

CAPITULO III

PROPIEDADES DEL AIRE UTILIZADO PARA EL SECADO DE PRODUCTOS AGRICOLAS

3.1 GENERALIDADES

Al tratar este tema se pretende que el lector se entere de los conceptos más comúnmente utilizados en psicrometría con el fin de que pueda aplicarlos al manejo de una pequeña instalación de secado o de almacenamiento de granos.

En el secado de productos agrícolas, el medio secante es el aire húmedo el cual es una mezcla de aire seco y vapor de agua.

El aire seco está compuesto por un número de gases, principalmente oxígeno y nitrógeno, además de componentes menores tales como dióxido de carbono, hidrógeno, etc.

AIRE SECO + VAPOR DE AGUA → MEZCLA → AIRE HUMEDO
(O₂, N₂, CO₂) AGUA

Además de los gases antes señalados, el aire húmedo contiene una cantidad variable de vapor de agua. Esta cantidad no sobrepasa el 4% del peso del aire, pero tiene efectos muy importantes en los procesos de secado.

3.2 CARTA PSICROMETRICA

Para facilitar la frecuente necesidad de cálculo existen gráficas especiales con las cuales se evalúan las propiedades de las mezclas aire-vapor.

A estas gráficas se les conoce con el nombre de cartas psicrométricas, las cuales están compuestas por líneas que representan gráficamente los valores de entalpia, temperatura, humedad relativa, volumen específico, etc., como se indica en la figura 3.1

Una carta psicrométrica es aplicable únicamente a la presión barométrica para la cual es construída, o sea para una altura determinada sobre el nivel del mar.

TABLA 3.1 PROPIEDADES DEL AIRE HUMEDO EMPLEADAS EN LA CARTA PSICROMETRICA Y LOS RANGOS UTILIZADOS PARA EL SECADO DE GRANOS.

PROPIEDAD	SIMBOLO	RANGO
Entalpia	h	23 a 314 kJ/kg ó 5.5 a 75 kcal/kg aire seco
Humedad absoluta	W	0.005 a 0.2 kg/kg aire seco
Humedad relativa	H.R	0 a 100%
Temperatura bulbo seco	Tbs	10 a 120°C
Temperatura bulbo húmedo	Tbh	5 a 110°C
Temperatura punto de rocío	Tpr	0 a 60°C
Presión de vapor	Pv	Pascal o Kpascal
Volumen específico	v	0.75 a 1.25 m ³ /Kg de aire seco

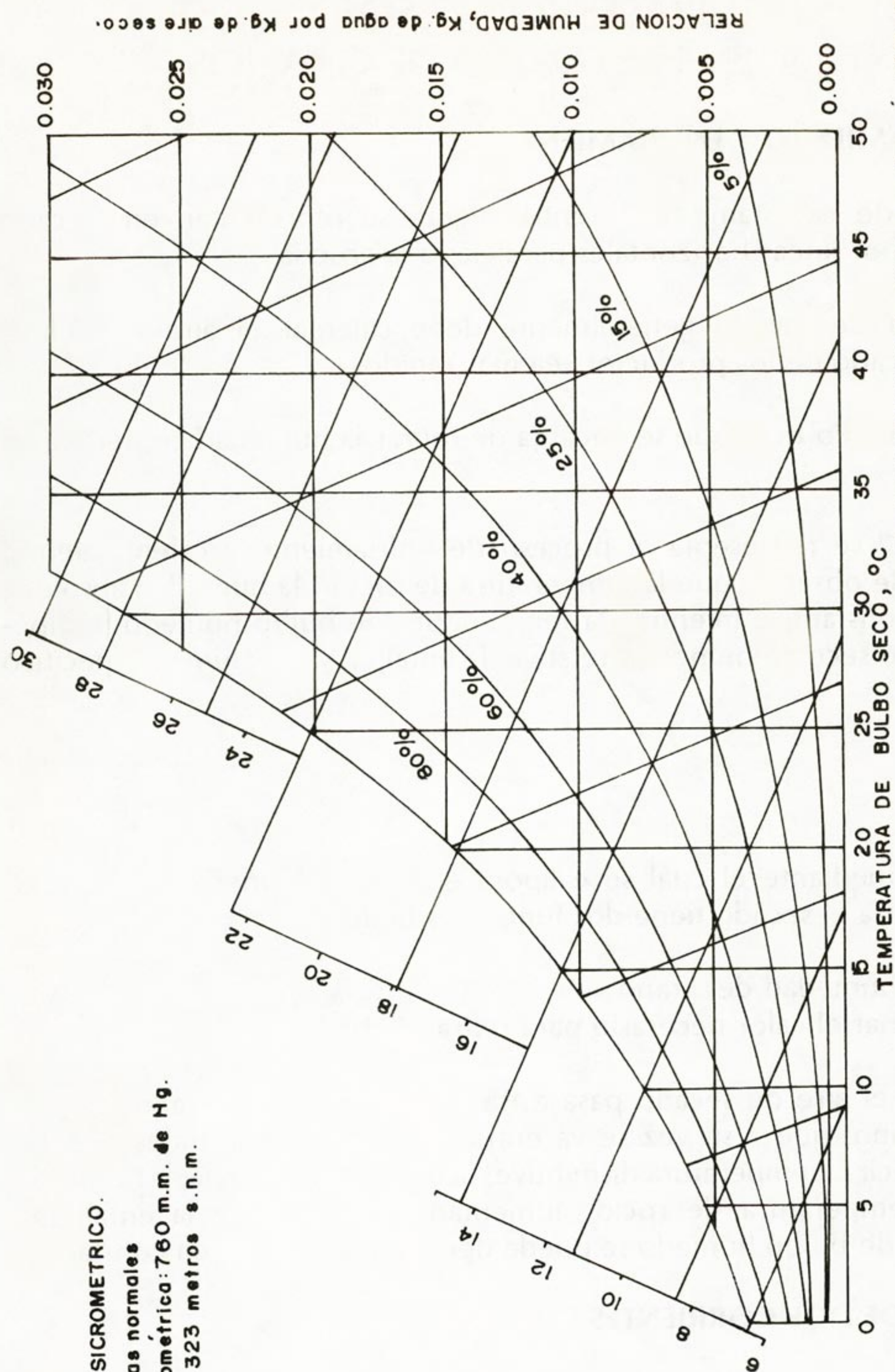


FIG. 3.1 CARTA SICROMETRICA A CONDICIONES NORMALES, PRESION BAROMETRICA 760 m.m.Hg. ó 14.7 P.S.I.
 ó 101.325 PASCALES. ALTURA ENTRE 0-323 metros SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

3.3 REPRESENTACION EN LA CARTA PSICROMETRICA DE LOS PRINCIPALES PROCESOS QUE SE PRESENTAN EN EL SECADO DE GRANOS.

3.3.1 CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO

Los procesos de calentamiento y enfriamiento se representan en la carta psicrométrica por líneas horizontales paralelas a la abscisa.

En el proceso de secado generalmente debe calentar el aire ambiental, para que el secado de los productos sea más rápido.

El aire así calentado es el que se encarga de retirar la humedad contenida en el grano.

En la figura 3.2 se representa el proceso de enfriamiento y calentamiento, donde se puede observar que la temperatura de rocío y la humedad absoluta, permanecen constantes, mientras la temperatura de bulbo húmedo, temperatura de bulbo seco, la humedad relativa, la entalpia y el volumen específico varían.

3.3.2 SECADO

Es el proceso mediante el cual se evapora el agua o humedad del grano. El aire usado para el secado tiene dos funciones básicas:

1. Retirar la humedad del grano
2. Proporcionar el calor necesario para retirar dicha humedad.

A medida que el aire de secado pasa a través de la masa de grano evapora el agua del grano, que a su vez se va enfriando tal como se muestra en la figura 3.3. es decir la temperatura disminuye; la humedad absoluta, la humedad relativa y la temperatura de rocío, aumentan, mientras que la entalpia y la temperatura de bulbo húmedo se puede decir que permanecen constantes.

3.3.3 MEZCLA DE DOS CORRIENTES DE AIRE HUMEDO

En muchas aplicaciones de secado y almacenamiento de productos agrícolas, se presenta la mezcla de dos corrientes de aire con diferentes caudales, temperaturas y humedades relativas.

La condición resultante de tal mezcla puede representarse directamente en la carta psicrométrica, como se muestra en la figura 3.4

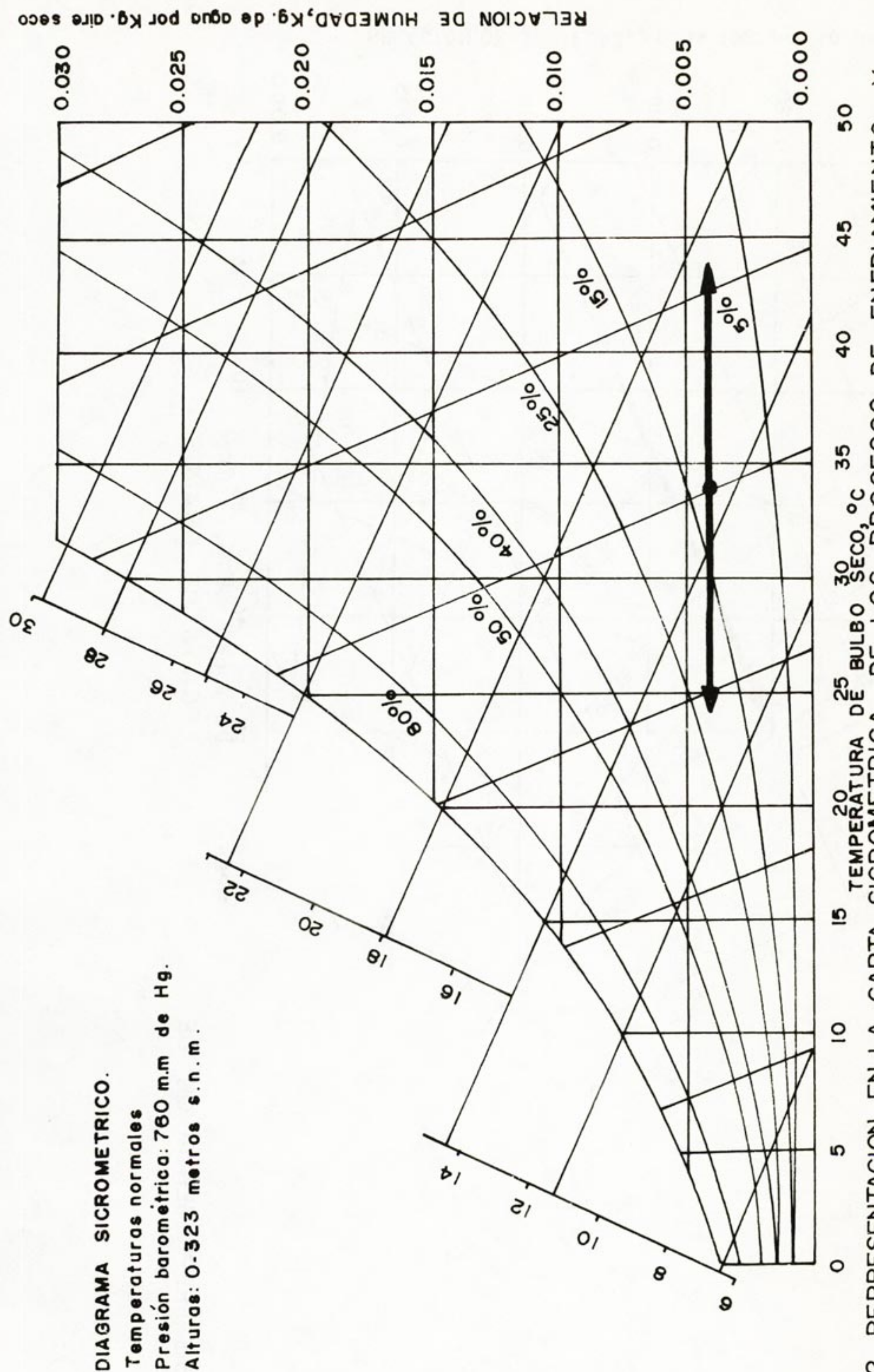


FIG. 3.2 REPRESENTACION EN LA CARTA SICROMETRICA DE LOS PROCESOS DE ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO, EN DONDE VARIA LA MAYORIA DE LAS CONDICIONES DE AIRE.

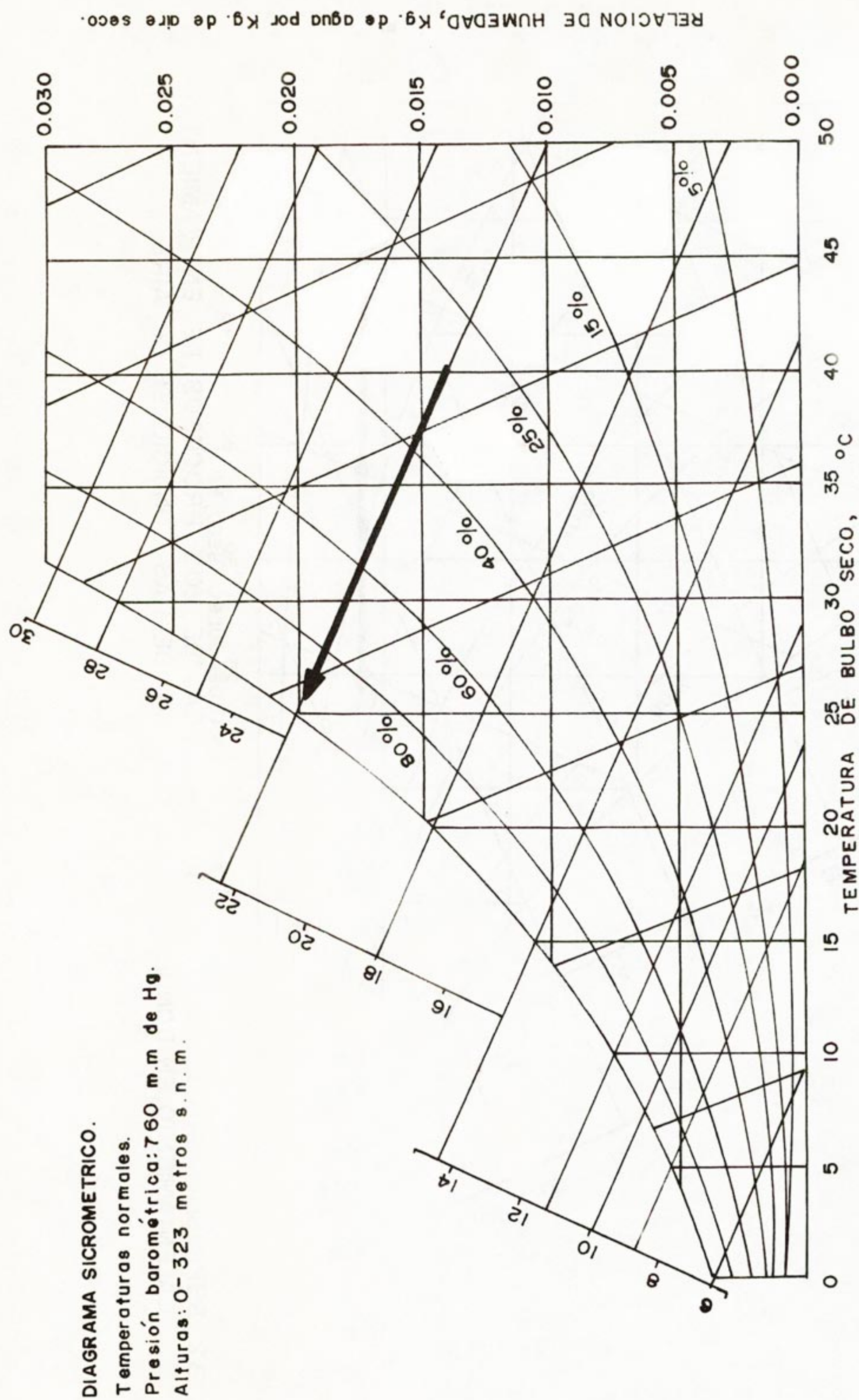


FIG. 3.3 REPRESENTACION DE UN PROCESO DE SECADO DE GRANOS.

Diagrama sicrometrico
 TEMPERATURAS NORMALES.
 PRESION BAROMETRICA: 760 mm de Hg.
 ALTURAS: 0 - 323 metros. s.n.m.

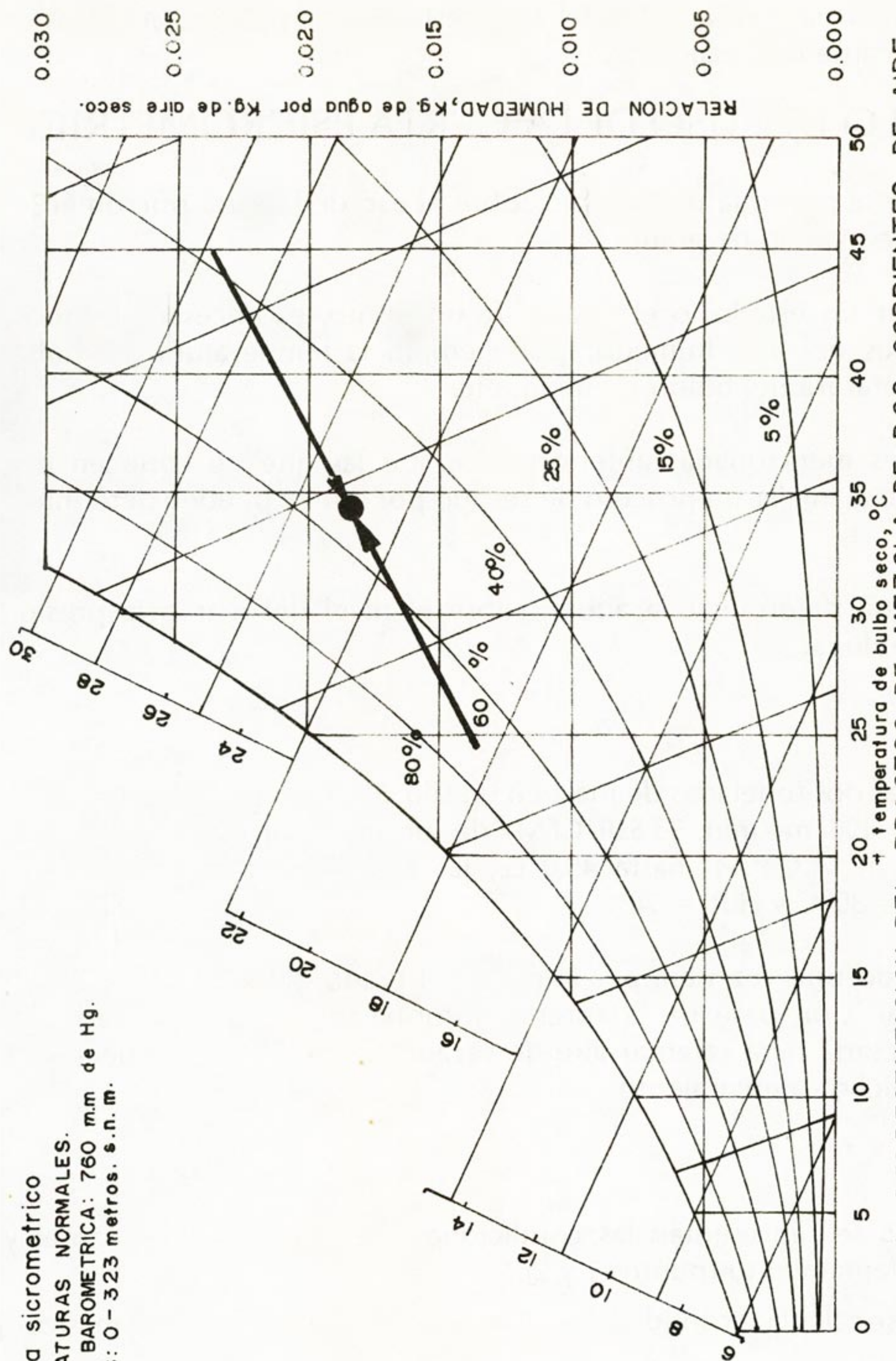


FIG. 3.4 REPRESENTACION DEL PROCESO DE MEZCLA DE DOS CORRIENTES DE AIRE.

Este proceso es uno de los utilizados especialmente cuando el secado se hace mecánicamente o sea en máquinas secadoras donde es necesario dejar que el aire ambiente se mezcle con el aire caliente que pasa por el quemador.

Es necesario medir la temperatura del aire de la mezcla para evitar daños en los granos por causa del secado.

3.4 EJEMPLO DEL USO DE LA CARTA PSICROMETRICA.

A continuación se presenta un ejemplo sobre el uso de la carta psicrométrica en problema de manejo de granos.

Para determinar un estado, o el estado de un punto, es necesario conocer dos propiedades del aire húmedo; por ejemplo la temperatura del bulbo seco y la temperatura del bulbo húmedo, etc.

Las propiedades mencionadas anteriormente, son las que se conocen más frecuentemente al iniciar un proceso de secado por que se pueden determinar fácilmente.

Además, hay que determinar la altura sobre el nivel del mar o la presión barométrica del lugar.

Ejemplo:

Se necesita secar dos toneladas de maíz en un silo. Se dispone de un ventilador que suministra 100 m³/min. (3.530 CFM) de aire, el cual es calentado por un quemador de A.C.P.M. hasta 45.0°C., las condiciones ambientales del lugar son: T_{bs} = 30°C y H.R. = 70%.

El aire de secado una vez pasa por la masa del grano, sale con una H.R. de 100% (saturado). Con base en la anterior información se puede averiguar la energía necesaria para calentar aire de secado y el combustible necesario para efectuar dicho calentamiento.

Solución

En la figura 3.5 se representan las condiciones del aire de secado, antes y después del calentamiento (puntos 1 y 2).

Inicialmente se calcula la cantidad de aire utilizado denominado flujo másico (fm)

$\dot{m} = Q/V$ donde:

$\dot{m}$ = Velocidad de flujo másico, kg. aire seco/hr.

Q Flujo de aire (Suministrado por el ventilador) en: m³/hr.

V = Volumen Específico, m³/kg. de aire seco

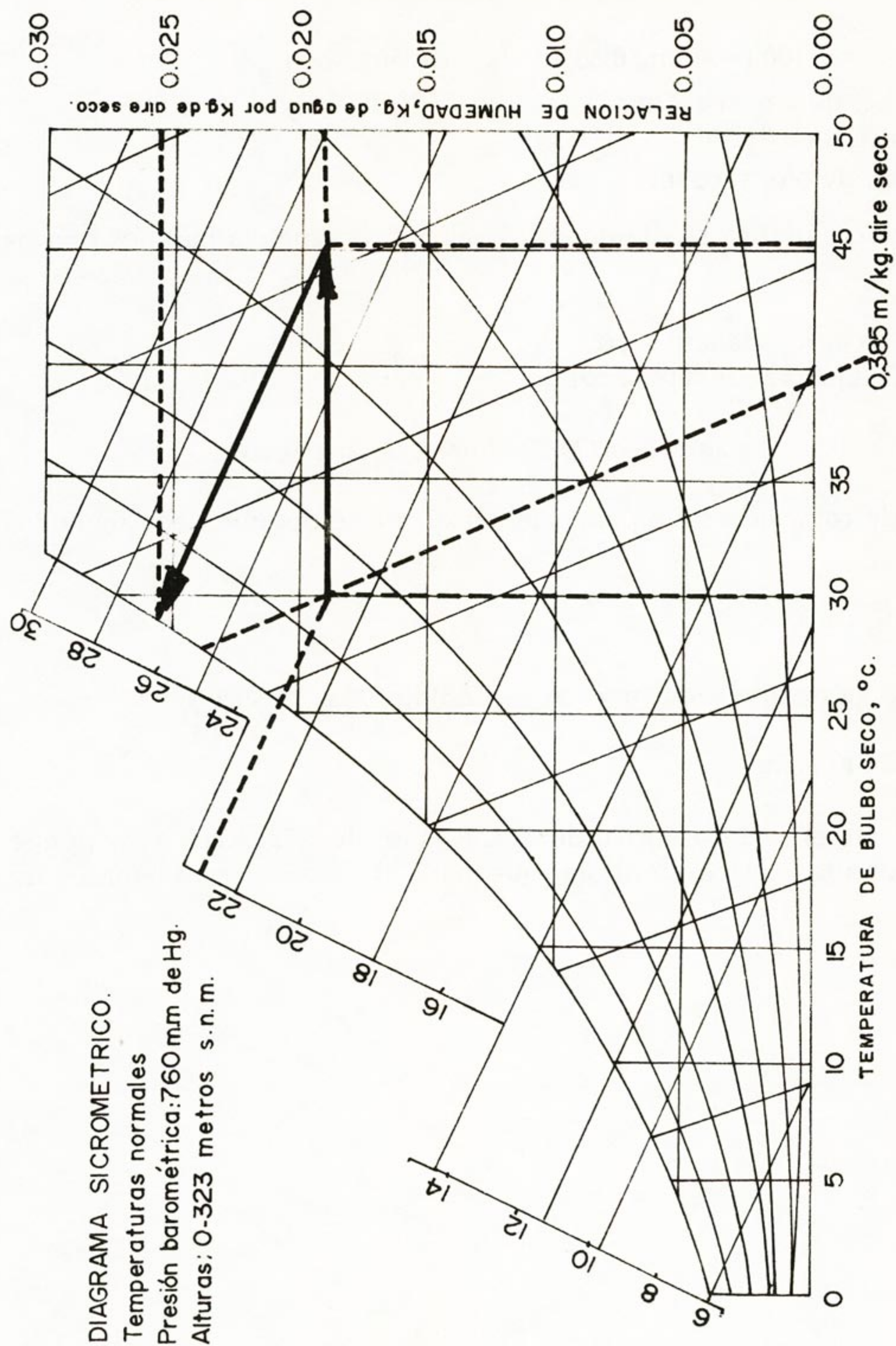


FIG. 3.5 REPRESENTACION GRAFICA DEL EJEMPLO, EN LA CARTA SICROMETRICA.

De la carta psicrométrica a presión normal, se obtiene el valor del volumen específico del aire, para las condiciones dadas del lugar y que es 0.885 m³ de aire/kg. de aire seco.

Reemplazando en la Ecuación dada se obtiene:

$$\dot{m} = Q/V = 100 \text{ m}^3/\text{min.}/0.885 \text{ m}^3/\text{kg. de aire seco.}$$

$$\dot{m} = 113 \text{ kg. de aire seco/min}$$

$$\dot{m} = \text{de aire seco/hr.}$$

$$\dot{m} = 6780 \text{ kg. de aire seco/hr.}$$

De la carta psicrométrica se obtienen los valores de entalpía para los puntos 1 y 2.

$$h_1 = 22.8 \text{ Kcal/kg. de aire seco} \\ (99.20 \text{ kJ/kg. de aire seco})$$

$$h_2 = 26.1 \text{ kcal/kg de aire seco (99.20 kJ/kg de aire seco)}$$

La cantidad de calor necesario para calentar el aire se obtiene de la siguiente ecuación:

$$C = \dot{m}' (h_2 - h_1)$$

$$C = 6.780 \text{ kg de aire seco/hr} \times (26.1 - 22.8) \text{ kcal/kg. de aire seco}$$

$$C = 22.324 \text{ Kcal/hr.}$$

Conociendo que el poder calórico del A.C.P.M. es de 8.920 Kcal/lit., se puede calcular la cantidad de combustible, que para el caso del problema es de 2.5 lit/hr.