

**Crióstato****Generalidades:**

Un crióstato es un equipo diseñado para operar (en investigación generalmente realizamos experimentos) a bajas temperaturas. En general hablamos de criogenerador cuando el propio equipo, mediante ciclos termodinámicos de compresión y expansión, es capaz de mantener un gas o líquido criogénico frío en un circuito cerrado. Nos referimos a un crióstato cuando el sistema se enfría gracias a un líquido o gas criogénico generado en un sistema auxiliar liquefactor.

Hay disitintos tipos de crióstatos, algunos muy sofisticados y específicos disñados para cierto tipo de experimentos. Todos, con diferentes diseños tienen:

- Un diseño para que el sistema de trabajo tome contactaco con el criógeno y se enfríe
- Un sistema para medir, variar y controlar la temperatura de la muestra
- Un diseño para montar las muestras de acuerdo al experimento a realizar
- Un cableado interno que conecta al experimento a través de conectores con cables internos conectados a la electrónica.

De acuerdo a la forma en que el sistema toma contacto con el criógeno, encontramos:

- Crióstatos de inmersión: en estos equipos el criostato (o caña) se sumerge en un termo que contiene el líquido criogénico.
- Crióstatos de flujo continuo: El criógeno está en un termo externo, y mediante un trasvasador se hace circular un flujo continuo regulable a través del crióstato.
- Crióstatos contenedores de líquido: Tienen incorporado un termo con una trampa que contiene el líquido criogénico.

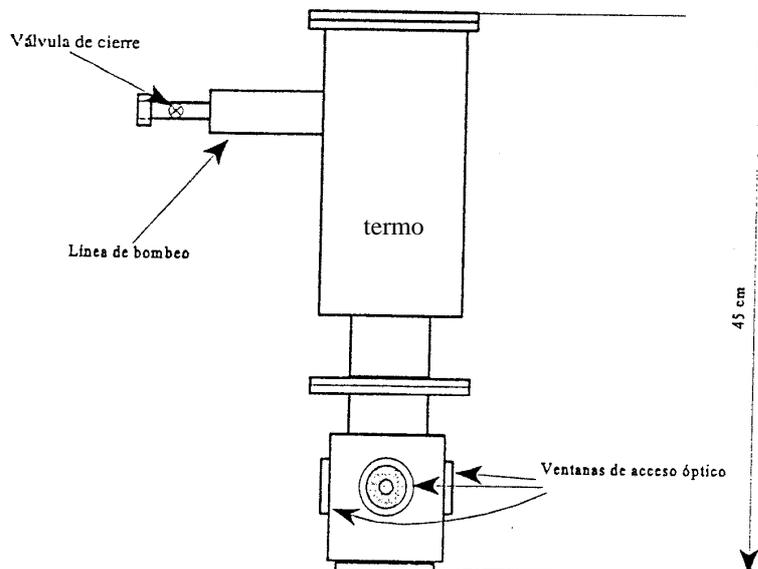
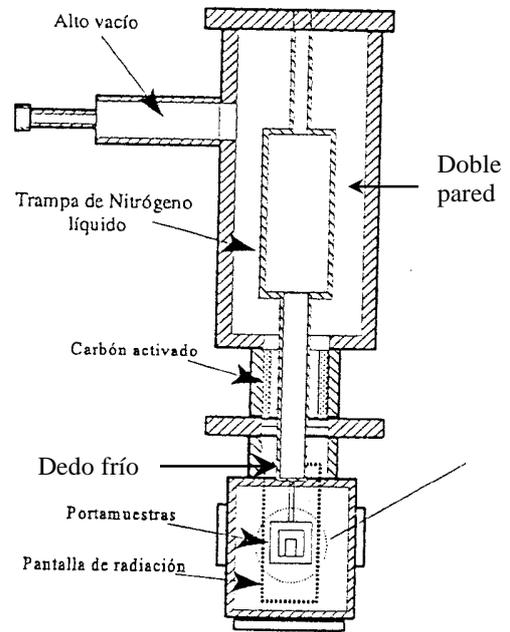
Hay también distintas formas de regular la temperatura. Las dos más comunes son:

- Muestra en atmósfera con gas de intercambio: en estos sistemas un capilar con una válvula regulable conecta el líquido criogénico con la cámara donde está alojada la muestra, de manera que esta queda en inmersa en una atmósfera controlada cuya temèratura se regula con el flujo y generalmente un calefactor que calienta el gas.
- Muestra en vacío: En estos sistemas una parte del equipo (llamada “dedo frío”) se enfría por contacto directo con el criógeno. La muestra está en vacío, conectada al dedo frío a través de una resistencia térmica. Se regula su temperatura mediante un calefactor,

Los criógenos mas usados son Helio ( $T_{\text{ebullición}} = 4.2 \text{ K a Patm}$ ) y Nitrógeno ( $T_{\text{ebullición}} = 77 \text{ K a Patm}$ ), que es el que se usará en Labo 5. Sus especificaciones, forma de uso y medidas de seguridad están en la Clase de Seguridad. Se recomienda leerlas.

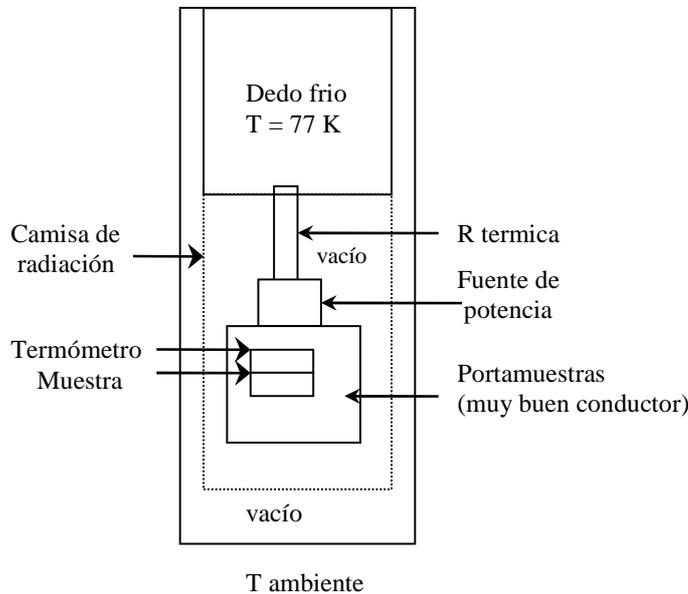
### El crióstato de Laboratorio 5:

El crióstato disponible en el laboratorio contiene un termo aislado del ambiente por una doble pared en la que se hace vacío de difusora ( $p \sim 10^{-5}$ Torr). La parte inferior del termo (en contacto con el dedo frío) es una trampa de cobre (buen conductor termico), conectada al exterior por una boca de llenado de acero inoxidable (mal conductor). El único contacto del líquido criogénico (en este caso  $N_2$ ) con el ambiente es una tapa con un orificio en la parte superior por donde se introduce el líquido. El espacio entre la doble pared está conectado a la cámara donde se instala la muestra. Una malla con carbón activado atrapa las moléculas en frío, ayudando a mantener un buen vacío una vez terminado el bombeo. El equipo tiene 4 ventanas de vidrio a  $90^\circ$  a la altura del portamuestras.



### Control y regulación de temperatura:

El esquema del diseño básico que permite regular la temperatura en este tipo de sistemas es el siguiente:



El dedo frío puede considerarse un baño térmico a la temperatura del líquido criogénico. El portamuestras se conecta con el dedo frío a través de una resistencia térmica, que consiste en una pieza de un material que no debe ser ni muy buen conductor, ni muy aislante. Esto permite enfriar el portamuestras a la  $T$  del portamuestras en un tiempo razonable y levantar su temperatura respecto del baño con la potencia entregada por un calefactor.

Todo el sistema está en vacío para evitar el contacto térmico directo del portamuestras con el baño y con el exterior. Si se desea trabajar con temperaturas cercanas al baño, debe incluirse una pantalla de radiación, que consiste en un capuchón conductor anclado a la temperatura del baño, que evita la entrada de potencia por radiación desde la camisa exterior (a  $T_{\text{ambiente}}$ ) hacia la muestra.

El calefactor debe estar en buen contacto térmico con el portamuestras a través de un material de baja resistividad y baja capacidad térmica, para tener una respuesta rápida del sistema a las variaciones de potencia.

El termómetro debe sensar la  $T$  de la muestra. Por lo tanto:

- Tienen que estar en estrecho contacto térmico; se debe minimizar la resistencia térmica entre ambos para que la diferencia de temperatura entre ambos sea la menor posible.
- Debe minimizarse las entradas adicionales de potencia (por radiación, a través del contacto térmico con los cables). Para eso, usaremos pantalla de radiación y los cables serán lo más delgados posibles para aumentar su resistencia térmica y evitar cortocircuitos térmicos. El diámetro de los cables está limitado también por cuestiones mecánicas (demasiado delgados se romperán) las corrientes que se

desean utilizar (si son demasiado delgados también aumenta la resistencia eléctrica y aumenta la potencia disipada por el paso de la corriente de transporte del experimento).

- Debe evitarse el calentamiento por corrientes de transporte aplicadas a la muestra o al termómetro. Para eso, ambos deben tener un buen anclaje térmico con el portamuestras, de forma de disipar rápidamente la potencia generada por el propio experimento.

Si todas las condiciones anteriores se cumplen, puede estimarse la temperatura aproximada que alcanzará el portamuestras en el estacionario como:

$$\Delta T = T_{\text{muestra}} - T_{\text{baño}} = R \cdot P$$

Donde R es la resistencia térmica y P la potencia entregada por el calefactor. La resistividad de los materiales depende de la temperatura. Se debe tener en cuenta que la resistencia tiene un extremo a la temperatura del baño y el otro a la del portamuestras para una estimación de  $R(\Delta T)$ . Si bien esta estimación es muy aproximada, es útil para dimensionar el calefactor y la resistencia térmica al diseñar el equipo.

En condiciones ideales, a potencia nula la muestra tendrá la misma temperatura que el baño. El tiempo en el cual el sistema se enfriará desde  $T_{\text{amb}}$  (condición inicial al comenzar a trabajar con el equipo si  $N_2$ ) hasta  $T_{\text{baño}}$  dependerá de las capacidades caloríficas involucradas. Es conveniente tenerlo en cuenta a la hora de dimensionar el sistema.

### **Conexiones eléctricas y cableado:**

En todos los experimentos señales provenientes de los elementos del portamuestras (termómetro, muestras, sensores, etc) deben adquirirse con electrónica exterior. También deben introducirse estímulos externos (corrientes de transporte, luz, campos magnéticos, etc).

Las conexiones eléctricas se realizan mediante conectores estancos. En el interior del equipo se conectan cables adecuadamente dimensionados para el control térmico, mientras que en el exterior se colocan cables mecánicamente robustos y con conectores adecuados para la electrónica a utilizar.

Para evitar la entrada de calor por los cables, estos deben estar anclados térmicamente a la fuente fría durante su recorrido y, para el caso de termómetro y muestra, es recomendable una estación térmica solidaria a la temperatura del portamuestras.

Para minimizar el ruido de la señal, se recomiendan las siguientes precauciones:

- Para evitar la inducción electromagnética de señales, los pares de cables (que formarán parte de un mismo circuito) no deben formar lazos. La forma más usada para evitarlo es el trenzado de pares.
- En caso de experimentos a altas frecuencias (del orden del MHz) es recomendable usar microcoaxiales.

- Las mallas de los coaxiales externos deben estar a la tierra electronica y, la carcaza del equipo debe estar a la misma tierra, constituyendose en malla para los cables internos.
- Los contactos (soldaduras) deben ser hechos con cuidado y ser lo menos resistivos posible.

Dado que los cables internos son delgados y por lo tanto resistivos, todas las mediciones de resistividad deben realizarse a cuatro puntas (tanto para el termómetro como para la muestra).