

Tesis de Posgrado

Coeficiente de conductibilidad térmica : Su determinación experimental

Barán, Walter José

1953

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias
Químicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Barán, Walter José. (1953). Coeficiente de conductibilidad térmica : Su determinación experimental. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0763_Baran.pdf

Cita tipo Chicago:

Barán, Walter José. "Coeficiente de conductibilidad térmica : Su determinación experimental". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1953. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0763_Baran.pdf

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

TESIS DOCTORAL

Coefficiente de conductibilidad térmica: su determinación experimental

Esta tesis doctoral ha sido dividida en dos grandes capítulos.-

En el primero se describen:

a) El concepto de la transmisión del calor en sus tres formas diferentes: conducción, convección y radiación.-

b) Tomando como referencia la ecuación de Fourier se despeja el coeficiente de conductibilidad térmica en función de la cantidad de calor, transmitida a través de las muestras a ensayar, del espesor, superficie y diferencia de la temperatura entre sus caras extremas.-

Es en base a dicha ecuación todo el desarrollo experimental realizado por nosotros.-

c) Especificamos luego las unidades en que puede ser expresado dicho coeficiente y sus relaciones recíprocas.-

d) Se hace una descripción de los diferentes métodos existentes para medir el coeficiente de conductibilidad térmica, haciendo hincapié en el método de la placa caliente compensada, utilizado, exclusivamente para materiales planos en quienes el valor de la λ sea menos de 0,6

$\frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \cdot \text{C} \cdot \text{h}}$ método adoptado por el A.S.T.M. (c.177-45).-

e) Se describe el aparato que utilizamos inicialmente, facilitado por el Instituto Experimental de la Construcción dependiente de la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires, y su ulterior modificación para obtener datos más precisos.-

f) se midió la dispersión del valor del coeficiente de conductibilidad térmica correspondiente a una misma muestra pero variando la posición de los distintos elementos que intervienen en la medición de los parámetros necesarios, encontrando que dicha dispersión para nuestro aparato no es mayor que el 3,3%.-

En el segundo capítulo:

a) Se estudia la variación del coeficiente de conductibilidad térmica en función de la temperatura manteniendo prácticamente constante la humedad de las muestras. Estas son: viraró, pino paraná, cedro colorado, e incienso.-

b) Se estudió la variación del coeficiente de conductibilidad térmica en función del contenido higrométrico de las muestras, en las mismas / maderas citadas anteriormente.-

c) Se estudió la variación de dicho coeficiente en mantas de lana en función del espesor, así como las variaciones de éste, debida a la compresión a que se somete la muestra.-

d) Se representó la variación del coeficiente de conductibilidad de maderas en función de su peso específico aparente.-

e) En una tabla adjunta se dan coeficientes de conductibilidad térmica de materiales ensayados por nosotros.-

Termina éste segundo capítulo con las conclusiones a que hemos arribado.-

Padrino de Tesis:
Ingeniero Civil JOSE MARIA BADOS.-

Rev. de Tesis: 763

202

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

W. J. Barán - COEFICIENTE DE CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA. DETERMINACION EXPERIMENTAL.

tela negra

Coefficiente de conductibilidad térmica:
su determinación experimental.

TESIS presentada para optar al título de
DOCTOR EN QUÍMICA

por WALTER JOSE BARÁN

T E S I S

763

Padrino de tesis: Ingeniero Civil JOSE MARIA BAGGE.
Cátedra de Química Industrial Primer Curso.

TESIS 763

AÑO 1953

tesis 763

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Coefficiente de conductibilidad térmica:
su determinación experimental.

TESIS presentada para optar al título de
DOCTOR EN QUÍMICA

por WALTER JOSÉ BARAN

Padrino de tesis: Ingeniero Civil JOSÉ MARÍA BADOS.
Cátedra de Química Industrial Primer Curso.

TESIS 763

AÑO 1953

ver 4/63

1944

A MES PARENTS

NUESTRO AGRADECIMIENTO:

No podemos dejar de expresar nuestro reconocimiento al:

Ingeniero José María Bados, por su eficaz y atenta dirección.

Ingeniero Simón Delpech, Director del Instituto Experimental de la Construcción dependiente de la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires, por habernos facilitado gentilmente dicho Instituto para el logro de este trabajo.

Ingeniero Inocencio R. Juncos, por su colaboración, ya con el consejo eficaz y el suministro del material necesario.

A los señores Norberto Gutierrez, Marcelino Murias, por la ayuda prestada en la construcción mecánica de distintas partes del aparato utilizado.

A la señorita Vita Mobile y al señor Juan Castro, por intervenir en la confección mecanografiada del trabajo.

A todos ellos nuestro profundo agradecimiento.

CAPITULO PRIMERO

Descripción y montaje del aparato de la placa caliente como sonda

El origen de la ciencia en su forma práctica se encuentra a no dudar, en la coordinación de los conocimientos del sentido común con la industria.

Sir William Cecil Campier:
Historia de la ciencia y de sus relaciones con la filosofía y la religión.

Transmisión del calor

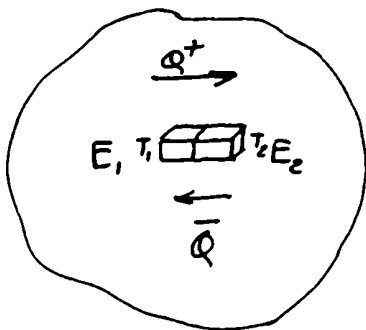
Científicamente pueden ser consideradas tres formas distintas de transmisión de la cantidad de calor (Q):

- Por conducción
- Por convección
- Por radiación

En la práctica no se realiza en forma aislada, sino en forma simultánea.

Existe transmisión de calor entre dos partículas del espacio, cuando existen entre ambas una diferencia de temperatura, tendiendo éstas a igualarse.

La partícula más caliente (nivel térmico superior), cede calor a la partícula más fría (nivel térmico inferior), o recíprocamente, la más fría cede frío a la más caliente.



Siendo E_1 y E_2 dos partículas cualquiera en contacto: T_1 y T_2 sus niveles térmicos, se verifica:

si $T_1 > T_2$ hay un flujo ($+Q$).

si $T_1 < T_2$ hay un flujo ($-Q$).

si $T_1 = T_2$ no hay flujo calorífico.

En ciertas condiciones es posible hacer que la transmisión de la cantidad de calor, se realice por una de las tres formas anteriores citadas, en forma exclusiva.

FOFNA

a) CONDUCCION

Esta forma de transmisión se produce, cuando una cierta cantidad de calor, pasa de molécula a molécula, pertenecientes a un mismo o a distintos cuerpos, estando en contacto, sin variación aparente de las posiciones relativas de ellas. Este tipo de transmisión se realiza especialmente en los sólidos (metales, cementos, maderas, etc.). En los gases y líquidos (fluidos) también pueden producirse, pero con poca importancia práctica ya que es muy pequeña, (transmisión a través de capas adheridas a una superficie sólida, denominada capa límite).

b) CONVECCION

En los fluidos, si dos partículas están en movimiento y poseen diferentes estados térmicos, al ponerse en contacto, pasa una cierta cantidad de calor de la partícula más caliente a la más fría; algo análogo se produce cuando estas partículas se colocan en contacto con una superficie caliente. A esto se le denomina convección puesto que se produce gracias al movimiento del fluido. Es convección natural, cuando se debe exclusivamente al calentamiento del fluido, que trae como consecuencia la dilatación de las partículas y por lo tanto una disminución de la densidad, lo que las hace poner en movimiento ascendente, llevando la cantidad de calor a otras regiones más alejadas. Si en cambio dicho movimiento se refuerza por procesos mecánicos, se le denomina convección forzada.

c) RADIACION

Tanto en la transmisión por conductibilidad, como en la transmisión por convección, debe existir el contacto entre las partículas, entre las cuales hay transferencia de una cierta cantidad de calor. Pero un cuerpo caliente es capaz, aún después de ser colocado en el vacío, de emitir calor, llamado energía radiante. Vale decir, esta forma de transmisión no requiere medios materiales para producirse. La radiación actúa siempre ya sea al sumarse a la convección, en una superficie relativamente fría de un tubo de vapor aislado, constituyendo un factor importante en la transmisión proveniente de una superficie incandescente.

En la transmisión de la cantidad de calor por conductibilidad, la transmisión en sí se produce por intermedio de energía cinética molecular. Se traduce dicha energía, en movimientos oscilantes, rotatorios y la combinación de estos. Teniéndolas en cuenta, se llega a ecuaciones que nos

dar la cantidad de calor transmitidas, por unidades de superficie y de tiempo. La contextura matemática de las mismas, es complicada.

Se puede llegar a ellas a partir de hechos netamente experimentales, tales como los realizados por Fourier y Poincaré (1).

La ecuación diferencial, que rige la transmisión de la cantidad de calor por conductibilidad, o ecuación diferencial de Fourier, es la siguiente:

$$dQ = -\lambda \, dS \, d\tau \, \frac{\partial T}{\partial m}$$

siendo dQ : diferencial cantidad de calor transmitida.

dS : diferencial superficie de contacto.

$d\tau$: diferencial tiempo de duración de la transmisión.

$\frac{\partial T}{\partial m}$: gradiente de la temperatura respecto de la normal a la superficie atravesada.

λ : factor de proporcionalidad que se denomina coeficiente de conductibilidad térmica, su valor depende de: la temperatura, de su contenido higrométrico y naturaleza intrínseca del material.

El signo negativo corresponde a un hecho convencional, ya que la cantidad de calor se transmite en el sentido decreciente de la temperatura.

Si suponemos, lo que no altera los resultados obtenidos en su aplicación técnica, que λ no es función de la temperatura (constante para pequeños intervalos) y al mismo tiempo que aceptamos su valor como constante para cada cuerpo homogéneo, e independiente del tiempo, la integración de la ecuación diferencial de Fourier nos lleva a la ecuación finita siguiente:

$$Q = \lambda S \tau \frac{\Delta T}{\Delta m} \quad \text{válida para paredes planas indefinidas,}$$

de la cual deducimos el valor de λ :

$$\lambda = \frac{Q \, \Delta m}{S \, \tau \, \Delta T} \quad (1)$$

λ es la cantidad de calor que por unidad de superficie y tiempo atraviesa un espesor Δm cuando existe, entre sus caras extremas una diferencia de temperatura de 1° C.

Unidades de λ : en el sistema técnico latino.

$$|\lambda| = \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ h}}$$

en el sistema técnico anglosajón

$$|\lambda| = \frac{\text{B.T. U}}{\text{ft}^2 \text{ } ^\circ\text{F} \text{ h.}}$$

La relación entre ambos sistemas es:

$$\begin{array}{r} K \qquad \qquad \lambda \\ 1 \dots \dots \dots 1,458 \\ 0,672 \dots \dots \dots 1 \end{array}$$

Las unidades de cantidad de calor de los dos sistemas enunciados se definen así:

Sistema técnico latino (Kcal), es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura en un grado centígrado de un kilogramo de agua destilada entre 14,5°C. y 15,5°C.

Sistema técnico anglosajón (B.T.U. : British Thermal Unity), es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de una libra de agua destilada en un grado Fahrenheit.

$$1 \text{ B.T.U.} = 0,252 \text{ Kcal.}$$

De la ecuación (1) surge el procedimiento que puede seguirse para determinar en forma experimental, el valor de λ . Para ello, es necesario conocer el espesor de la muestra, la caída de temperatura entre sus caras límites, la cantidad de calor que atraviesa la muestra problema por unidad de superficie y unidad de tiempo.-

La producción de la cantidad de calor puede hacerse por los siguientes métodos:

- a) condensación de vapor de agua o de solventes.
- b) métodos eléctricos: se puede utilizar corriente continua o alternada.

Nosotros hemos utilizado el método eléctrico de corriente continua obteniéndola mediante un grupo compuesto por: un motor Brown Boveri de 3 fases 7,5 H.P.: 1.440 revoluciones por minuto y una frecuencia de 50 ciclos por segundo, estando acoplado al generador de 230 voltios y 5 Kw.

El calefactor es una resistencia eléctrica arrollada sobre placas rectangulares de mica. La utilización de un voltímetro y amperímetro, en nuestro caso Siemens Halske, permite conocer la cantidad de calor (Q) producida por la corriente eléctrica (efecto Joule).

A la facilidad de medición de la energía calorífica generada total, se une una dificultad, que es la de saber que parte de dicha energía calorífica atraviesa la muestra problema.

Los métodos para medir λ se pueden clasificar en:

a) METODOS RELATIVOS: se determina la relación $\frac{d_1}{d_2}$ entre dos sustancias, conociéndose el comportamiento de una de ellas, siendo en general un metal.

b) METODO ELECTRICO: Permite calcular la relación $\frac{d}{\rho}$, siendo ρ la conductibilidad eléctrica del material. Muy poco exacto.

c) METODOS ABSOLUTOS:

- 1) Método de la placa caliente compensada utilizado exclusivamente para materiales planos, en quienes el valor de λ sea menor que $0,6 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2\text{ch}}$
- 2) Método del cilindro hueco aplicado para materiales en quienes el valor de λ es superior a $0,6 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2\text{ch}}$ (2), (3), (4), (5), (6), (7).

El A.S.T.M. (c 177-45) ha aceptado el método de la placa caliente compensada, ya para materiales flexibles o rígidos, por ejemplo: maderas, tejidos, papeles, compuestos aglomerados, corcho, etc.-

DESCRIPCION Y CONSTRUCCION DEL APARATO DE LA PLACA CALIENTE CONDENSADA

Este trabajo fué realizado en el Instituto Experimental de la Construcción dependiente de la Municipalidad de la Ciudad de Buenos Aires, bajo la dirección de los Ingenieros INOCENCIO RUBEN JUNCOS y JOSE MARIA BADOS, En este Instituto existía ya un aparato destinado a la medición del coeficiente λ . Fué construido por el Ingeniero Inocencio Ruben Juncos y utilizaba como fuente térmica corriente alterna (línea directa, tensión 220 voltios.).

Su esquema y medidas corresponden a las figuras 1 y 2.

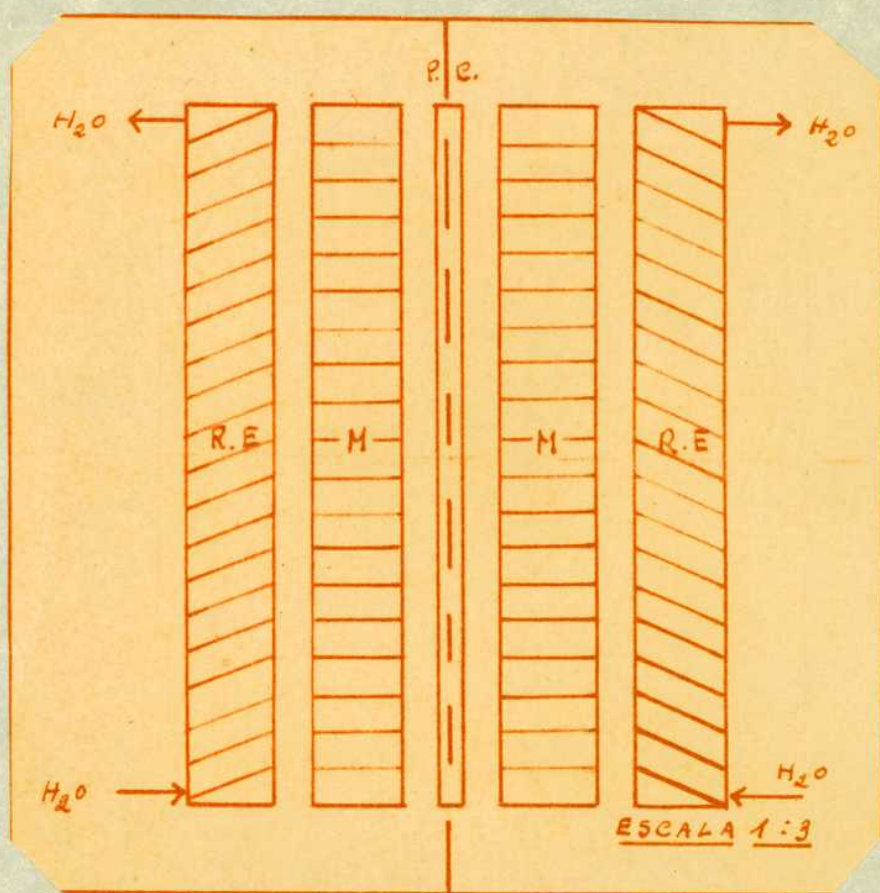


Figura 1 :

M : muestra a ensayar.

P.C.: placa calefactora (central y borde)

R.E.: recipiente de enfriamiento.

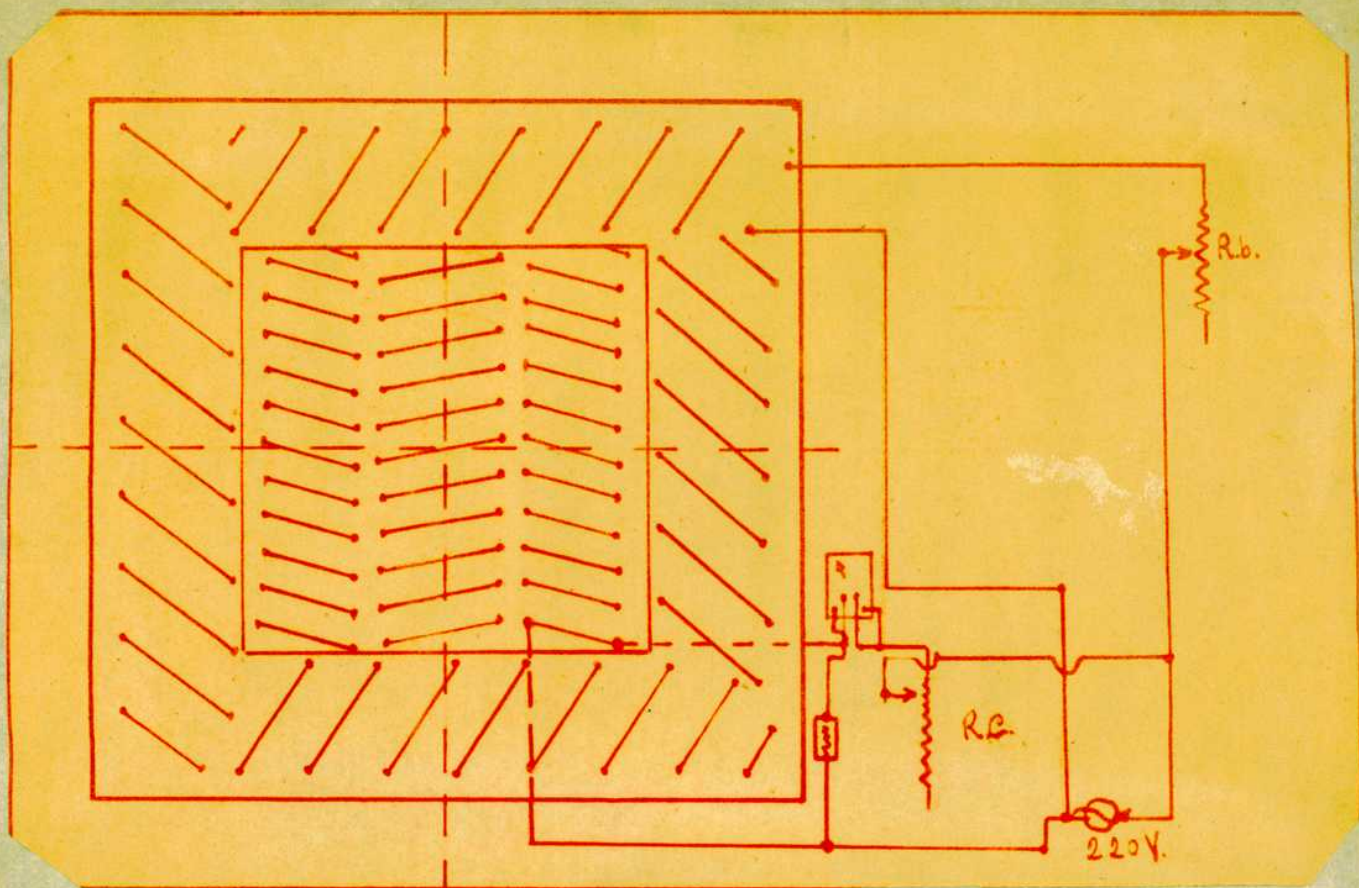


Figura 2 : vista frontal de la placa calefactora

R.b. : Resistato de borde

R.c. : Resistato central

El aparato cumplía la misión para la que fué construido, pero para los trabajos que van a ser descriptos en el segundo capítulo, debía ser mejorado para alcanzar una mayor exactitud en los parámetros a medirse.

Esto fué, realizado paulatinamente, a medida que se hacían las siguientes comprobaciones.

Se colocó una muestra (viruta de madera comprimida con capas de cemento de medio milímetro de espesor), se hizo la medición teniendo en cuenta las condiciones impuestas por el A.S.T.M. (c 177-45), vale decir constancia de 5 horas en los valores de:

- 1) Tensión de entrada en la placa calefactora central y de borde.
- 2) Temperatura del agua de enfriamiento.
- 3) Diferencia de temperatura entre las caras límites de las dos muestras colocadas a ambos lados de la placa calefactora.
- 4) La diferencia de temperatura entre las zonas central y de borde, que debe ser nula en todo momento.

Se obtuvieron los siguientes datos con rebátatos en compensación constante (vale decir notificarlos para estar en los cinco puntos anteriores)

HORA	T ₁	T ₂	T absoluta	TENSION	INTENSIDAD
7,00	48,7	48,9	20,2	42,0	0,420
8,00	48,7	48,9	20,2	42,0	0,420
9,00	48,7	48,9	20,2	42,0	0,420
10,00	48,7	48,9	20,2	42,0	0,420
11,00	48,7	48,9	20,2	42,0	0,420
12,00	48,7	48,9	20,2	42,0	0,420

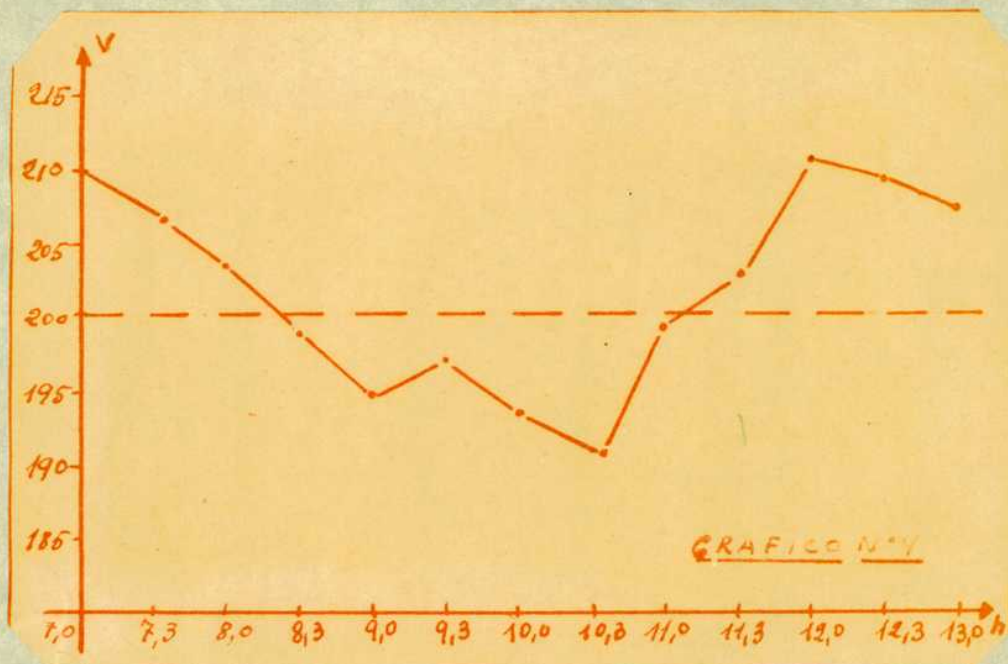
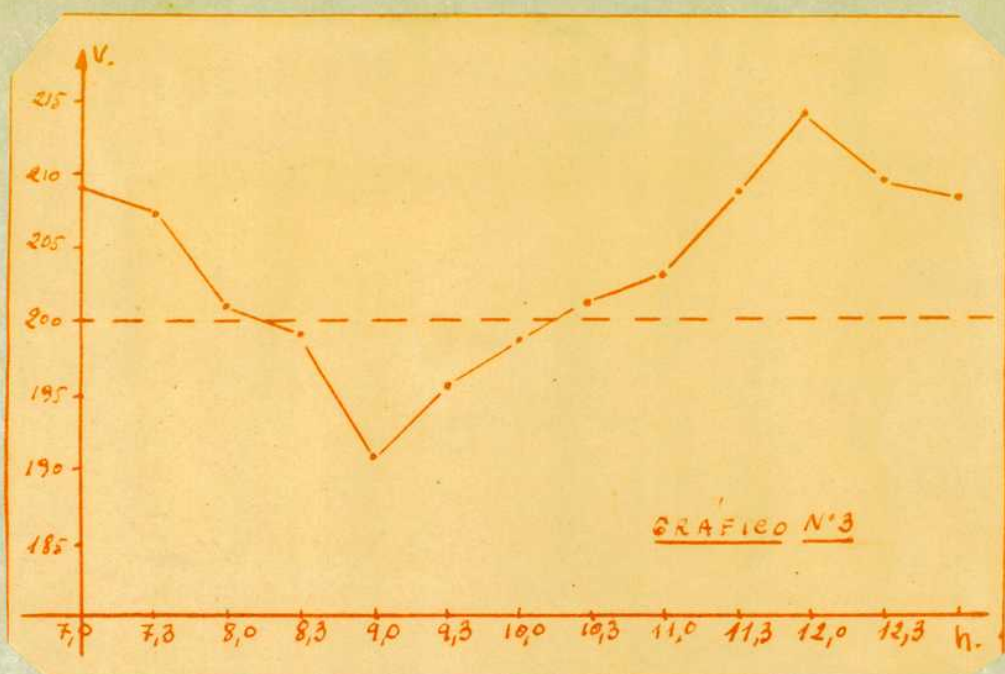
Pero para la misma muestra sin compensación constante se obtuvieron los siguientes resultados:

HORA	T ₁	T ₂	T absoluta	TENSION	INTENSIDAD
7,00	48,7	49,7	20,2	42,0	0,420
8,00	48,7	49,7	20,2	44,0	0,440
9,00	48,2	49,0	20,2	40,0	0,415
10,00	47,5	48,2	20,2	36,0	0,410
11,00	46,0	47,0	20,2	38,0	0,410
12,00	45,5	47,0	20,2	36,0	0,410

En este cuadro se observa claramente una variación en la tensión de 9,5% respecto del valor 42,0 tomado como referencia. Este mismo fué repetido con otras muestras dándonos resultados análogos.

Aquí se presentaba el primer problema: regular tensión de la línea, porque la necesidad de compensarla constantemente era un problema arduo y hasta imposible.

Un ejemplo de dicha irregularidad se puede poner en evidencia al observar que la tensión de las líneas oscilan entre 220 y 180 voltios en el curso de 4 horas especialmente durante la mañana. Estas oscilaciones se reproducen en los gráficos 3 y 4.



Durante estas experiencias la calefacción de la muestra, pese a medirse durante las horas de la mañana (7,00 a 13,00 horas), no se interrumpían, dejándola durante todo el día y la noche, para volver a leer a la mañana siguiente.

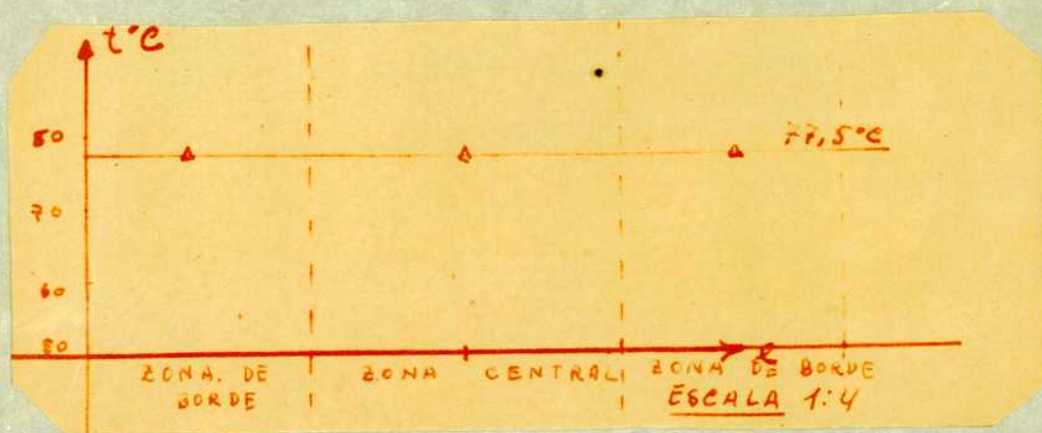
Un segundo, consistió en medir la temperatura de entrada y salida del agua refrigeradora (obtenida directamente de las cañerías de conducción domiciliaria), con un termómetro al 0,01°C. Se comprobó que no había variación de ésta, siempre que el caudal fuera grande.

En lo referente a la placa de calentamiento, era ésta de fibrocemento, poseyendo una resistencia en forma de alambre cilíndrica que la atravesaba, formando en conjunto un arrollamiento creciente cubriendo dicha resistencia tanto la zona central como la de borde.

Esto se puede observar en la figura 2. Existía entre ambas zonas una separación de cuatro milímetros, pero los arrollamientos pertenecían a la misma placa. La totalidad del conjunto descripto originaba superficies isotérmicas no planas, hecho que va en contra de la teoría de la conductibilidad térmica. Fourier al deducir su ecuación, supuso que la conducción calorífica se haría en forma de planos isotérmicos paralelos.

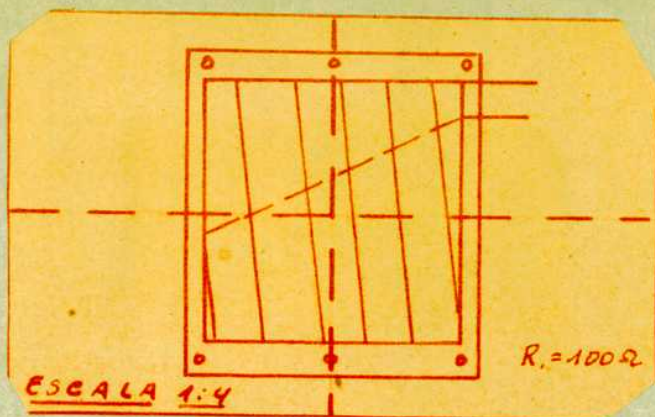
Para acercarnos más a estas circunstancias, hemos modificado la placa, que en cambio de ser de fibrocemento la hemos construido en hierro, pudiéndose utilizar cualquier metal cuyo valor de λ sea muy superior al material a ensayar. La ventaja que represente esta innovación reside en que nos permite una alta conductibilidad térmica λ hierro con 0,1% de impurezas = 54) dándonos la buscada superficie plana isotérmica. Así fué reconocido por nosotros lo que se hizo tomando las temperaturas de diferentes puntos de la placa calefactora, en sus zonas central y de borde.

Esto se observa en el gráfico N° 5.



Esta nueva placa fué hecha de una plancha de hierro de cuatro milímetros de espesor. Su zona central está separada de la zona periférica por tres milímetros y se mantiene la unión mediante cemento. El elemento calefactor es una cinta (presenta mayor superficie de calefacción) arrolladas sobre placas de mica, la que a su vez forma una unidad con tapas del mismo material, colocada en el interior de la placa metálica.

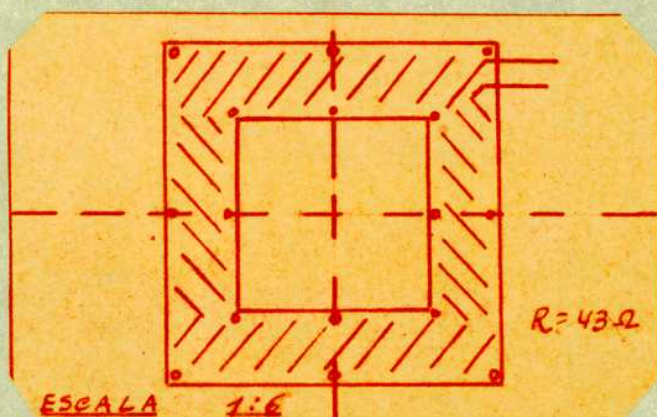
Su esquema es el siguiente:



Resistencia total funcionando 100 ohmios.

Este paquete calefactor va colocado en la zona central de la placa cubriendo una superficie de 272,25 centímetros cuadrados.

Algo análogo le corresponde a la zona de borde cuya superficie es de 627,75 centímetros cuadrados.



luego para calcular la resistencia que le corresponde es necesario tener igual valor de la cantidad de calor horaria, por unidad de superficie para tener un efecto calefactor análogo en ambas zonas.

$$\frac{Q_{\text{central}}}{\text{Sup. central}} = \frac{Q_{\text{borde}}}{\text{sup. borde}} \quad \frac{0,8604 \text{ W central}}{\text{Sup. central}} = \frac{0,8604 \text{ W borde}}{\text{Sup. borde}}$$

$$\frac{R_{\text{borde}} \cdot \text{Sup. borde}}{V^2} = \frac{R_{\text{central}} \cdot \text{Sup. central}}{V^2}$$

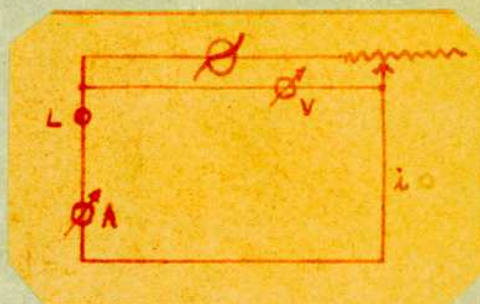
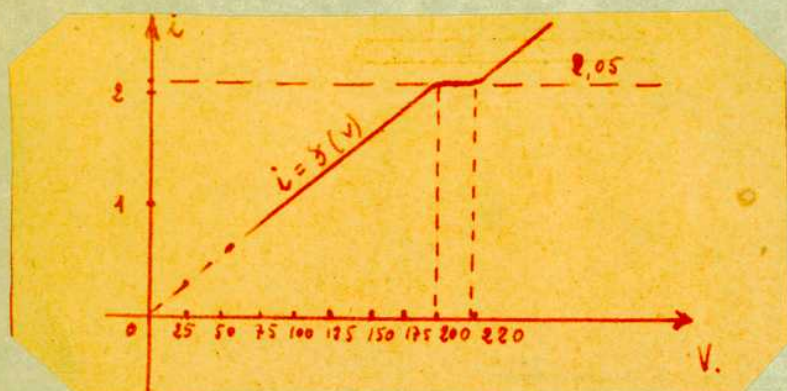
$$R_{\text{borde}} = \frac{R_{\text{central}} \cdot \text{Sup. central}}{\text{Sup. borde}} = \frac{100 \Omega \cdot 272,25 \text{ cm}^2}{627,75 \text{ cm}^2} = 43 \Omega$$

Además para evitar la caída de tensión durante las cinco horas de lectura se pensó en el agregado de una válvula para cada circuito (borde y central ya que son independiente entre sí). Dicha válvula es la U.V.866 (Ballast Tube) cuyos valores operantes son:

Intensidad de corriente 2,05 amperios

Tensión amortiguada: ± 10 voltios

En el gráfico 6 se observa la relación entre la intensidad de corriente y la tensión, utilizando el circuito siguiente:



Para evitar la modificación necesaria en la resistencia de los reóstatos R.b. y R.c. (ver figura 2), al ser colocadas muestras con diferentes valores de λ , se crearon valores de resistencias fijas que corresponden a cantidades de calor, estrechamente vinculadas con valores extremos de λ . Para ello fueron elegidos: corcho aglomerado ($\lambda = 0,030 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{c.h.}}$) y cemento ($\lambda = 0,6 \frac{\text{Kcal.}}{\text{m}^2 \text{c.h.}}$), en sus espesores mínimos y máximos permitidos en el aparato (5 y 40 milímetros respectivamente), tomando además valores de 20°C. y 80°C. como diferencias de temperaturas límites entre las caras extremas de la muestra.

Datos obtenidos con dichos valores límites:

corcho	T	n	Q	cemento	T	n	Q
$\frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{ c.h.}}$	C.	m.	Kcal.	$\frac{\text{Kcal.}}{\text{m}^2 \text{ c.h.}}$	C	m	Kcal.
0,03	20	0,005	3,37	0,6	20	0,005	67,45
0,03	20	0,04	0,42	0,6	20	0,04	8,43
0,03	80	0,005	13,49	0,6	80	0,005	269,76
0,03	80	0,04	1,69	0,6	80	0,04	33,72

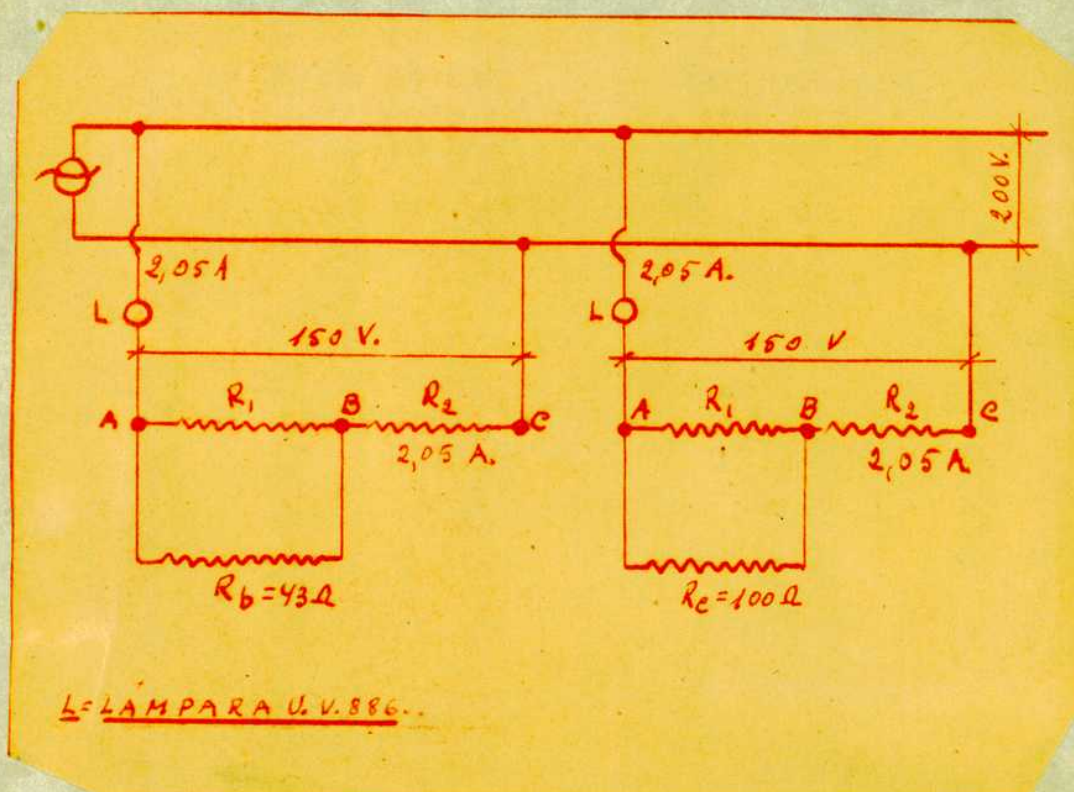
Se puede pasar de la cantidad de calor a la potencia requerida en la placa central mediante la siguiente ecuación: $W = \frac{20}{864} \cdot Q$.

Los datos así obtenidos se dan en el cuadro siguiente:

Q Kcal	3,37	0,42	13,49	1,69	67,45	8,43	269,76	33,72
W Vatios	7,82	0,98	31,2	3,8	156,18	19,04	624,40	77,8

De estos valores se tomó dentro de la posibilidad constructiva los valores siguientes: 1 - 7 - 32 - 77 - 150 vatios, luego se calculó las resistencias de valores fijos que debían formar los circuitos de borde y central teniendo en cuenta:

- 1) Tensión en la línea como valor medio: 200 voltios, pudiendo oscilar (rango de amortiguamiento) entre 210 y 190 voltios.
- 2) La lámpara produce una caída de tensión de 50 voltios.
- 3) Intensidad eléctrica de operación en la lámpara 2,05 amperios.
- 4) Relación entre las áreas central y de borde, lo que nos dá, conociendo la potencia en la placa central la correspondiente en la placa de borde.
- 5) Todos los cálculos han sido ajustados a los siguientes circuitos:



Todos los cálculos se han presunido en los siguientes cuadros:
 PARA PLACA CENTRAL CUYA SUPERFICIE ES: 272,25 cm.²

W	$I_c = \sqrt{\frac{W}{R_c}}$	$I_1 = 2,05 - I_c$	$V_{AB} = 100 \cdot I_c$	$R_1 = \frac{V_{AB}}{I_1}$	$V_{BC} = 150 - V_{AB}$	$R_2 = \frac{V_{BC}}{I_2}$
vat	amp.	amperio	voltio	Ω	voltio	Ω
1	0,1	1,95	10	5,13	140	68,03
7	0,25	1,79	25	14,5	124	60,5
32	0,56	1,49	56	37,6	94	45,8
77	0,87	1,18	87	73,8	63	30,7
150	1,22	0,83	122	147	28	13,6

Entonces los juegos de resistencia son: 1) $R_1 = 5,13 \Omega$ y $R_2 = 68,3 \Omega$
 2) $R_1 = 14,5 \Omega$ y $R_2 = 60,5 \Omega$
 3) $R_1 = 37,6 \Omega$ y $R_2 = 45,8 \Omega$
 4) $R_1 = 73,8 \Omega$ y $R_2 = 30,7 \Omega$
 5) $R_1 = 147 \Omega$ y $R_2 = 13,6 \Omega$

PARA PLACAS DE BORDE CUYA SUPERFICIE ES: $627,75 \text{ cm}^2$

teniendo en cuenta que debe existir igual potencia por unidad de superficie en la placa de borde y central se tiene:

$$\frac{1 \text{ watio}}{272,25} = \frac{x}{627,75} \quad x = 2,3$$

W	$I_b = \sqrt{\frac{W}{R_b}}$	$I_1 = 2,05 - I_b$	$V_{AB} = 43I_b$	$R_1 = \frac{V_{AB}}{I_1}$	$V_{BC} = 150 - V_{AB}$	$R_2 = \frac{V_{BC}}{I_2}$
vat.	amp.	amperio	voltio	Ω	voltio	Ω
2,3	0,23	1,82	9,89	5,4	140,11	68,3
16,10	0,61	1,44	26,23	18,2	123,77	60,42
73,6	1,3	0,75	55,9	74,5	94,1	45,9
177,1	2,05	---	---	---	---	---
345,0	2,8	---	---	---	---	---

Luego los juegos de resistencia son: 1) $R_1 = 5,4 \Omega$ y $R_2 = 68,3 \Omega$
 2) $R_1 = 18 \Omega$ y $R_2 = 60,4 \Omega$
 3) $R_1 = 74,5 \Omega$ y $R_2 = 45,9 \Omega$
 4) Línea directa
 5) -----

Estos juegos de resistencia fueron construidos de "MICROM" y arrollados sobre cilindros acanalados de material aislante y refractario, estando dispuestos sobre una placa de fibrocemento en forma paralela.

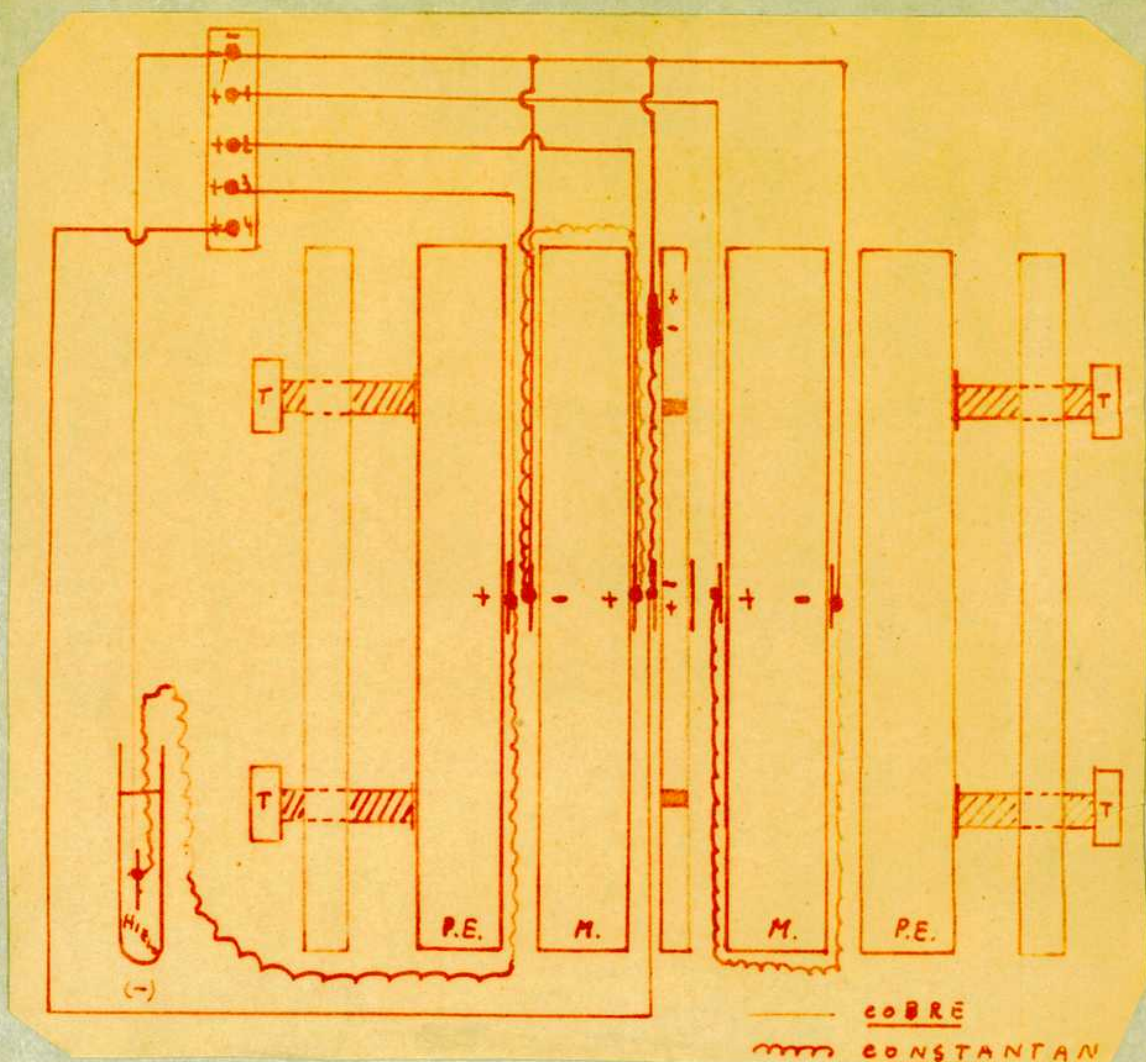
los correspondientes al borde en una columna y los correspondientes al centro en otra columna.

Además la resistencia R_g del esquema anterior se puede modificar por el desplazamiento del tope C, lo que permite con facilidad llegar a poseer en ambas zonas de calefacción, central y de borde igual cantidad de calor por unidad de superficie. Esta pequeña corrección para dicha resistencia se debe a que las distintas muestras a ensayar no son rigurosamente homogéneas. La igualdad de temperatura entre las zonas central y de borde se traduce en la anulación de la diferencia de ésta entre dichas zonas lo que se mide en un par termo-eléctrico.

Las temperaturas fueron medidas mediante termo cuplas de COSNE - CONSTANTAN poseyendo cada una de ellas una resistencia de 3Ω , conectadas a un grafo mili-voltímetro. Este aparato permite en forma periódica medir las temperaturas correspondientes a 4 termocuplas:

- 1) La primera corresponde a la diferencia de temperatura entre las caras anteriores (-) y posteriores (+), de la muestra cuya posición es anterior a la placa calefactora. A dicha diferencia la designamos ΔT_1 .
- 2) La segunda corresponde a la diferencia de temperatura entre la cara posterior (-) y anterior (+) de la muestra, cuya posición es posterior a la placa calefactora, que la llamaremos ΔT_2 .
- 3) La tercera corresponde a la diferencia de temperatura entre: hielo en fusión (-) colocada en un Dewar, y la cara posterior de la placa refrigeradora (+) correspondiente a la colocada en forma anterior a la placa calefactora. La designamos T_{ab} .
- 4) La cuarta corresponde a la diferencia de temperatura entre la zona central y la zona de borde, sobre la cara anterior de la misma placa calefactora. La designamos ΔT .

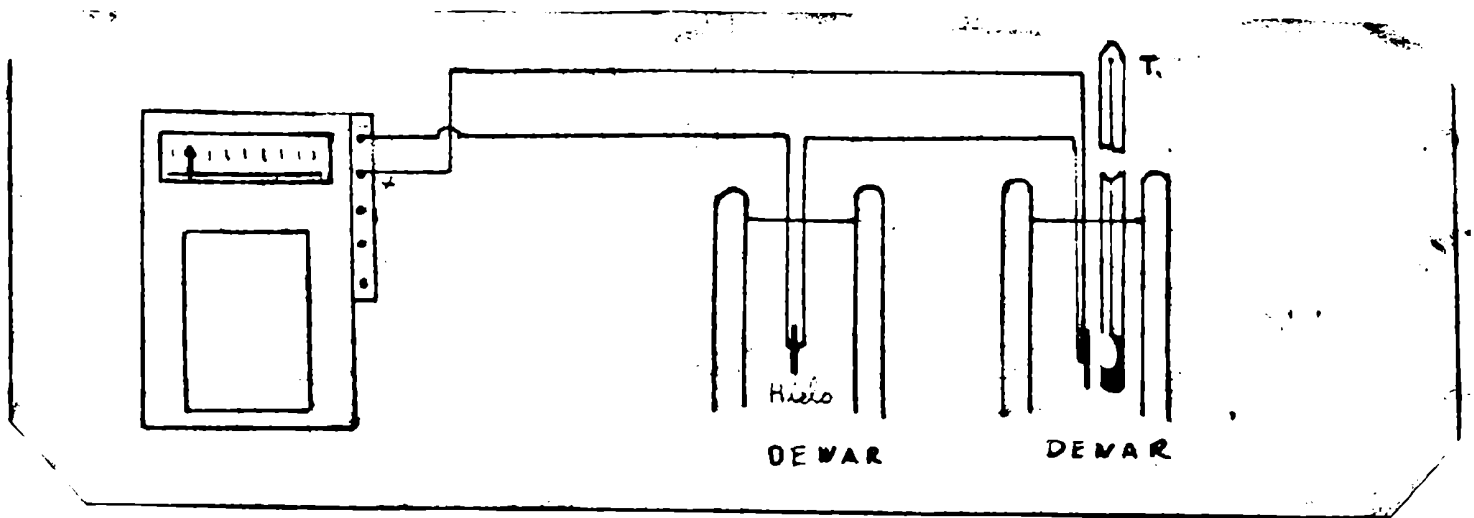
Esto se ve en el esquema N° 6



La unión bimetálica en las termo cuplas, se halla soldada a pequeños discos de un centímetro cuadrado de superficie. Esto se hizo porque nuestro propósito consistió en que la temperatura leída no sea el de un punto solamente, sino de una pequeña superficie, lo que trae mayor sensibilidad y precisión en la lectura. La posición de las termo cuplas se mantiene mediante su colocación en zonas determinadas, ajustando luego el sistema mediante tornillos que ponen las muestras en contacto con la placa calefactora, lo que permite la transmisión de calor por conductibilidad.

Para materiales flexibles, las muestras se colocan directamente entre la placa calefactora y la refrigeradora ya que hay entre ellas gran adherencia. Pero para materiales rígidos se deben interponer planchas de asfalto para conseguirlos, de no lograrse, se crean capas límites de aire, lo que produce gran resistencia al pasaje del flujo calorífico.

El calibrado de las termo cuplas conectadas al grafo mili-voltímetro se realizó de la siguiente manera, esquema N° 7.



Modificando la temperatura del agua caliente colocada en el frasco Dewar por el agregado de masas de agua fría, luego de agitar para homogeneizar se leen las temperaturas en el termómetro, y las divisiones correspondientes en el grafo mili-voltímetro.

Hechos representado los valores obtenidos experimentalmente dándonos el gráfico N° 8, del cual se extraen los valores de los coeficientes de transformación entre milivoltios y temperaturas centígrada.

CALIBRADO DEL MILIVOLTÍMETRO CON TERMOCUPLAS

4

DE COBRE - CONSTANTAN DE 3Ω

Modificando la temperatura del agua caliente colocada en el frasco Dewar por el agregado de masas de agua fría, luego de agitar para homogeneizar se leen las temperaturas en el termómetro, y las divisiones correspondientes en el grafo mili-voltímetro.

Hechos representado los valores obtenidos experimentalmente dándonos el gráfico N° 8, del cual se extraen los valores de los coeficientes de transformación entre milivoltios y temperaturas centígrada.

CALIBRADO DEL MILIVOLTÍMETRO CON TERMOCUPLAS DE COBRE - CONSTANTAN DE 3 Ω

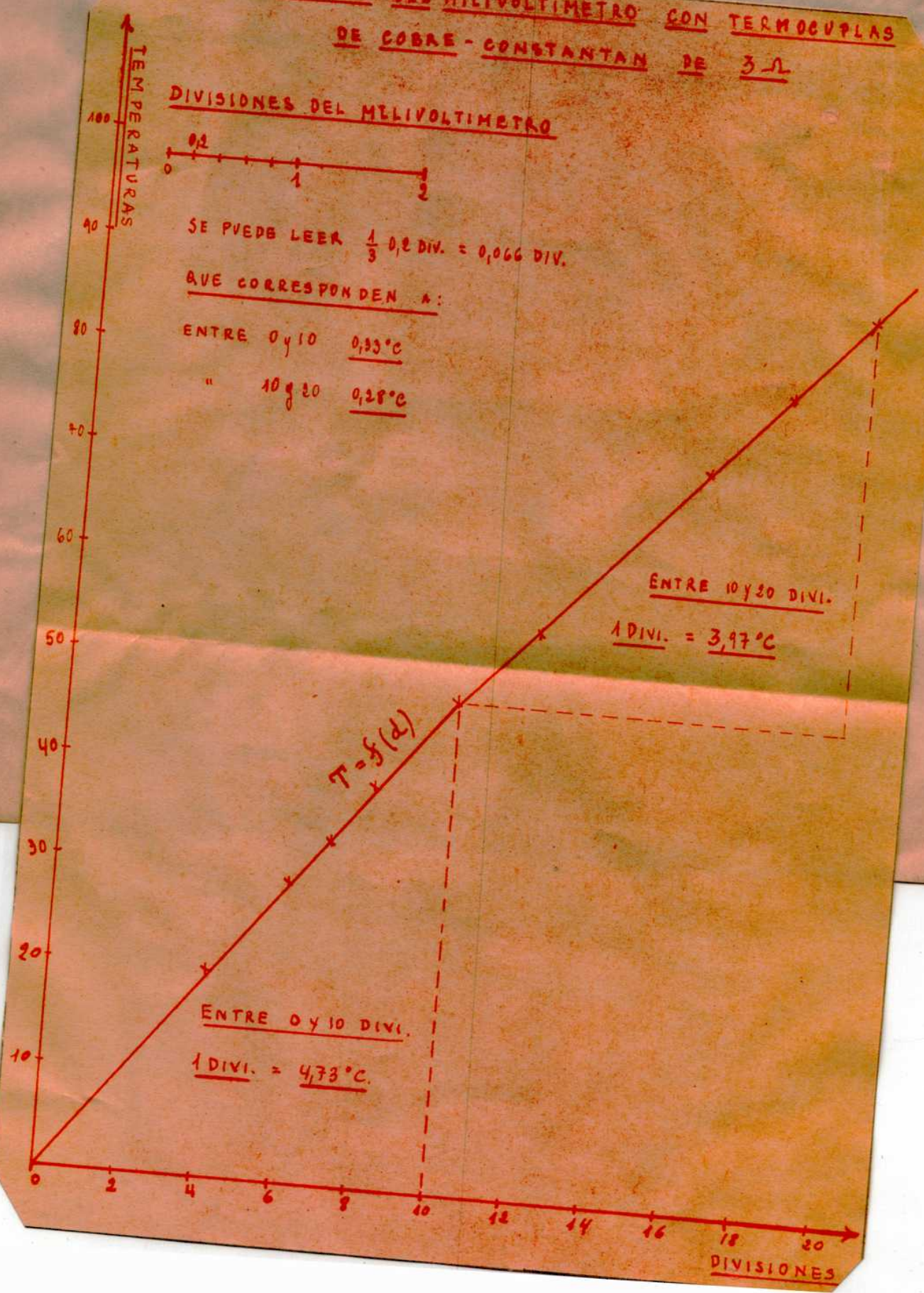
DIVISIONES DEL MILIVOLTÍMETRO



SE PUEDE LEER $\frac{1}{3}$ 0,2 DIV. = 0,066 DIV.

QUE CORRESPONDEN A:

- ENTRE 0 y 10 0,33°C
- " 10 y 20 0,28°C



Entre 0 y 10 divisiones el coeficiente es: 1 div. 4,73°C.

Entre 10 y 20 divisiones el coeficiente es: 1 div. 3,97°C.

El aparato puede ser visto a través de las siguientes fotografías:

La fotografía N° 1 contiene:

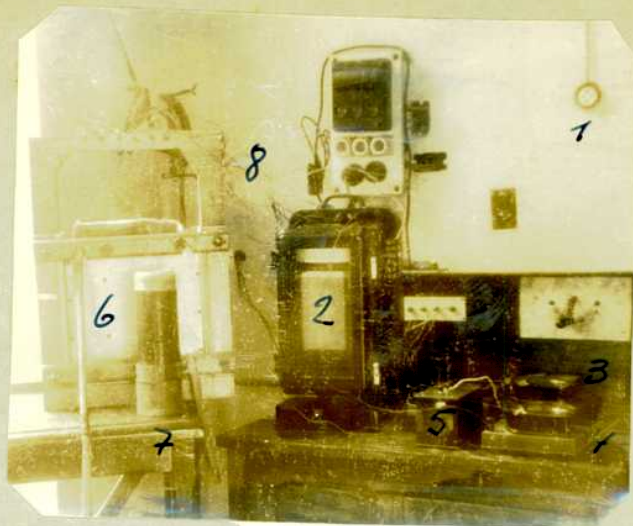
- 1) Llave de arranque.
- 2) Llave de conexión para los instrumentos de medición de la línea.
- 3) Voltímetro de 0 a 250 voltios.
- 4) Amperímetro de 0 a 30 amperios.
- 5) Reóstato que permite variar la intensidad y tensión de la línea.



N°1

La fotografía N° 2 contiene:

- 1) Toma de tensión.
- 2) Grafo - milivoltímetro.
- 3) Amperímetro.
- 4) Voltímetro.
- 5) Resistencia en serie para ampliar el alcance del voltímetro.
- 6) Sistema de la placa caliente compensada.
- 7) Frasco Dewar.
- 8) Termocuplas



La fotografía Nº 3 contiene:

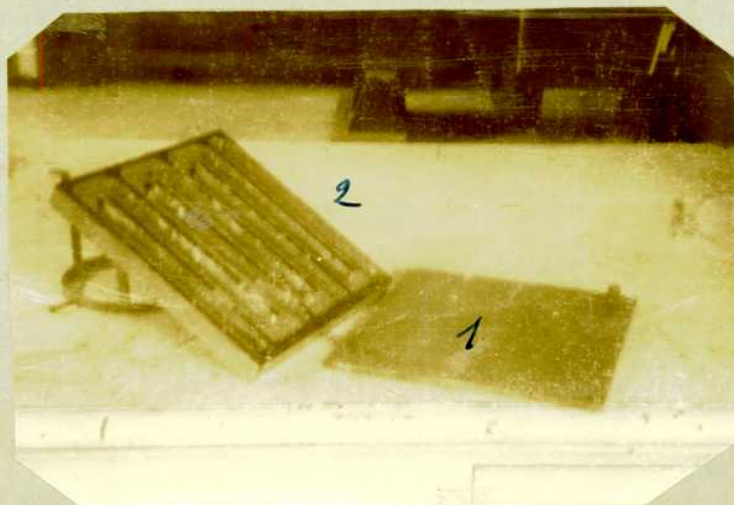
- 1) Resistencias para placa de borde.
- 2) Resistencias para placa central.



La fotografía Nº 4 contiene:

RECIPIENTE DE ENFRIAMIENTO.

- 1) Tapa con entrada y salida para el agua.
- 2) Recipiente con tabiques para aumentar el recorrido del agua.



Los últimos problemas que se presentaban eran:

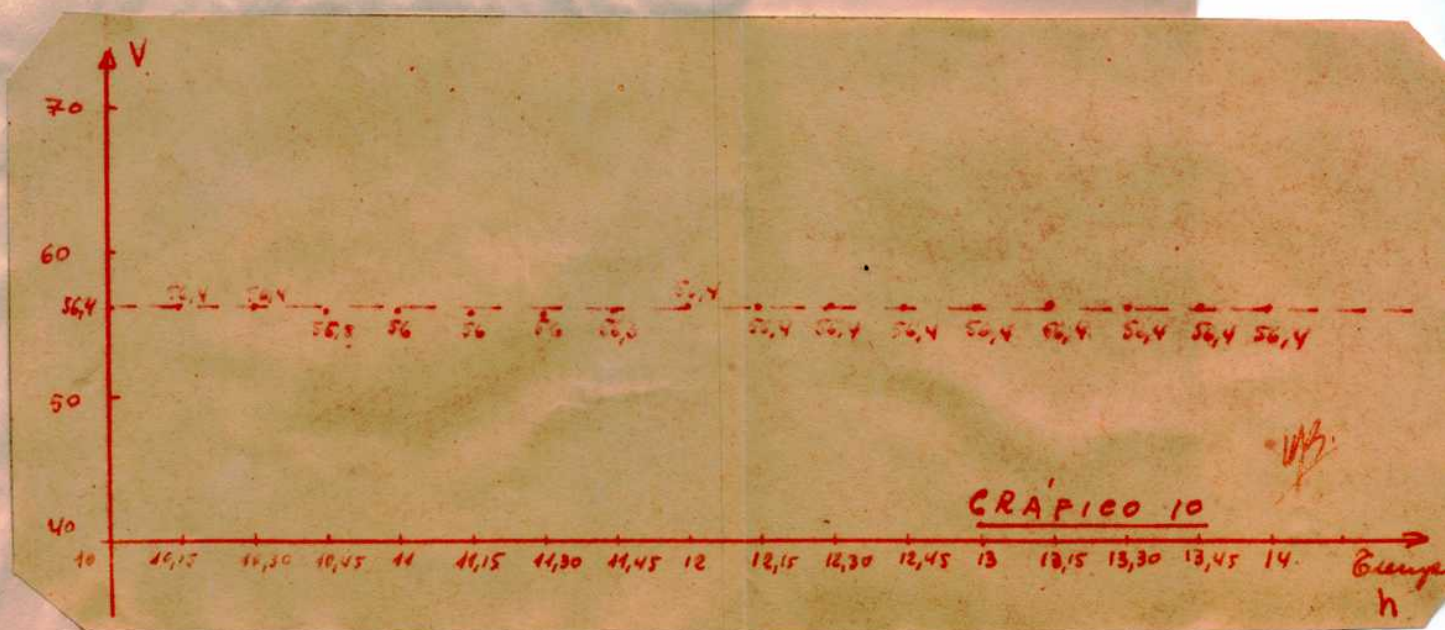
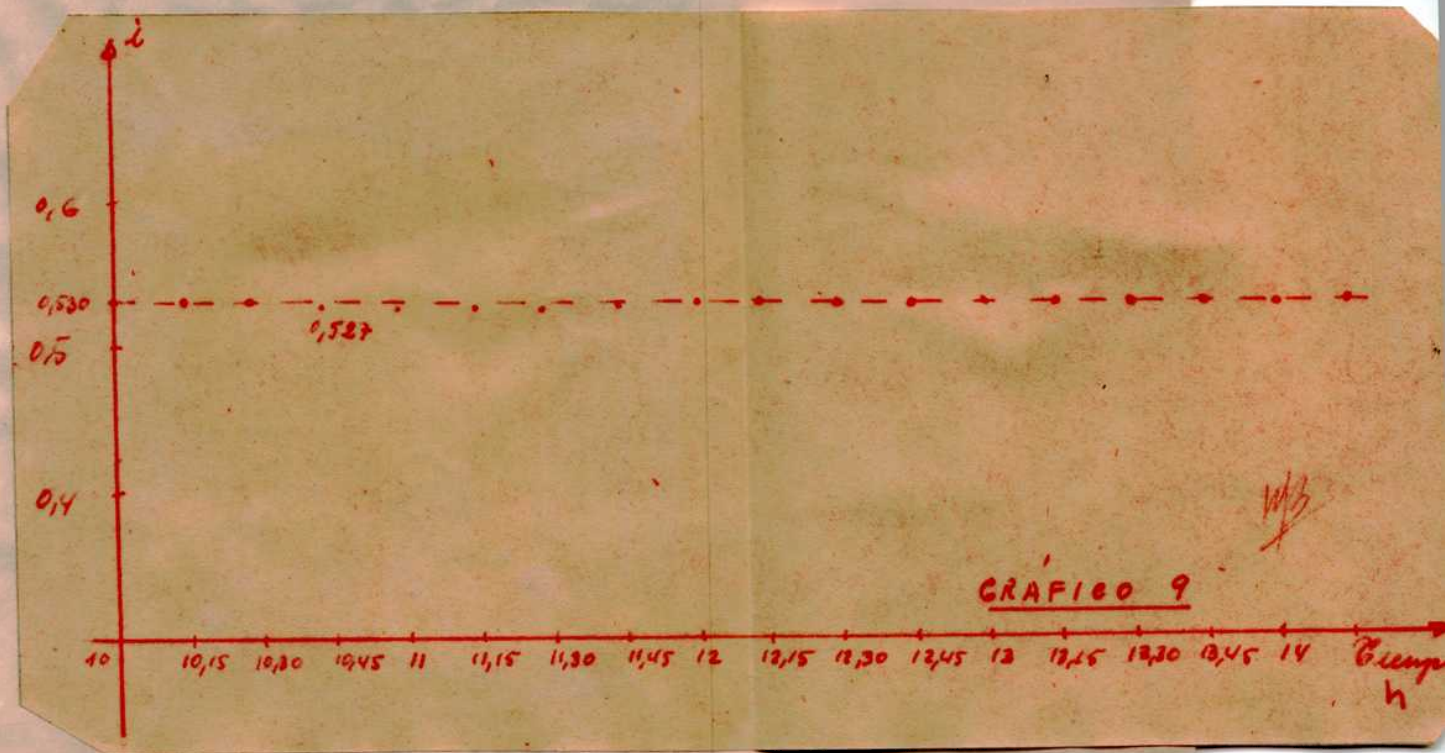
- 1) ¿ Con el circuito propuesto, se llegaba a la constancia de la tensión e intensidad en las placas?.
- 2) ¿ Cual era la dispersión de λ para una misma muestra, manteniendo constante la intensidad y tensión en las placas, pero modificando la posición de las termocuplas?.

El primer problema se ve solucionado en los gráficos 9 y 10 que representan la variación de la tensión e intensidad en la placa central, en función del tiempo, observando una dispersión del 1,4% para la tensión y 0,6% para la intensidad. Dispersión muy satisfactoria para nuestro caso ya que λ posee dispersiones mucho mayores para distintas muestras en un mismo material.

Con el circuito propuesto, se llegaba a la constancia de la tensión e intensidad en las placas?.

Cual era la dispersión de λ para una misma muestra, manteniendo constante la intensidad y tensión en las placas, pero modificando la posición de las termocuplas?.

Este primer problema se ve solucionado en los gráficos 9 y 10 que representan la variación de la tensión e intensidad en la placa central, en función del tiempo, observando una dispersión del 1,4% para la tensión y 0,6% para la intensidad. Dispersión muy satisfactoria para nuestro caso ya que se ven dispersiones mucho mayores para distintas muestras en un mismo material.



El segundo problema planteado, se contesta con el cuadro adjunto.

La muestra sometida a medición es granulado volcánico con una capa de 3 mm. de espesor de cemento, de peso específico $1.300 \frac{\text{KGR}}{\text{M}^3}$, el espesor 2,65 cm.

Posición	D T ₁	D T ₂	Taba.	Tensión	Intensidad	λ
---	°C.	°C.	°C.	voltios	amperios	$\frac{\text{Kcal}}{\text{M}^2 \text{C h.}}$
A	41,7	52,8	22,7	58,0	0,542	0,277
B	44,4	53,4	22,7	58,0	0,542	0,268
C	42,3	58,4	22,7	58,0	0,542	0,275
D	41,9	57,5	22,7	58,0	0,542	0,273
E	42,5	57,0	22,7	58,0	0,542	0,270
F	44,3	59,1	22,7	58,0	0,542	0,262

promedio 0,271

DISPERSION 3,3%,

Esto mismo fué repetido para otras muestras, encontrando valores en que la dispersión de λ en estas condiciones oscila entre 2% y 3%.

Estamos ya en condiciones de comenzar a medir λ en diversas materiales, tan pronto como nos ocuparemos en el segundo capítulo.-

B I B L I O G R A F I A

- 1) FOURIER CH. "Théorie Analytique de la Chaleur" Paris 1822
- 1) BIQUARD H. "Théorie Analytique de la propagation de la chaleur" Paris 1896.
- 2) PEREIRA L.A.P. "Ensaio de conductibilidade térmica em materiais isolantes" Rio de Janeiro 1947.
- 3) BARROS JOSE MARIA "Determinación experimental de coeficientes de conductibilidad térmica" Ciencia y Técnica V.112 N° 564 Bs.As. 1949
- 4) ALFERTS J. "The measure of Thermal conductivity of materials used in construction" Bull. of the Dep. of Sci. and Ind. Research London 1944
- 5) VERNETTE P. "La mesure de la conductibilité thermique des corps solides" Ch. et Ind. Vol. 18 Paris 1937.
- 6) VERNETTE P. "Mesure de la conductibilité thermique des isolants par la methode du touchau" Ch. et Ind. Vol. 18 Paris 1937.
- 7) PONTEVIN A. "Conductibilité thermique et électrique des métaux et alliages" Ch. et Ind. Vol. 18 Paris 1937.

CAPITULO SEQUENO

COEFICIENTE DE CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA EN MATERIALES

La medición ha permitido abondar en este universo inextricable.

Para medir el coeficiente de conductibilidad térmica en un material homogéneo se procede de la siguiente manera, para nuestro aparato:

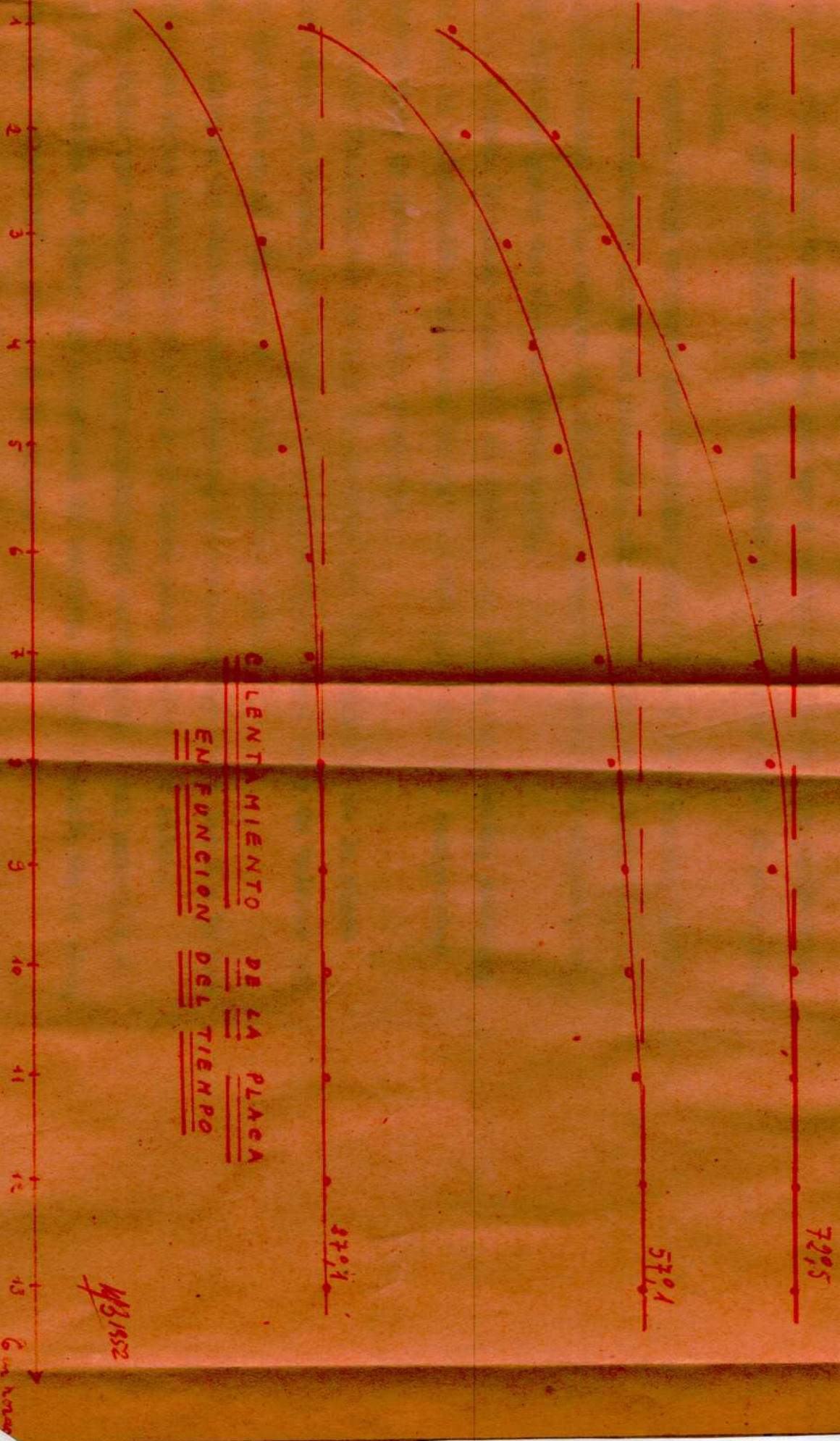
- 1) Se condicionan las muestras, dos para cada material, teniendo en cuenta que las superficies por donde debe pasar el flujo calorífico deben ser lo más planas posibles.
- 2) Se ubican una de ellas en la parte anterior y la otra en la posterior, respecto de la placa calefactora.
- 3) Se colocan las termocuplas, que van a permitirnos medir los parámetros, necesarios para el cálculo de λ , estando a su vez conectadas al grafo milivoltímetro.
- 4) Se ajusta luego mediante los tornillos anteriores y posteriores, hasta alcanzar adherencia entre las muestras, placa calefactora y recipiente de enfriamiento. Si la muestra es rígida se interponen placas de amianto, si es flexible puede ser directa dicha unión.
- 5) Se conecta la placa central y de borde a la fuente de tensión, comenzando así la calefacción. Al mismo tiempo se hace pasar por los recipientes enfriadores un caudal de agua abundante.

Con fines ilustrativos se hizo un estudio del calentamiento de la placa (muestra) en función del tiempo, habiendo obtenido una serie de valores que se observan en el gráfico N° 1, del cual se extrae:

- a) Se alcanza un régimen estacionario, aproximadamente entre las 8 a 10 horas para bajas temperaturas y 11 a 13 horas para valores más altos.

Estos datos nos demuestra la dependencia del coeficiente λ del material y de la cantidad de calor que atraviesa la muestra, siendo función de la edad, humedad, composición, etc., de la misma.

- b) Una vez alcanzado el régimen constante, se varía el valor de la resistencia R_2 en el circuito de borde, para tener una diferencia de temperatura entre las zonas de borde y central igual a 0 o muy cercano a él.



CL L E N T A M I E N T O D E L A P L A C A
E N F U N C I O N D E L T I E N P O

14/3/1952

cia R_2 en el circuito de borde, para tener una diferencia de temperatura entre las zonas de borde y central igual a 0 o muy cercano a 0.

7) Luego cuando se tienen: tensión, intensidad de corriente, diferencias de temperatura $D T_1$; $D T_2$; $D T = 0$; $T_{abs.}$, constantes se toman dichos valores. Se dejan pasar 5 horas y se siguen manteniendo constante dichos parámetros utilizándolos para el cálculos del coeficiente .

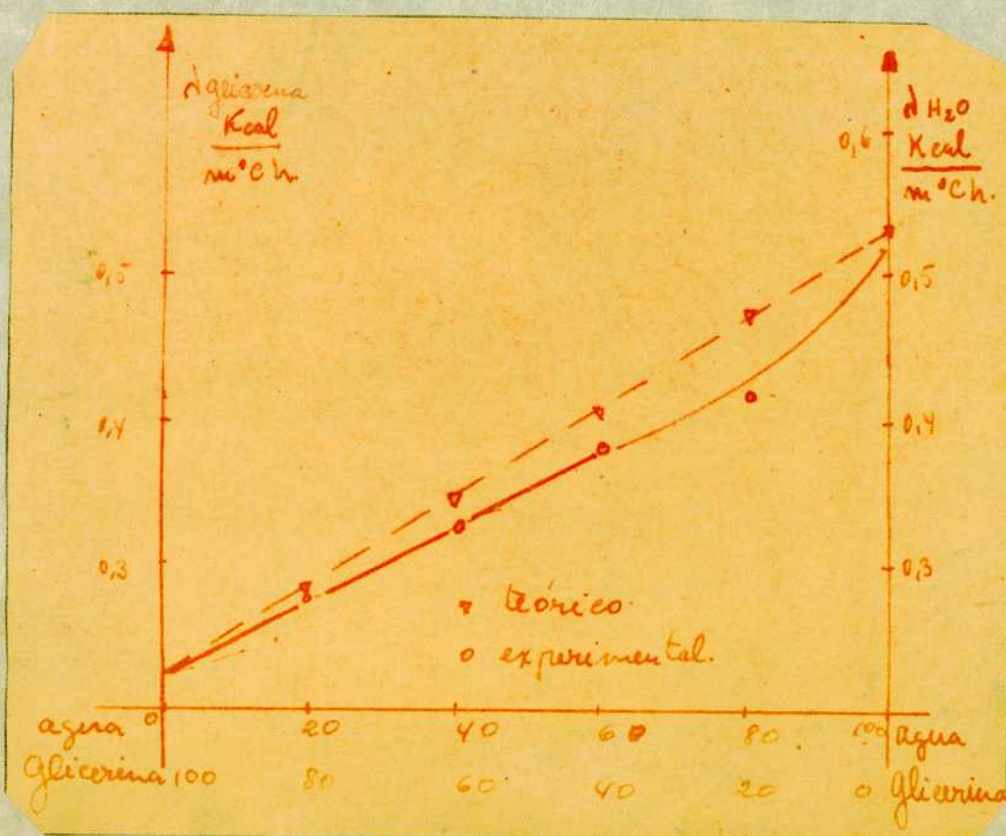
En los líquidos se ha propuesto la aplicación de una fórmula que permite calcular el valor de λ para una mezcla conociendo su composición centesimal y el coeficiente de cada componente puro:

$$\lambda_{mezcla} = \frac{\lambda_A \cdot A\% + \lambda_B \cdot B\%}{\lambda_A + \lambda_B}$$

Pero esta fórmula tiene solo una aplicación aproximada ya que existe una discrepancia entre los valores teóricos y experimentales.

Según Bates (Ind. Eng. Chem. 28-494-1936) se obtuvieron los siguientes valores del coeficiente de conductibilidad térmica de una solución de glicerina que representamos en el gráfico N° 2 mostrándonos la dispersión entre ambos valores.

Glicerina a 30°C.	100%	<u>Kcal.</u> m°C h experimental	<u>Kcal.</u> m°C h teórico
		0,264	-----
Solución glicérica	80%	0,281	0,301
" "	60%	0,327	0,358
" "	40%	0,385	0,416
" "	20%	0,413	0,473
Agua a 30°C.	100%	0,530	-----



Vemos que a medida que la solución se hace más diluida la discrepancia es mayor.

La observación en las determinaciones del coeficiente de conductibilidad térmica en las maderas ha permitido nuestra orientación hacia el estudio de la dependencia de dicho coeficiente, respecto de la humedad, peso específico aparente.

Su dependencia con la temperatura no es muy importante, ya que en realidad, no se las utiliza como verdaderos aislantes térmicos debido a que sufren pirolisis por encima de 100°C. Hay una fuerte variación de su estado higrométrico lo que hace que la variación de λ no sea debido exclusivamente a la temperatura, sino a la suma de ella y la humedad. Además, hay otras variables que influyen poderosamente, a saber:

- a) Dirección de las fibras (nosotros siempre hemos trabajado de tal manera que el flujo calorífico era perpendicular a ellas).
- b) Presencia de nudos.
- c) Fisuras que pueden presentar las muestras a ensayar.
- d) Calidad de las mismas.
- e) Edad.

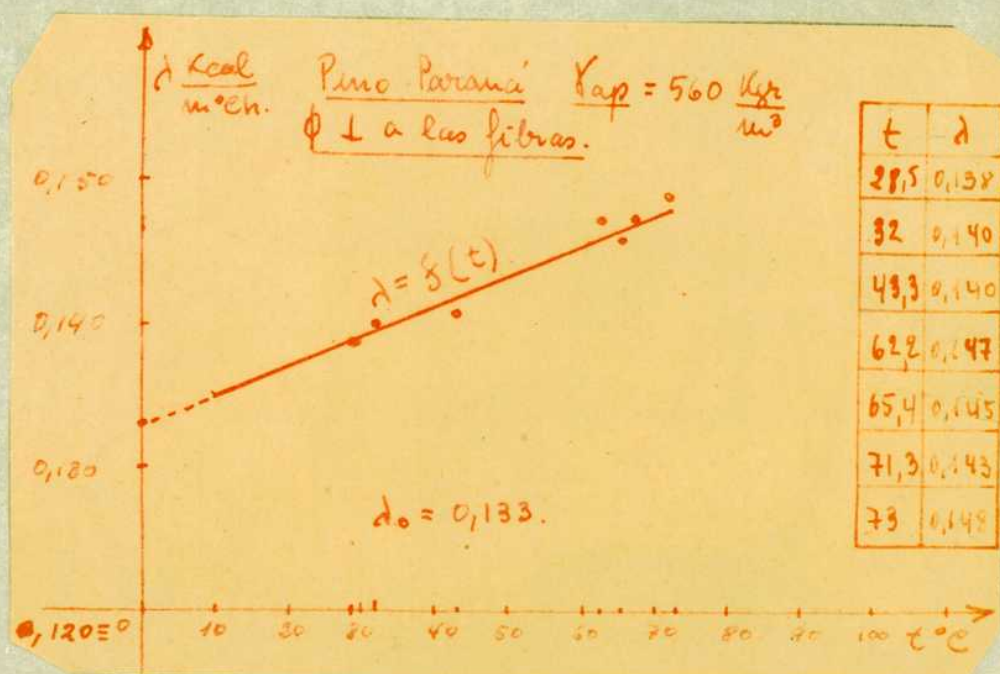
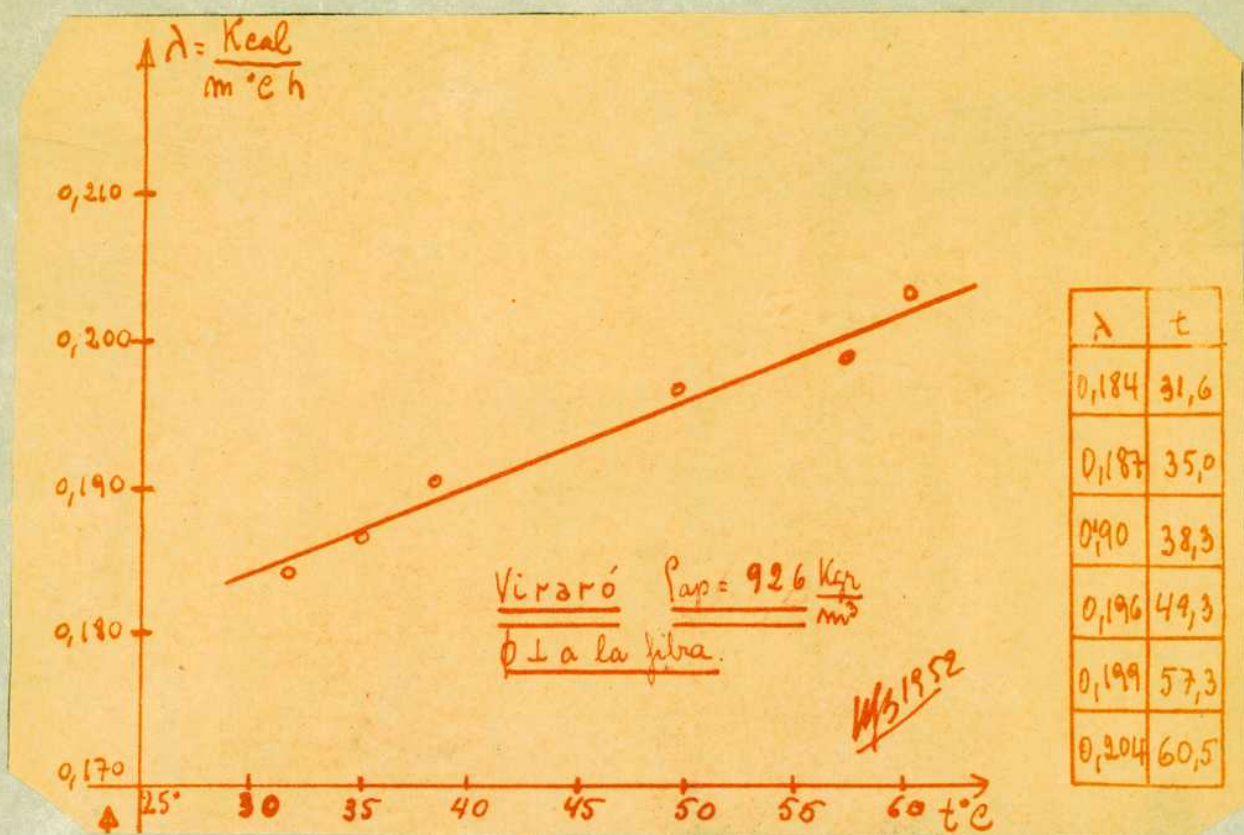
Pero sus influencias son siempre menores que las dos citadas anteriormente, humedad y peso específico aparente.

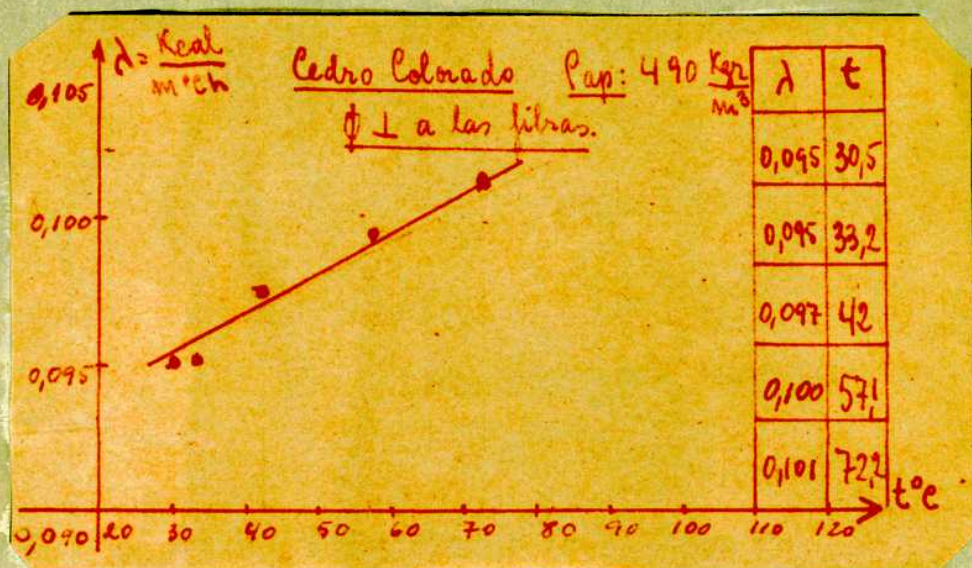
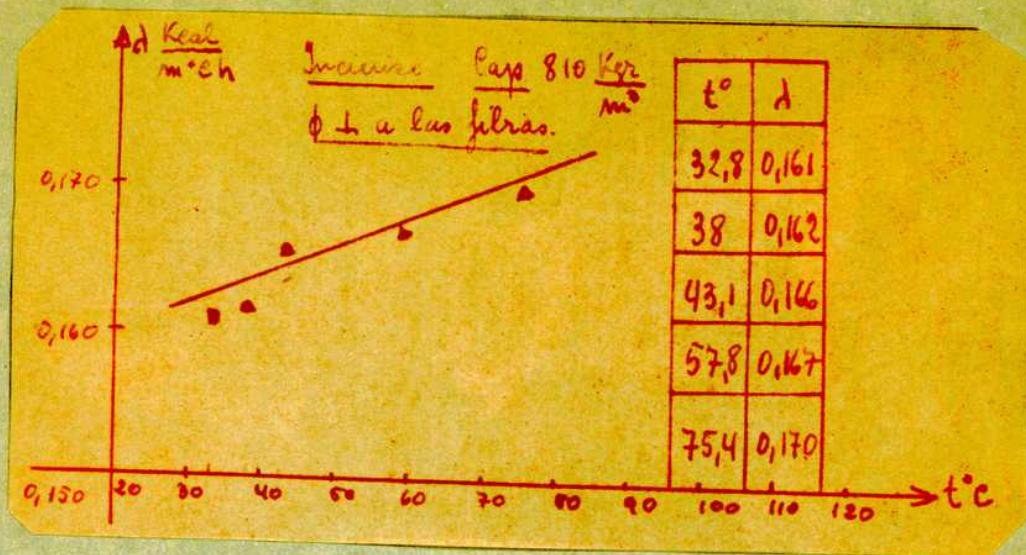
Las maderas ensayadas por nosotros fueron: cedro colorado, pino paraná, viraró, incienso.

Cada muestra a ensayar (dos placas), fueron cortadas a las medidas siguientes: 29,5 cm. x 30 cm. x 3 cm.- Se tuvo especial cuidado en pulir perfectamente sus caras para conseguir la mayor adherencia de las superficies durante la determinación. Ensayamos primero la variación aparente de λ en función de la temperatura. Se sometió una misma muestra, a diversos flujos caloríficos, tomándose como temperatura para referir el λ hallado, la media aritmética entre las temperaturas absolutas de las caras límites (fría y caliente respectivamente). Para evitar la variación de la humedad como factor influyente en dicha determinación se realizó lo siguiente.- La muestra se calentó hasta una temperatura óptima, para nosotros 90°C., midiéndose entonces el valor de λ y la humedad de la muestra. Se fueron determinando los valores sucesivos de λ para temperaturas decrecientes, siendo condición primordial la de no interrumpir el flujo calorífico.

Se observó que el contenido higrométrico de la muestra variaba en un 2% aproximadamente para variación de temperaturas entre 30 y 60°C.

La variación de λ en función de la temperatura, poco influenciada por la pequeña variación de la humedad se observa en los gráficos N° 3, 4, 5 y 6.





Se efectuó luego el ensayo de la variación de λ en función de la humedad en las muestras.

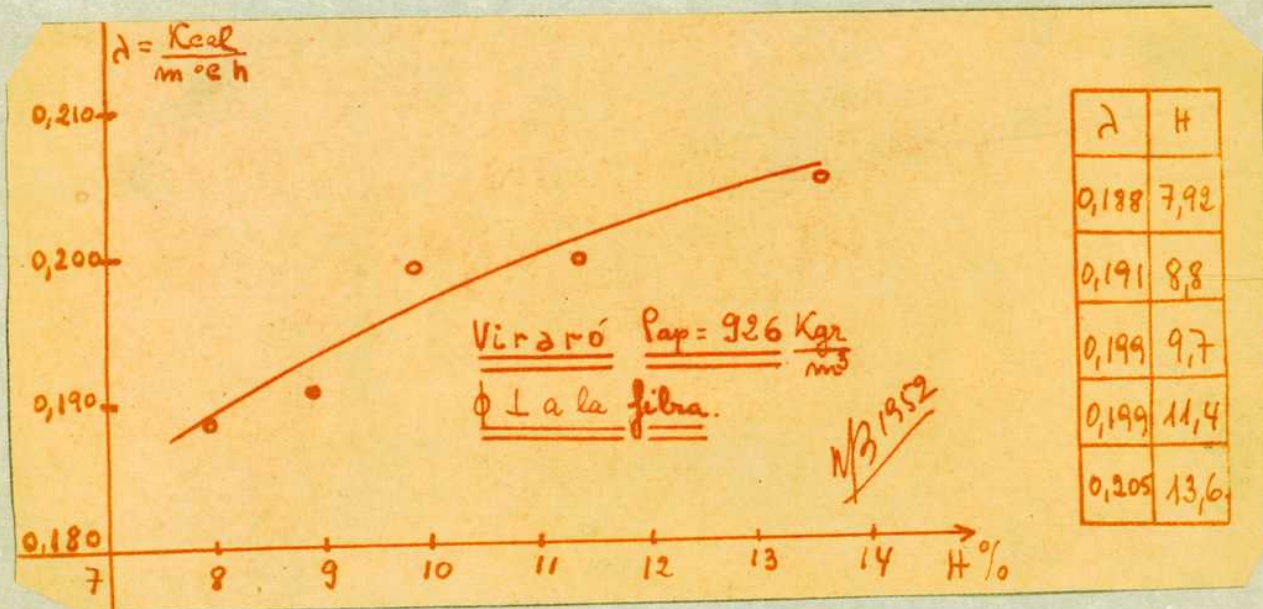
De una misma muestra de madera, se tomaron varios pares de placas, las cuales fueron sometidas a flujos térmicos diferentes, determinando en cada par:

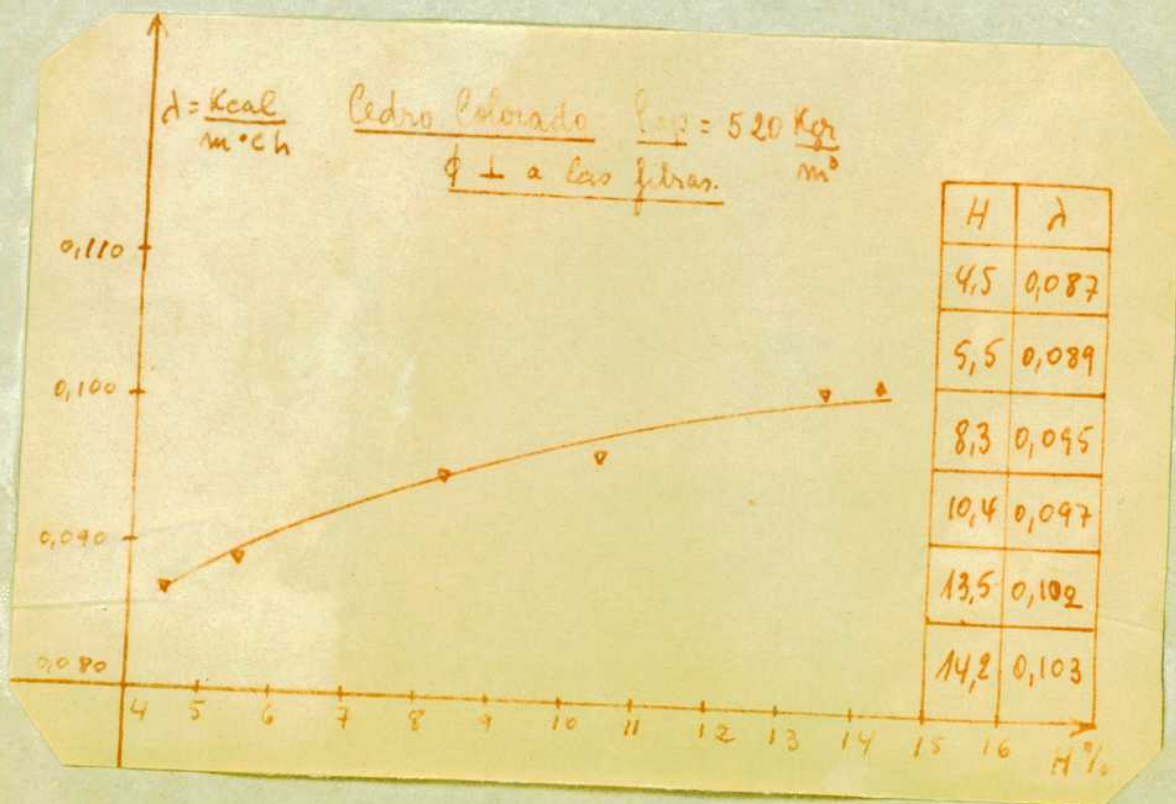
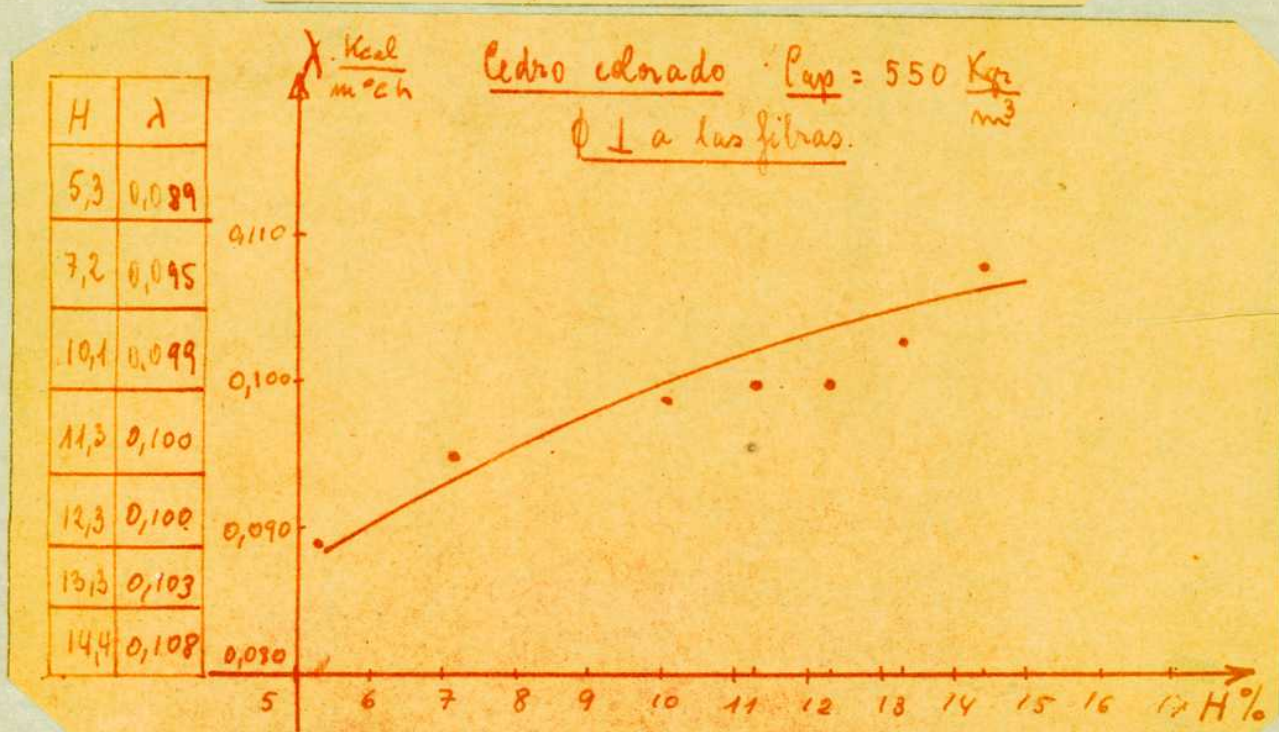
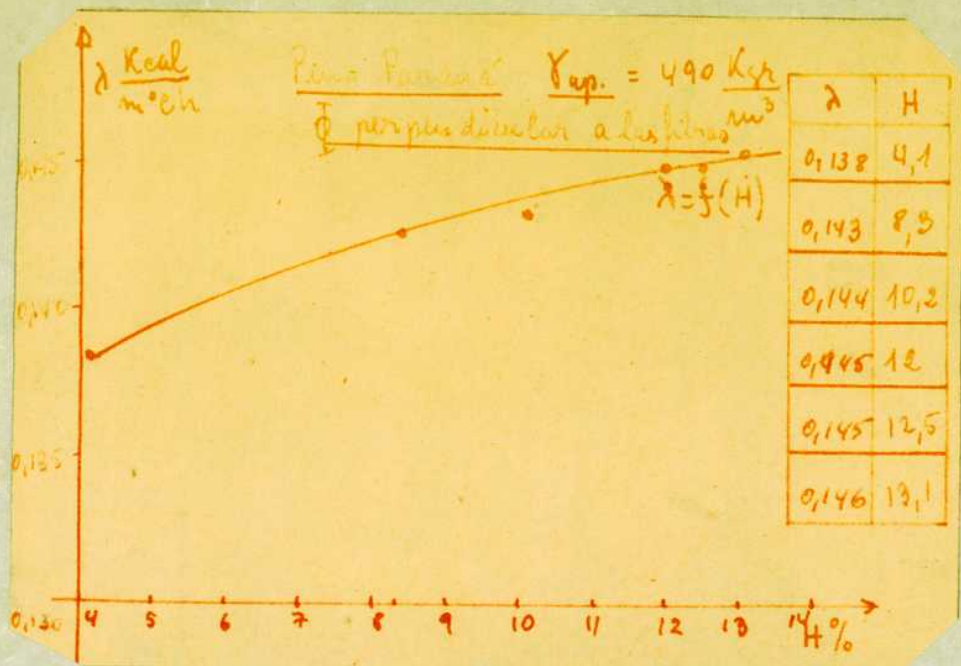
- 1) El valor de λ por medición de los parámetros respectivos.
- 2) La humedad, mediante la extracción de un trozo de muestra de la placa llevándola a estufa a 120°C., hasta lograr constancia en su peso.

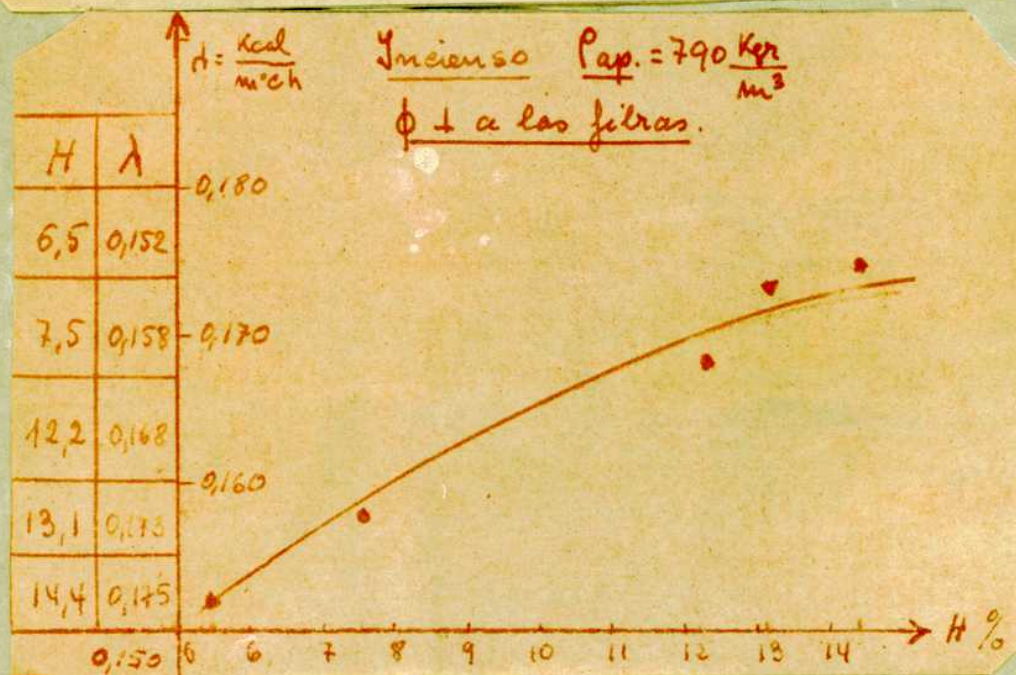
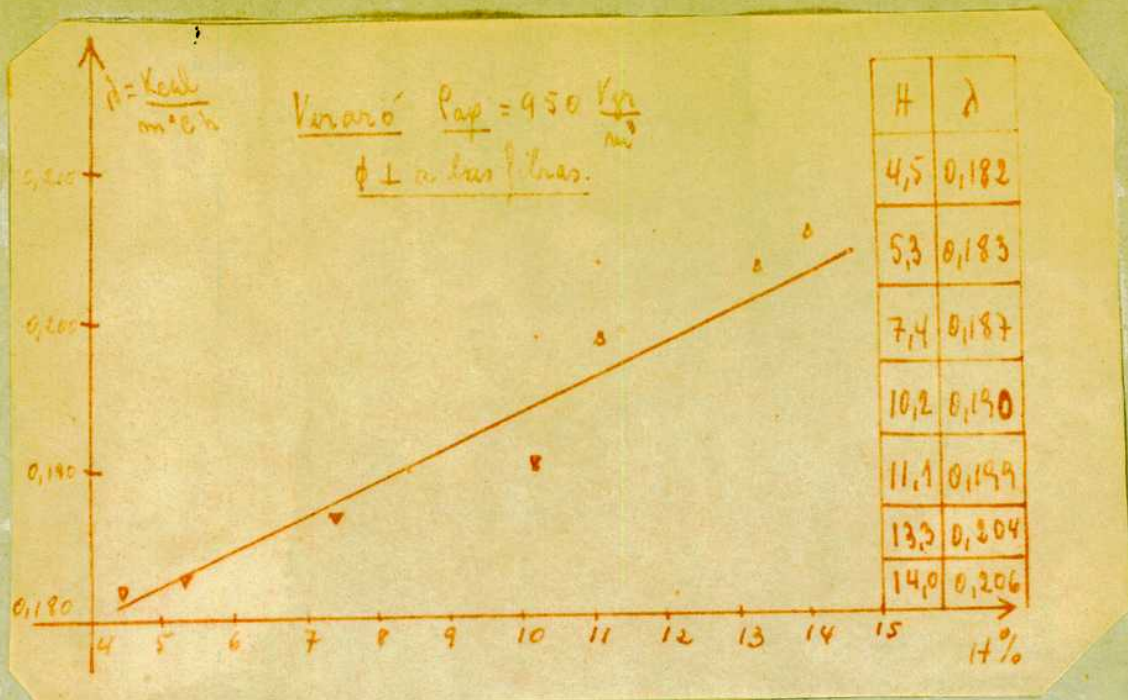
Un hecho digno de mención es que, al someter la madera al fuerte flujo calorífico, necesario para disminuir su humedad hasta un valor del 4%, ésta tiende a torcerse, lo que no puede conseguir ya que esta retenida por los tornillos laterales del aparato. Este movimiento se traduce, no obstante en la rajadura de la placa que se está ensayando. En estas condiciones el valor de λ es muy inferior al real, por producirse un pasaje del flujo calorífico, ya no por conductibilidad en el material, sino en el aire.

Nosotros hemos evitado esto, sometiendo la muestra a calentamientos crecientes, en forma muy lenta, de modo que el λ a determinar es función de la humedad decreciente. Los valores extremos del calentamiento deben ser tales de no producir cambio de color en la muestra, lo que — traduciría — una alteración química.

Para distintas muestras los valores de λ en función de la humedad se observan en los gráficos 7; 8; 9; 10; 11; 12.-





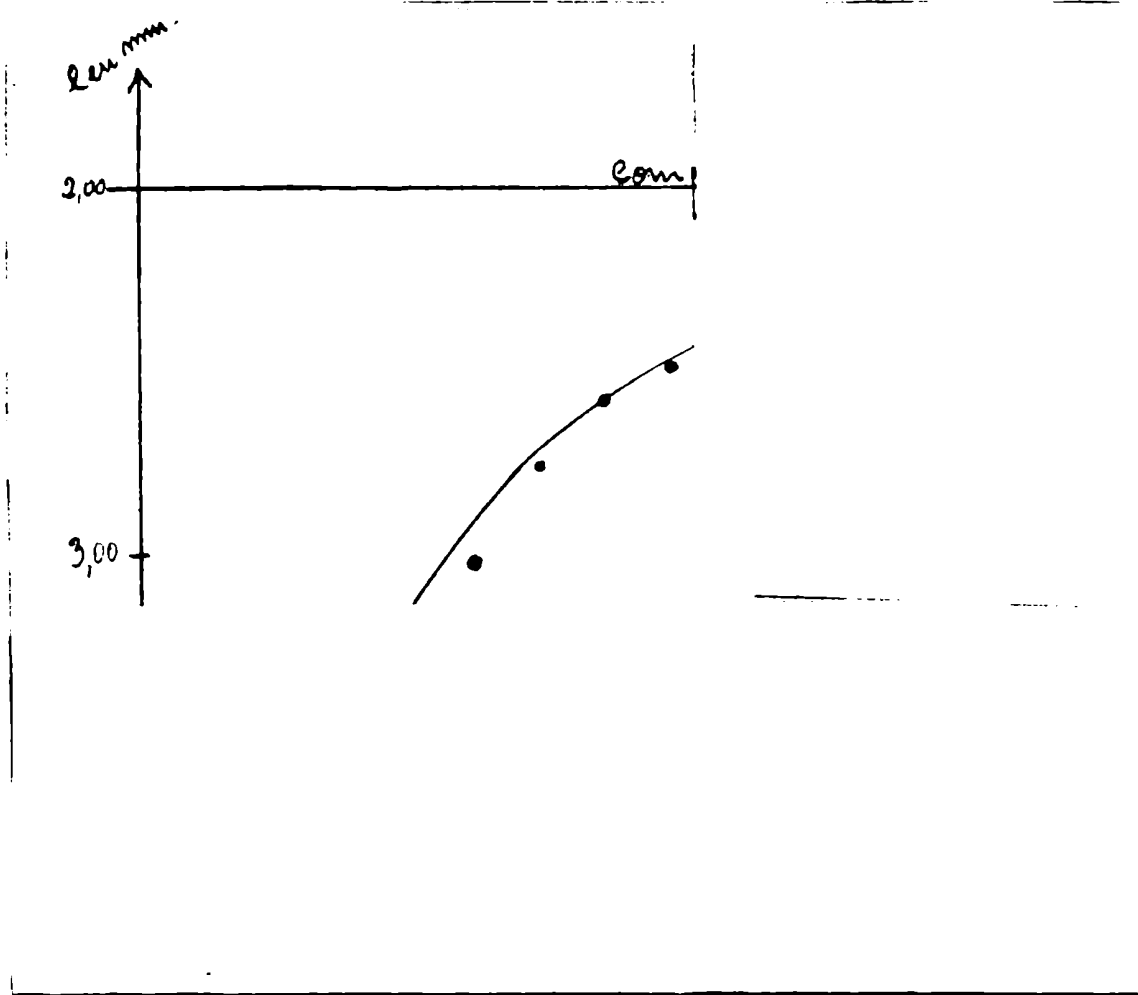


Un problema sumamente interesante que se nos presentó, fué el de determinar el coeficiente de conductibilidad térmica, en frazadas de lana de distintas calidades. Teniendo presente que el tejido ofrece un cierto espesor, variable de acuerdo a la compresión a que se lo somete, y con el objeto de tener datos comparativos en distintas muestras se estudió:

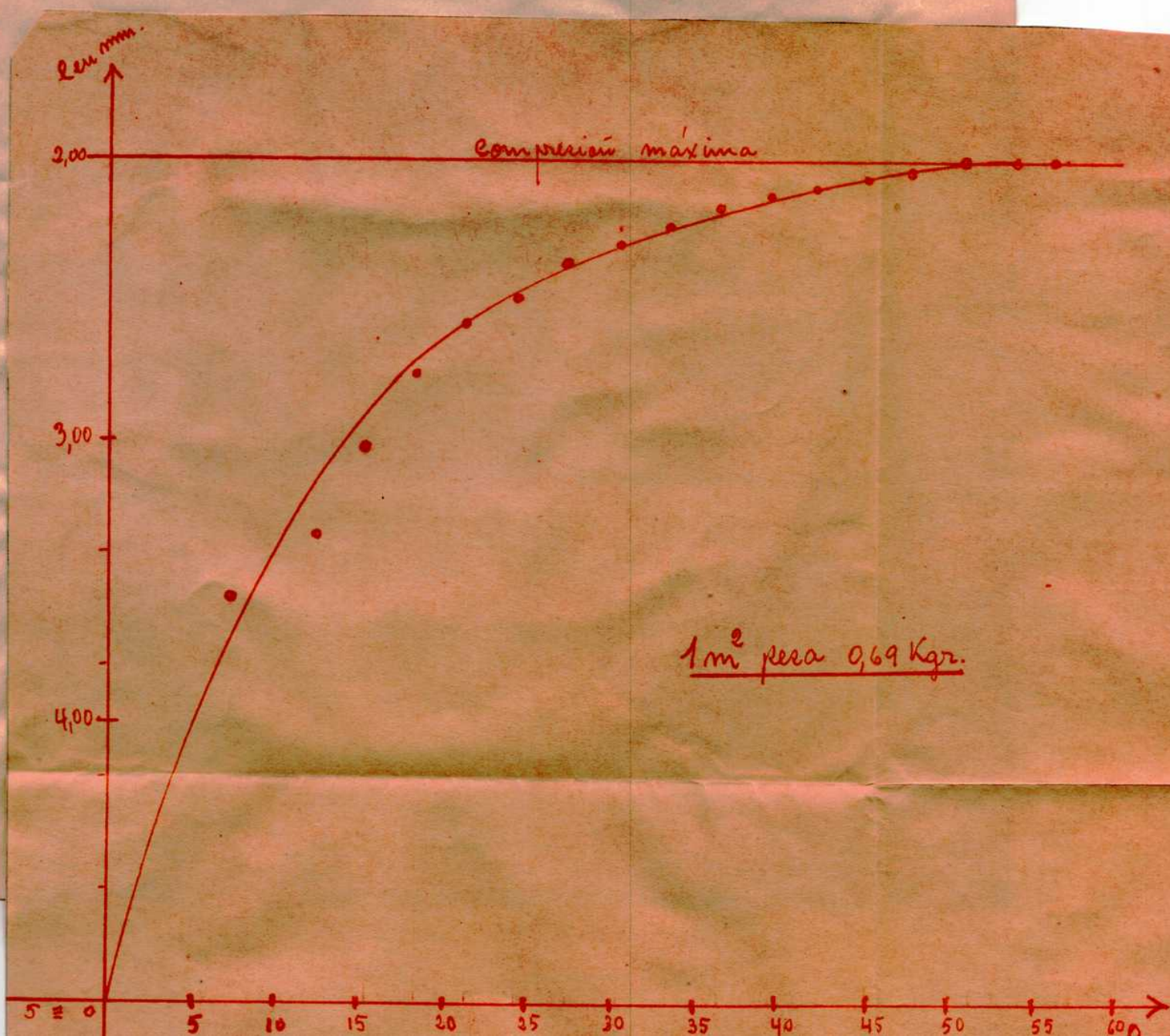
- 1) La variación del espesor del tejido en función de la carga colocada sobre él.
- 2) La variación del coeficiente de conductibilidad térmica en función del espesor.

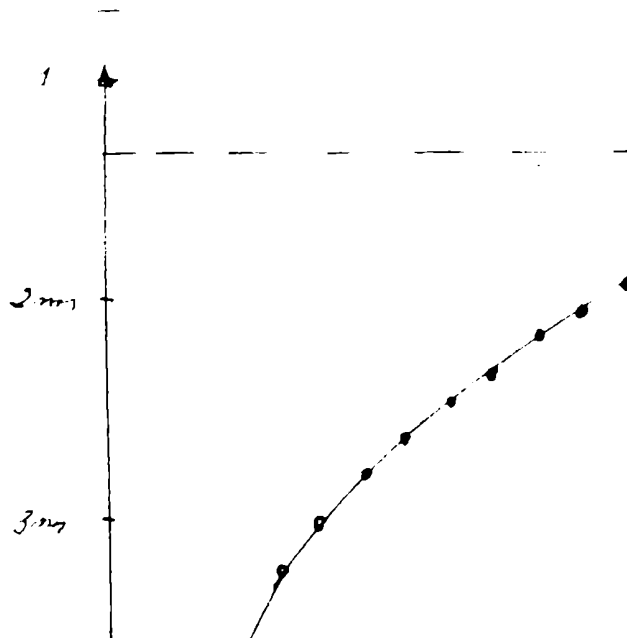
El primer problema fué resuelto después de muchos tanteos, de la siguiente manera. Se colocó un trozo cuadrado de tejido de 40 cm. de lado, entre dos placas de cristal también cuadradas de 20 cm. de lados y 4 mm. de espesor.

De esta manera quedaba en los bordes de la placa de cristal un sobrante de tejido sin comprimir. Se evitaba así el derrame del tejido ya que en estas condiciones, la trama de la frazada sobrante periférica, ofrecía resistencia a la expansión producida por el peso que debía comprimir. Sobre la placa de cristal se colocó un flexímetro que permitía medir la variación del espesor, en el orden del 0,01 mm.- El flexímetro estaba sostenido mediante un eje vertical que se encontraba apoyado por fuera de la placa de cristal. Al mismo tiempo sobre dicha placa se colocó un soporte de madera, que apoyaba a lo largo de dos de sus bordes paralelos, quedando el flexímetro en su interior, aunque visible durante la experiencia. Se colocó además un recipiente de aluminio vacío, de una capacidad de 25 litros. En estas condiciones se midió el espesor inicial, espesor que correspondía a la carga soportada, proveniente de la suma de: placa de cristal superior, soporte de madera y recipiente de aluminio. Luego se fueron haciendo con sumo cuidado variaciones de hierro correspondiendo a un peso de 4 Kgr. por vez, anotando el espesor que marcaba el flexímetro en ese instante. Se construyó así un gráfico que nos daba la variación del espesor en función de la carga (Nº 13) y (Nº 14).



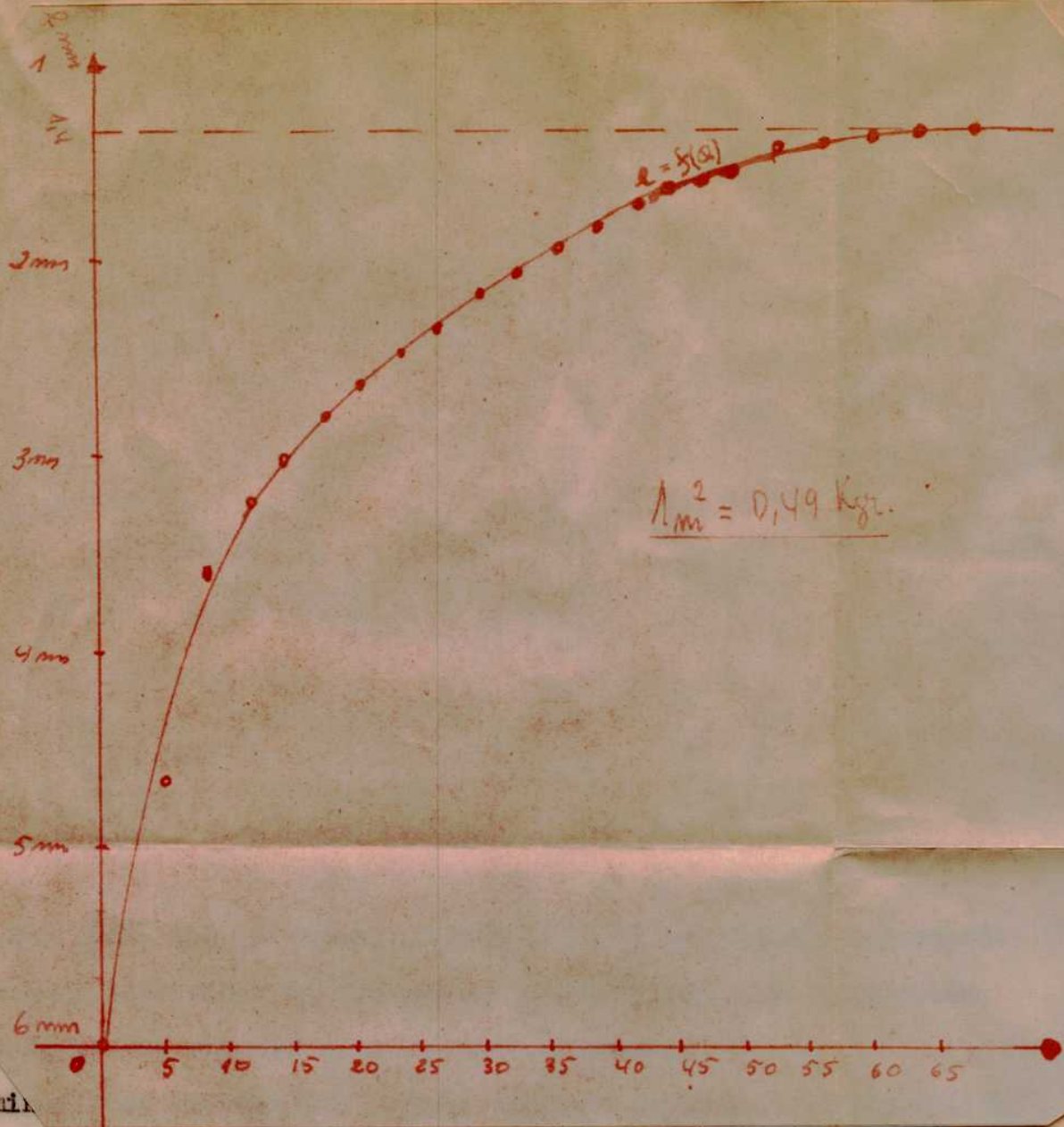
esta manera quedaba en los bordes de la placa de cristal un sobrante de tejido sin comprimir. Se evitaba así el derrame del tejido ya que en estas condiciones, la trama de la frazada sobrante periférica, ofrecía resistencia a la expansión producida por el peso que debía comprimirla. Sobre la placa de cristal se colocó un flexímetro que permitía medir la variación del espesor, en el orden del 0,01 mm.- El flexímetro estaba sostenido mediante un eje vertical que se encontraba apoyado por fuera de la placa de cristal. Al mismo tiempo sobre dicha placa se colocó un soporte de madera, que apoyaba a lo largo de dos de sus bordes paralelos, quedando el flexímetro en su interior, aunque visible durante la experiencia. Se colocó además un recipiente de aluminio vacío, de una capacidad de 25 litros. En estas condiciones se midió el espesor inicial, espesor que correspondía a la carga soportada, proveniente de la suma de: placa de cristal superior, soporte de madera y recipiente de aluminio. Luego se fueron echando con sumo cuidado municiones de hierro correspondiendo a un peso de 4 Kgr. por vez, anotando el espesor que marcaba el flexímetro en ese instante. Se construyó así un gráfico que nos daba la variación del espesor en función de la carga (Nº 13) y (Nº 14).





Observamos en ellos, que el espesor tiende a un valor mínimo, correspondiendo a valores crecientes de las cargas que determinan la compresión. Estos toman distintos valores para muestras diversas.

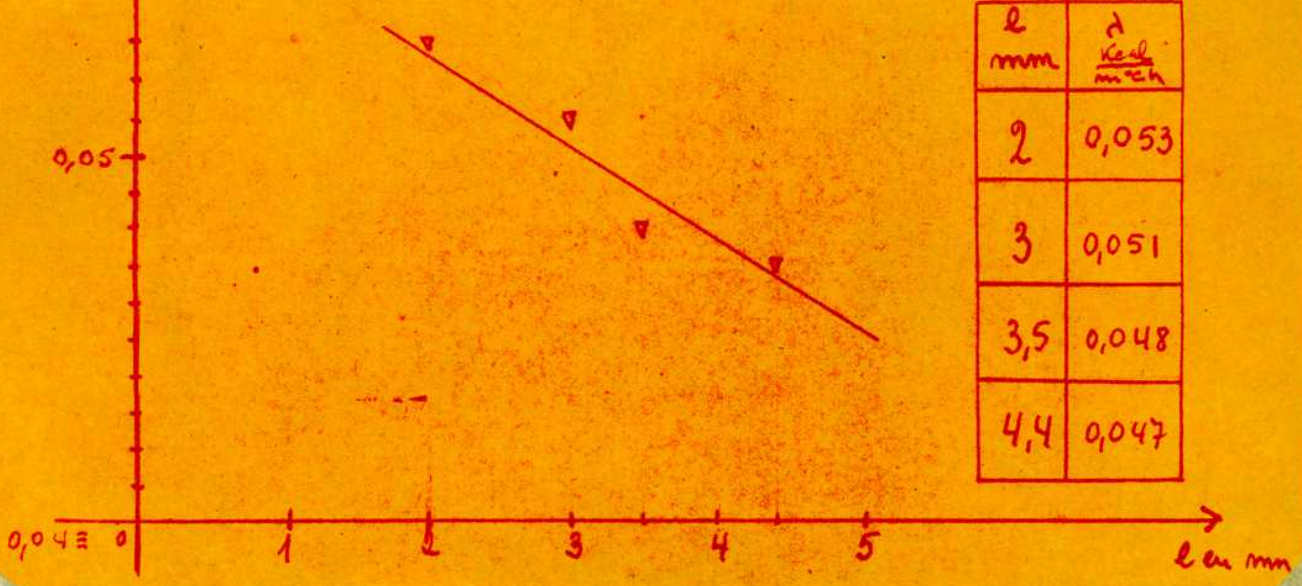
Para determinar λ en función del espesor debimos realizar ciertas modificaciones en la colocación del material a medir, obligados por las condiciones particulares de las muestras; así: a) el tejido presenta una fuerte adherencia (material flexible), se lo coloca entonces directamente entre la placa calefactora y el recipiente de enfriamiento, ajustándolo con los tornillos laterales. b) se colocó el tejido en el aparato, pero de tal manera de interponer entre la placa calefactora y el recipiente de enfriamiento, dos listones verticales, de un ancho de 2 cm. y espesor aquel en el cual se quiere medir λ . Esto se hizo para conocer el espesor de la muestra en forma rigurosa ya que al oprimir con los tornillos laterales dicho espesor, podía variar no logrando valores comparativos en las diversas muestras. Se utilizaron listones de 2, 3, 3,5, 4,4 mm. de espesor, midiendo el λ correspondiente. Estas determinaciones se hallan representadas en los gráficos 14 y 15.-



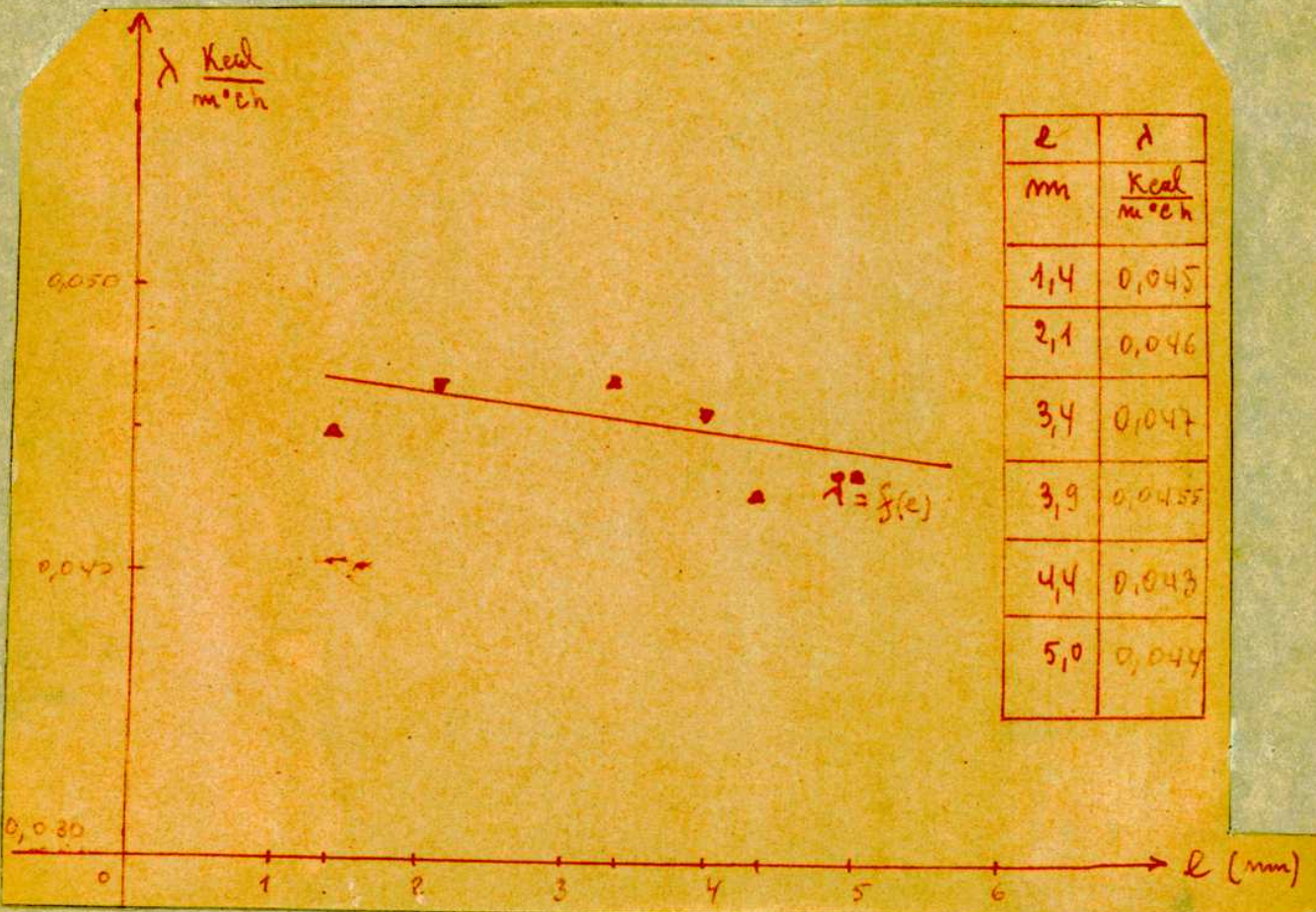
Observamos
 diendo a v
 Estos toma
 Para determi

caciones en la colocación del material a medir, obligados por las condiciones particulares de las muestras; así: a) el tejido presenta una fuerte adherencia (material flexible), se lo coloca entonces directamente entre la placa calefactora y el recipiente de enfriamiento, ajustándole con los tornillos laterales. b) se colocó el tejido en el aparato, pero de tal manera de interponer entre la placa calefactora y el recipiente de enfriamiento, dos listones verticales, de un ancho de 2 cm. y espesor aquel en el cual se quiere medir λ . Esto se hizo para conocer el espesor de la muestra en forma rigurosa ya que al oprimir con los tornillos laterales dicho espesor, podía variar no logrando valores comparativos en las diversas muestras. Se utilizaron listones de 2, 3, 3,5, 4,4 mm. de espesor, midiendo el λ correspondiente. Estas determinaciones se hallan representadas en los gráficos 14 y 15.-

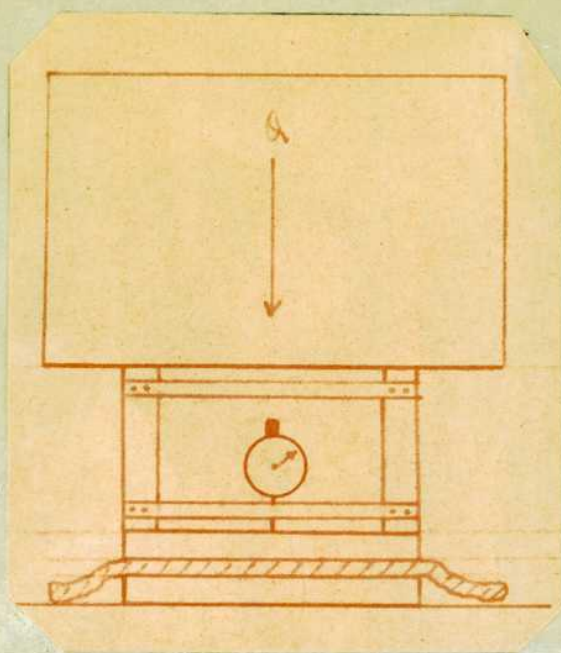
$$\lambda = \frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{C}}$$



$$\lambda \frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{h}}$$

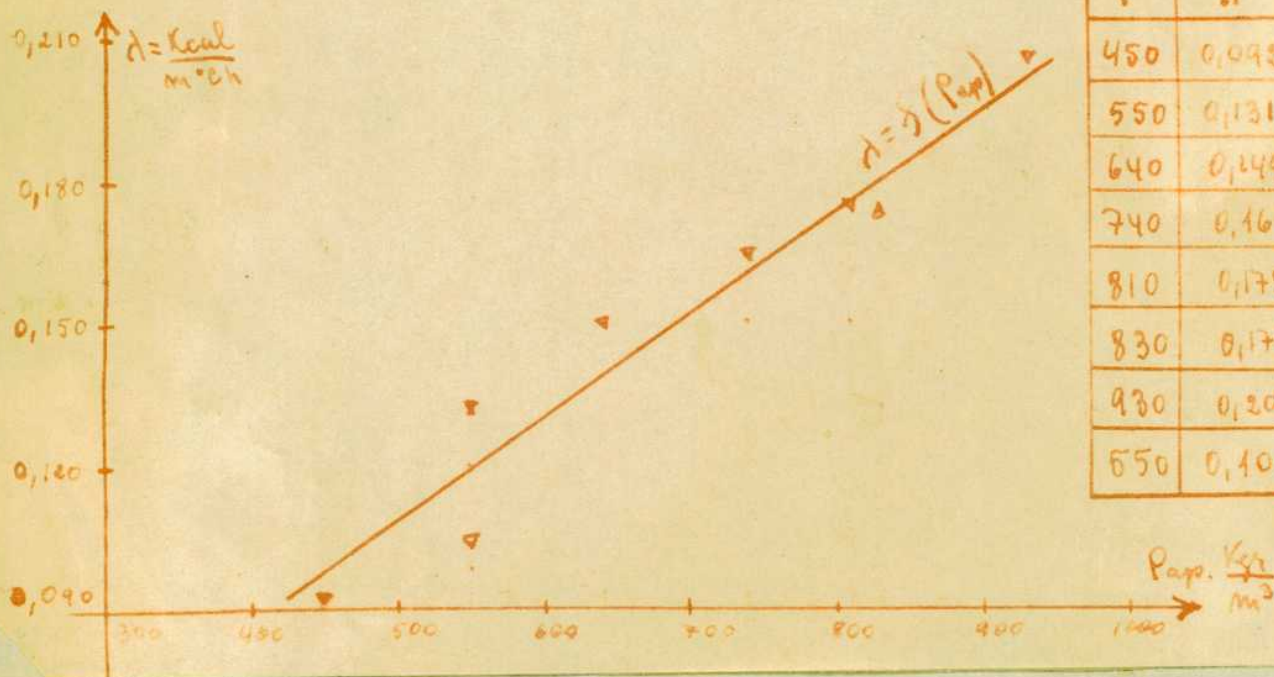


El esquema 16 nos permite apreciar el dispositivo de medición del espesor de una frazada en función de la carga a la cual se la somete.



El gráfico N° 17 nos da la relación de variación del coeficiente de conductibilidad térmica con el peso específico aparente de ciertas maderas.

$$\lambda = \frac{\text{Kcal}}{\text{m} \cdot \text{C} \cdot \text{h}}$$



P	λ	NOMBRE
450	0,092	abeto
550	0,131	Pino
640	0,149	Teca
740	0,164	Arce
810	0,175	Encina
830	0,174	Rol
930	0,205	Vararó
650	0,103	Cedro

$$P_{app} = \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}$$

Adjuntamos además una tabla de valores del coeficiente de conductibilidad térmica de diversos materiales, ensayados por nosotros, a lo largo de todo el trabajo experimental anteriormente descripto.

PESO ESPECÍFICO APARENTE	TEMPERATURA	λ	NOMBRE
$\frac{\text{Kgr.}}{\text{m}^3}$	°C	$\frac{\text{Kcal.}}{\text{m} \cdot \text{C.} \cdot \text{h}}$	-----
600	33,6	0,18	Granulado volcánico y cemento.
750	27,8	0,26	" "
770	29	0,26	" "
1.060	46	0,37	" "
1.090	37,8	0,36	" "
1.250	31,6	0,34	" "
1.340	30,9	0,33	" "
1.400	35,6	0,32	" "
1.490	33	0,39	" "
1.545	32	0,43	" "
1.735	33	0,59	" "
1.830	33,5	0,60	" "
850	29	0,24	Ladrillo piedra pomez

CONCLUSIONES FINALES.

De todo el trabajo experimental detallado, deducimos que el coeficiente de conductibilidad térmica en las maderas cumple:

- a) Aumenta con el aumento de temperatura siendo aproximadamente una función lineal.
- b) Aumenta con el contenido higrométrico en forma más acentuada que con la temperatura.
- c) Aumenta con el peso específico aparente del material siendo una función lineal. Extrapolando encontramos el coeficiente de conductibilidad del aire.

Respecto a los tejidos se tiene:

- a) Disminuye con el aumento de espesor, esto se puede explicar en parte por el efecto aislador de las pequeñas cámaras de aire existente en la trama de todo tejido. Cuando el espesor es mínimo estas cámaras prácticamente desaparecen, circunstancia que da un valor elevado a λ .



BIBLIOGRAFIA

- 1) BADOS, José María. Determinación experimental del coeficiente de conductibilidad térmica. CIENCIA Y TECNICA Vol. 112 Nº 564- 1949.
- 2) RIBAUD, P. Conductibilité thermique des matériaux poreux et pulverulents. Ch. et Ind.vol. 18- 1937.
- 3) MAC LEAN, H. Thermal conductivity of wood. P.H. and A.C. vol 13-1941.
- 4) STEINER, J. y BLACK, C. Methods of establishing k values. How heat conductivity have been determined. Heat. Pip. and Air Cond. vol. 10-1940 y vol. 13- 1941.
- 5) WILLARD, C. y LICHTY, C. A study of heat transmission of building materials. Bull nº 102 of the Eng. Exp. Station of the Unive of Illinois.
- 6) HOUGHTEN, F.C. Conductivity determination by the guarded hot plate method. Proc. of the A.S.T.M. vol. 42 - 1942.-