

ORGANIZACION RADIATIVA Y BALANCE ENERGETICO DE UNA CAVIDAD

ABSORBEDORA CILINDRICA

Jorge Alberto Follari, Gregorio Costanza y Víctor Ronchietto

Facultad de Ciencias Físico-Matemáticas y Naturales
Universidad Nacional de San Luis

RESUMEN

Se diseña una cavidad cilíndrica con aletas en su interior, dentro de las cuales circula el fluido de trabajo, con el propósito de que la distribución de energía incidente en su interior esté en correspondencia con la masa de fluido circulante. Esto es, la densidad de radiación media debe ser igual en todos los sectores (aletas) en que se subdivide la cavidad, evitando "puntos calientes".

Al diseño así obtenido se lo analiza en forma teórica, obteniéndose el balance energético con su respectiva eficiencia. El fluido de trabajo utilizado es ethilen-glicol, con temperatura de salida de hasta 180°C. Se analizan sus ventajas y desventajas frente a otros sistemas, así como su factibilidad de realización y sus posibles usos.

ABSTRACT

In the present paper we design a cylindrical cavity with inner fins. Inside the fins flows the working fluid. The condition for the optimization of the cavity is that the mean energy density on each fin must be equal, avoiding hot points or hot parts of the cavity.

We perform the theoretical analysis and then calculate the corresponding energetic balance and the efficiency of the system. The working fluid used is ethilen-glicol with an output temperature of 180°C. Finally, we analyze its advantages and disadvantages with respect to other systems, and the factibility of its realization and possible uses.

INDICE

Resumen

Abstract

Indice

Introducción General

- 1a) Descripción del sistema
- 1b) Aspectos tenidos en cuenta
- 1c) Por que se adoptó el sistema

Ib) ASPECTOS TENIDOS EN CUENTA

- 1) Amplitud del ángulo que subtiende al sol.
- 2) Sombra producida por la parábola
- 3) Distinta magnitud de la energía colectada por la parábola.
- 4) Transmisividad del tubo envolvente.
- 5) Temperatura uniforme en un corte de colector y envoltura.
- 6) Cuerpos grises y difusos.
- 7) Validez de la aplicación del teorema de la línea mínima.
- 8) Condiciones exteriores prefijadas.
- 9) Colector sin vacío.

Estos aspectos son explicados detalladamente en referencia 1, de modo que no lo repetiremos aquí. La única diferencia es que el cálculo de transmisividad de la ventana toma promedios para cada una de las ocho zonas en que está subdividida la cavidad.

Ic) POR QUE SE ADOPTO EL SISTEMA

El sistema de múltiples aletas de perfil triangular se adoptó a los efectos de:

- 1) Incrementar las superficies de contacto con el fluido de trabajo.
- 2) Mejorar las características de cuerpo negro mediante: a) Incrementar las interacciones radiativas internas de la cavidad. b) Disminuir el área presentada por cada semialeta a la boca, ya que éstas radian según la ley de Lambert.
- 3) Obtener una distribución de la densidad de energía media incidente sobre la superficie de las aletas que sea uniforme. Esto garantiza la uniformidad de la temperatura en un corte transversal del sistema.

II - EXPLICACION GENERAL DE LA INTEGRAL

2a) DISGRESION

El enfoque para obtener la distribución de energía radiante es general, es decir, para cualquier forma y tamaño de la cavidad siempre que se puedan expresar los límites de la integral y los arcos (ver más adelante) en función de B y G (o sea en función del ángulo de incidencia del haz central y del ángulo que forma la tangente a la curva que da origen a la cavidad)(ver figura 2). En el caso particular adoptado el ángulo G es constante para todos los valores

de B, ya que nuestra curva general C es una recta. Para este diseño se obtienen las expresiones de la densidad de energía punto a punto sobre cada semialeta y para un número par arbitrario de ellas, ya que deben unirse de a pares sobre las líneas focales para incrementar la interacción radiativa y disminuir las pérdidas. Las dimensiones del sistema (diámetro del tubo, amplitud de la parábola, etc.) son también arbitrarias.

2b) OBTENCION DE LA INTEGRAL

La cantidad de energía solar incide por segundo en cada punto p' (en realidad es una línea, puesto que por simetría se analiza un perfil que de aquí en más se llamará punto) del paraboloide cilíndrico, va a distribuirse sobre el área $A_0 L$, donde A_0 es el arco que subtiende el haz de radiación sobre la superficie en cuestión, (φ) y L en la longitud normal al corte del sistema (ver figura 3). Si G_s es la densidad de radiación solar que incide en un área unitaria normal a los rayos del sol, $d\Omega$ es un diferencial de parábola y $d\Omega \cos(B/2) L$ es el área infinitesimal (Punto P), normal a la radiación solar, entonces la energía por segundo dQ que se refleja en el área $L d\Omega$ de la parábola y va a distribuirse sobre un área $L A_0$ de la cavidad absorbadora es:

$$dQ(B) = \rho \cdot G_s \cdot L \cdot \cos(B/2) \cdot d\Omega = \rho \cdot G_s \cdot L \cdot R_p(B) \cdot dB$$

Luego la densidad de energía sobre un punto de la superficie de una semialeta debido a un punto P' de la parábola es:

$$dE(B) = \frac{dQ(B)}{A_0 \cdot L} = \frac{\rho \cdot G_s \cdot R_p(B) \cdot dB}{A_0}$$

donde $R_p = \frac{2f}{(1 + \cos B)}$ en coordenadas polares, es la distancia del foco a la superficie de la parábola. Pero como sobre un punto de la superficie de una semialeta no solamente contribuye un punto de la superficie de la parábola (ya que debido al ancho solar hay un solapamiento de los haces), debe sumarse (integrarse) todas las contribuciones debidas a otros puntos vecinos de P' sobre la parábola. Es decir todos los puntos comprendidos entre PO' y Pl', o lo que es lo mismo entre BO y Bl (ver figura 6), es evidente que todos los puntos que están fuera del intervalo (PO', Pl') no contribuyen en la parábola. Luego la densidad de radiación en un punto Po sobre una semialeta cualquiera resulta:

(φ) (Obsérvese que a lo que se llama arco A_0 es en realidad un segmento de recta, es decir Pl-PO de la figura 3).

$$E(B) = \int_{B_0}^{B_1} \frac{dQ(B)}{A_0 L} = \rho \ G_s \int_{B_0}^{B_1} \frac{R_p}{A_0} dB$$

para hallar la expresión completa de E(B) es necesario obtener las expresiones analíticas de A₀, B₀ y B₁, cosa que se hará en los puntos siguientes.

2c) OBTENCION DE LOS LIMITES

Calculo de B₀ y de B₁: para aleta I o III

Para obtener el límite B₀ (derecho en la figura 6) se hace el siguiente análisis:

En el tri (PO''', O, Po) se cumplen las siguientes relaciones

$$P_1 - B_0 + Z_1' + Z_1'' = P_1 \quad (1)$$

$$Z_1'' = B_0 - Z_1' \quad Z_1' = B_0 + (a/2) \quad (2)$$

es decir

$$Z_1'' = B_0 - B_0 - (a/2) \quad (3)$$

y aplicando el teorema del seno en los tri (Po, O, PO''') y tri (O, PO', PO''') se obtiene

$$\frac{R_0}{\sin Z_1'} = \frac{d_0}{\sin Z_1''} \quad (4)$$

$$\frac{d_0}{\sin (a/2)} = \frac{R_0}{\sin Z_1'} = \frac{2f}{(1 + \cos B_0)(\sin Z_1')} \quad (5)$$

donde

$$R_0 = \frac{X_1 \sin \theta + Y_1 \cos \theta}{\cos (\theta + B_0)} \quad (6)$$

$$R_p = \frac{2f}{(1 + \cos B_0)} \quad (7)$$

reemplazando (7), (6) y (5) en (4) se tiene:

$$\frac{X_1 \sin \theta + Y_1 \cos \theta}{\cos (\theta + B_0)} = \frac{2f}{(1 + \cos B_0)(\sin(B_0 - B_0 - a/2))} \quad (8)$$

despejar B₀ de (8) es sumamente engorroso y conduce a ecuaciones de cuarto grado cuya solución es poco práctica. En lugar de esto se obtiene el valor de B₀ por una subrutina de mínimos aplicada a la expresión siguiente que es más apropiada para los cálculos

$$B_0 = \arctang \left[\frac{\sin(B_0 + a/2) + \frac{C_4 C_2 \cdot K_1}{K_0(1 + \cos B_0)}}{\cos(B_0 + a/2) + \frac{C_4 \cdot C_2 \cdot K_2}{K_0(1 + \cos B_0)}} \right] \quad (9)$$

donde:

$$C_4 = 2F$$

$$C_2 = \sin(a/2)$$

$$K_1 = \cos \theta$$

$$K_2 = \sin \theta$$

$$K_0 = X_1 \sin \theta + Y_1 \cos \theta$$

El límite B1 se obtiene realizando un análisis similar sobre el haz que parte de P1' y se llega a la expresión

$$B_0 = \arctang \left[\frac{\sin(B_0 - a/2) - \frac{C_4 \cdot C_2 \cdot K_1}{K_0(1 + \cos B_0)}}{\cos(B_0 - a/2) - \frac{C_4 \cdot C_2 \cdot K_2}{K_0(1 + \cos B_0)}} \right] \quad (10)$$

Los límites para las aletas 2 y 4 son iguales a los ya obtenidos.

2d) OBTENCION DE LOS ARCOS

Este item tiene su geometría dibujada en figura 4 y se refiere a los rayos incidentes sobre aleta I o III y II o IV.

Cálculo del arco Aa(B) (para aletas I o III).

A los efectos de obtener el arco total Aa(B), se calculan los semiarcos (Ai(B) y Ad(B)).

Cálculo del semiarco Ai(B):

En el tri (O, P, x(G1)), en lo que sigue se utilizará el símbolo G para designar G1 o G3, de la figura 4. Esto / también conserva su validez para el cálculo Ad(B) del punto siguiente)

$$S = \frac{\pi r}{2} - (G + B) \quad (1)$$

en el tri (P1, P, P'), se tiene $S' = \pi r - (\pi r - S) - \frac{a}{2}$, luego

$$S' = \pi r - \frac{a}{2} - (G + B) = \frac{\pi r}{2} - (\frac{a}{2} + G + B) \quad (2)$$

por otro lado

$$\sin(S') = \cos(\frac{a}{2} + G + B)$$

$$C4 = 2F$$

$$K0 = X1 \sin G + Y1 \cos G \quad (10)$$

2) Cálculo del arco Aa(B): para aleta II o IV

En la misma forma que en el punto anterior, Aa(B) se obtiene a partir de los dos semiarcos A°i(B) y A°d(B) que resulta la siguiente expresión

$$A°d(B) = -A°i(B) \quad (11)$$

IIIe) EXPRESION FINAL DE LA DENSIDAD DE ENERGIA

Con los datos anteriores, la densidad de energía en un punto Po resulta de resolver la siguiente integral (aquí se usa Aa(B) correspondiente a las aletas I o III; para Aa(B) de la II o IV cambie el signo)

$$E(B_0) = \rho \cdot G_s \int_{B_0}^{B1} \left(R_p(B) / A_a(B) \right) dB \quad (1)$$

Reemplazando R_p(B) y Aa(B) por las correspondientes fórmulas, resulta la siguiente expresión

$$E(B_0) = \rho \cdot G_s \cdot C5 \int_{B_0}^{B1} \frac{dB}{(1 + \cos B) \left[\frac{K0}{\cos(B+G)} + \frac{C4}{(1 + \cos B)} \right] \left[\frac{\cos(B+G)}{\cos^2(B+G) - (C2)^2} \right]} \quad (2)$$

donde

$$C5 = \frac{C4}{2 \cdot Q \cdot C3} \quad (3)$$

desarrollando los cosenos, agrupando y poniendo

$$K1 = \cos G$$

$$K2 = \sin G$$

se sigue en la expresión

$$E(B_0) = \rho \cdot G_s \cdot C5 \int_{B_0}^{B1} \frac{\left[(K1)^2 - (C2)^2 \right] + \left[(K2)^2 - (K1)^2 \right] \sin^2 B - 2K1 \cdot K2 \cos B \sin B}{K0 + (K0 + K1 \cdot C4) \cos B - C4 \cdot K2 \sin B} dB \quad (5)$$

Las tres integrales en que se puede subdividir (5), se resuelve haciendo la sustitución universal,

$$T = \tan(B/2) ; \quad \cos B = \frac{1 - T^2}{1 + T^2} ; \quad \sin B = \frac{2T}{1 + T^2} ; \quad dB = \frac{2 dT}{1 + T^2}$$

y aplicando el teorema del seno en el último triángulo,

$$A_i(B) = \left[(R_a + R_p) \cdot \sin(a/2) \right] / \left[\cos(a/2 + G + B) \right] \quad (3)$$

Cálculo del semiarco Ad(B)

Análogamente al caso anterior, en el tri (P, P', Po) y utilizando (1), se obtiene:

$$\sin(S'') = \cos(G + B - a/2) \quad (4)$$

reiterando la aplicación del teorema del seno en este triángulo

$$A_d(B) = \left[(R_a + R_p) \sin(a/2) \right] / \left[\cos(B + G - a/2) \right] \quad (5)$$

finalmente de las expresiones (3) y (5), se obtiene el arco completo

$$A_o(B) = (R_a + R_p) \sin(a/2) \left[\frac{1}{\cos(B + G + a/2)} + \frac{1}{\cos(B + G - a/2)} \right] \quad (6)$$

donde reemplazando,

$$R_p = \frac{2f}{(1 + \cos B)} \quad (7)$$

$$R_a = \frac{X1 \sin G + Y1 \cos G}{\cos(B + G)} \quad (8)$$

Rp (7), ecuación de la parábola.

Ra (8), distancia del foco al punto P, se obtiene de interceptar las rectas que pasan por el punto de pivote pl", de coordenadas (x1, y1) y pendiente m = - TAN(G) con la recta de pendiente M' = TAN (B + PI/2).

Operando en (6), previo hacer el desarrollo de los cosenos en la forma Cos (B + G) + a/2) y Cos ((B + G) - a/2) resulta,

$$A_o(B) = 2 \cdot C2 \cdot C3 \left[\frac{KO}{\cos(B+G)} + \frac{C4}{(1 + \cos B)} \right] \left[\frac{\cos(B+G)}{\cos^2(B+G) - (C2)^2} \right] \quad (9)$$

donde

$$C2 = \sin a/2$$

$$C3 = \cos a/2$$

la integral (5) resulta

$$\begin{aligned}
 E(B_0) = p \cdot G_s \cdot c_5 \left\{ \left[-J_0/k_1 \right] \int_{T_0}^{T_1} \left[\frac{G_1}{(T-T_3)} + \frac{S_2}{(T-T_2)} \right] dT - \right. \\
 \left. - J_3 \int_{T_0}^{T_4} \left[\frac{A_1}{(T-T_3)} + \frac{A_2}{(T-T_2)} + \frac{(A_3 \cdot T + A_4)}{(1+T^2)} + \frac{(A_5 T + A_6)}{(1+T^2)^2} \right] dT \right. \\
 \left. + J_4 \int_{T_0}^{T_4} \left[\frac{B_1}{(T-T_3)} + \frac{B_2}{(T-T_2)} + \frac{B_3 T + B_4}{(1+T^2)} + \frac{(B_5 T + B_6)}{(1+T^2)^2} \right] dT \right\} \quad (6)
 \end{aligned}$$

donde $J_0 = 2[(k_1)^2 - (c_2)^2] / c_4$

$$J_3 = 8[(k_2)^2 - (k_1)^2] / k_1 \cdot c_4$$

$$J_4 = 8[k_2 / c_4]$$

La evaluación de las integrales da como resultado la fórmula (8), es de acotar que los coeficientes S_i, A_i, B_i , se determinan por el método de los coeficientes indeterminados, dentro del programa de computación II, para cada valor de G de quienes son función.

La expresión resultante en definitiva es

$$\begin{aligned}
 E(B_0) = p \cdot G_s \cdot c_5 \left\{ \left[(-J_0/k_1)(S_1 \log|T-T_3| + S_2 \log|T-T_2|) \right] + \right. \\
 \left. + \left[(-J_3 A_1 + J_4 B_1) \log|T-T_3| + (-J_3 A_2 + J_4 B_2) \log|T-T_2| \right] \right. \quad (8) \\
 \left. + \left[\left(\frac{1}{2} (-J_3 A_3 + J_4 B_3) \right) \log(1+T^2) + (-J_3 A_4 + J_4 B_4) \operatorname{arctg}(T) \right] \right. \\
 \left. + \left[\frac{(J_3 A_5 - J_4 B_5)}{2(1+T^2)} + \frac{(-J_3 A_6 + J_4 B_6)T}{2(1+T^2)} + \operatorname{arctg}(T) \right] \right\} \Bigg|_{T_0}^{T_1}
 \end{aligned}$$

donde $c_5 = (c_4/2 - c_2 - c_3)$

Hasta aquí el análisis es general, para un sistema con la configuración establecida.

RESULTADOS CUANTITATIVOS

A tal efecto se considera un sistema con las siguientes dimensiones

- | | | |
|----------------------|---------------------|-------------------------------|
| 1) $x_m = 50$ cm | 4) $B_m = 45^\circ$ | 7) $(x_1, y_1) = P1' (-3, 3)$ |
| 2) $y_m = 10,296$ cm | 5) $B_s = 5^\circ$ | (") = P2" (-2,298, 4,928) |
| 3) $f = 60,7$ cm | 6) $r = 3$ cm | (") = P3" (-0,521, 5,921) |

Los resultados de la variación de la densidad de energía $E(B)$ punto a punto, se grafican globalmente en la Lámina 1, teniendo como parámetro a G (para cada aleta). Los intervalos de variación de B y G son:

- Aleta I: $B = (45^\circ, 35^\circ)$; $G = (30^\circ, -24^\circ)$
Aleta II: $B = (35^\circ, 25^\circ)$; $G = (115^\circ, 75^\circ)$
Aleta III: $B = (25^\circ, 15^\circ)$; $G = (56^\circ, 16^\circ)$
Aleta IV: $B = (15^\circ, 5^\circ)$; $G = (124^\circ, 92^\circ)$

Obsérvese que variar G fuera de estos intervalos no tiene sentido puesto que las aletas resultarían excesivamente grandes o pequeñas para las dimensiones de la cavidad.

El cálculo se realiza para un salto de $B = 2^\circ$ y de $G = 2^\circ$.

Los resultados correspondientes se encuentran en la lámina I. Estos valores correspondientes a la ecuación (8), se hallan modificados por los coeficientes de trasmisividad obtenidos.

Obsérvese en la lámina I, que las aletas I y IV, manifiestan una caída de densidad de energía, debido al fin de la parábola (borden o extremo) $B_m = 45^\circ$, y a la iniciación de la sombra $B_s = 5^\circ$, respectivamente.

El método gráfico consiste en lo siguiente (ver lámina I)

1) Se calculan y se grafican los valores de la densidad de energía $E(B, G)$ en función de B y para cada valor de G (parte inferior de la lámina)

2) Se toma el promedio respecto de B , es decir

- | | | |
|----------------------------------|-------|-------------------------------|
| Aleta I: $E(G) = (1/6) E(B_o)$ | B_o | Entre 45° y 35° |
| Aleta II: $E(G) = (1/6) E(B_o)$ | " | " 35° y 25° |
| Aleta III: $E(G) = (1/6) E(B_o)$ | " | " 25° y 15° |
| Aleta IV: $E(G) = (1/6) E(B_o)$ | " | " 15° y 5° |

Estos promedios se grafican en la parte superior de la gráfica (líneas de puntos) en función de G , usando la notación $E(I)$, $E(II)$, $E(III)$ y $E(IV)$.

3) Estos resultados podrían hacer pensar que son suficientes para obtener la densidad media sobre cada semialeta, unien

do puntos de $E(G)$ que tengan un mismo valor sobre la abscisa. Esto es cierto parcialmente, puesto que no sólo las aletas deben cumplir la condición de que sus densidades de energías medias sean iguales sino que también se le exige cumplir la condición de que se unan de a pares consecutivos sobre las líneas focales para poder formar los conductos de circulación del fluido de trabajo (ver figura 7). En otras palabras ¿Cuáles son los ángulos G para los cuales los pares de aletas consecutivas se unen sobre las líneas focales?

La respuesta a esta última pregunta para el sistema para el sistema en consideración se puede simplificar mediante el siguiente razonamiento: Se obtiene una expresión R en función de G para cada semialeta y se grafican superpuesta a la gráfica de la densidad de energía media. A continuación se puede responder la pregunta diciendo que las aletas consecutivas se interceptan de a pares sobre las líneas focales si:

$$R_1(G) = R_2(G)$$

$$R_3(G) = R_4(G)$$

donde por geometría elemental:

$$R_i = \frac{X_1 \sin \theta + Y_1 \cos \theta}{\cos \theta} \quad \text{Para } i = 1, 2$$

$$R_i = \frac{X_1 \sin \theta + Y_1 \cos \theta}{\cos \theta} \quad \text{Para } i = 3, 4$$

Estas expresiones se han representado en la gráfica con la notación:

$$R_1(G) = R(I); R_2(G) = R(II); R_3(G) = R(III); R_4(G) = R(IV)$$

4) Ahora ya estamos en condiciones de realizar el dimensionamiento de las aletas de la cavidad de modo que cumplan con las condiciones a y b.

a) $E(I) = E(II) = E(III) = E(IV)$

b) $R(I) = R(II) \quad ; \quad R(III) = R(IV)$

Simultáneamente. Estas condiciones se satisfacen en nuestro caso particular para (ver lámina I)

$$E(i) = 3 \text{ Gs} \quad i = I, II, III, IV \text{ y}$$

$$R(I) = R(II) = 3 \text{ cm}$$

$$R(III) = R(IV) = 3,1 \text{ cm}$$

III) BALANCE ENERGETICO DE LA CAVIDAD

Hemos encontrado la configuración de aletas que hacen

que la densidad de energía solar en las paredes de la cavidad sea aproximadamente constante. Podemos entonces suponer que en un corte del sistema, la temperatura de cada una de las partes es uniforme y realizar así el balance correspondiente. No tenemos aquí limitaciones físicas en la validez del balance para temperaturas mayores, ya que las densidades de energía incidente son uniformes.

Los términos del balance son los mismos que en el trabajo aquí presentado (ref.1), ya que la modificación producida está dentro de la cavidad colectora. Fuera de ella el sistema es el mismo. Por ello no lo repetiremos aquí. En el presente caso el $d_{eq} = 0,013$ m. y el perímetro de contacto del fluido es de $0,268$ m. ya que la cavidad del fluido fue modificada.

Se trabaja con un caudal de 10^{-6} m³/seg. y el método de cálculo es el mismo.

IV) ANALISIS DE LOS RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Debido al método iterativo de cálculo, el resultado no es exacto ya que el número de iteraciones es finito. Por ello el valor más adecuado de la eficiencia es 42% (véanse los valores de algunos intervalos tomados cada 10 cm). La gráfica (2) por otra parte muestra los valores de la temperatura del colector, envoltura y fluido. Se observa que su crecimiento en función de la longitud se hace cada vez menor, debido al aumento de las pérdidas. Se observa que de la energía que cae en un metro cuadrado, 46,8% llega al colector. Este transfiere al fluido un 42% como energía útil y pierde 3,6% por convección y conducción a la envoltura y 1,2% por radiación hacia la misma. Se aprecia que el comportamiento del colector es bueno. Es evidente que la pérdida mayor la ocasiona la envoltura tanto por reflexión de la energía solar y absorción de la misma, pero a medida que la temperatura sube, la presencia de ella se torna más importante para disminuir las pérdidas convectivas y radiativas. En suma, hay que colocar una envoltura de vidrio de baja absorción y reflexión con incidencia normal de los rayos solares, ya que la gran pérdida por reflexión es debida a los ángulos que forman los rayos incidentes con la superficie de la envoltura, no ortogonales. Así podría llegarse a eficiencias del orden del 55% para temperatura de salida de aproximadamente 200°C.

En cuanto a su construcción no ofrece ninguna dificultad sería (no hay aquí problemas de vacío, corrosión u obtención de superficies selectivas eficientes y estables).

Los rendimientos obtenidos son comparables (mejorando la en voltura) a los obtenidos por otros autores (ref. 3) y las ventajas residen en su fácil construcción y estabilidad en sus propiedades físicas.

Puede usarse este sistema para obtener temperaturas medianas entre los 200°C y los 500°C, para usos industriales de diverso tipo, con fluidos adecuados al caso.

5) REFERENCIAS

- 1) Análisis del funcionamiento de una cavidad absorbadora, receptora de un colector cilíndrico parabólico por Victor Ronchietto, Gregorio Constanza y Jorge A. Follari - Cuarta reunión de trabajo de energía solar - La Plata 1978.
- 2) M. Edelburn - "Performance Analysis of a cylindrical parabolic focusin collector and comparision with experimental results" Solar Energy Sistem Division, Sandia Laboratory - Alburquerque - 1975.
- 3) G. Treadwill, W Mc Culloch, R.S. Rusk - "Test results from a parabolic cylindrical solar collector" - 1975
- 4) A.J. Chapman - "Heat transfer"
- 5) Ronchietto, Constanza, Follari - Receptores cilíndricos de energía radiante concentrada - Publicación interna Universidad Nacional de San Luis.
- 6) F. Dreith - "Principes of heat transfer"
- 7) F. Kreith - "Transmisión del calor por radiación".
- 8) Isachenko, Osipova y Sukomel - "Heat transfer".

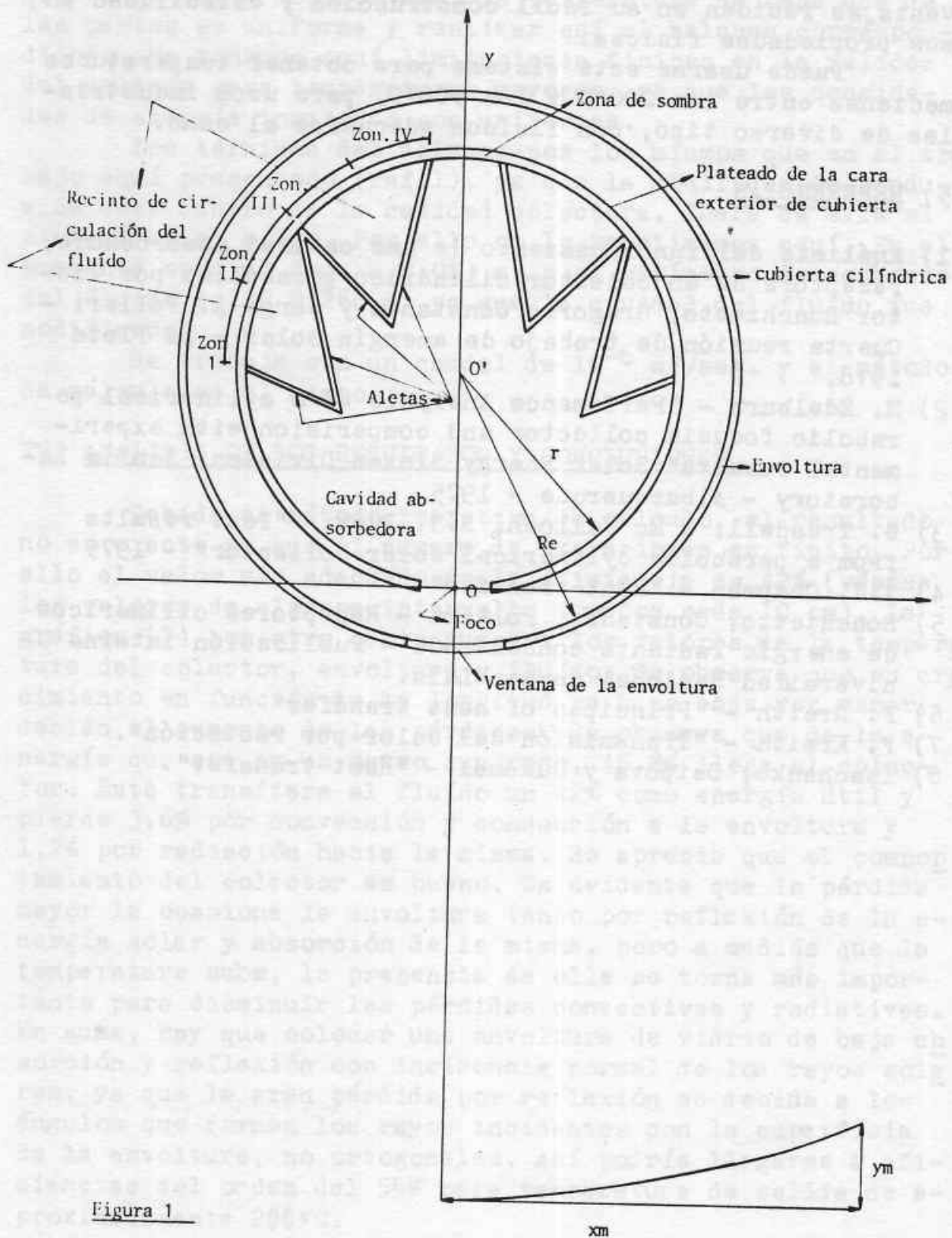


Figura 1

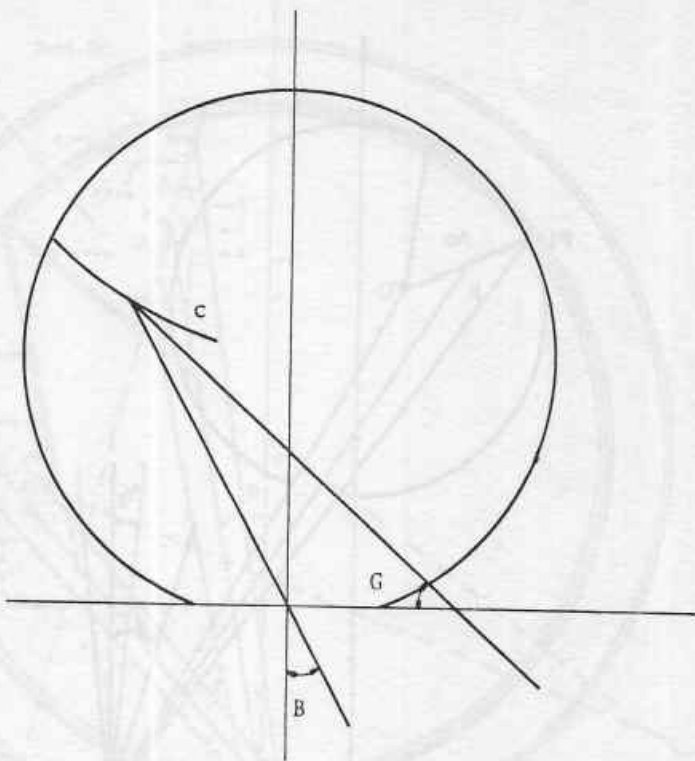


Figura 2 a

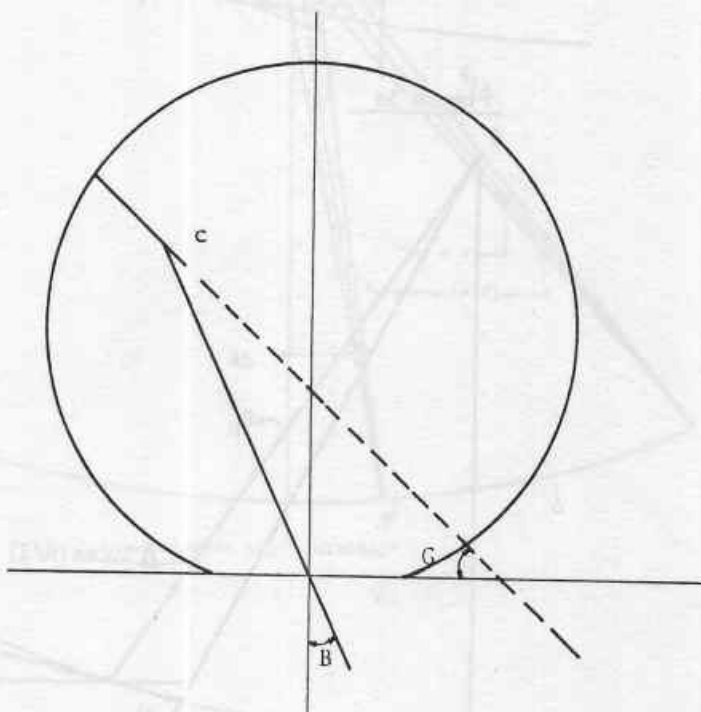


Figura 2 b

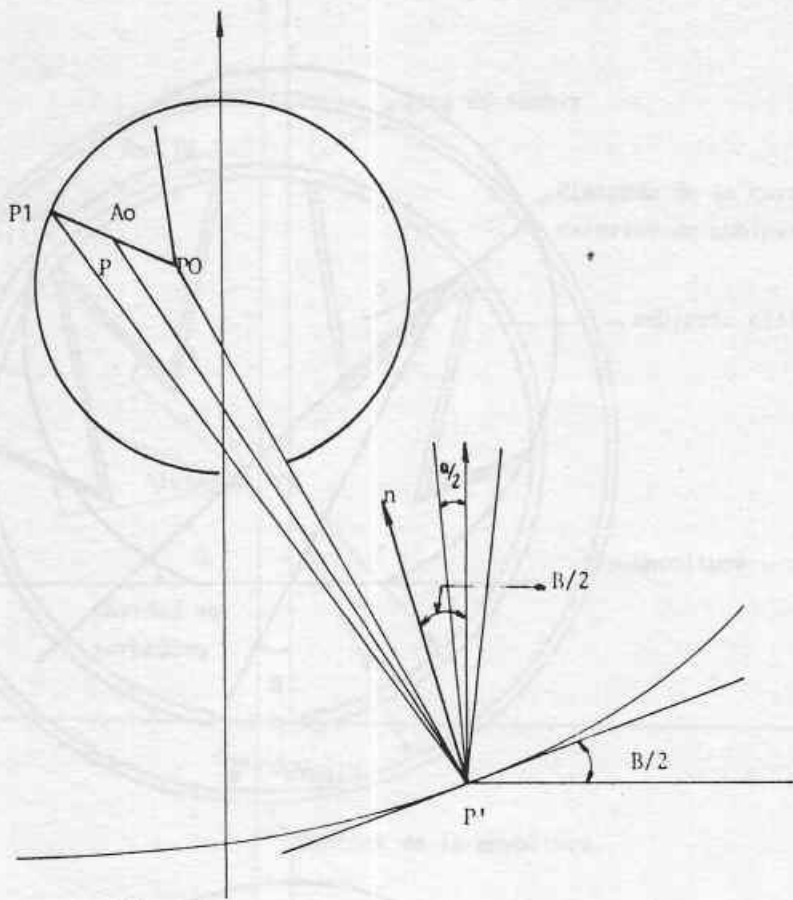


Figura 3a

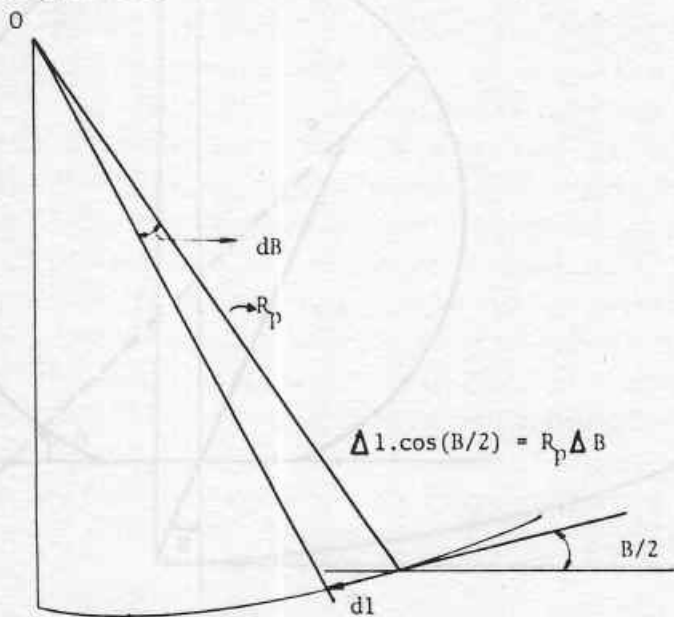


Figura 3b

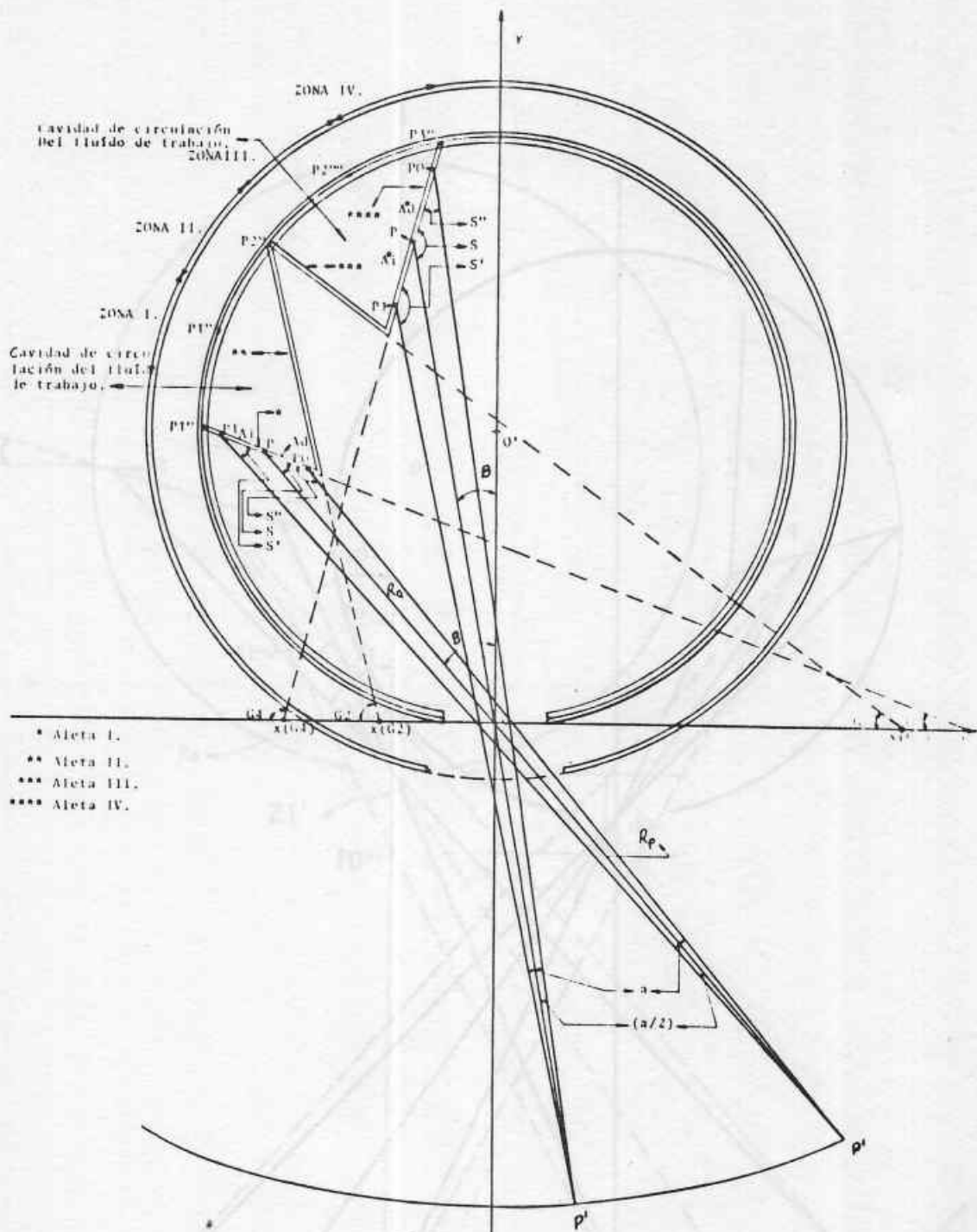


Figura 4 (LAMINA 11-j) - "GENERAL".

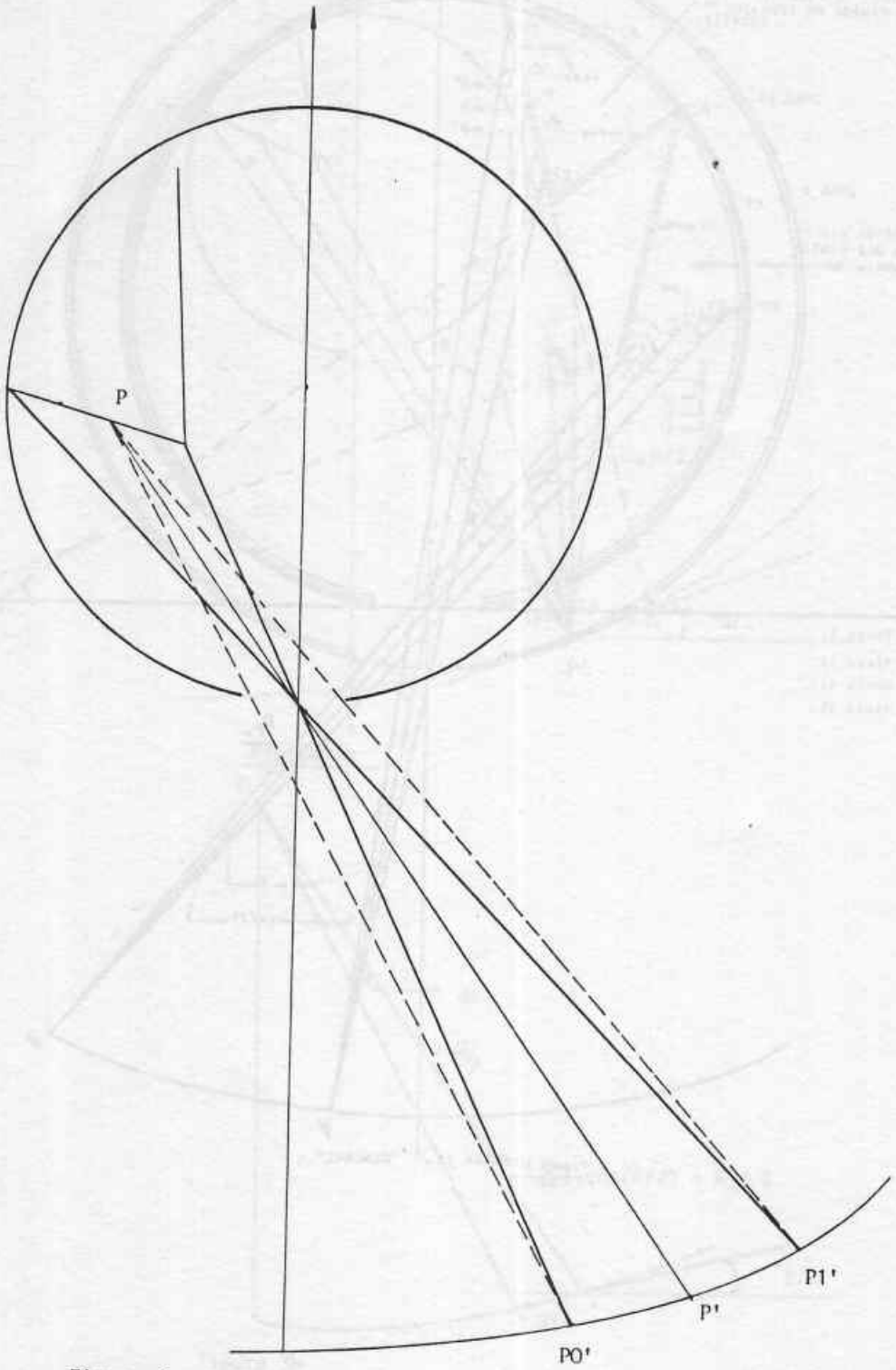


Figura 5

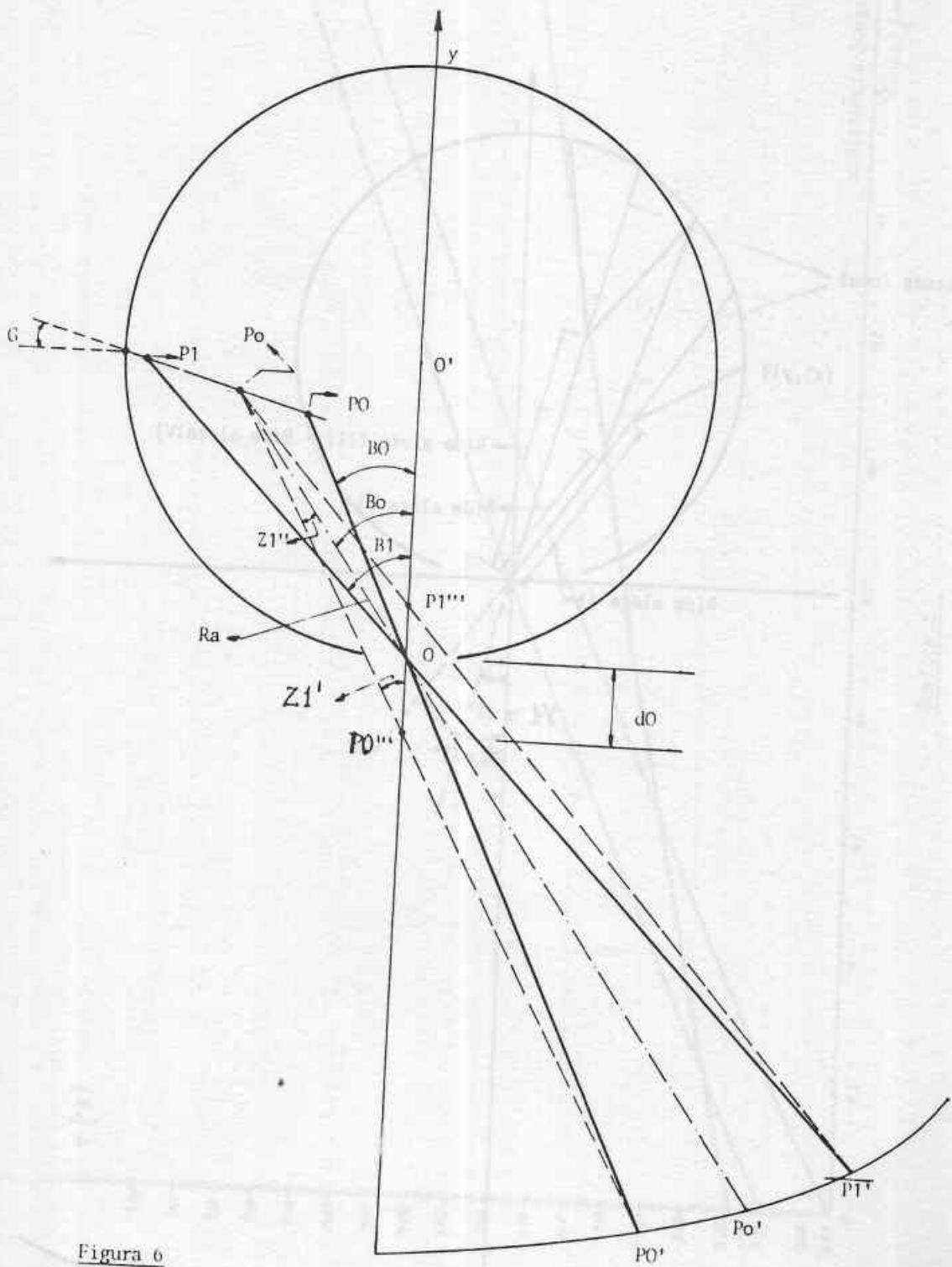


Figura 6

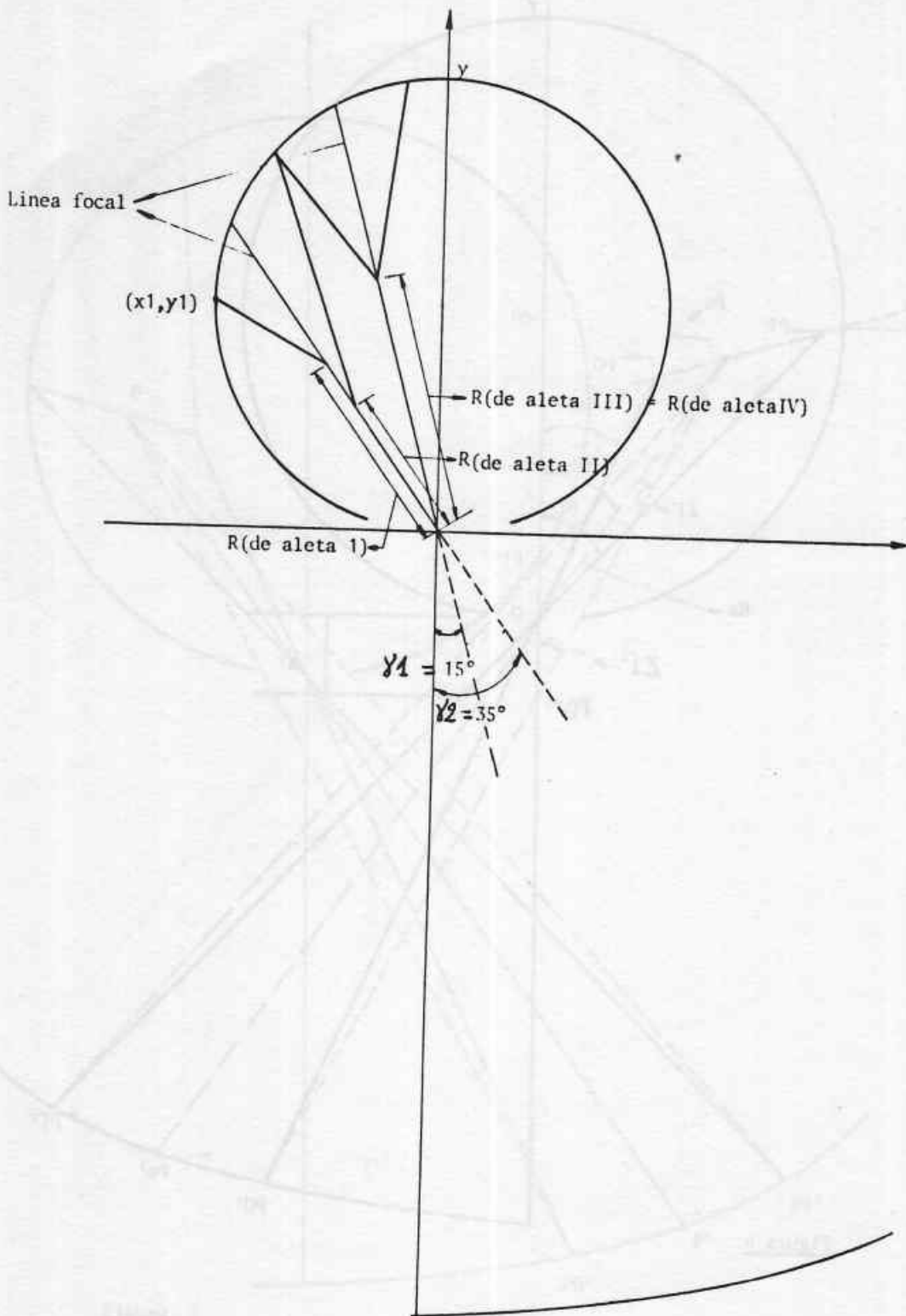
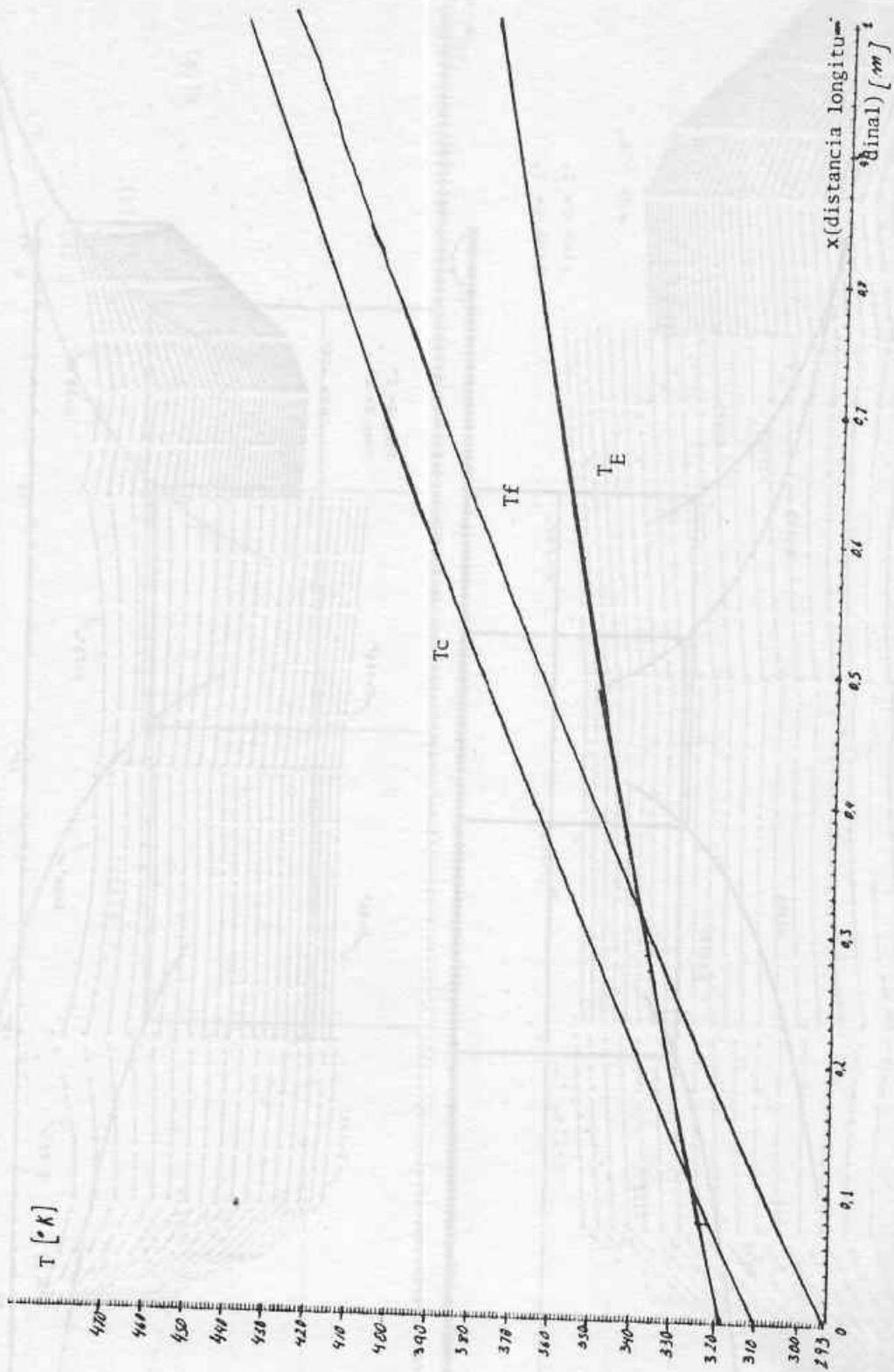


Figura 7



Grafica 2

