Sumario

SUMARIO **1**

A.1 INSTRUMENTACIÓN **3**

A.2 DISOLVENTES Y REACTIVOS **4**

A.3 ANÁLISIS TÉRMICO **5**

A.3.1 CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC) 5

A.3.1.1. Principios generales *5*

A.3.1.2. Instrumentación *7*

A.4 MICROSCOPÍA ÓPTICA **13**

A.4.1 PRINCIPIOS GENERALES 13

A.4.2 ANÁLISIS DE LA MORFOLOGÍA CRISTALINA: ESFERULITAS 14

A.4.3 INSTRUMENTACIÓN 16

A.5 FICHAS DE SEGURIDAD DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS **17**

A.5.1 ETANOL 17

A.5.2 NITRÓGENO (LÍQUIDO REFRIGERADO) 20

A.1 INSTRUMENTACIÓN

La instrumentación utilizada para la realización del presente Proyecto Final de Carrera pertenece al Departamento de Ingeniería Química de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales de Barcelona. A continuación se mencionan las técnicas y los principales equipos utilizados.

Las *pesadas* se realizaron en una balanza *Mettler H20T* con precisión de 0,01 mg, en una balanza electrónica *Mettler AC100* con precisión de 0,1 mg o bien en una balanza *Mettler P1210* con precisión de 10 mg, en función de la cantidad de muestra a pesar y de la precisión deseada.

Los *análisis térmicos DSC* (calorimetría diferencial de barrido) se efectuaron en un calorímetro diferencial de barrido Q100 de TA-instruments, dotado con un sistema automático de recogida de muestra (DSC Autosampler; muestreador Automático con capacidad para 50 muestras y 5 referencias) y equipado con un sistema de refrigeración mecánica sin nitrógeno líquido (RCS), que permite trabajar con temperaturas comprendidas en el rango -90 a 550 ºC. El equipo requiere tres calibraciones: sin muestras, con zafiros y con indio (T_m = 429,75 K, .H_m =3,267 KJ/mol)

La *microscopía óptica* se realizó en un microscopio *Carl Zeiss Standard GFL* y en un microscopio *Olympus BX51* con luz polarizada equipados con objetivos de contraste de fase. La captación de imágenes se realizó mediante una cámara digital *Olympus Camedia C-3040*.

A.2 DISOLVENTES Y REACTIVOS

Los disolventes y reactivos utilizados en el presente proyecto fueron de calidad *PAACS* o superior y se utilizaron sin purificación previa. Estos productos fueron suministrados por Merck, Panreac y Sigma-Aldrich-Fluka.

A.3 ANÁLISIS TÉRMICO

Bajo la denominación de análisis térmico se engloba al conjunto de técnicas basadas en la medida de la relación dinámica entre alguna propiedad de la materia y la temperatura.

A partir de este tipo de análisis se puede obtener información sobre propiedades y transformaciones físicas y/o químicas de una muestra cuando es sometida a variaciones de temperatura.

El análisis térmico permite la identificación, control de pureza y estabilidad de las sustancias, ya que las transiciones de estado ocurren a temperaturas características para cada una de ellas.

El análisis térmico del polímero del presente Proyecto se ha realizado a través de calorimetría diferencial de barrido (DSC).

A.3.1 Calorimetría diferencial de barrido (DSC)

A.3.1.1. Principios generales

Un calorímetro DSC es un instrumento que permite observar y cuantificar las diferentes transiciones energéticas que puede sufrir un material, ya sea por calentamiento o enfriamiento, con o sin cambio de fase o bien por reacción química.

Uno de los fenómenos que se ha estudiado a partir del DSC es el calor liberado durante el proceso cristalización del polímero estudiado, tanto dinámico como isotérmicamente. La finalidad es la obtención de datos que permitan caracterizar la cinética del proceso.

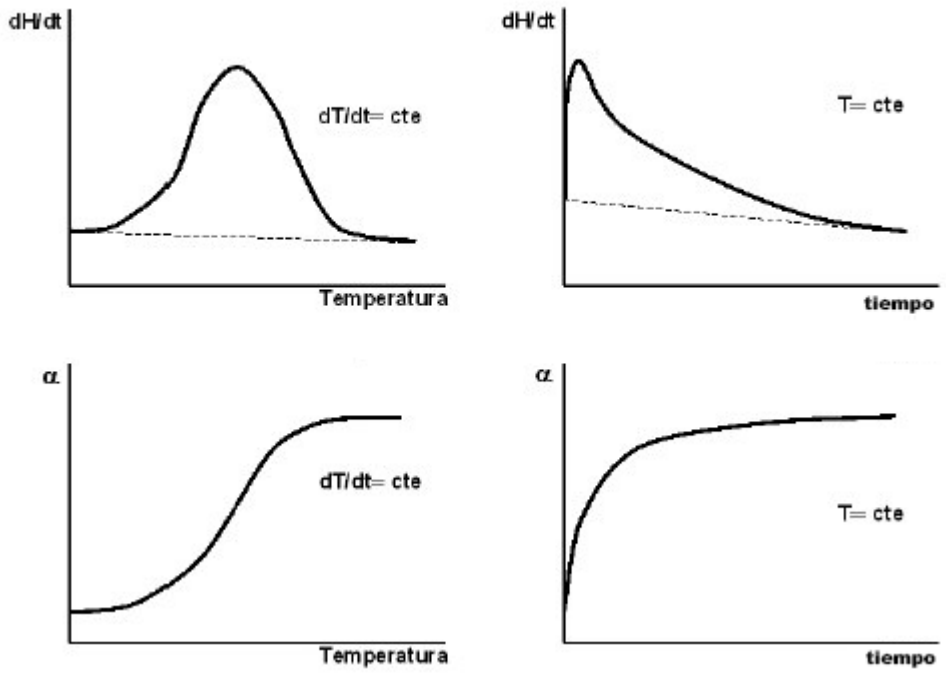
Si se asume que el calor de reacción y el grado de conversión son directamente proporcionales, la velocidad de reacción y el grado de conversión se pueden calcular utilizando la Ec. A.3.1y la Ec. A.3.2:

$$\frac{d\alpha}{dt} = \frac{(dH/dt)_t}{\Delta H_{total}} \qquad \text{(Ec. A.3.1)}$$

$$\alpha = \frac{\int_0^t (dH/dt)_t \, dt}{\Delta H_{total}} = \frac{\Delta H_t}{\Delta H_{total}} \qquad \text{(Ec. A.3.2)}$$

donde $(dH/dt)_t$, representa el calor liberado en un tiempo *t*, ΔH_{total} es el calor liberado durante todo el proceso reactivo y ΔH_t es el calor liberado hasta un instante *t*.

Los datos obtenidos de velocidad y grado de conversión en experiencias dinámicas, donde se mide la variación de la entalpía con la temperatura, e isotérmicas, en las que se mide la variación de la entalpía con el tiempo a una temperatura fija, se utilizarán para la obtención de parámetros cinéticos de la reacción, como la constante de velocidad y el modelo cinético.



a) Experiencia dinámica **b) Experiencia isotérmica**

Figura A.3.1. Comparación de experiencias en DSC dinámicas e isotérmicas.

Teóricamente, los datos cinéticos obtenidos a partir de experiencias isotérmicas, reflejan adecuadamente la realidad del proceso que se desarrolla. Pero presentan ciertas dificultades experimentales que complican la obtención de una cantidad suficiente de datos fiables para una correcta realización del análisis. Si se realizan experiencias a temperaturas demasiado elevadas, el calor de reacción se libera muy rápidamente, causa por la que el DSC no puede llegar a registrar correctamente el calor liberado en los instantes iniciales.

Por el contrario, a temperaturas demasiado bajas, el calor se libera tan lentamente y puede ser tan bajo que quede por debajo de los límites de detección del instrumento.

Una forma más rápida y sencilla de obtener datos cinéticos es realizar experiencias dinámicas, aunque tienen el inconveniente de que los resultados obtenidos pueden no reflejar adecuadamente el comportamiento real del sistema.

Con un tratamiento adecuado y asumiendo ciertas hipótesis se pueden simular correctamente experiencias isotérmicas a partir de estos datos. De esta forma, se obtienen directamente datos de velocidad y de conversión que facilitan el estudio de la cinética del proceso.

A.3.1.2. Instrumentación

Los *análisis térmicos DSC* (calorimetría diferencial de barrido) se efectuaron en un calorímetro diferencial de barrido Q100, dotado con un sistema automático de recogida de muestra (DSC Autosampler; muestreador Automático 50 posiciones y 5 Standards) y con un sistema de refrigeración y control programado para ciclos de ascenso y descenso de temperatura (RCS), que permite alcanzar una temperatura de hasta -90 ºC. El equipo se calibró con indio (T_m = 429,75 K, .H_f = 3,267 KJ/mol). En la Figura A.3.2 se puede observar una fotografía del calorímetro utilizado.

Figura A.3.2. Calorímetro diferencial de barrido Q100 (DSC)

El horno tiene dos plataformas, una para la muestra y otra para la referencia.

El muestreador automático (Figura A.3.3) utiliza dos brazos robóticos independientes. Uno de ellos se utiliza para mover la tapa protectora del calor que proporciona el aislamiento termal a la célula DSC. El brazo de la muestra maneja las cápsulas de la muestra y de la referencia en orden secuencial o al azar. Un sensor óptico, que asegura la colocación

exacta de las cápsulas, dirige el brazo de la muestra. El sensor también se utiliza rápidamente, calibra automáticamente, y exacto el sistema.

Figura A.3.3 Muestreador automático

Por otro lado, el equipo también incluye un sistema de refrigeración y control programado para ciclos de ascenso y descenso de temperatura (RCS), que permite alcanzar una temperatura de hasta -90 ºC (Figura A.3.4).

Figura A.3.4. Sistema de refrigeración y control programado de la temperatura (RCS)

Cuando la muestra experimenta una transición, los calefactores suministran la energía adicional al material para mantener el equilibrio térmico entre muestra y referencia, y esto es lo que se registra. De esta manera, el termograma obtenido muestra el flujo de calor o entalpía frente al tiempo. Como la velocidad de calentamiento o enfriamiento es

constante, el termograma equivale a una representación del flujo de calor frente a la temperatura.

El nuevo termopar con tecnología Tzero de cromel/constantan tiene la ventaja de proporcionar medidas independientes de los flujos de calor en la muestra y en la referencia.

El instrumento se calibra en temperatura y energía mediante la fusión de patrones metálicos de indio (T_m = 429,75 K , ΔH_m = 3,267 kJ/mol). Además el equipo requiere la calibración sin muestras y con zafiros.

Existen una serie de factores que afectan a una curva DSC, que se pueden clasificar en tres categorías:

a) Factores **instrumentales**: los más destacables son la velocidad de operación, la naturaleza y estado de las cápsulas y el tipo de sensores de temperatura que utiliza el aparato.

b) Factores debidos a la **muestra**: el tamaño de partícula y su empaquetamiento, además de los pretratamientos a los que puede someterse una muestra antes de efectuar el registro.

c) Factores debidos al material de **referencia**: en este caso no existen ya que la referencia consiste en una cápsula vacía.

En el caso de los materiales poliméricos, las transiciones térmicas más importantes que pueden presentarse en un termograma son la temperatura de transición vítrea (T_g), la temperatura de fusión (T_m) y la temperatura de cristalización (T_c).

Normalmente en una calorimetría de caracterización de un polímero se registran cuatro barridos, de los cuales tres son de calentamiento y uno de enfriamiento.

En el **primer calentamiento (1er barrido)**, realizado a 20 ºC/min, se obtiene información acerca de la fusión de la muestra y por tanto sobre el grado de cristalinidad inicial (Figura A.3.5). La presencia a altas temperaturas de discontinuidades en la línea base puede ser un indicio de descomposición que deberá ser corroborada mediante análisis termogravimétricos. Los picos de fusión son exotérmicos y relativamente anchos. Este factor indica una variabilidad en las temperaturas de fusión debido la dispersidad de pesos moleculares de la muestra polimérica. En muchas ocasiones se observan también dobles picos de fusión que indican la existencia de poblaciones de lamelas con distinto grosor y un proceso de recristalización

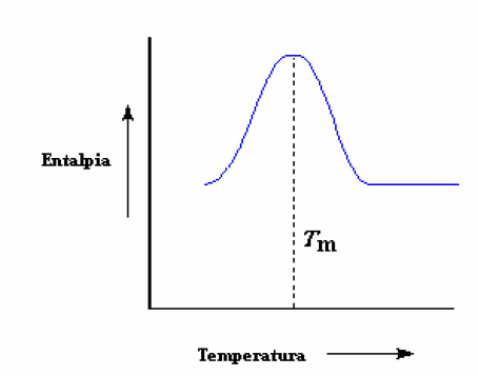


Figura A.3.5. Representación del 1er barrido

A veces pueden aparecer varios picos de fusión o bien un pico muy ancho. Esto ocurre cuando el material no es homogéneo, de manera que cada uno de los sistemas poliméricos que lo constituyen funde a una temperatura diferente.

Los polímeros semicristalinos están formados por lamelas de distintos grosores, y la temperatura de fusión del cristal depende del grosor de la lamela.

A continuación se realiza un **segundo calentamiento** (20 ºC/min) de la muestra (**3er barrido**) para verificar la fusión de la muestra cristalizada a partir del fundido y la reproducibilidad de las fusiones observadas (Figura A.3.6).

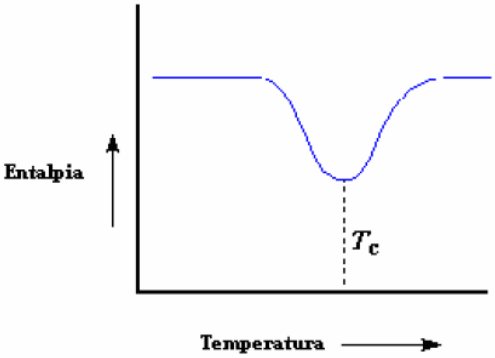


Figura A.3.6. Representación del 3er barrido

Seguidamente, se somete la muestra a un enfriamiento rápido con el fin de obtener el polímero en un estado amorfo. Finalmente, se efectúa un **tercer calentamiento** (**4º barrido**) a 20 ºC/min que permite determinar la temperatura de transición vítrea del material (discontinuidad en la línea base), observar si se produce una cristalización en frío (pico exotérmico) y la fusión asociada (pico endotérmico) (Figura A.3.7).

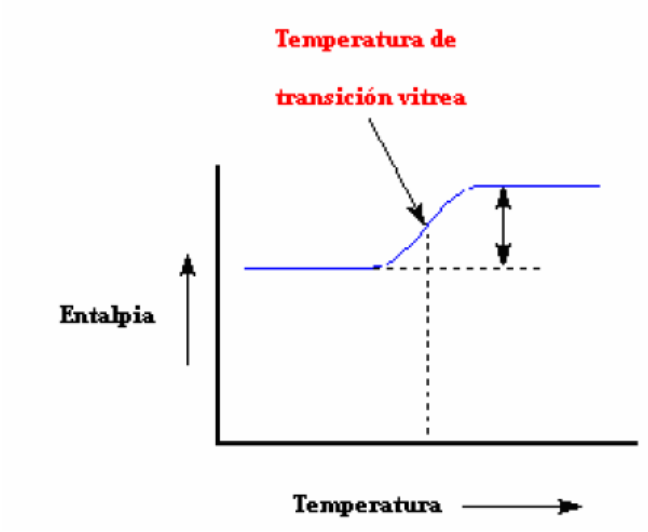


Figura A.3.7. Representación del 4º barrido

En la Figura A.3.8 podemos observar un termograma del *poli[(ácido 4-hidroxibutírico)-alt-(ácido glicólico)]* obtenido mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC).

A partir de los datos obtenidos en la calorimetría puede estimarse la cristalinidad de las muestras cristalizadas en solución y cristalizadas del fundido (χ). Este parámetro se determina usando como referencia el calor de fusión del material totalmente cristalino, que es estimado a partir de las contribuciones de grupo, tal como se verá más adelante. Si se acepta que la fusión del polímero se debe únicamente a las zonas cristalinas, puede considerarse que la cristalinidad puede expresarse como el cociente del calor de fusión de la muestra, ΔH, respecto al calor de fusión del polímero si fuera totalmente cristalino, ΔH_c (Ec. A.3.3).

$$\chi = \frac{\Delta H}{\Delta H_c} \qquad \text{(Ec. A.3.3)}$$

donde ΔH es el calor de fusión experimental y ΔH_c es el calor de fusión de equilibrio y puede estimarse si se conoce su fórmula química, mediante las denominadas contribuciones de grupo. Se considera que cada uno de los grupos que forma el polímero contribuye con un determinado calor de fusión. Para obtener el calor de fusión total sólo hay que sumar los calores de fusión que aporta cada uno de los grupos.

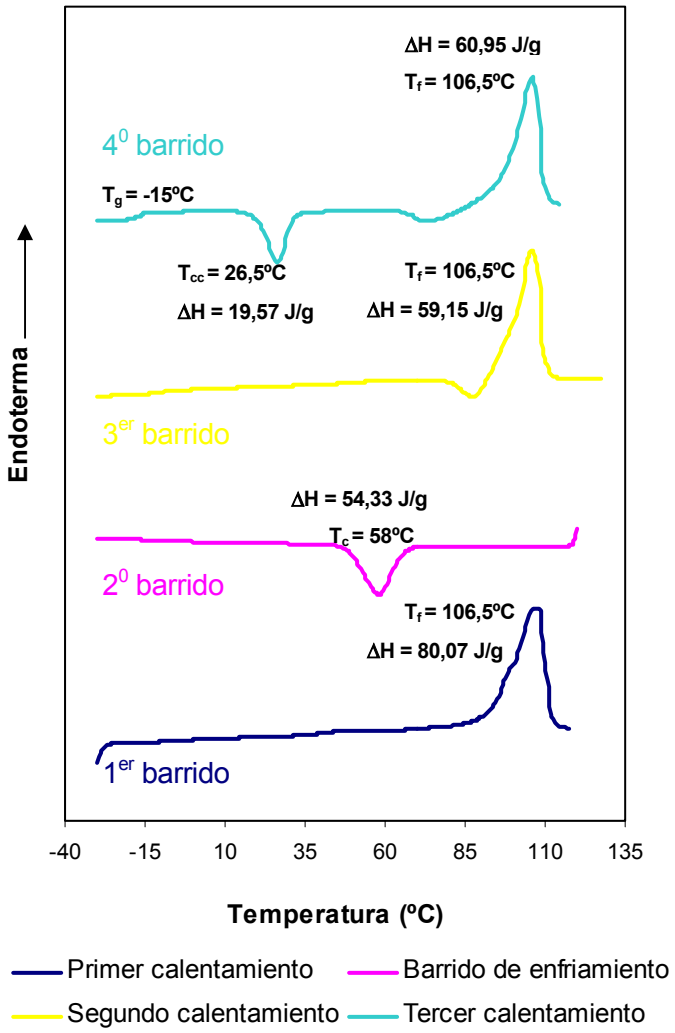


Figura A.3.8 Curvas obtenidas a partir del análisis calorimétrico del Poli(4HB-alt-Glc). (1^er^barrido: 1er calentamiento de la muestra a una velocidad de 20 ºC/min; 2º barrido: 1er enfriamiento de la muestra a una velocidad de 10 ºC/min; 3er barrido: 2º calentamiento a una velocidad de 20 ºC/min; 4^0^ barrido: tercer calentamiento una velocidad de 20 ºC/min, después de un enfriamiento rápido de la muestra*)*

A.4 Microscopía óptica

A.4.1 Principios generales

La microscopía óptica es una técnica cuyo fundamento es la generación de una imagen por interacción de la luz con la muestra. Esta imagen puede revelar detalles con un aumento de hasta 2000 veces y una resolución de 0,5 nm. La información que se obtiene con el microscopio óptico revela la forma, tamaño y ordenación de las características visibles del material.

El microscopio puede ser simple o compuesto, según opere con una o varias lentes de imagen. A su vez, los microscopios compuestos pueden ser *estereomicroscopios* o *microscopios de investigación*. Mientras que los primeros proporcionan una imagen tridimensional muy útil para estudiar la naturaleza del material, los segundos pueden operar por transmisión o reflexión. En un *microscopio de luz transmitida* la luz atraviesa la muestra y la imagen se recoge en la lente del objetivo. Para materiales opacos, la luz se hace pasar a través del objetivo, recogiéndose en el mismo la imagen formada por reflexión. Ello permite un estudio pormenorizado de la topografía del material. En la Figura A.4.1 se representa el esquema de un microscopio óptico con sus partes principales.

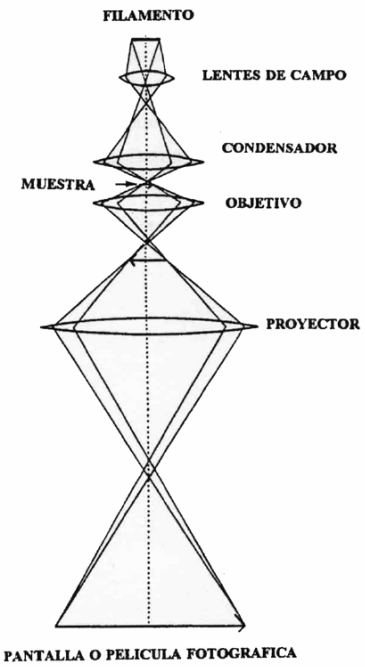


Figura A.4.1 Esquema de un microscopio óptico con sus partes más importantes

El *microscopio óptico* puede operar en dos modos de imagen distintos, el de campo claro y el de campo oscuro. El modo de campo claro es el modo normal de operación de un microscopio, y se utiliza para materiales transparentes, donde el contraste de la luz transmitida se basa en las variaciones de color y densidad de la muestra. El modo de campo oscuro es menos común, pero posee un contraste superior. El modo de reflexión se utiliza ampliamente para incrementar el contraste de superficies ásperas o rugosas.

A.4.2 Análisis de la morfología cristalina: esferulitas

Una amplia variedad de sustancias, desde los minerales hasta los polímeros cristalinos, cristalizan en forma de esferulitas.

Las diferencias de composición química entre estos materiales conducen a diferencias en el empaquetamiento cristalino, y consiguientemente, a diferencias en la birrefringencia, morfología y velocidad de crecimiento.

La estructura esferulítica es característica de la cristalización del fundido, libre tanto de tensión mecánica, como de agitación y de tensión térmica debida a gradientes de temperatura. En los procesos industriales de extrusión y moldeo existen unas condiciones de tensión mecánica y térmica importantes, por lo que en los polímeros aparece una amplia variedad de estructuras no esferulíticas.

Una esferulita crece a partir de un núcleo, que puede ser una partícula extraña o un agregado de moléculas cristalizadas, teniendo lugar el crecimiento a lo largo de todas las direcciones, cesando en el momento en que se acaba el suministro de material procedente del fundido (Figura A.4.2).

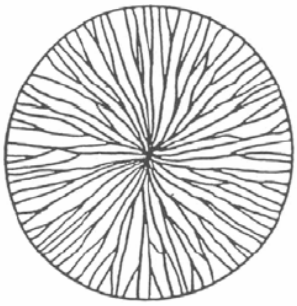


Figura A.4.2. Diagrama de una esferulita con las fibrillas en dirección radial

Una forma de caracterizar las esferulitas está basada en la naturaleza de su birrefringencia. Esta última resulta porque el índice de refracción es diferente cuando la luz pasa a través de un cristal en distintas direcciones. Existen dos direcciones caracterizadas por un máximo y un mínimo en el índice de refracción que se denominan eje óptico mayor y eje óptico menor, respectivamente.

Teniendo en cuenta las posiciones de extinción y máxima luminosidad al utilizar un polarizador y un analizador, la apariencia de la esferulita en un microscopio de luz polarizada es la familiar de la "cruz de malta". Si además se intercala entre la muestra y el analizador un "plato de onda rojo de primer orden" puede determinarse si el radio de la esferulita corresponde al eje mayor o menor del cristal.

Este dispositivo se orienta de forma que si no existe muestra entre el polarizador y el analizador, únicamente la porción roja del espectro es rotada 90°, y por lo tanto es la que pasa por el analizador. Por ello el fondo negro permanece rojo. Si el radio de la esferulita es paralelo al eje mayor de sus cristales componentes, los brazos de la cruz de Malta aparecen rojos, los cuadrantes paralelos al eje óptico del plato de onda aparecen azules y los cuadrantes alternados amarillos. Si el radio de la esferulita corresponde al eje menor de los cristales, los cuadrantes paralelos al eje óptico son amarillos y los alternados azules. En el primer caso se habla de esferulitas positivamente birrefringentes o *esferulitas positivas* y en el segundo caso de esferulitas negativamente birrefringentes o *esferulitas negativas*.

El tipo de esferulita formada por cristalización del fundido depende exclusivamente de la temperatura de cristalización. Una vez formada, el templado por debajo de la temperatura de fusión no cambia el signo de la birrefringencia, aunque su magnitud puede variar algo. Las esferulitas *negativas* son las más comunes en los poliésteres.

En algunas condiciones la extinción muestra *zig-zag* en las cruces de Malta, dando la apariencia de estructuras con anillos o bandas. El espaciado entre anillos aumenta al aumentar la temperatura y el grosor de la esferulita. Datos de difracción de rayos X, espectroscopía infrarroja y microscopía electrónica sugieren que las esferulitas negativas están compuestas de lamelas que crecen paralelamente al eje cristalográfico *a,* es decir, el eje cristalino *a* es paralelo al radio de la esferulita. Según datos de infrarrojo, el plegamiento es comparable al de un monocristal. La apariencia bandeada es debida a la torsión cooperativa de las lamelas a lo largo del eje de crecimiento.

A.4.3 Instrumentación

A continuación se resume el orden de trabajo seguido en este Proyecto para la obtención de la información acerca de la morfología esferulítica, indicándose a la vez el instrumento utilizado.

La *microscopía óptica* se realizó en un microscopio *Carl Zeiss Standard GFL* y en un microscopio *Olympus BX51* equipados con objetivos de contraste de fase. La captación de imágenes se realizó mediante una cámara digital *Olympus Camedia C-3040* (Figura A.4.3).

Las *esferulitas* se realizaron con un horno *Linkam con control de temperatura* (Figura A.4.4).

Figura A.4.3 Montaje completo del Microscopio óptico de luz polarizada y Platina Linkam

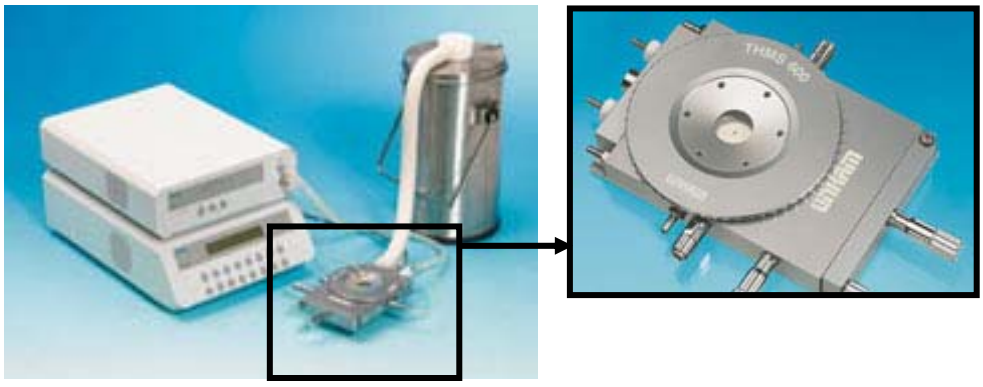


Figura A.4.4 Sistema refrigerador con control de temperatura con Platina Linkam calefactora y refrigeradora desde -196ºC hasta 600ºC.

A.5 FICHAS DE SEGURIDAD DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS

A.5.1 Etanol

ETANOL (Anhidro) **ICSC: 0044**

ETANOL (anhidro)
Alcohol etílico
CH_3CH_2OH/C_2H_5OH
Masa molecular: 46.1

Nº	CAS	64-17-5
Nº	RTECS	KQ6300000
Nº	ICSC	0044
Nº	NU	1170
Nº CE 603-002-00-5		

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con oxidantes fuertes.	Polvo, espuma resistente al alcohol, agua en grandes cantidades, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

EXPOSICION			
INHALACION	Tos, somnolencia, dolor de cabeza, fatiga.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
PIEL	Piel seca.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
OJOS	Enrojecimiento, dolor, sensación de quemazón.	Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
INGESTION	Sensación de quemazón, confusión, vértigo, dolor de cabeza, pérdida del conocimiento.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca y proporcionar asistencia médica.

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes precintables, eliminar el residuo con agua abundante.	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes.	símbolo F R: 11 S: (2-)7-16 Clasificación de Peligros NU: 3 CE:

DATOS IMPORTANTES	**ESTADO FISICO; ASPECTO** Líquido incoloro, de olor característico. **PELIGROS FISICOS** El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas. **PELIGROS QUIMICOS** Reacciona lentamente con hipoclorito cálcico, óxido de plata y amoníaco, originando peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes tales como, ácido nítrico o perclorato magnésico, originando peligro de incendio y explosión. **LIMITES DE EXPOSICION** TLV (como TWA): 1000 ppm; 1880 mg/m^3 (ACGIH 1995-1996). MAK: 1000 ppm; 1900 mg/m^3 (1996).	**VIAS DE EXPOSICION** La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor y por ingestión. **RIESGO DE INHALACION** Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante lentamente una concentración nociva en el aire. **EFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION** La sustancia irrita los ojos. La inhalación de altas concentraciones del vapor puede originar irritación de los ojos y del tracto respiratorio. La sustancia puede causar efectos en el sistema nervioso central. **EFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA** El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afecta al tracto respiratorio superior y al sistema nervioso central, dando lugar a irritación, dolor de cabeza, fatiga y falta de concentración. La ingesta crónica de etanol puede causar cirrosis hepática.
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: 79°C Punto de fusión: -117°C Densidad relativa (agua = 1): 0.8 Solubilidad en agua: Miscible Presión de vapor, kPa a 20°C: 5.8 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 1.6	Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.03 Punto de inflamación: 13°C (c.c.) Temperatura de autoignición: 363°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 3.3-19 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.32

NOTAS
El consumo de etanol durante el embarazo puede afectar al feto. Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-32 Código NFPA: H 0; F 3; R 0;

A.5.2 Nitrógeno (líquido refrigerado)

NITRÓGENO (líquido refrigerado) **ICSC: 1199**

NITROGENO (líquido refrigerado)
Nitrógeno líquido
(licuado)
N_2
Masa molecular: 28.01

Nº	CAS	7727-37-9
Nº	RTECS	QW9700000
Nº	ICSC	1199
Nº NU 1977		

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
INHALACION	Debilidad, pérdida del conocimiento.	Ventilación. Protección respiratoria.	Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica. La administración de oxígeno puede ser beneficiosa siempre que sea efectuada por una persona experta.

PIEL	EN CONTACTO CON LIQUIDO: CONGELACION.	Guantes aislantes del frío.	EN CASO DE CONGELACION: aclarar con agua abundante, NO quitar la ropa y proporcionar asistencia médica.
OJOS	Dolor, quemaduras profundas graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
INGESTION			

DERRAMAS Y FUGAS	**ALMACENAMIENTO**	**ENVASADO Y ETIQUETADO**
Ventilar. NO verter NUNCA chorros de agua sobre el líquido. (Protección personal adicional: equipo autónomo de respiración).	Mantener en lugar bien ventilado.	Botella especial aislada. Clasificación de Peligros NU: 2.2
VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE		
ICSC: 1199	Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión de las Comunidades Eurpoeas © CCE, IPCS, 1994	

D A T O S I M P O R T	**ESTADO FISICO; ASPECTO** Líquido incoloro, inodoro, extremadamente frío. **PELIGROS FISICOS** El gas frío es más pesado que el aire y puede acumularse a nivel del suelo, causando una deficiencia de oxígeno con riesgo de asfíxia. **PELIGROS QUIMICOS** Reacciona en presencia de chispas con oxígeno e hidrógeno dando lugar a la formación de óxido nítrico y amoníaco. Se combina directamente con el litio y a	**VIAS DE EXPOSICION** La sustancia se puede absorber por inhalación. **RIESGO DE INHALACION** Al producirse pérdidas en zonas confinadas este líquido se evapora muy rápidamente originando una saturación total del aire con grave riesgo de asfixia (véanse Notas). **EFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION** La inhalación del gas puede originar asfíxia. El líquido puede producir congelación.

A N T E S	elevadas temperaturas con el calcio, estroncio y bario para formar nitruros. Forma cianuros cuando se calienta intensamente con carbón en presencia de álcalis u óxidos de bario. **LIMITES DE EXPOSICION** TLV no establecido. MAK no establecido.	**EFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA**
PROPIEDADES FISICAS	Punto de ebullición: -195.8°C Punto de fusión: -210°C	Densidad relativa (agua = 1): (véanse Notas) Solubilidad en agua: Ninguna

N O T A S

Densidad del líquido en el punto de ebullición: 0.808 kg/l. Altas concentraciones en el aire producen una deficiencia de oxígeno con riesgo de pérdida de conocimiento o muerte. Comprobar el contenido de oxígeno antes de entrar en la zona. El nitrógeno es un gas asfixiante. NO emprender acción alguna de rescate sin estar provisto de un equipo autónomo de respiración.

Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-112

Código NFPA: H 3; F 0; R 0;

INFORMACION ADICIONAL

FISQ: 4-157 NITROGENO (líquido)	

ICSC: 1199 **NITROGENO (líquido refrigerado)**

© CCE, IPCS, 1994