

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1981

09.81.08

401

UTILIZACION DEL SILICAGEL EN LA PRESERVACION DE EQUIPOS ELECTRONICOS EMBALADOS

Método de cálculo de la cantidad de desecante

Juan C. del Valle

Dirección de Centrales Nucleares - Gerencia de Ingeniería
Departamento de Ingeniería de Procesos - C.N.E.A

Osvaldo O. Guido

Dirección de Investigación y Desarrollo - Gerencia de Procesos Químicos - Departamento de Química - C.N.E.A.

Los resultados del cálculo de la cantidad de desecante necesaria para la preservación de equipos embalados, durante un período determinado, difieren entre sí según sea el procedimiento en que se basen.

Por tal razón, este trabajo tiene como finalidad proponer un método de cálculo y comparar los resultados obtenidos con aquellos correspondientes a la aplicación de una norma de aceptación internacional y un método generalizado.

El cálculo de la cantidad de desecante es necesariamente aproximado, dado que es posible un variado rango de temperaturas y humedades relativas del ambiente exterior; por lo tanto, se han asumido suposiciones en su tratamiento que aseguren un exceso de desecante, de manera que se tenga un margen de seguridad adecuado para este tipo de estimaciones aproximadas.

En general, la experiencia ha mostrado que cuando la intención es evitar la corrosión de las partes metálicas y prevenir el enmohecimiento, el máximo de humedad relativa permisible es de 50%, para cualquier temperatura climática. En el entorno de este porcentaje de humedad relativa, el gel de sílice anhidro o silicagel tiene mayor capacidad de adsorción estática de vapor de agua que cualquier otro desecante que funcione en virtud de adsorción física o de Van der Waals.

En este tipo de adsorción las fuerzas físicas son activas en la superficie del sólido y el gas o vapor pasa al estado condensado sobre ella; el equilibrio se alcanza rápidamente y es completamente reversible. (Figura 1).

La figura representa las isotermas de adsorción para tres sistemas agua-desecante y en ella se puede apreciar la mayor capacidad de adsorción de vapor de agua del silicagel respecto de otros desecantes de uso común, en el intervalo considerado.

Si se impregna el silicagel con una sal de cobalto como indicador, se observa un cambio de color del azul al rosa cuando el material está en contacto con una atmósfera que pasa del 30 al 60% de humedad relativa, a temperaturas atmosféricas ordinarias, propiedad muy útil para determinar visualmente el momento en que el silicagel agota su capacidad de adsorción. La temperatura de regeneración, usualmente alrededor de 125°C, nunca debe exceder los 260°C porque se pierden las propiedades adsorbentes.

Asumiendo ciertas suposiciones bastante cercanas a la realidad, es posible calcular la cantidad de desecante

necesaria para proteger el contenido de un embalaje, durante un período dado, bajo determinadas condiciones climáticas.

Los factores que deben ser considerados para el cálculo son:

- La penetración de vapor húmedo a través del material del envase contenedor de los bienes a proteger.
- El volumen de aire dentro del embalaje.
- El período de protección requerido.
- El tipo de clima al que el embalaje va a estar expuesto.

- La capacidad de adsorción del desecante.

En el método propuesto el ingreso de humedad se estima en base a los efectos del tipo de clima en la atmósfera interior del embalaje.

Teniendo en cuenta las características propias del envase contenedor de los equipos, que generalmente es de espuma sintética rígida para protegerlos de daños por impacto, se intenta aprovechar la marcada inercia térmica del material para atenuar los efectos de la amplitud térmica del ambiente en el interior del contenedor y, por lo tanto, disminuir el ingreso de aire húmedo desde el exterior, debido a la contracción de volumen del aire interior en los períodos de descenso de temperatura.

Para calcular el valor de la amplitud térmica en el interior del embalaje, se determina experimentalmente la curva de enfriamiento del mismo (Figura 2). A partir de esta curva, trazando tangentes a la misma, se obtienen gradientes de temperatura para cada diferencia de temperatura entre el interior del embalaje y el ambiente. En la Figura 3 se representa la variación del gradiente de temperatura con la amplitud térmica embalaje-ambiente, obtenido a partir de la curva de enfriamiento.

Puede entonces, mediante una expresión termodinámica, calcularse la temperatura en el interior del embalaje, luego de un período determinado de almacenamiento a una temperatura exterior constante dada, en base a los siguientes datos:

- Temperatura ambiente.
- Temperatura inicial en el interior del contenedor.
- Gradiente de temperatura.
- Período antes mencionado.

Para asegurar el sobredimensionamiento se imponen las siguientes condiciones iniciales en el cálculo de la amplitud térmica interior:

- Permanencia de la temperatura ambiente en su valor mínimo promedio anual durante 6 horas diarias.
- Temperatura interior inicial del embalaje igual a la temperatura máxima promedio anual.
- Gradiente de temperatura correspondiente a una amplitud térmica igual a la mitad de la diferencia de temperaturas iniciales embalaje-ambiente.

De esta manera se obtiene un valor de la amplitud térmica interior del embalaje, que nos permite calcular la contracción de volumen del aire interior y, consecuentemente, el ingreso del vapor de agua del exterior, adoptando como va-

lor de humedad relativa ambiente el correspondiente al promedio anual. Mediante el diagrama psicrométrico se determina la humedad absoluta del aire que ingresa, en las condiciones más desfavorables, o sea las de equilibrio a la temperatura máxima promedio anual. Con este dato y el valor del volumen específico del aire seco exterior, se calcula la cantidad de vapor de agua que deberá adsorber el desecante diariamente. Multiplicando esta cantidad por un coeficiente que es el número de días del período de conservación establecido, se obtiene el total de agua que ingresa al contenedor en dicho período. Luego, en base a la capacidad de adsorción del desecante a la humedad relativa que se quiere mantener en el interior del embalaje se determina la cantidad necesaria de desecante.

Con la finalidad de comprobar prácticamente el método de cálculo antes descripto, se propone una prueba de uso que consiste en lo siguiente:

Se embalan cuatro equipos en la forma establecida para su almacenamiento, en los que se coloca una bolsa de tela de filtro conteniendo la cantidad de silicagel (con indicador) calculada, según el método propuesto, para la conservación en las condiciones que se establezcan para el ensayo.

Se someten estos embalajes a varias evoluciones en un recinto que cumpla con las condiciones climáticas preestablecidas. Se retira y abre periódicamente uno de ellos para verificar, mediante el indicador, si el silicagel ha agotado su capacidad de adsorción. El último embalaje se abre al completar el período de conservación previsto. El resultado de la prueba de uso se considera satisfactorio cuando al realizar la última verificación no se observa viraje alguno del indicador.

En la figura 4 se muestra uno de los amplificadores electrónicos, para detectores de flujo neutrónico, en su embalaje de espuma de poliestireno rígida. Estos equipos deben permanecer almacenados en la zona de Embalse (Córdoba) por un período estimado de dos años.

Para este conjunto equipo-contenedor se calculó la cantidad de desecante necesaria por distintos métodos. Los resultados obtenidos son los de la tabla 1.

TABLA 1

METODO	CANTIDAD DE SILICAGEL (g)
Norma MIL-P-116 F	18
Método CNEA basado en CREMER y DAVIES	14
Método CNEA propuesto	12

El valor hallado mediante el método propuesto es inferior en más de 30% al valor obtenido según norma MIL. Este valor es evidentemente muy sobredimensionado, por tratarse de un método válido para transporte marítimo, que no tiene en cuenta las condiciones climáticas de la zona de almacenamiento. No se dispone de información referida a los fundamentos de este cálculo, lo cual impide discutir sobre las razones de la diferencia encontrada respecto de los restantes métodos desarrollados, más allá de las expresadas anteriormente.

El resultado hallado con el método CNEA basado en CREMER y DAVIES es el que más se aproxima al obtenido mediante el aquí propuesto, siendo la diferencia observada producto de operar con valores relativos de humedad, que se determinan gráficamente, y de aplicar el factor de corrección por actividad del desecante en la última etapa del

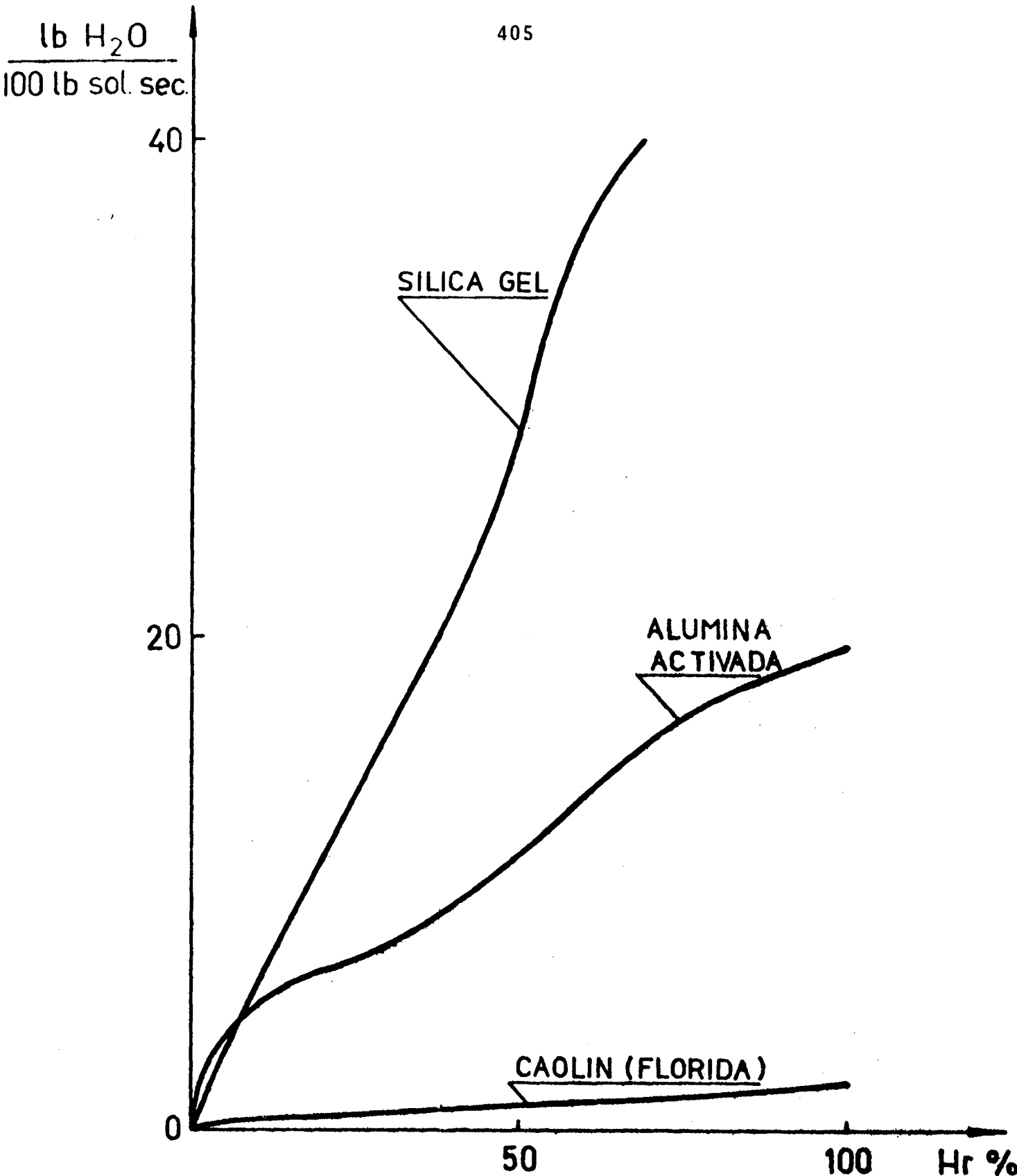
cálculo. Además, el método propuesto resulta más simple por operar sólo con valores absolutos de humedad.

Es conveniente señalar, que el procedimiento descrito por CREMER y DAVIES es totalmente generalizado, siendo aplicable a grandes recintos para preservación de mercaderías, y en él se indica que, además de tener en cuenta el aporte de humedad de los bienes a conservar, se debe considerar cualquier otra fuente de ingreso de humedad, pero no se desarrolla esta observación; por lo tanto, se optó por calcular el ingreso de humedad derivado del cambio térmico ambiental, con el mismo criterio aplicado en el método propuesto.

En el método propuesto se tienen en cuenta tanto los factores climáticos como los derivados de la geometría y el material del embalaje, contando además como factor de seguridad el no haber efectuado la corrección derivada de la baja penetración de humedad en la espuma sintética de celdas cerradas. Si se hubiera considerado dicha corrección, se habría obtenido un resultado aún menor.

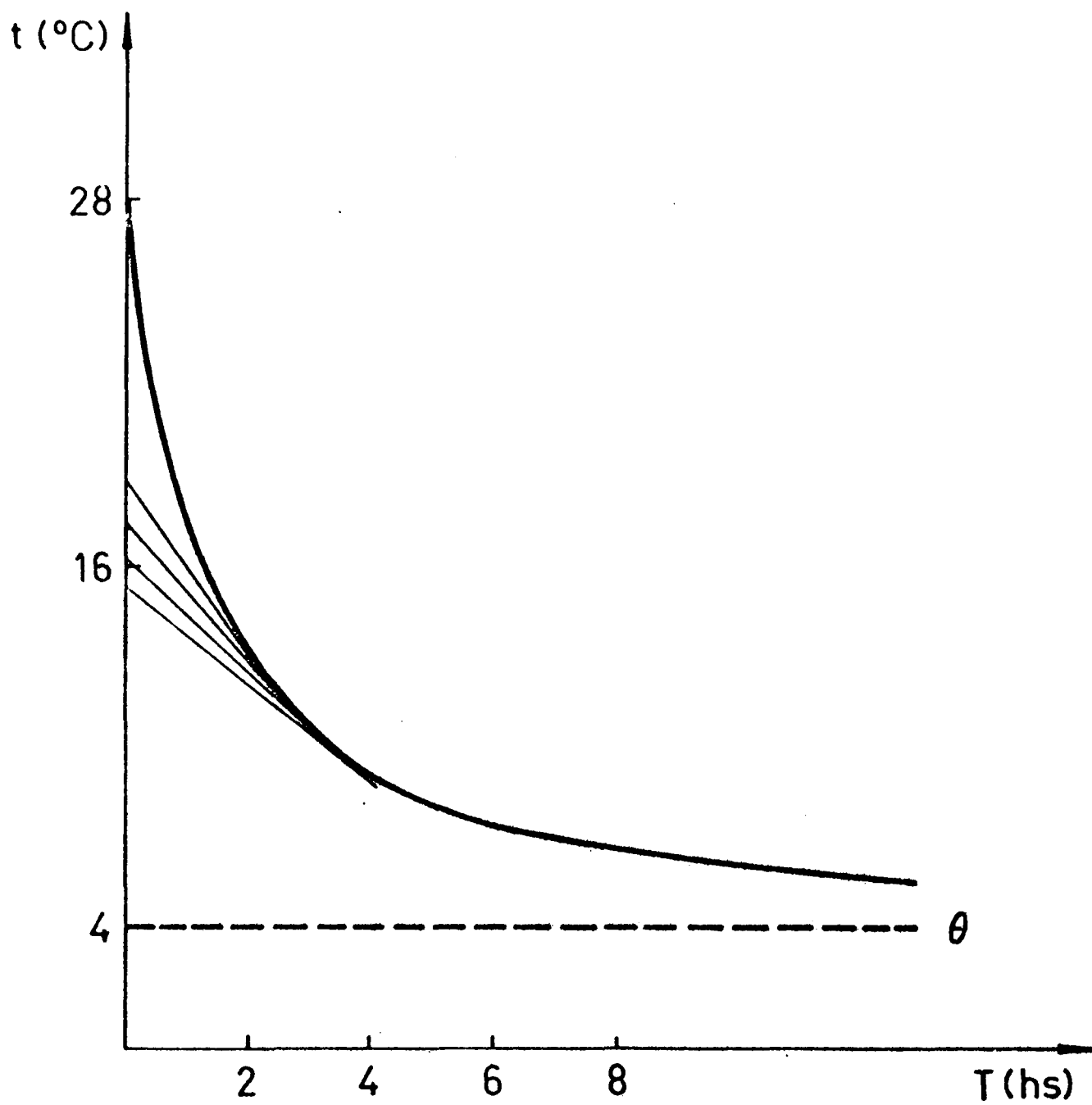
Si bien el hecho de incluir una etapa experimental para calcular la amplitud térmica interior, hace más lento el procedimiento que el correspondiente a norma MIL, no se considera una desventaja importante, pues esta etapa es de fácil realización y no requiere equipamiento especial.

De todas maneras, la importancia del método CNEA reside en haber reducido el sobredimensionamiento del procedimiento normalizado, sin disminuir el margen de seguridad. No obstante, el mayor grado de confiabilidad es alcanzado si la prueba de uso se realiza y su resultado es satisfactorio.



ISOTERMAS DE ADSORCION DE VARIAS SUSTANCIAS A 77 °F

Figura 1



CURVA DE ENFRIAMIENTO

θ Temperatura ambiente mínima

Figura 2

VARIACION DEL GRADIENTE DE TEMPERATURA CON LA AMPLITUD TERMICA

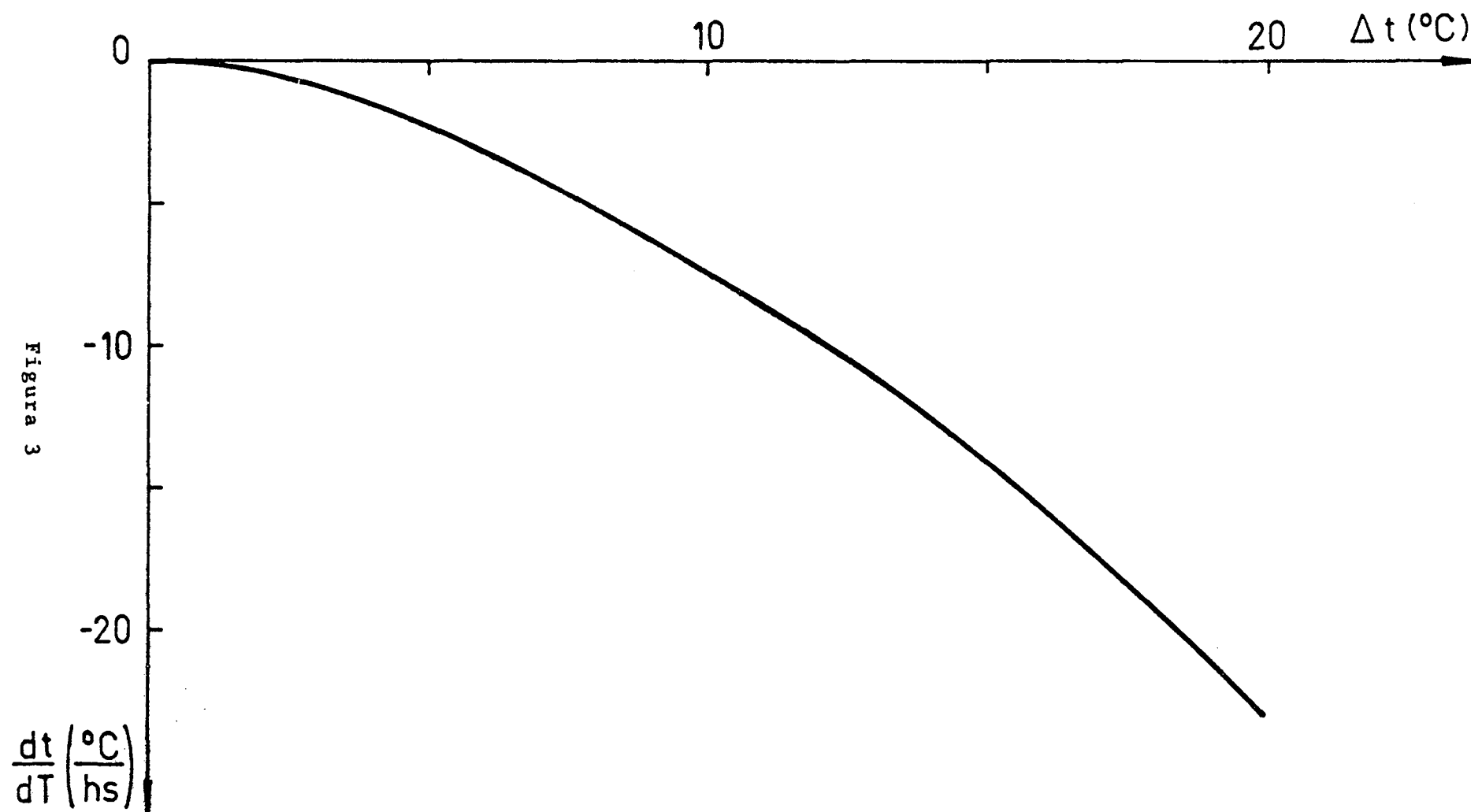


Figura 3

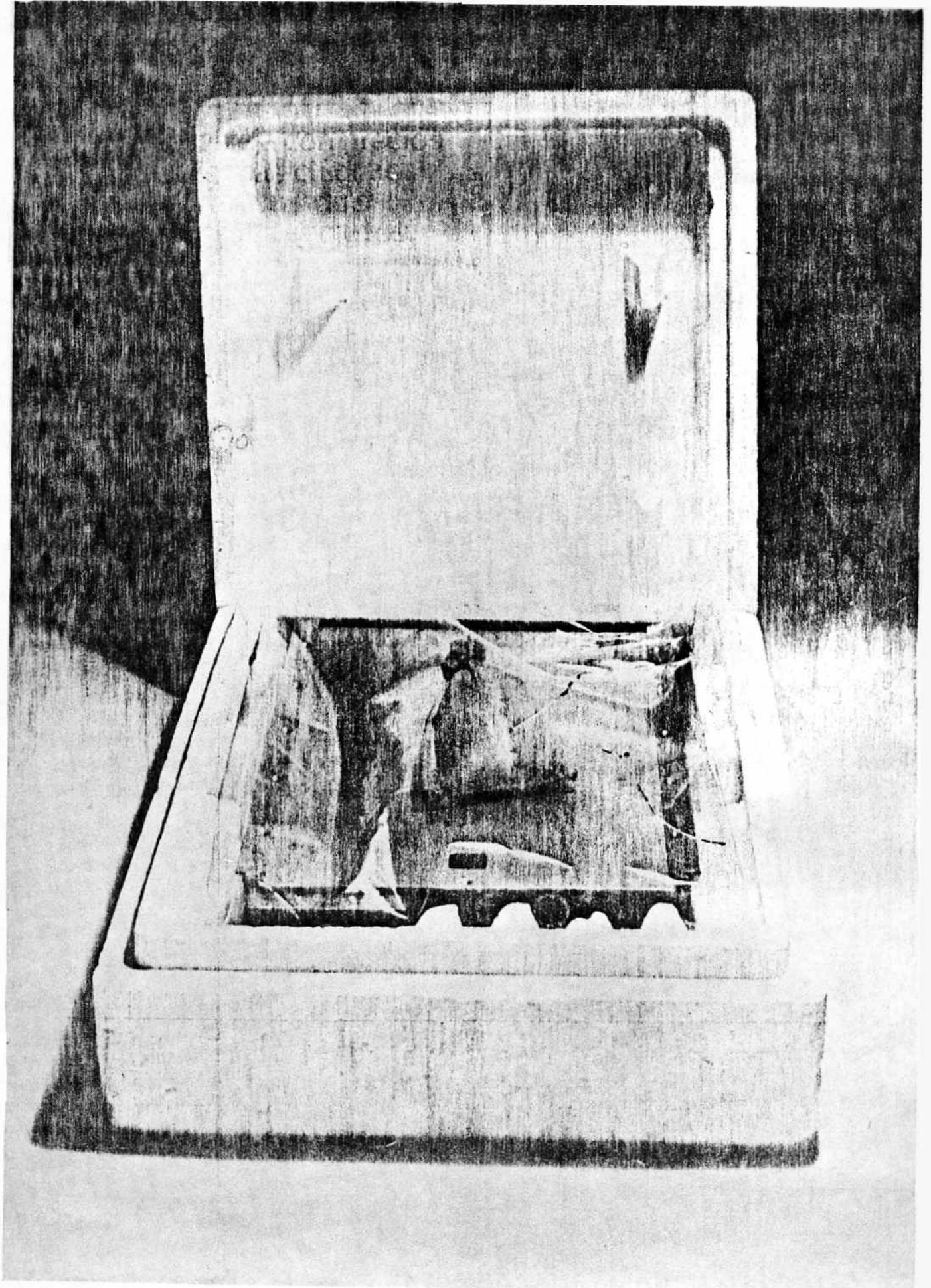


Figura 4