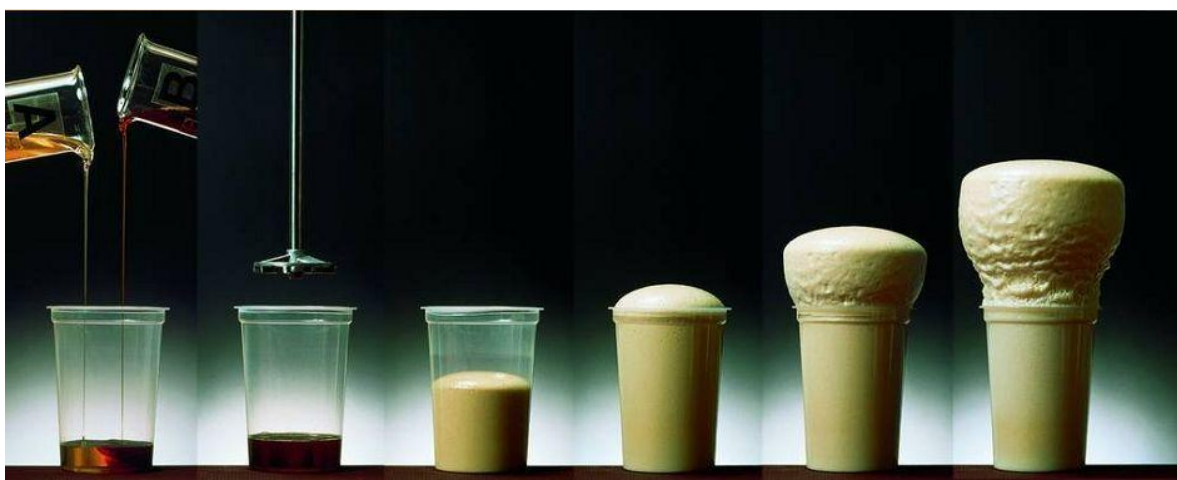




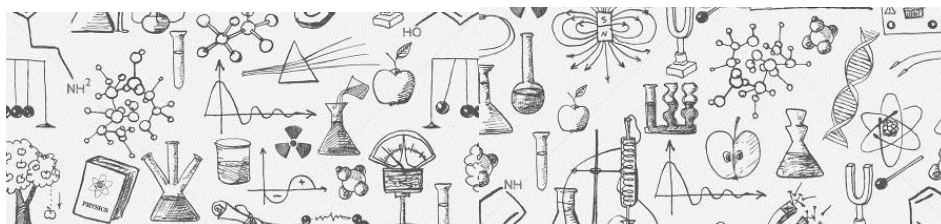
UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

# Guía de Laboratorio Polímeros Industriales 210024 ICQ



Dr. Christian Núñez Durán

Departamento de Química  
Facultad de Ciencias  
Universidad del Bío-Bío



**5 Años**

Desde Agosto 2014  
Hasta Agosto 2019

**ACREDITADA**

- Gestión Institucional
- Docencia de Pregrado
- Investigación
- Vinculación con el Medio

  
Comisión Nacional  
de Acreditación  
CNA-Chile



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

## CONTENIDO

### INTRODUCCIÓN

**Practico 1. IDENTIFICACIÓN DE POLÍMEROS**

**Practico 2. PROPIEDADES DE POLÍMEROS**

**Practico 3. SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE POLIESTIRENO**

**Practico 4. POLIMEROS BIODEGRADABLES**

**Practico 5. MATERIALES COMPUESTOS**

**Practico 6. ENSAYO DE MATERIALES POLIMERICOS NORMA ASTM**



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

## MANUAL

### PRÁCTICAS DE LABORATORIO

#### **RECOMENDACIONES PARA EL TRABAJO EN EL LABORATORIO**

1. - Tenga los aparatos, equipos y material de trabajo siempre limpios, evite amontonar su espacio en la mesa con material innecesario.
2. - Devuelva los frascos con reactivos a su lugar tan pronto como haya hecho uso de ellos.
3. - Nunca devuelva reactivos sobrantes al frasco de donde obtuvo el reactivo, debe consultar al profesor que hacer con los residuos.
4. - No use más reactivo de lo que se indica; un exceso de estos puede ocasionar que obtenga resultados negativos.
5. - No deseche el producto obtenido hasta que esté seguro de que no lo necesita. Cuando estos sean líquidos ácidos deje correr bastante agua en el lavadero con el fin de diluirlos y de esta manera evitar las corrosiones en las tuberías
6. - Lea la etiqueta del reactivo antes de sacar algo del frasco. El uso equivocado de un reactivo puede causar algún accidente o echar a perder la experiencia. Use siempre materiales LIMPIOS Y SECOS.
7. - Cuando caliente una sustancia en un tubo de ensayo, tenga mucho cuidado de no dirigir la boca del tubo a su vecino, ni así mismo.
8. - Sea cuidadoso al trabajar con material caliente, ácidos y álcalis fuertes, así como también material inflamable. No debe colocar frascos de reactivos a lado de mecheros, mantas calefactoras o estufas eléctricas.
9. - No dude en preguntar al Profesor sobre algo que no haya entendido antes de realizar la práctica.
10. - Recuerde que el Laboratorio es de Química y por lo tanto los productos a utilizar pueden ser compuestos tóxicos, de ahí que deba tomar sus precauciones.
- 11.- Los equipos electrónicos deben permanecer en silencio y no manipule estos en el laboratorio por peligros de caídas y pérdida de atención en el trabajo de laboratorio. Recuerde que está manipulando material delicado y productos peligrosos.

#### **SEGURIDAD EN EL LABORATORIO**

1. - Los ojos son muy susceptibles a daño permanente por productos químicos, partículas de vidrio, etc. por consiguiente tome las precauciones del caso para protegerlos al momento de trabajar, utilice siempre y en todo momento los lentes de seguridad que el profesor les entregara.
2. - Siempre que quiera introducir un tapón de goma a un tubo de vidrio o sacarlo de él, humedézcalo con un poco de agua, aceite, vaselina o glicerina. Es aconsejable que en esos casos proteja sus manos con un trapo. Evite cortes.
3. - Al momento de recibir el material de vidrio, revise cuidadosamente y cambie de inmediato cualquier material que esté roto.
4. - La mayor parte de los productos químicos son venenosos en mayor o menor grado, por lo tanto evite olerlos o degustarlos. Para oler un vapor, agite su mano para llevarlo hacia su nariz. Cuando trabaje con ácidos concentrados y/o tóxicos, trabaje siempre en la campana con el extractor de gases prendido.
5. - Algunas sustancias venenosas pueden ser absorbidas por la piel, por eso se debe tener especial cuidado al manipularlas.
6. - Se debe tener las siguientes precauciones para evitar incendios: Los solventes inflamables de punto de ebullición inferior a 100°C se deben destilar, calentar o evaporar sobre un baño de



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

agua o manta calefactora, nunca directamente en los mecheros. Los solventes inflamables se deben guardar en recipientes herméticos.

7. - Lávese las manos al final de la práctica.
8. - Antes de abandonar el laboratorio cerciórese de haber cerrado las llaves de agua y gas.
9. - Deje su mesa limpia, ordenada y entregue sus materiales lavados al final de la Práctica.

### HÁBITOS DE TRABAJO

- Comprobar la ubicación del material de seguridad como extintores, duchas de seguridad, lavaojos, botiquín, etc.
- Seguir el protocolo de trabajo marcado por el responsable de las prácticas.
- Evitar mezclas que no sean las indicadas.
- No oler las sustancias sin tomar precauciones.
- No tocar ni probar los productos.
- No trabajar nunca solo en el laboratorio.
- No hacer actividades no autorizadas o no supervisadas.
- No trabajar lejos de la mesa, ni colocar objetos en el borde.
- Calentar los tubos de ensayo de lado, utilizando pinzas. **No mirar al interior del tubo** ni dirigir la boca del tubo hacia otro compañero ni hacia uno mismo.
- En la dilución de ácidos, añadir siempre el ácido sobre el agua y no al revés, podría provocar una proyección sumamente peligrosa.
- Verter la solución más concentrada en la menos concentrada para evitar reacciones violentas.
- Asegurarse de que los materiales estén fríos antes de tomarlo con las manos.
- Los recipientes de productos químicos deben cerrarse siempre después de su uso.
- Al finalizar el trabajo asegurarse de la desconexión de aparatos, agua, gases, etc.
- Desechar el material de vidrio que presente defectos y guardar las piezas defectuosas o piezas rotas en los bidones específicos.
- No forzar la separación de vasos o recipientes que estén obturados unos dentro de otros. Se deben dar al responsable del laboratorio.
- Evitar que las mangas/puños, pulseras, etc. estén cerca de las llamas.
- Mantener el suelo del laboratorio siempre limpio y seco.

### VESTIMENTA

- El ingreso al laboratorio obligatoriamente se debe realizar con delantal manga larga, mantenerlos abrochados.
- Llevar el pelo recogido.
- No se deben llevar pulseras, colgantes, piercings o prendas sueltas.
- No llevar sandalias o calzado que deje el pie al descubierto.
- Las heridas se deben llevar cubiertas, aunque se utilicen guantes para trabajar.
- Proteger las manos con guantes si es necesario.
- Usar gafas de seguridad para proteger los ojos.

### SÍMBOLOS DE RIESGO

Para la correcta manipulación de los productos peligrosos es imprescindible que el usuario sepa identificar los distintos riesgos intrínsecos a su naturaleza, a través de la señalización con los símbolos de peligrosidad respectivos.

Los símbolos de riesgo o peligrosidad son pictogramas o representaciones impresas en fondo anaranjado, utilizados en rótulos o informaciones de productos químicos. Éstos sirven para advertir sobre la peligrosidad o riesgo de un producto.

La etiqueta es, en general, la primera información que recibe el usuario y es la que permite identificar el producto en el momento de su utilización. Todo recipiente que contenga un producto

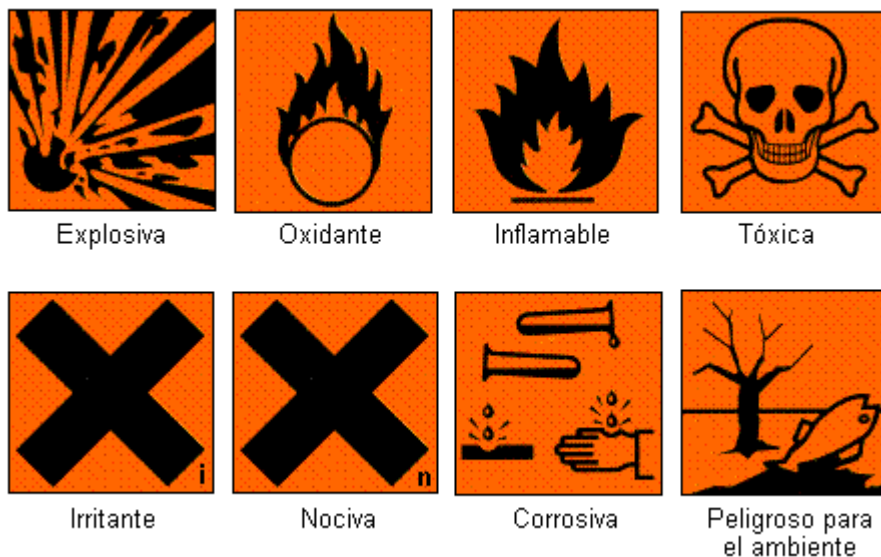


UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

químico peligroso debe llevar, obligatoriamente, una etiqueta bien visible en su envase, redactada en el idioma oficial del País, que contenga:

- a) **Nombre de la sustancia** o del preparado. Incluido, en el caso de los preparados y en función de la peligrosidad y de la concentración de los distintos componentes, el nombre de alguno(s) de ellos  
b) **Nombre, dirección y teléfono del fabricante o importador**. Es decir del responsable de su comercialización.

Ahora se presenta una tabla con los símbolos de peligrosidad y su respectivo significado:



#### Otras recomendaciones de seguridad

- Mantener una actitud responsable, no deben correr ni gritar en el laboratorio.
- No comer, beber o fumar en el laboratorio.
- Lavarse las manos antes y después de las prácticas de laboratorio.
- No tocar los ojos, nariz o piel con las manos con guantes.
- No abandonar el laboratorio o caminar fuera del lugar de trabajo con los guantes puestos.

#### DERRAMES

- Limpiar los derrames pequeños inmediatamente y abrir todas las ventanas.
- Si se produce un derrame importante de sustancias químicas, avisar inmediatamente al responsable del laboratorio.
- Si se derraman sustancias volátiles o inflamables, apagar inmediatamente los mecheros y los equipos que puedan producir chispas.

#### RESIDUOS

- Para la eliminación de residuos utilizar los recipientes destinados a tal fin.
- Si por cualquier causa hubiera que verter alguna disolución por el desagüe, debe neutralizarse previamente.
- Como norma general no se podrá verter ninguna sustancia peligrosa por el desagüe.
- Está prohibido desechar líquidos inflamables, tóxicos, corrosivos, peligrosos para el medio ambiente como material biológico por los sanitarios.
- Los residuos sólidos y papeles de filtro usados no deberán arrojarse a los lavaderos.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

## ACCIDENTES

En caso de accidente, avisar al responsable de las prácticas

- Salpicaduras en los ojos y sobre la piel lavarse con agua durante 10 o 15 minutos sobre todo si el producto es corrosivo o irritante, quitarse la ropa y objetos mojados por el producto. No intentar neutralizar el producto.
- Quemaduras térmicas, lavar abundantemente con agua fría para enfriar la zona quemada. No quitar la ropa que se encuentra pegada a la piel. No romper las ampollas.
- Intoxicación digestiva, tratarse en función del tóxico ingerido, para lo cual se debe disponer de información a partir de la etiqueta y de la ficha de datos de seguridad.

## INSTRUCCIONES BÁSICAS PARA EL ESTUDIANTE

Es importante que usted sepa que el Laboratorio es un lugar de trabajo y que su atención y comportamiento serán observados por el o los profesores encargados del laboratorio, quienes están para guiarlo y responder a sus dudas.

Cuando usted ingrese al Laboratorio se entiende que Ud. debe saber lo que tiene que hacer en éste, para lo cual usted habrá leído con suficiente anticipación su guía de laboratorio sobre el experimento que se va a realizar. Sin embargo a manera de repaso, el profesor hará una exposición muy breve de la práctica a realizarse.

1. Es obligatorio el uso del **delantal y lentes de seguridad** durante toda la práctica de laboratorio, como medida de seguridad y protección. Es recomendable el uso de un paño de algodón para la limpieza de su lugar de trabajo y es de uso individual.
2. **La puntualidad** es muy importante en cada sesión de laboratorio.
3. El alumno que no asista a alguna práctica de Laboratorio, no podrá presentar el informe correspondiente y tendrá como nota 1 en el informe de dicha práctica, sin embargo en caso de inasistencia justificada con licencias médicas, podrá asistir a las sesiones de recuperación al final del semestre.
4. Es obligación de cada estudiante tener un **cuaderno** de apuntes para anotar todos sus datos y observaciones, para que luego pueda redactar el informe sobre la práctica de Laboratorio correspondiente.

El éxito de un experimento está en la observación acuciosa de los fenómenos que ocurran para buscarle su interpretación, de ahí que es de suma importancia la exactitud en la anotación de estos datos y medidas en el orden correcto.

Los experimentos del Laboratorio no son una repetición memorizada de la guía, estas tienen por objeto darle indicaciones importantes para cada experiencia, cuyo mayor ingrediente es el raciocinio e inteligencia del alumno para llegar al conocimiento adecuado de un principio químico. Las evaluaciones de este laboratorio son dos, un test de entrada y un informe del laboratorio, estas dos notas serán promediadas al final del semestre. El test de entrada se tomara al comienzo de cada practico y el informe será entregado al comienzo del practico siguiente. Los informes pueden ser individuales o en grupos según las exigencias del profesor.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

## FORMATO DEL INFORME

(Cada profesor puede evaluar el laboratorio con este formato o con otro tipo de formato, esto es una sugerencia)

### NOTA IMPORTANTE

- ▶ Todos los informes deben tener el siguiente formato.
- ▶ El alumno que falta a una sesión de laboratorio tendrá como calificativo en dicho informe la nota **1**, a menos que presente una justificación.
- ▶ Los informes se presentan en grupos, siendo responsabilidad de todos los participantes su elaboración.
- ▶ El informe se presenta a la siguiente semana de realizada la Práctica.

### FORMATO DEL INFORME:

- 1.- Carátula (Contenido: Curso, Número de Práctica, Título, Facultad, Horario, Profesor, Fecha de Realización, Integrantes).
- 2.- Introducción
- 3.- Resumen
- 4.- Parte Teórica (no más de 2 hojas)
- 5.- Detalles experimentales.
- 6.- Cálculos y Resultados.
- 7.- Discusión de Resultados.
- 8.- Conclusiones.
- 9.- Bibliografía
  - ▶ **Texto:** autor(es) (apellidos, nombres), título del texto, editorial, edición y año, paginas.
  - ▶ **Revista:** autores (apellidos, nombres), nombre revista, volumen, número, año, páginas.
  - ▶ **Internet:** indicar página web completa.
- 10.- Apéndice (Cuestionarios, Diagramas, Cuadros, Gráficas, etc.)



**Indicaciones de peligro:**



## **PRACTICO 1** **IDENTIFICACIÓN DE POLÍMEROS**

### **1.1 Objetivos**

- Identificar las seis clases más importantes de polímeros termoplásticos por medio de la medición de sus propiedades físicas y químicas.
- Entender la importancia de la identificación de materiales plásticos para su utilización a nivel industrial y reciclado.
- Conocer las propiedades físicas y químicas de los termoplásticos utilizados en la práctica, así como los métodos de identificación.
- Identificar las características funcionales de cada plástico para una correcta utilización en el diseño de nuevos productos y proceso a nivel industrial.
- Conocer algunos procedimientos sencillos y de gran utilización en la identificación de polímeros termoplásticos.

### **1.2 Conceptos relacionados**

Apariencia física, densidad, solubilidad, comportamiento a la flama, identificar materiales poliméricos.

### **1.3 Fundamento teórico**

En el proceso de formación de un Ingeniero Químico o Químico Industrial, es muy importante el conocimiento de la ciencia de materiales poliméricos, ya que ésta proporciona las herramientas necesarias para comprender el comportamiento general de cualquier material, lo cual es necesario a la hora de desarrollar adecuadamente diseños de componentes, sistemas y procesos que sean confiables y económicos. Los materiales plásticos se han convertido en una alternativa importante reemplazando muchos de los materiales conocidos, mejorando propiedades de resistencia y peso. Con la práctica de identificación de polímeros, además de conocer algunos métodos para lograr identificar fácilmente los materiales plásticos y sus aplicaciones a nivel industrial, se pretende brindar una herramienta a los estudiantes que les permita generar alternativas en el diseño de productos y en el mejoramiento de los procesos que conlleven al incremento de la productividad, garantizando la alta calidad en dichas actividades.

### **1.4 Clasificación de los polímeros**

Los polímeros se pueden clasificar en tres grandes grupos como son los termoestables, termoplásticos y elastómeros.

Los termoplásticos se ablandan con el calor, poseen grandes cadenas moleculares lineales y ramificadas, poseen gran ductilidad y conformidad al ser calentados; los polímeros termoestables son más resistentes pero a su vez son frágiles ya que poseen cadenas moleculares rígidas fuertemente enlazadas.

Elastómero es una palabra que significa simplemente "caucho". Entre los elastómeros se encuentran el poliisopreno o caucho natural, el polibutadieno, el poliisobutileno, y los poliuretanos. Lo particular de los elastómeros es que pueden ser estirados hasta muchas veces sus propias longitudes, para luego recuperar su forma original sin una deformación permanente.





UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

Los polímeros termoestables, son aquellos que solamente son blandos o "plásticos" al calentarlos por primera vez. Después de enfriados no pueden recuperarse para transformaciones posteriores. Es un material compacto y duro, su fusión no es posible. Insolubles para la mayoría de los solventes, encuentran aplicación en entornos de mucho calor, pues no se ablandan y se carbonizan a altas temperaturas. Esto se debe a su estructura molecular, de forma reticular tridimensional, que constituye una red con enlaces transversales. La formación de estos enlaces es activada por el grado de calor, el tipo y cantidad de catalizadores y la proporción de formaldehído en la preparada base.

En las tablas 1 y 2 se muestran algunos polímeros de adición y condensación de uso muy común, sus abreviaturas y sus unidades estructurales de repetición.

**Tabla 1 Polímeros de adición de uso frecuente**

| Polímero                    | Abreviatura | Unidad de repetición  |
|-----------------------------|-------------|---|
| Polietileno                 | PE          | $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$   |
| Polipropileno               | PP          | $-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-$                           |
| Poliestireno                | PS          | $-\text{CH}_2-\underset{\text{C}_6\text{H}_5}{\text{CH}}-$                  |
| Poli(cloruro de vinilo)     | PVC         | $-\text{CH}_2-\underset{\text{Cl}}{\text{CH}}-$                             |
| Poliacrilonitrilo           | PAN         | $-\text{CH}_2-\underset{\text{C}\equiv\text{N}}{\text{CH}}-$                |
| Poli(metacrilato de metilo) | PMMA        | $-\text{CH}_2-\underset{\text{COOCH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{CH}}}-$ |
| Polibutadieno (1,4-cis)     | PB          | $-\text{CH}_2-\underset{\text{CH}=\text{CH}}{\text{CH}_2}-$                 |

**Tabla 2 Polímeros de condensación de uso frecuente**

| Polímero                     | Abreviatura | Unidad de repetición   |
|------------------------------|-------------|--|
| Poliéster                    |             | $-\text{R}-\text{OCO}-\text{R}'-\text{COO}-$   |
| Poliamida                    | PA          | $-\text{NH}-\text{R}-\text{NHCO}-\text{R}'-\text{CO}-$   |
| Policarbonato                | PC          | $-\text{O}-\text{C}_6\text{H}_4-\underset{\text{CH}_3}{\overset{\text{CH}_3}{\text{C}}}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-$ |
| Poli(etilen terftalato)      | PET         | $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OCO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{COO}-$   |
| Poliuretano                  | PU          | $-\text{NH}-\text{COO}-\text{R}-\text{OCO}-\text{NH}-\text{R}'-$   |
| Resina de Fenol-formaldehído |             | $-\text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})_2-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_2(\text{OH})_2-\text{CH}_2-$                          |



Muchas de las propiedades de los polímeros, como por ejemplo la resistencia mecánica, la elasticidad de los cauchos, la temperatura de transición vítrea de plásticos amorfos o la temperatura de fusión de fibras y materiales semicristalinos, se deben al alto peso molecular de los mismos.

### 1.5 Ensayo de ignición:

Todo análisis de un plástico empieza con ensayos preliminares. Además de observar características tales como el comportamiento en solubilidad, y densidad, es muy importante el calentamiento de un tubo de combustión (ensayo de pirólisis) y en la llama (ensayo a la llama). La inclusión de temas vinculados a la caracterización de materiales plásticos en los niveles de superiores de ingeniería incrementa las nociones y competencias de un ingeniero, porque adquieren conocimientos de utilidad para posteriormente puedan ejercerlos profesionalmente. Al mismo tiempo se trabajan conceptos y procedimientos de química.

Este ensayo consiste en calentar suavemente una pequeña cantidad de muestra en una llama. Sustancias inorgánicas, como las sales metálicas, no arden en la llama y permanecen inalteradas. Por el contrario, muchas sustancias orgánicas arden con llamas características que ayudan a determinar su naturaleza. Así, una llama amarillenta y fuliginosa (que genera hollín) indica una alta insaturación o un elevado número de átomos de carbono en la molécula, como es el caso de los hidrocarburos aromáticos. Los hidrocarburos alifáticos arden con llamas amarillas pero mucho menos fuliginosas. A medida que aumenta el contenido de oxígeno en el compuesto, la llama se vuelve más clara (azul). Si queda un residuo es porque en la muestra existe un metal, que será un metal alcalino si el residuo es básico al papel tornasol, y un metal pesado si es insoluble en ácido clorhídrico. Se recomienda en todos los casos usar el mechero con llama azul.

Es posible reconocer la presencia de halógenos directamente sobre la muestra problema, colocada en un alambre de cobre y quemándola en la zona oxidante de la llama del mechero. La reacción del halógeno con el óxido de cobre da coloraciones verde azul a la llama. A esta prueba particular se le conoce como Ensayo de **Beilstein**.

La identificación de los plásticos nos lleva a trabajar procedimientos y conceptos entrelazados, aunque deben de planificarse. El reconocimiento de los plásticos, su variedad y las propiedades que los identifican es un conocimiento útil, por su uso tan frecuente en múltiples aplicaciones.

**Tabla de Identificación de Materiales plásticos (reciclaje)**



- |          |                                |
|----------|--------------------------------|
| 1. PET   | (Polietileno Tereftalato)      |
| 2. PEAD  | (Polietileno de Alta Densidad) |
| 3. PVC   | (Poli - Cloruro de Vinilo)     |
| 4. PEBD  | (Polietileno de Baja Densidad) |
| 5. PP    | (Polipropileno)                |
| 6. PS    | (Poliestireno)                 |
| 7. OTROS |                                |



Los llamados materiales plásticos corresponden en realidad a un gran número de productos muy diferentes, tanto por sus materias primas como por sus procesos de fabricación y usos. Por ello, para facilitar la identificación de cada polímero, y también para ayudar a su clasificación para poder implementar sistemas de reciclado, se ha instituido el Código Internacional SPI, que permite identificar con facilidad de que material específicamente está hecho un objeto de plástico. El proceso de reciclado y el producto que se obtenga dependerá del tipo de plástico que se recicle. No obstante, en los casos que no seamos capaces de reconocer el plástico por su número, será necesario seguir el procedimiento detallado en esta práctica.

### 1.6 Procedimiento

Esta práctica consta de varios ensayos, la realización de uno de ellos, en la mayoría de los casos, nos permitirá identificar el material plástico ensayado. Por lo que se hace necesario realizar varios ensayos y aunar la información obtenida en ellos. Los ensayos a realizar son los siguientes: Densidad, Solubilidad, Comportamiento a la llama.

#### Densidad

Uno de los procedimientos es comprobar el comportamiento de nuestros plásticos patrón ante la inmersión de los mismos en diferentes disolventes. En la tabla que se detalla a continuación se indica con un **NO** cuando el material plástico tiene una densidad mayor que el disolvente y, por lo tanto, no flota. Para el caso contrario utilizamos un **Si** para indicar que el plástico flota en el disolvente.

#### Solubilidad

Una vez comprobado el valor de flotabilidad para los diversos plásticos patrón ha de esperarse un tiempo para poder verificar si se produce una reacción entre el disolvente empleado y el plástico.

#### Comportamiento a la llama

Primeramente, se procederá a acercar una muestra de material, preferentemente de pequeño espesor al borde de la llama; de modo que se queme directamente. La muestra se calienta lentamente. En los casos en los que la llama no inflame inmediatamente el material, se debe mantener por aproximadamente 10s en la llama. Se anotan los datos sobre: facilidad de ignición, autoextinción de la llama, color de la llama, desprendimiento de algún olor, la presencia de humos.

Es necesario precisar los siguientes aspectos:

1. En los casos en los que la muestra no se inflamó en absoluto.
  - La muestra sufrió una deformación lenta.
  - La muestra no sufrió deformación ninguna.
2. En los casos en los que la muestra ardió dentro de la llama
  - La muestra se extinguió al separarla de la llama.
  - La muestra siguió ardiendo después de alejarla de la llama.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

|                   | PP                                       | PVC  | PTFE       | ABS                                     | PET                                      | PE  | PS   | PMMA  |
|-------------------|--|--|------------|---|--|---|--|---|
| Arde fácilmente   | SI                                       | SI   | si         | Si suavemente                           | Difícil de incendiar                     | Tarda pero Arde suavemente  | La sustancia arde suavemente                   | Noarde muy lentamente, casi no arde, chisporrotea |
| Color de la llama | Amarilla, centro azul                    | Amarilla, contorno verde                               | amarillo   | Amarilla brillante                      | Amarilla anaranjada                      | Brillante amarilla, centro azul                                   | Amarilla brillante y luminosa                  | Azul blanquecina                                  |
| Combustibilidad   | Continua ardiendo tras quitar el mechero | Llama autoextinguible                                  | no         | Si, continua ardiendo                   | Continua ardiendo tras quitar el mechero | Continua ardiendo tras quitar el mechero. Se apaga muy pentamente | continúan ardiendo después de retirar la llama | Continua ardiendo tras quitar el mechero          |
| Cantidad de humos | Sin humo                                 | Bastante, blancuzco                                    | no         | Negro con hollin                        | Humo negro con hollin                    | No parece desprender humo. Se torna blanco al apagarlo            | Se producen humos negros con hollin            | Prácticamente nulos                               |
| Tipo de fusión    | Funde rápido y gotea                     | Se ablanda   | Se ablanda | funde                                   | Funde y gotea                            | volviéndose trasparente, se carboniza y gotea                     | Funde poco                                     | Funde pero no gotea                               |
| olor              | Intenso a vela recién apagada            | Intenso, asfixiante, olor acre pero no de goma quemada | no         | Ligero olor a neumático quemado (SALSA) | Dulzón                                   | Ligero olor a parafina.1  | Olor dulce, a azúcar quemada                   | Olor a frutas o flores                            |
| pH                | Neutro                                   | Ácido  | Ácido      | Básico                                  | Ácido                                    | Neutro  | Neutro   | Neutro  |



### 1.7 Materiales

Mechero Bunsen  
Espátula  
Vidrio de reloj  
Balanza  
Piedometro  
Tubos de ensayo 10 por grupo con gradilla  
Bagueta  
Papel indicador  
Pipeta  
Propipeta

### Lista de solventes orgánicos

Hexano  
Acetona  
Tolueno  
DMF  
Dioxano  
Diclorometano

### 1.8 Sustancias

El profesor elegirá cuál de las sustancias conocidas, mostradas en la Tabla 3, se emplearán en la práctica.

**Tabla 3. Grupo de sustancias empleadas en la práctica.**

| SUSTANCIAS A EVALUAR                   |
|--|
| <b>GRUPO I</b>                         |
| Polipropileno (PP)                     |
| policloruro de vinilo (PVC)            |
| politetrafluoroetileno (PTFE)          |
| acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) |
| Polietilenterftalato (PET)             |
| polietileno (PE)                       |
| Poliestireno (PS)                      |
|  |

### 1.6 Procedimiento

#### 1.6.2 Ensayo de ignición:

Acercar a la orilla de la llama del mechero una pequeña cantidad de muestra problema (0,1 g de sólido) sobre una espátula o un crisol de porcelana. Anotar las características de la ignición.

Observar si se desprenden gases o vapores y determinar si son ácidos o básicos usando un trozo de papel indicador humedecido o papel pH.





UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

### 1.9 Disposición final de los residuos generados en la práctica

Tabla 5. Disposición final de los residuos generados en la práctica.

| Residuo generado                                    | Recipiente rotulado |
|---|---------------------|
| Ensayo con indicadores                              | Residuos acuosos    |
| Disolventes HALOGENADOS                             | Tóxico              |
| Disolventes NO HALOGENADOS (pruebas de solubilidad) | Inflamables         |

### 1.10 Consultar antes de la práctica (Importante)

¿Qué estructura química tiene cada uno de los polímeros que se ensayaran?

¿Qué tipo de reacción se da en la prueba de ignición? Escriba la ecuación química de la reacción que genera la combustión de PE

En la prueba de ignición, qué tipo de sustancias podrían formar gases que al hacer contacto con el papel indicador humedecido den reacción ácida o básica. Dar ejemplos.

¿Qué propiedades y diferencias tienen el PEAD y el PEBD?



## PRACTICO 2 PROPIEDADES DE POLÍMEROS

### 1.1 Objetivos

- Identificar las propiedades más importantes de polímeros termoplásticos por medio de la medición de sus propiedades físicas y químicas.
- Entender la importancia de las propiedades de materiales plásticos para su utilización a nivel industrial y reciclado.
- Conocer las propiedades físicas y químicas de los termoplásticos utilizados en la práctica.
- Preparar algunos polímeros básicos y comprender las principales características de estos.
- Someter a ensayos de cambio de temperatura a polímeros para comprender propiedades como Tg y Tf.

### 1.2 Conceptos relacionados

Preparación de polímeros, comportamiento a diferentes temperaturas, Temperatura de fusión, temperatura de transición vítrea.

### 1.3 Fundamento teórico

Los polímeros pueden tener dos estructuras, la amorfa y la cristalina, aunque la tendencia a cristalizar es mucho menor que para los metales o los cerámicos no vítreos. No todos los polímeros pueden formar cristales. Para aquellos que si pueden, el grado de cristalinidad (la proporción de material cristalizado en la masa) es siempre menor que 100%. Conforme aumenta la cristalinidad en un polímero se incrementa: 1) la densidad 2) la rigidez, la resistencia y la tenacidad, 3) la resistencia al calor y 4) si el polímero es transparente en el estado amorfo se convierte en opaco cuando cristaliza parcialmente. Numerosos polímeros son transparentes, pero para poseer esta propiedad deben estar en un estado amorfo (vítreo). Algunos de estos efectos pueden ilustrarse por la diferencia entre el polietileno de baja y de alta densidad, presentada en la tabla 1. La razón subyacente entre las propiedades de los materiales es el grado de cristalinidad.

Tabla 1. Comparación entre los polietilenos de baja y alta densidad

| Tipo de polietileno (PE)              | Alta densidad   | Baja densidad   |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Grado de cristalinidad (%)            | 60-80           | 55              |
| Peso Molecular [g/mol]                | 200.000-400.000 | 100.000-300.000 |
| Módulo de Young [MPa]                 | 1000            | 250             |
| Temperatura de fusión [°C]            | 130-140         | 105-115         |
| Densidad [gr/cm <sup>3</sup> ]        | 0,94-0,97       | 0,91-0,94       |
| Resistencia a la Tracción [MPa]       | 21              | 38              |
| Elongación [%]                        | 130             | 800             |
| Temperatura de Transición Vítrea [°C] | -80             | -125            |

Los polímeros lineales consisten en largas moléculas con miles de meros repetidos. La cristalización en estos polímeros involucra el plegado de estas moléculas sobre si mismas hacia atrás y hacia delante para lograr un arreglo muy regular de los meros, como se representa en la figura 1 (a). La región cristalizada se llama cristalita o esferulita. Debido a las tremendas longitudes de una sola molécula (en escala atómica), puede participar en más de una cristalita. También se pueden combinar más de una molécula en una sola región cristalina. Las cristalitas adoptan la forma de laminillas, como se ilustra en la figura 1 (b), y se mezclan aleatoriamente con el material amorfo.





UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

Por consiguiente, un polímero cristaliza como un sistema de dos fases: cristalitas dispersadas dentro de una matriz amorfa.

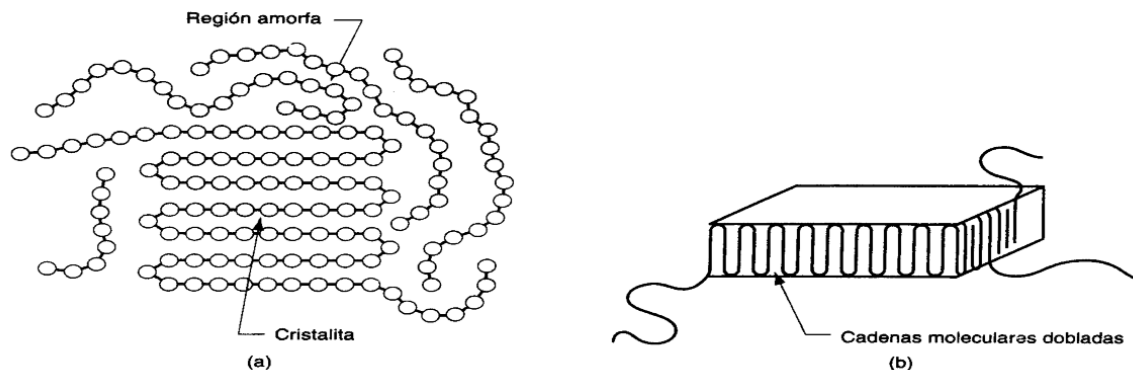


Figura 1 Regiones cristalinas en un polímero: (a) moléculas largas formando cristales mezclados al azar con el material amorfo y (b) laminilla de cadena plegada, forma típica de una región cristalizada.

Numerosos factores determinan la capacidad o tendencia de un polímero a formar regiones cristalinas dentro del material. Estos factores se pueden resumir como sigue: 1) sólo los polímeros lineales pueden formar cristales; 2) la estéreo regularidad de la molécula es crítica; los polímeros isotácticos siempre forman cristales, los sindiotácticos algunas veces forman cristales y los atácticos nunca forman cristales; 3) los copolímeros rara vez forman cristales, debido a su irregularidad molecular; 4) los enfriamientos lentos promueven la formación y crecimiento de cristales, como sucede en los metales y en los cerámicos; 5) las deformaciones mecánicas, como el estirado de termoplásticos calentados, tienden a alinear la estructura e incrementar la cristalización, y 6) los plastificantes (productos químicos que se añaden a los polímeros para ablandarlos) reducen el grado de cristalinidad.

#### 1.4 COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LOS POLÍMEROS

El comportamiento térmico de los polímeros con estructuras cristalinas es diferente al de los polímeros amorfos. El efecto de la estructura puede observarse en una gráfica de volumen específico (densidad recíproca) como una función de la temperatura, véase en la figura 2. Un polímero altamente cristalino tiene un punto de fusión  $T_m$  donde su volumen sufre un cambio abrupto. También, a temperaturas arriba de  $T_m$ , la expansión térmica del material fundido es más grande que para el material sólido por debajo de  $T_m$ . Un polímero amorfo no sufre el mismo cambio abrupto en la  $T_m$ . A medida que se enfría a partir del estado líquido, su coeficiente de expansión térmica disminuye y sigue la misma trayectoria que cuando estaba fundido, la viscosidad disminuye conforme desciende la temperatura. Durante el enfriamiento por debajo de  $T_m$  la consistencia del polímero cambia de líquida a ahulado. Conforme desciende la temperatura se alcanza un punto final donde la expansión térmica del polímero amorfo se vuelve repentinamente menor. Ésta es la temperatura de transición vítrea  $T_g$  que se puede apreciar como un cambio en la pendiente. Abajo de  $T_g$ , el material es duro y frágil.

Un polímero parcialmente cristalizado se ubica entre estos dos extremos, como se indica en la figura 2. Es un promedio de los estados amorfo y cristalino que depende del grado de cristalinidad. Arriba de  $T_m$  exhibe las características viscosas de un líquido; entre  $T_m$  y  $T_g$  posee propiedades viscoelásticas; y por debajo de  $T_g$  tiene las propiedades elásticas convencionales de un sólido.

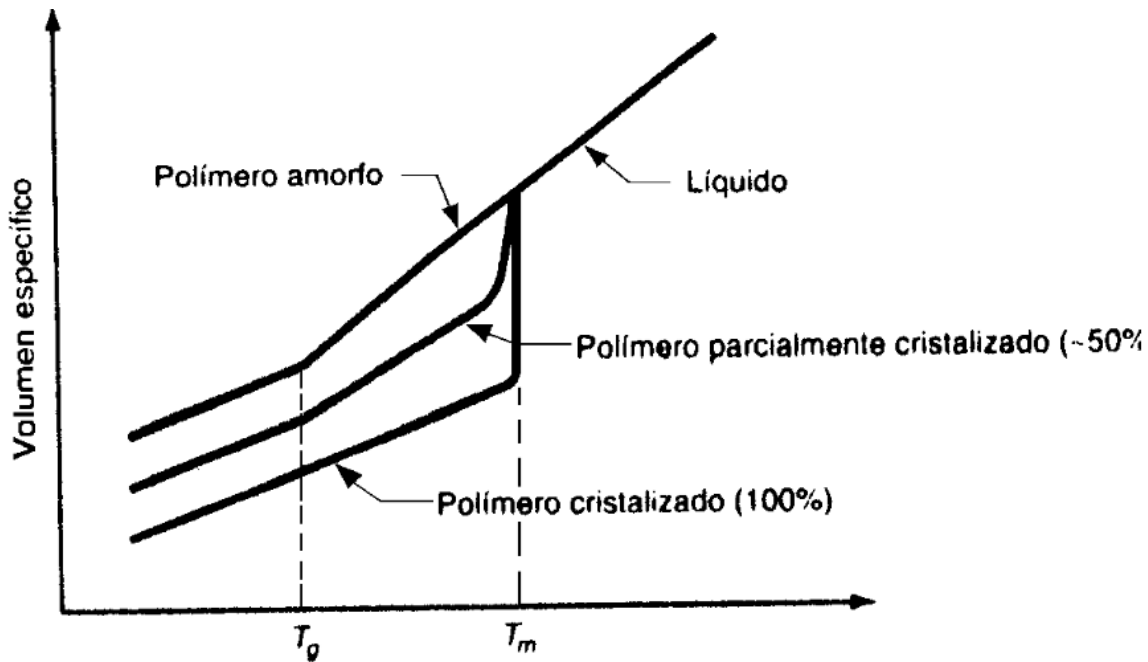
Lo que hemos descrito en esta sección se aplica a los materiales termoplásticos, los cuales pueden moverse hacia arriba y hacia abajo en la curva de la figura 2. En múltiples ocasiones, la manera en que se llevan a cabo los procesos de calentamiento y enfriamiento pueden cambiar la ruta que siguen. Por ejemplo, un enfriamiento rápido puede inhibir la formación de cristales e incrementar la temperatura de transición vítrea. Los termoestables y los elastómeros enfriados



desde el estado líquido se comportan como polímeros amorfos hasta que ocurre un encadenamiento transversal.

Sus estructuras moleculares restringen la formación de cristales. Y una vez que sus moléculas se han encadenado transversalmente, no pueden ser recalentados para fundirse.

Figura 2. Comportamiento de los polímeros en función de la temperatura.



### 1.5 ADITIVOS

Frecuentemente se pueden mejorar las propiedades de un polímero mediante su combinación con aditivos. Los aditivos alteran la estructura molecular del polímero o añaden una segunda fase al plástico, transformando a un polímero en un material compuesto. Los aditivos se pueden clasificar por su función como 1) rellenos, 2) plastificantes, 3) colorantes, 4) lubricantes, 5) retardadores de flama, 6) agentes de encadenamiento transversal, 7) filtros de luz ultravioleta y 8) antioxidantes.

#### RELLENADORES

Los rellenos (rellenos) son materiales sólidos que se añaden a un polímero generalmente en forma fibrosa o de panícula para alterar sus propiedades mecánicas, o simplemente para reducir el costo del material. Los rellenos también se usan para mejorar la estabilidad dimensional y térmica de los polímeros. Algunos rellenos que se utilizan para los polímeros son las fibras y polvos celulósicos (por ejemplo, fibras de algodón y aserrín, respectivamente); polvos de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) y arcilla (silicato hidratado de aluminio); fibras de vidrio, metal, carbono, asbesto u otros polímeros. Los rellenos que mejoran las propiedades mecánicas se llaman agentes reforzadores, y nos referimos a los compuestos así creados como plásticos reforzados; estos compuestos tienen una rigidez, resistencia, dureza y tenacidad más altas que los polímeros originales. Las fibras son los agentes que proporcionan el mayor efecto reforzante.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

## PLASTIFICANTES

Los plastificantes son productos químicos que se añaden a un polímero para hacerlo más suave y flexible, mejorando sus características de fluidez durante su conformación. Los plastificantes reducen la temperatura de transición vítrea por debajo de la temperatura ambiente. Si bien el polímero es duro y quebradizo (o frágil) por debajo de  $T_g$  por encima de esta temperatura es suave y tenaz. La adición de plastificante al cloruro de polivinilo (PVC) es un buen ejemplo; el PVC puede adoptar propiedades que van desde rígido y frágil, hasta flexible y de consistencia ahulada, dependiendo de la proporción de plastificante en la mezcla.

## COLORANTES

Una ventaja de muchos polímeros sobre los metales o los cerámicos es que el material en sí puede obtenerse en casi cualquier color. Esto elimina la necesidad de operaciones secundarias de recubrimiento. Los colorantes para polímeros son de dos tipos, 1) pigmentos y 2) tintes. Los pigmentos son materiales insolubles finamente pulverizados que se distribuyen uniformemente en la masa del polímero en bajas concentraciones, en general menos del 1%. Añaden opacidad y color al plástico. Los tintes son sustancias químicas surtidas en forma líquida y generalmente son solubles en el polímero. Se usan normalmente para colorear plásticos transparentes como el estireno y los acrílicos.

## OTROS ADITIVOS

Los lubricantes se añaden algunas veces a los polímeros para reducir la fricción y promover la fluidez, en la interfaces del molde. Son también convenientes en el moldeo por inyección para desprender del molde la parte conformada. Los agentes antiadherentes se rocían en la superficie del molde frecuentemente se usan para el mismo propósito.

### 1.6 Plastificante de PVC

El PVC es un polímero muy utilizado en tuberías para aislación eléctrica, es un polímero rígido que permite la protección de los cables, sin embargo la adición de plastificantes como DOP u otros de origen vegetal, permite la obtención de PVC flexible, modificando sus propiedades mecánicas y su temperatura de transición vítrea  $T_g$ .

#### Preparación de PVC flexible

Utilice PVC reciclado de tuberías, corte trozos pequeños y pese aproximadamente 5 gramos de PVC en un vaso precipitado, funda el polímero sobre una placa calefactora y agregue el plastificante al 30 % en peso. Enfriar y comparar propiedades con el PVC de partida.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

## 1.7 Preparación de polímeros

### Entrecruzamiento de acetato de polivinilo

El cambio observado en esta experiencia es debido a que la mayoría de las colas de pegar son de acetato de polivinilo el cual está formado por moléculas largas y flexibles al mezclar la cola con el borato, al igual que en el caso del alcohol polivinílico se entrecruza el material lo que hace que las moléculas no puedan fluir con la misma facilidad.

#### Procedimiento 1

En un vaso precipitado agregue una cucharada de goma blanca y una cucharada de agua, agite bien para mezclar completamente. En otro vaso agregue una cucharada de jabón líquido y una cucharada de agua, agite bien y mantente agitando la mezcla goma/agua y con ayuda de un compañero debe agregar lentamente la solución con jabón hasta que se forme un globo blanco en el vaso (más o menos la mitad de la solución es necesaria). Remueva el globo y colóquelo entre dos toallas de papel absorbente, presione para eliminar el exceso de líquido, tome el globo entre sus manos y chequee sus propiedades, ¿se estira?, ¿rebota? ¿Puede ser moldeado?

### Determinación de punto de fusión

El punto de fusión de un polímero es una información muy importante por una parte caracteriza el material y es útil para el procesado del material.

#### Procedimiento

Tome una de las muestras de polímeros y determine su punto de fusión con el termómetro infrarrojo, para esto caliente la muestra sobre una espátula en el mechero (utilice la rejilla para evitar la llama del mechero) tabule en su cuaderno el tipo de polímero que ensayo y la temperatura de fusión.

### Temperatura de transición vítrea Tg

#### Procedimiento

La Tg es una propiedad característica de polímeros, por lo general se determina utilizando análisis térmico como DSC. Sin embargo el cambio de las propiedades mecánicas se evidencia drásticamente en algunos materiales al someterlos a temperaturas por debajo de la Tg. Tome un trozo de manguera de goma y sumérjalo en nitrógeno líquido  $-195,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  (utilice guantes de cuero), luego sométalo a presión con un alicate. Anote sus observaciones antes y después del nitrógeno líquido.

### Preparación de poliuretano

#### Procedimiento

En un vaso plástico mezcle muy rápido la resina A (poliol) y la resina B (isocianato) en las proporciones que el fabricante recomienda. Utilice la balanza para medir las cantidades de cada resina. La reacción ocurre rápidamente (evite el contacto con su piel). Anote observaciones.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

### 1.8 Disposición final de los residuos generados en la práctica

Tabla 2. Disposición final de los residuos generados en la práctica.

| Residuo generado          | Recipiente rotulado |
|---------------------------|---------------------|
| Resinas preparadas        | Residuos sólidos    |
| Residuos líquidos acuosos | Residuos tóxicos    |

### 1.9 Consultar antes de la práctica (Importante)

¿Qué estructura química tiene cada uno de los polímeros que se prepararan? Y ¿Para qué se utilizan en la industria?

¿Qué estructura química tiene el DOP?

¿Cómo funciona un plastificante y qué efectos tiene sobre la Tg?

¿Qué efecto tiene el bórax en la cola fría?



## PRACTICO 3 SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE POLIESTIRENO

### 3.1 Objetivos

- Demostrar la síntesis de poliestireno utilizando peróxido de benzoílo como iniciador
- Identificar las propiedades básicas del poliestireno preparado
- Clasificar el poliestireno como termoplástico o termoestable
- Escribir la ecuación para la reacción que incluye la unidad de repetición del polímero
- Determinar el punto de fusión del poliestireno preparado

### 3.2 Conceptos relacionados

Síntesis de poliestireno, iniciadores, polimerización por adición de crecimiento de cadena, y propiedades físicas y químicas de polímeros.

### 3.3 Fundamento teórico

Este es un laboratorio excelente para introducir a los estudiantes a la polimerización por adición y al concepto de iniciadores. La polimerización de adición generalmente debe ser catalizada (iniciada) por una base, un ácido o radicales libres. Hay tres pasos que están involucrados en la polimerización por adición sin importar qué iniciador es usado. Estos tres pasos son **iniciación**, **propagación** y **terminación**. Los estudiantes polimerizarán estireno usando un tipos de iniciador, el peróxido de benzoílo (radical libre). Luego estudiaran las propiedades del producto.

### 3.4 Introducción

Los polímeros son macromoléculas construidas a partir de subunidades moleculares más pequeñas, llamadas monómeros. Los polímeros sintéticos se pueden clasificar en dos tipos principales de acuerdo con el mecanismo mediante el cual crecen sintéticamente de monómero a polímero, polímeros de crecimiento en cadena y polímeros de crecimiento gradual. Esta forma de clasificación es una actualización de la nomenclatura histórica, en la que los polímeros se clasificaron según si existía un subproducto de la reacción de polimerización (polimerización por condensación) o no (polimerización por adición).

En una reacción de crecimiento escalonado, las cadenas de polímero en crecimiento (de cualquier longitud molecular) pueden reaccionar entre sí para formar cadenas de polímero más largas. El monómero o dímero puede reaccionar de la misma manera que un polímero que contiene cientos de unidades de monómero. En la polimerización de crecimiento de cadena, sin embargo, solo los monómeros pueden reaccionar con las cadenas de polímero en crecimiento. Es decir, dos cadenas poliméricas en crecimiento no pueden unirse juntas como en el caso durante la polimerización de crecimiento escalonado.

### 3.5 Polimerizaciones en cadena

Este tipo de polimerizaciones presentan varias etapas conocidas como: reacciones de iniciación, propagación y terminación que son distintas y bien definidas.

La iniciación de una polimerización: en cadena puede ser inducida por calor, por agentes químicos (iniciadores) o por radiación (ultravioleta).

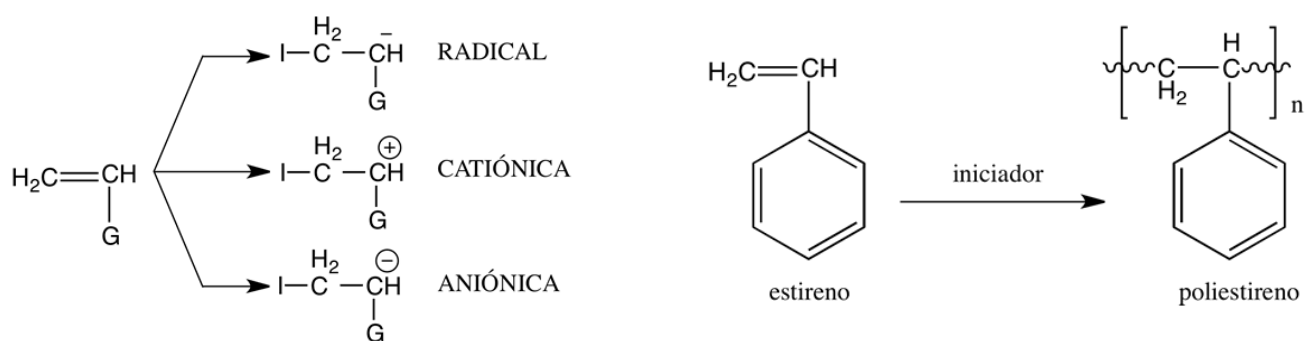


UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

El calor o la radiación provocan la rotura de los enlaces dobles del monómero (homólisis), que dejan uniones libres (radicales libres) listas para enlazarse con otros monómeros en las mismas condiciones.

La industria emplea en gran medida iniciadores químicos, que provocan la homólisis o la heterólisis del doble enlace. Este último término se refiere a la formación simultánea de radicales libres de distinta polaridad: con cargas negativas, los aniones, y carga positiva, los cationes. Esto significa que la polimerización puede desarrollarse por medio de radicales libres, por vía catiónica o por vía aniónica, o también, por coordinación.

La polimerización radical: se refiere a la polimerización iniciada por iniciador que forma radicales libres. Si el iniciador es un catión la polimerización se denomina catiónica, y si es un anión la polimerización se dice aniónica.



### 3.6 Materiales

- Acetona
- Peróxido de benzoílo
- Metanol
- Hidróxido de sodio acuoso al 10%
- Estireno (sin inhibidor o siga los pasos opcionales para eliminar el inhibidor)
- Tolueno
- Balanza analítica
- Embudo de separación de 250 ml
- Tubo de ensayo de 20 x 150 mm
- 2 Pipetas graduadas de 10 ml
- 2 vasos de precipitados de 400 ml
- Termómetro (-20 a 120 ° C)
- Embudo Büchner con Kitasato
- Bombas de vacío
- Papel de filtro
- Probeta de 100 ml de vidrio
- 6 tubos de ensayo de 10 x 10 mm
- Espátula de metal
- Varilla agitadora de vidrio
- Aparato de punto de fusión
- Vaso de precipitados de 150 ml



### **Polimerización de estireno con peróxido de benzoílo como iniciador**

Si el estireno contiene un inhibidor, primero se debe eliminar el inhibidor. Para hacer esto, medir 60 ml de estireno inhibido en un embudo de separación de 250 ml y agregar 60 ml de 10% NaOH. Agite el contenido varias veces mientras ventila correctamente durante 1 minuto. Separe el estireno del embudo de separación y colóquelo en un vaso de precipitados de 100 ml. Añadir aproximadamente 2 gramos de carbonato de calcio en el estireno y revuelva. Esto secará su estireno.

- 1.- Agregue 20 ml de tolueno y 5 ml de estireno libre de inhibidor a un tubo de ensayo de 20 x 150 mm.
- 2.- Agregue 0.3 g de peróxido de benzoílo. (Precaución: revise la información de seguridad sobre el peróxido de benzoílo. Manipule con extrema precaución.
- 3.- Coloque el tubo de ensayo en un baño de agua caliente. Mantener la temperatura del baño entre 90-95 ° C.
- 4.- Después de 60 minutos, retire el tubo de ensayo, permita que el contenido se enfríe durante 5 minutos, y observe la viscosidad de la solución.
- 5.- Vierta la solución en 200 ml de metanol contenido en un vaso de 400 ml. Se formará un precipitado blanco de poliestireno.
- 6.- Recoja el poliestireno por filtración usando un embudo Büchner, y lave el precipitado en el embudo con 50 ml de metanol.
- 7.- Retire el precipitado del embudo y extiéndalo para que se seque en una hoja grande y limpia de papel de filtro.
- 8.- Coloque 3 ml de acetona en un tubo de ensayo limpio y agregue 0,2 g de polímero seco. Revuelva la mezcla por varios minutos para ver si es soluble.  
¿Es el poliestireno soluble en acetona?
- 9.- Coloque alrededor de 0.1 g del polímero en una espátula de metal y caliéntelo suavemente sobre una llama hasta que el polímero se derrite, toque el fundido con una varilla de vidrio para remover el polímero fundido y retírela suavemente para extraerla una fibra.
- 10.- Determine el punto de fusión de la fibra de éste polímero.

### **3.8 Preguntas**

1. ¿Qué es el poliestireno?
2. Escribe la reacción neta para la polimerización.
3. ¿Para qué se utiliza el poliestireno en restaurantes, supermercados, escuelas e instituciones de atención médica? (aplicaciones)
4. Discuta el impacto ambiental del uso del poliestireno.

### **3.9 Seguridad, manejo y eliminación**

- Este experimento debe realizarse en una campana bien ventilada. Los estudiantes usarán gafas de seguridad, guantes y ropa adecuada.
- La acetona es altamente inflamable y debe mantenerse alejada de las llamas abiertas.
- El peróxido de benzoílo es altamente tóxico por inhalación y puede explotar espontáneamente cuando está seco (<1% de agua). No debe almacenarse en botellas con tapa de rosca, porque la fricción producida por abrir la botella podría causar una explosión.
- El metanol es inflamable por lo que es un riesgo de incendio peligroso. Es tóxico por ingestión.
- El estireno es tóxico por ingestión e inhalación. El estireno es inflamable. Mantener alejado de la llama abierta.
- El tolueno es tóxico por ingestión, inhalación y absorción de la piel. El tolueno es inflamable manténgase alejado de llama abierta.





**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

- En caso de contacto con la piel con cualquiera de estos reactivos, lave el área contaminada inmediatamente.
- Cualquier mezcla de polimerización no utilizada no se debe verter en el fregadero, sino que se debe agitar hasta que no se forma más polímero.
- Cualquier solvente / material restante será desechado en el contenedor de desechos orgánicos del laboratorio.



## PRACTICO 4 POLÍMEROS BIODEGRADABLES

### 1.1 Objetivos

- Identificar las propiedades más importantes de polímeros naturales y biodegradables
- Entender la importancia de los polímeros biodegradables como remplazo de los derivados del petróleo.
- Modificación de polímeros naturales para obtener derivados con usos industriales.

### 1.2 Conceptos relacionados

Modificación de polímeros naturales, polímeros biodegradables, polímeros naturales

### 1.3 Fundamento teórico

Los materiales biodegradables son aquellos capaces de ser degradados medioambientalmente. Representan una nueva generación de materiales capaces de reducir significativamente el impacto ambiental en términos de consumo de energía y generación de residuos después de su utilización. En principio, deben comportarse como los materiales plásticos tradicionales procedentes de fuentes fósiles (petróleo), si bien, todavía presentan algunas limitaciones.

La biodegradabilidad de los plásticos depende de la estructura química del material y de la composición del producto final, no sólo de la materia prima empleada para su fabricación. Por esta razón, podemos encontrarnos con materiales biodegradables obtenidos a partir de resinas naturales o sintéticas. Los plásticos biodegradables naturales se obtienen principalmente a partir de recursos renovables, tales como el almidón, y puede ser producido de forma natural o sintética. Las resinas sintéticas proceden principalmente de derivados del petróleo y de otros productos e incluyen polímeros de poliéster y polietileno.

Un ejemplo de polímero sintético biodegradable es la policaprolactona, una resina de poliéster termoplástica. Como cualquier otro plástico comercial, los materiales biodegradables deben cumplir una serie de requerimientos orientados a la función a que van destinados. Por esta razón, a menudo los plásticos biodegradables naturales se mezclan con polímeros sintéticos para obtener un producto final cuyas propiedades funcionales sean adecuadas para el mercado.

Los plásticos biodegradables se clasifican en función de su mecanismo de degradación:

- Biodegradable: La "American Society of Testing and Materials" (ASTM) define un material biodegradable como "aquel capaz de descomponerse en dióxido de carbono, metano, agua, componentes inorgánicos o biomasa, mediante la acción enzimática de microorganismos que puede ser medida por tests estandarizados en un período específico de tiempo, en condiciones normalizadas de depósito". En esencia, los materiales biodegradables son degradados por acción enzimática dando lugar a moléculas más simples que se encuentran en el medioambiente, principalmente dióxido de carbono y agua. Las velocidades de biodegradabilidad dependen enormemente del espesor y geometría de los artículos fabricados. Las velocidades altas de degradación se dan para films de bajo espesor, mientras que los artículos más gruesos: platos, bandejas, etc. pueden necesitar tiempos elevados para degradarse biológicamente.

- Compostable: Los plásticos biodegradables compostables son aquellos que pueden ser biodegradados y desintegrados en un sistema de compost durante un proceso de compostaje (típicamente alrededor de 12 semanas a temperaturas superiores a 50°C). Este compost debe



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

cumplir determinados criterios de calidad tales como el contenido en metales pesados, ecotoxicidad y la no-generación de residuos visibles.

- Hidrobiodegradable/Fotobiodegradable: Son aquellos polímeros degradados por un proceso de dos etapas, que supone una etapa inicial de hidrólisis o fotodegradación, respectivamente, seguida por una segunda etapa que involucra una biodegradación.

- Bioaerodegradable: Se trata de aquellos polímeros capaces de ser degradados sin necesidad de la acción de microorganismos, por lo menos inicialmente. Este proceso se conoce también como desintegración abiótica e incluye procesos parciales tales como disolución en agua y envejecimiento por luz o calor.

### **Tipos de polímeros biodegradables**

Los polímeros biodegradables se clasifican además en cuatro categorías principales basándose en su origen y producción:

- Polímeros directamente extraídos de fuentes naturales. Son polímeros naturales, fácilmente disponibles, extraídos de animales marinos o vegetales. Algunos ejemplos son los polisacáridos (almidón, celulosa) y las proteínas (caseína, gluten).

- Polímeros producidos por síntesis química clásica a partir de monómeros biológicos renovables. El mejor ejemplo es el ácido poliláctico, un biopolíester obtenido a partir de monómeros de ácido láctico.

- Polímeros producidos por microorganismos o bacterias modificadas genéticamente. Los principales polímeros de este grupo son los polihidroxialcanoatos.

- Polímeros sintéticos a partir de derivados del petróleo: el ejemplo más claro es la policaprolactona.

- Otros polímeros degradables: plásticos fotobiodegradables, PVOH, EVOH

### **Mezclas**

Existen variadas razones que llevan a realizar mezclas de distintos polímeros biodegradables, con el objetivo de:

- Reducir costos de producción.
- Adaptar las velocidades de degradación a las condiciones existentes.
- Lograr combinaciones de propiedades de los materiales singulares.
- Aumentar la efectividad del proceso.

Los polímeros biodegradables sintéticos tienden a complementar sus propiedades unos con otros, así como las del PLA, almidón y otros materiales orgánicos.

Ejemplos de mezcla de polímeros:

- Almidón + PET modificado
- Almidón + PCL
- Almidón + PBS/PBSA
- Almidón + PVOH
- PLA + PHAs



A modo de resumen, a continuación se incluye una tabla esquema que recoge las principales propiedades y aplicaciones de los polímeros biodegradables más destacados:

|  | Propiedades   | Aplicaciones   | Procesado  | Eliminación  | Proveedores   |
|--|---|--|--|--|---|
| <b>Almidón</b>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Propiedades mecánicas similares a plásticos convencionales.</li> <li>Resistente a grasas y alcoholes.</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Menaje, envasado de alimentos, cuidado personal, bolsas de basura, etc.</li> </ul>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Inyección y extrusión-soplado, termoformado.</li> </ul>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>Compostable.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Novamont.</li> <li>Bistec GmbH.</li> <li>Nacional Starch &amp; Chemical</li> </ul> |
| <b>Celulosa</b>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Posibilidad de transparente, traslúcido y opaco.</li> <li>Frágil en congelación.</li> <li>Buen aislante.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Asas de cubiertos, bolígrafos, recubrimientos, etc.</li> </ul>                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Inyección.</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Biodegradable.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Mazzuccheli 1849.</li> </ul>   |
| <b>Proteínas</b>                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Resistente.</li> <li>No-tóxico.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Botones, cajas, asas.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Inyección.</li> </ul>                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Reciclado</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Universal Textile Technologies.</li> <li>Biopolymer.</li> </ul>                    |
| <b>PHAs</b>                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>Posibilidad de combinar hasta 100 monómeros diferentes.</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Menaje.</li> <li>Cuchilla de afeitar (PHA)</li> <li>Botella de champú (PHBV)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Soplado.</li> <li>Inyección.</li> <li>Extrusión.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Compostaje.</li> <li>Degradación en agua.</li> </ul>                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Metabolix (Biopol).</li> <li>P &amp; G.</li> </ul>                                 |
| <b>PLA</b>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Claridad.</li> <li>Buena estética (brillo).</li> <li>Frágil, requiere aditivos</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>Films y materiales de envase.</li> <li>Fibras.</li> </ul>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Inyección.</li> <li>Soplado.</li> <li>Extrusión.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Reciclaje, compostaje o incineración.</li> </ul>                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Cargill Dow LLC.</li> <li>Neste Corp.</li> </ul>                                   |
| <b>PCL</b>                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Buena resistencia al agua, aceite y disolventes.</li> <li>Bajo punto de fusión.</li> <li>Baja viscosidad.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Resinas para recubrimientos, adhesivos.</li> <li>Bolsas.</li> <li>Fibras.</li> </ul>    |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Compostaje.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Solvay.</li> <li>Union Carbide.</li> </ul>   |
| <b>Copolímeros alifáticos-aromáticos</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Combina las propiedades del PET con la biodegradabilidad de los poliésteres alifáticos.</li> </ul>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Bolsas, menaje y recipientes.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Inyección soplado.</li> <li>Extrusión.</li> </ul>           | <ul style="list-style-type: none"> <li>Degradación por hidrólisis.</li> <li>Reciclaje, compostaje o incineración.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>DuPont.</li> </ul>   |

## Procedimiento

### Primera actividad: obtención de polímeros a partir de almidón

El almidón es un polímero de origen natural presente en los cereales o las patatas, formado por unidades de glucosa. Es un componente fundamental de la alimentación humana, pero a su vez puede usarse como base para la elaboración de polímeros semisintéticos, de múltiples aplicaciones, por adición de moléculas como urea o glicerol que se intercalan en las cadenas de amilosa y/o amilopectina modificando las propiedades mecánicas del polímero natural. Basándose en estas propiedades se procederá a la preparación de polímeros.

#### a. Obtención de un polímero quebradizo

##### Reactivos

- Almidón 0.5 g
- Glicerol, 1 mL.
- Disolución de ácido clorhídrico 0,1M, 1 mL.
- Disolución de hidróxido de sodio 0,1M, 1 mL.
- Colorante alimentario.



UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

A una muestra de almidón 0.5 g, se le añaden 1 mL de glicerina. La mezcla se calienta suavemente procurando que no llegue a ebullición durante 5 minutos. Se obtiene un líquido viscoso al que se le añade dos gotas de colorante alimentario. Se mezcla con ayuda de una varilla de vidrio hasta formar una pasta homogénea. Se extiende sobre un vidrio de reloj hasta formar una película y se introduce en una estufa a 80 °C durante 1,5 horas aproximadamente, o bien se deja secar al aire hasta el día siguiente.

#### **Preparación de lámina de agar-agar**

Tome 1 gramo de agar-agar disuélvalo en 250 mL de agua en caliente y viértalo sobre una capsula Petri y evapore en estufa por 2 horas. Despegue la lámina y observe sus propiedades.

#### **Preparación de lámina de Quitosano**

Tome 0.5 gramos de Quitosano y disuelva en 100 mL de ácido acético al 1%, caliente y viértalo sobre una capsula Petri y evapore en estufa por dos horas. Despegue la lámina y observe sus propiedades.

#### **Disposición final de los residuos generados en la práctica**

Tabla 2. Disposición final de los residuos generados en la práctica.

|                           |                     |
|---------------------------|---------------------|
| Residuo generado          | Recipiente rotulado |
| Resinas preparadas        | Residuos sólidos    |
| Residuos líquidos acuosos | Residuos tóxicos    |

Consultar antes de la práctica (Importante)

¿Qué estructura química tiene el almidón? Y ¿Para qué se utilizan en la industria?

¿Qué propiedades presenta el quitosano?

¿Cuál es la fuente del agar-agar?



**Indicaciones de peligro:**



## **PRACTICO 5** **MATERIALES COMPUESTOS**

### **1.1 Objetivos**

- Identificar un material compuesto y estudiar sus propiedades
- Entender la importancia de los materiales compuestos en la industria
- Preparar diversos material compuesto y observar sus características y aplicaciones

### **1.2 Conceptos relacionados**

Preparación de materiales compuestos, polietileno.

### **1.3 Fundamento teórico**

#### **Materiales compuestos**

Están constituidos por diferentes materiales, elementos o componentes, que no forman un sistema, pero que muestran efectos conjuntos a escala macroscópica. Se diseñan para mejorar el comportamiento físico o mecánico de materiales homogéneos.

La combinación de materiales produce un aumento de las propiedades del conjunto, aunque se distinguen claramente cada uno de ellos.

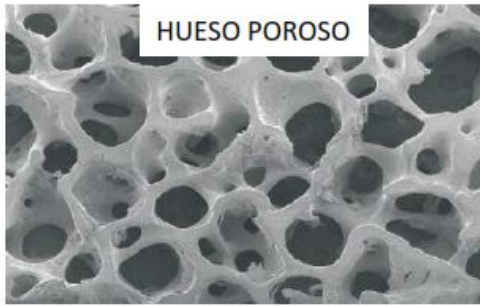
#### **Compositos**

Constan de una matriz y un refuerzo en forma de partículas, fibras o mallas. Las **matrices** pueden ser poliméricas, metálicas o conglomeradas. Las fibras pueden ser metálicas, de vidrio, de carbono o poliméricas. Pueden ser largas o cortas y su distribución en la matriz orientada o aleatoria.

Compositos o materiales compuestos son aquellos obtenidos artificialmente por la unión de dos o más materiales para conseguir propiedades que no son posibles de obtener en los materiales originales. Las propiedades finales dependen de las propiedades de los materiales que los constituyen así como de su distribución e interacción entre ellos. Presentan varias fases física y químicamente distintas (separadas por una interfase), completamente insolubles entre sí → fase continua o matriz y fase discontinua. Sus propiedades son superiores a la simple suma de las propiedades de sus componentes (sinergia) Cada uno de estos componentes retiene su identidad en el compuesto, manteniendo sus características estructurales y propiedades

#### **MATRICES**

- Metálicas: aluminio, magnesio, cobre, níquel y aleaciones. Aplicaciones aeroespaciales y automotrices. Permite que el compuesto funcione a altas temperaturas pero la producción de una pieza de este tipo es costosa.
- Cerámicas: incluyen sólidos inorgánicos no metálicos (silicatos, alúmina, carburo de silicio). Buenas propiedades a temperaturas muy elevadas, ligeros y frágiles.
- Poliméricas: termoestables, termoplásticos y elastómeros. Buenas propiedades mecánicas, resistentes a la corrosión y a los agentes químicos. Pueden ser moldeados con amplia variedad de formas.



fibras cortas de colágeno embebidas en una matriz de hidroxiapatita



fibras de celulosa en una matriz de lignina



fibras vegetales y arcilla

alquitrán, agregados y vacíos



FASE DISPERSA

PARTÍCULAS:

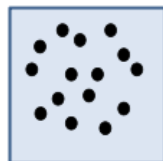
Negro de carbono

- Es un material producido por la combustión incompleta de los productos derivados del petróleo
- Es una forma de carbono amorfo con una relación superficie-volumen extremadamente altas
- Se usa a menudo como pigmento y como refuerzo en productos de goma y plástico

Arcillas

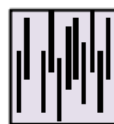
- Sepiolita: silicato de magnesio hidratado
- Atapulgita: hidroxisilicato de magnesio y aluminio
- Caolín: disilicato aluminico dihidratado
- Montmorillonita: hidroxisilicato de magnesio y aluminio:

Partículas

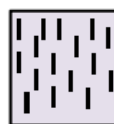


Diferentes tamaños distribuidos al azar

Fibras



continuo y alineado



discontinuo y alineado



discontinuo y distribuido al azar

Fibra de vidrio



**UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO**  
**DEPARTAMENTO DE QUÍMICA**

- Se obtienen al hacer pasar vidrio fundido a través de una pieza de agujeros muy finos. Al solidificarse tienen suficiente flexibilidad para ser usados como fibras
- Reducido precio y gran versatilidad, flexibles, buen aislamiento térmico, inerte a los ácidos, estable a altas temperaturas
- Se pueden clasificar según el tipo de vidrio (A, D, E) y según la disposición espacial:



Hilo continuo



fibra corta



mat



tejido



hilos

Fibras de carbono

- Ligeras, de gran resistencia y elevado módulo de elasticidad: aplicaciones aeroespaciales
- Elevado precio: limita su uso en algunas industrias (como la automotriz)
- Baja densidad en comparación con el acero
- Proviene principalmente de dos fuentes, poliacrilonitrilo (PAN) y alquitrán
- Gran capacidad de aislamiento térmico



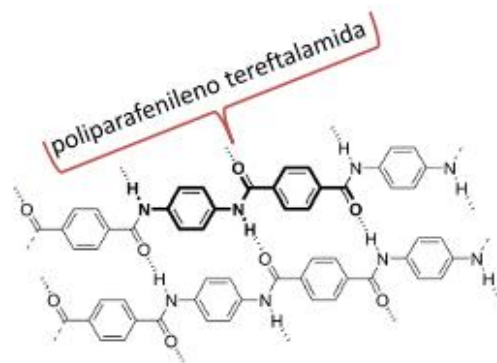
fibras cortas



tejido

Fibras de aramida

- Se obtienen a partir de una poliamida aromática
- La más utilizada es la Kevlar, sintetizada por Stephanie Kwolek en 1965 para Du Pont.
- Muy rígidas
- Baja densidad
- Excelente resistencia al impacto, al calor y a los disolventes
- Resistente a la corrosión



**Preparación de Compuesto de PE e Hidroxiapatita**





UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

Tomar 5 gramos de PE fundirlo en un vaso de precipitado y agregar 10 PCR de Hidroxiapatita granular, mezclar con cuidado. Al finalizar la mezcla sacar con la espátula y estirar rápidamente sobre un vidrio de reloj. Etiquetar y guardar para el laboratorio siguiente.

#### **Preparación de una lámina de PE con propiedades bactericidas**

Tomar 3 gramos de PE fundirlo en un vaso de precipitado y agregar 1 PCR de fosfato de plata, mezclar con cuidado. Al finalizar la mezcla sacar con una espátula y estirar rápidamente sobre un vidrio de reloj. Poner el sólido sobre una placa de metal y calentar hasta la fusión a continuación presionar el fundido con una segunda placa de metal, presionar y enfriar. Sacar con cuidado la lámina del material compuesto.

#### **Preparación de pieza de PE**

Tomar 3 gramos de cera de PE y fundirla en un vaso, a continuación agregar 0,5 PCR de colorante o pigmento, mezclar y sacar el sólido con una espátula y estirla sobre un vidrio de reloj. Tomar el sólido preparado cortarlo con cuidado y ponerlo en el molde circular sobre una placa calefactora, observar hasta fusión completa, medir su temperatura y cerrar el molde, a continuación enfriar y desoldar la pieza.

#### **Disposición final de los residuos generados en la práctica**

Tabla 1. Disposición final de los residuos generados en la práctica.

|                           |                     |
|---------------------------|---------------------|
| Residuo generado          | Recipiente rotulado |
| Resinas preparadas        | Residuos sólidos    |
| Residuos líquidos acuosos | Residuos tóxicos    |

#### **Consultar antes de la práctica (Importante)**

¿Qué es un PCR?

¿Cuál es la fórmula de la hidroxiapatita y del fosfato de plata?

¿Qué propiedades tiene la cera de PE?

¿Qué diferencia hay entre un pigmento y un colorante?



## PRACTICO 6

### ENSAYO DE MATERIALES POLIMERICOS NORMA ASTM

#### 1.1 Objetivos

- Prepara probetas bajo norma ASTM para ensayo de propiedades mecánicas de polímeros
- Ensayar las probetas preparadas en una máquina de ensayos
- Analizar, comparar y determinar el módulo de Young de un polímero sin refuerzo y uno con refuerzo de Hidroxiapatita (HAP)

#### 1.2 Conceptos relacionados

Preparación de materiales compuestos, Hidroxiapatita, ensayos de tracción bajo ASTM

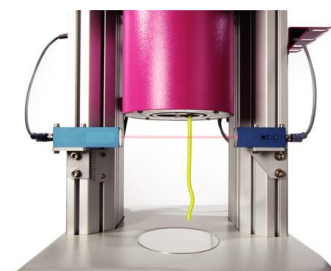
#### 1.3 Fundamento teórico

##### Ensayos en materiales plásticos

La caracterización de las propiedades de los polímeros es crítica en el desarrollo y los procesos de la fabricación de materiales, así como el en control de calidad, y en última instancia, en la determinación de la funcionalidad de un producto final. Los polímeros se utilizan en prácticamente cada faceta de la actividad humana e industrial desde embalaje a automoción, desde la electrónica a la asistencia médica y desde la construcción al sector aeroespacial. Comprender estas propiedades es muy importante dado que un polímero atraviesa un ciclo de vida desde materia prima → compuesto → semi-acabados → producto acabado.

Algunos de estos ensayos son:

- a) **Propiedades reológicas** de los polímeros y los materiales compuestos termoplásticos: Los plásticos son materiales impresionantes con la propiedad única de fluir cuando se calienta a relativamente temperaturas bajas. Pueden ser conformados en una amplia variedad de formas y ajustados a muy diferentes aplicaciones. Sin embargo, sus propiedades de fluidez durante este proceso son complejas y sujetas a la influencia de muchos parámetros. Un **Reómetros Capilares** proporciona soluciones de ensayo efectivas y exhaustivas en aplicaciones para plásticos y su industria. Estos Reómetros capilares simulan las condiciones y comportamiento midiendo el flujo del material plástico que caracteriza la reología de los materiales.
- b) **Medidores del Índice de Fluidez (Plastómetro)**: Los medidores del índice de fluidez (plastómetros) han sido específicamente diseñados para un uso fácil y una medida precisa del Índice de Fluidez (MFR, (g/10 min) por sus siglas en inglés) y del Índice de Fluidez por Volumen (MVR, (cm<sup>3</sup>/10 min) por sus siglas en inglés).





UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

c) **Ensayos Térmicos:** Determinar el comportamiento de los materiales plásticos a alta temperatura, medir la temperatura de deformación térmica (HDT) y de reblandecimiento Vicat (VST). Los instrumentos HDT y Vicat miden con gran precisión las propiedades térmicas de los materiales plásticos, tal como la determinación de la temperatura de deflexión (HDT) y la temperatura de reblandecimiento.



d) **Ensayos de Impacto:** La resistencia al impacto es una de las propiedades a considerar más importantes para los diseñadores de componentes, es también la más difícil de cuantificar. La resistencia al impacto es una medición crítica para determinar la vida de servicio e incluye complejos problemas relacionados con la seguridad y fiabilidad. Instron acumula más de 80 años de experiencia en el diseño de máquinas de ensayo de impacto para simular condiciones reales de impactos.



e) **Ensayos Mecánicos:** Máquinas Universales para ensayos de tracción, compresión, cortante, flexión, pelado, desgarrado y ensayos cíclicos. Los equipos de ensayos universales se utilizan principalmente para realizar ensayos estáticos en modo de compresión o tracción en un solo bastidor. También se denominan equipos de ensayos de tensión. Entre los tipos de ensayo adicionales se encuentran los siguientes: **tracción, compresión, cizalladura, flexión, pelado, desgarramiento, cíclico y ductilidad a la flexión.** Las capacidades de estos sistemas oscilan desde fuerzas de carga baja de 0,5 kN (112 lbf) hasta bastidores de alta capacidad de 600 kN (135.000 lbf). Estos sistemas suelen configurarse para ensayos automatizados.

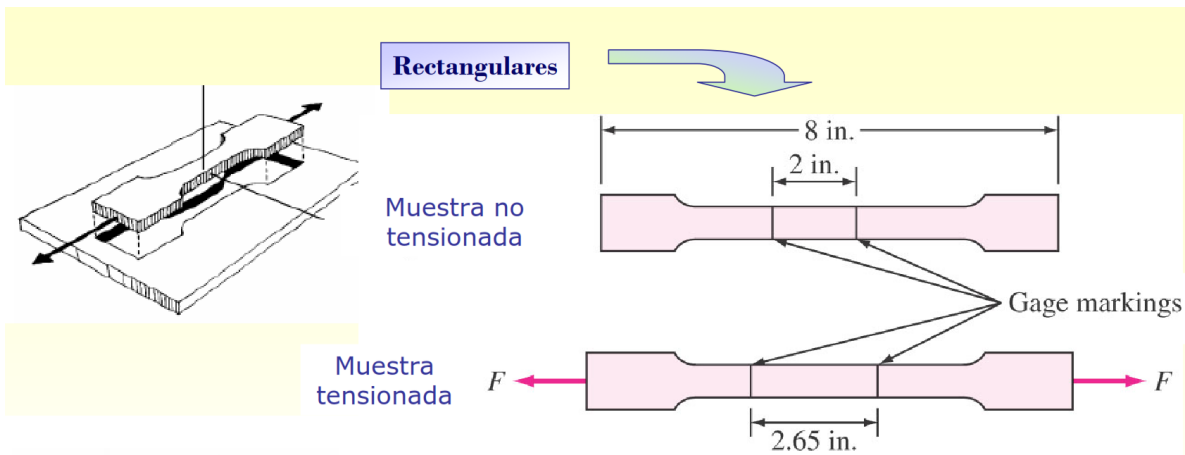


Se utiliza el **ensayo de tracción** para determinar la resistencia a la tracción de varios materiales desde metales hasta plásticos. Estos sistemas de ensayo de tracción utilizan varias tecnologías para usar una gama de fuerzas de tracción. Se puede usar fuerzas de tracción estándares con un instrumento de ensayo de tracción electromecánico estática. En este laboratorio se utilizara la norma ASTM D638 para materiales plásticos.



### Geometría de probetas normalizadas

La norma ASTM D638 describe la forma y tamaño de las probetas para plásticos además de las condiciones del ensayo como la velocidad a la cual se aplica la fuerza.

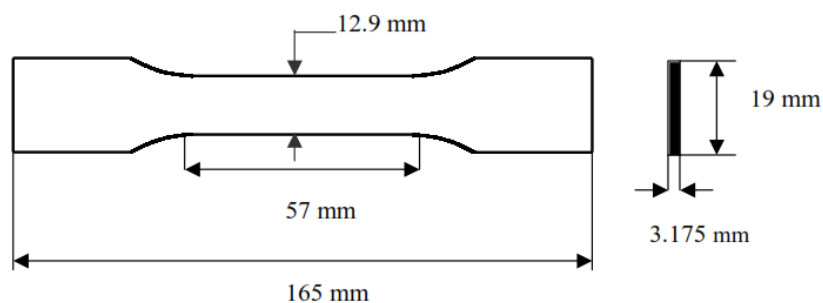


### Preparación de probetas

Las probetas para ensayos se obtienen por inyección sobre un molde normalizado ASTM D-647. La presión de inyección se mantiene aun nivel bajo para evitar promover la orientación de las cadenas poliméricas. Posteriormente a su inyección las probetas se someten a un recocido a 70°C durante 6 horas con el objeto de aliviar las tensiones residuales internas.

### Probetas de tracción

Para los ensayos de tracción se emplearon probetas normalizadas con forma de halterio o pesas de gimnasio, del tipo I. Las dimensiones de las probetas se muestran en la figura 1.



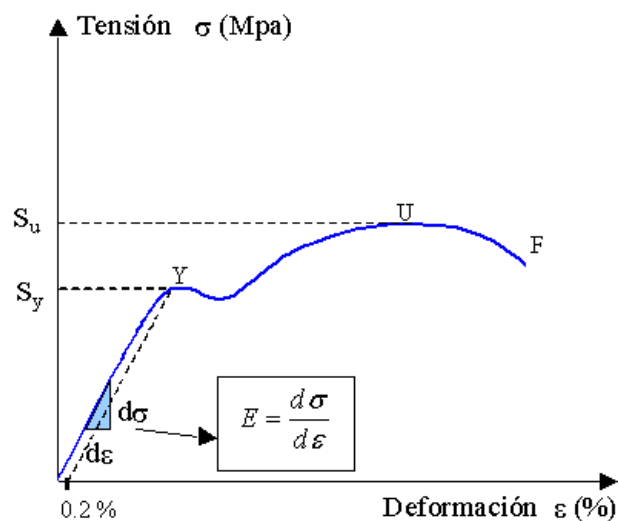
### Ensayos de tracción

Las curvas de tensión-deformación se obtuvieron siguiendo el procedimiento normalizado ASTM D-638 empleando las probetas de tipo halterio. Para esto se utiliza un equipo universal de ensayos INSTRON, la velocidad de la separación de las mordazas para materiales plásticos va de 0,1 a 50 mm/min.

Una vez obtenida la representación de la curva tensión-deformación, se determina el módulo de elasticidad:



**Módulo de elasticidad** o módulo de Young (E): Valor inicial de la pendiente de la curva tensión-deformación.



### Preparación de probetas de PE para ensayos de tracción

Utilice el molde que el profesor le entregara, caliente al molde sobre la placa calefactora a  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , en un vaso funda el PE y viértalo en caliente sobre el molde, cierre el molde, enfríe y desmolde la pieza (Debe preparar 2 probetas).

Repita el procedimiento anterior pero esta vez utilice el material compuesto preparado el laboratorio anterior (PE+HAP) fundir en un vaso y viértalo en el molde. (Debe preparar 2 probetas)

### **Disposición final de los residuos generados en la práctica**

Tabla 1. Disposición final de los residuos generados en la práctica.

|                           |                     |
|---------------------------|---------------------|
| Residuo generado          | Recipiente rotulado |
| Resinas preparadas        | Residuos sólidos    |
| Residuos líquidos acuosos | Residuos tóxicos    |

### **Consultar antes de la práctica (Importante)**

¿Cuál norma puedo utilizar para ensayos de tracción en polímeros?

¿Cómo defino la forma de las probetas de tracción y de qué tipo es la que se ensayara?

¿Qué propiedades puede obtener de un ensayo de tracción?

¿Cómo se puede determinar la tenacidad de un material?