivas para esmeriles y pulidoras, balatas, madera comprimida, moldes de arena para fundición de metales o como adhesivo.

AMINOPLASTICOS:

Abarca resinas basadas en Urea -Formaldehído ó Melamina-Formaldehído. Tanto la urea como la melamina incluyen el grupo amino (NH₂) de donde se deriva el nombre de este grupo de resinas.

Los aminoplásticos, de manera contraria a los Fenólicos, pueden ser translúcidos o en colores claros lo cual es

adecuado cuando las consideraciones estéticas son importantes.

Melamina-Formaldehído (MF):

Estas resinas se caracterizan por su excelente resistencia al agua. Su aplicación más común son las vajillas para uso doméstico y comercial, las cuales pueden decorarse con etiquetas de papel durante el proceso de moldeo. También se utilizan en las capas superficiales de laminados de madera aglomerada como la formica. Sirven como adhesivos para pegar madera y en el tratamiento de papel y textiles particularmente por su resistencia a la humedad.

Al quemarse desprenden un olor similar al del pescado, generado por el desprendimiento de grupos amina, son difíciles de incendiar con humos blancos.

Urea-Formaldehído (UF)

Estas resinas se utilizan prácticamente en las mismas aplicaciones de las resinas Fenólicas cuando los requerimientos de color justifican su alto costo.

No es muy común su uso como plástico para moldeo y por lo tanto es especialmente conocido como resina para pinturas y adhesivos.

SISTEMAS DE POLIESTER INSATURADO (UP)

El principal componente de las resinas de Poliéster Insaturado llamadas también simplemente como "Resinas Poliéster" consiste en cadenas poliméricas relativamente pequeñas resultantes de la reacción controlada entre un ácido difuncional ó anhídrido y un alcohol de tipo glicol. Los enlaces que se forman son de tipo éster de donde proviene su nombre.

Los ácidos utilizados son: Anhídrido Maléico, Acido Fumárico o Anhídrido Ftálico, Acido Isoftálico, Acido Tereftálico y Acido Adípico. Los glicoles incluyen el Etilen-Glicol, Dipropilen-Glicol y Glicerina.

Otro componente principal es un monómero capaz de polimerizar también como reactivo en las insaturaciones de las moléculas de poliéster para formar interconexiones y así redes moleculares tridimensionales. La proporción del monómero utilizado es del rango de 30 a 50%. Los monómeros de baja viscosidad sirven a su vez como diluyentes de la alta viscosidad que presentan las moléculas de poliéster. Ejemplos de monómeros incluyen al Estireno, α -Metil-Estireno, Vinil Tolueno y Metil-Metacrilato.

Los sistemas de resinas poliéster generalmente son abastecidos con un aditivo inhibidor que previene o retarda el reticulado prematuro. Por el contrario, para que la reacción se efectúe se utilizan aditivos conocidos como iniciadores, aceleradores o catalizadores.

Los sistemas de UP pueden subdividirse en dos grupos: aquellos que curan a temperatura ambiente y aquellos que requieren altas temperaturas de curado.

En general, las propiedades de los artículos hechas con sistemas de resinas poliéster dependen de la composición química del sistema.

Las principales aplicaciones incluyen sistemas usados en combinación con fibra de vidrio para la construcción de embarcaciones, chasis de autos, tinacos, albercas y diversos artículos ornamentales como macetas y muebles.

En forma natural se utiliza para el encapsulado de productos como piezas ornamentales. Si se usan cargas minerales se pueden hacer imitaciones de esculturas de marmol, porcelana y piedra.

Al igual que todos los termofijos también las resinas poliéster se utilizan en la industria de pinturas, barnices, adhesivos y aglomerantes.

Aunque la naturaleza de estos materiales los hace ser fácilmente flamables, es posible formular grados retardantes a la flama. Su resistencia química es elevada y sus propiedades mecánicas dependen directamente de las características de las materias primas utilizadas en la formulación.

SISTEMAS EPOXICOS

Los sistemas epóxicos son una clase de resinas termofijas cuyo grupo característico se conoce como grupo "Epóxido".

Las resinas epóxicas son el resultado de la reacción entre la Epiclorhidrina y Ácidos Multifuncionales, Aminas o Alcoholes. La más común de estas resinas está basada en Bisfenol-A.

El curado puede llevarse a temperatura ambiente o a temperaturas elevadas, lo cual indistintamente requiere de agentes de endurecimiento o catalizadores.

Las propiedades de las resinas epoxi naturalmente dependen de su composición química y forma de curado pero son superiores a otros sistemas menos costosos por ejemplo, los de resina poliéster.

Los productos moldeados con sistemas epóxicos pueden ser duros, tenaces y resistentes a la fatiga. Se conocen por sus excelentes propiedades de adhesión a la mayoría de los materiales, incluyendo metales. Presentan buenas propiedades eléctricas con un bajo factor de disipación y excelente resistencia química y térmica. Existen grados bromados particularmente resistentes a la flama.

Las aplicaciones incluyen recubrimientos de protección a la corrosión de metales, por ejemplo, para latas de envase de alimentos y pinturas anticorrosivas. También se fabrican diversos dispositivos eléctricos y electrónicos, aglomerantes y adhesivos.

POLIURETANOS

Los sistemas de poliuretano forman un amplio grupo de materiales poliméricos que contienen el grupo químico "Uretano". Estos incluyen sistemas termofijos líquidos y termoplásticos sólidos.

En términos simples la formación macromolecular de los poliuretanos ocurre por la reacción que se genera al combinar un Polioliol y un Isocianato.

El poliuretano particularmente se conoce por su presentación como espumas rígidas y flexibles de diferentes densidades, las cuales dependerán del tipo de aditivos y de la química de los reactivos involucrados.

Estas espumas se caracterizan por su alto poder de aislamiento térmico y su elevada resistencia a la compresión. El color natural de las espumas es blanco para las flexibles y amarillo paja para las rígidas.

En general las propiedades pueden variar ampliamente dependiendo del sistema que se utilice.

Para ciertas piezas donde la resistencia a la abrasión es importante se moldean piezas de poliuretano de tipo elastomérico conocido también como TPU ó Poliuretano termoplástico debido a que puede moldearse por procesos convencionales de los termoplásticos.

Las aplicaciones varían muchísimo y algunas de las más comunes que se pueden mencionar son espumas para fabricación de muebles, asientos automotrices, paneles de aislamiento térmico y acústico, calzado, adhesivos y recubrimientos.

CONCLUSIONES

El Manual de Identificación de Plásticos, lleva tres años presente en el mercado difundido a través del Instituto Mexicano del Plástico Industrial. Durante este tiempo se puede asegurar que ha sido una excelente herramienta para los industriales, usuarios y estudiantes de cualquier nivel profesional que han adquirido los conocimientos fundamentales para la identificación y selección de plásticos de una manera sencilla y accesible.

Considerando que el análisis y descripción de los plásticos que se incluyen en el Manual de Identificación contempla a los más utilizados comercialmente en la industria, se ha comprobado que el grado de confiabilidad es bueno una vez que se domine el método.

La terminología y desarrollo de los métodos descritos en el Manual resultan sencillos, lo que proporciona facilidad de entendimiento al usuario. Esto es muy importante debido a que de los empresarios que manejan la industria del plástico en México solamente el 5% es gente con un nivel profesional técnico, el 45 % profesionistas de áreas interdisciplinarias y el 50% restante no cuentan con estudios profesionales.

El Método toma en cuenta todos los aspectos que permiten obtener resultados de fácil comprensión y bajo costo cuando se compara con otros métodos de identificación y caracterización como los instrumentales que no son posibles de implementar en todas las empresas por su alto costo y complejidad de manejo.

Por todo lo anterior, esta publicación ha llegado junto con el "**Kit para Identificación de Plásticos**", a los niveles más altos de la industria del plásticos no sólo de México, sino también de otros países de habla Hispana.

BIBLIOGRAFIA

Beck Ronald D. PLASTICS PRODUCT DESIGN. Van Nostrad Reinhold Company, 2ª Edición. New York USA., 1980.

Braun Dietrich. SIMPLE METHODS FOR IDENTIFICATION OF PLASTICS. Carl Hanser Publishers. München Germany, 1982.

Brydson J.A PLASTICS MATERIALS. Butterworths 5ª Edición. London Great Britain, 1989.

CANADIAN PLASTICS IDENTIFICATIOV CHART. Folleto editado por la Canadian Plastics 1971.

Charrier Jean Michel. POLYMERIC MATERIALS AND PROCESSING. Plastics, Elastomers and Composites. Carl Hanser Publishers, München, Germany, 1990.

Conde Mónica Armillas Juana, Faicón Adolfo. MANUAL PARA IDENTIFICACION DE PLASTICOS. Instituto Mexicano del Plástico Industrial, S.C. México 1989.

DESIGNING WITH PLASTICS WE HAVE THE ANSWERS. Du Pont. Wilmington, DE. USA. 1986.

DIGEST. International Plastics Selector. Edición 10 Vol. I,II,III. D.A.T.A Business Publishing/IPS. San Diego, CA. USA. 1989

Driver Walter E. PLASTICS CHEMESTRY AND TECHNOLOGY Van Nostrad Reinhold Company. New York, USA., 1979.

ENCYCLOPEDIA MODERN PLASTICS. Mc. Graw-Hill. USA. 1990, 1991, 1992.

Frados Joel. PLASTICS ENGINEERING HANDBOOK of the Society of the Plastics Industry, Inc. Van Nostrad Reinhold Company, 4ª Edición. New York USA., 1979.

Grandilli Peter A. TECHNICIAN'S HANDBOOK OF PLASTICS Van Nostrad Reinhold Company, New York USA., 1981.

Harper Charles. HANDBOOK OF PLASTICS AND ELASTOMERS. Mc. Graw-Hill. New York, USA, 1975.

KrausWA., Lange A., Ezrin. PLASTICS ANALYSIS GUIDE CHEMICAL AND INSTRUMENTAL METHODS. Carl Hanser Publishers, München,Germany, 1983.

Seachtling Hansjürgen INTERNATIONAL PLASTICS HANDBOOK. Carl Hanser Publishers, München,Germany, 1983

Skoog Douglas A., West Donald M. Interamericana S A de C.V. México, D.F. 1980.