

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES

**“ PRODUCCION EN EL AIRE DE UN VORTICE LIBRE
MEDIANTE UN CHORRO PLANO DIVERGENTE. ANALISIS
DE LOS RESULTADOS, COMPARANDOLOS CON LOS QUE
SE OBTIENEN UTILIZANDO COMO FLUIDO EL AGUA “**

T E S I S

**Que para Obtener el Grado de :
Maestro en Ingeniería - Mecánica**

P R E S E N T A

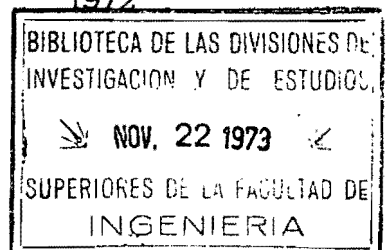
JAIME GONZALO CERVANTES DE GORTARI

Pendiente

México, D. F.

1972

BIBLIOTECA DE LAS DIVISIONES
DE INVESTIGACION Y DE ESTUDIOS
SUPERIORES DE LA FACULTAD DE
INGENIERIA.



A MANINA

1. INTRODUCCION	1
2. VORTICES NO DEBIDOS A FRICCION. MODELO PROPUESTO	3
2.1 Descripción del fenómeno	3
2.2 Transferencia de cantidad de movimiento	6
3. EXPERIMENTOS CON AIRE	12
3.1 Dispositivos de ensayo	12
3.2 Ensayos efectuados	15
4. ANALISIS DE LOS RESULTADOS	17
4.1 Resultados obtenidos al utilizar como fluido el agua	17
4.2 Resultados obtenidos al utilizar como fluido el aire	18
5. CONCLUSIONES	24
REFERENCIAS	27

1. INTRODUCCION

A todas las personas les son familiares los movimientos que en mecánica de fluidos se conocen bajo el nombre de vórtices. Basta recordar los remolinos laterales que se forman en una ampliación brusca de un conducto o aquel vórtice de eje vertical que generalmente aparece al desaguar un depósito.

Los dos ejemplos mencionados pertenecen sin embargo, a dos tipos diferentes de vórtices. El primero de ellos cae dentro de los vórtices originados por fuerzas de fricción y el análisis de su formación es relativamente sencillo. El segundo ejemplo no podemos explicarlo atendiendo a un origen viscoso; se trata más bien de un vórtice de otra clase, que podríamos llamar de los "vórtices no debidos a fricción", a la cual pertenece un gran número de vórtices naturales, especialmente atmosféricos.

Los resultados de estudios experimentales recientes [1, 2], permiten suponer que en todos los casos del segundo tipo exista, en inmediato contacto con la masa de fluido en rotación, una corriente compacta acelerada o desacelerada.

Se ha propuesto para este tipo de fenómenos, un modelo [2] según el cual, la formación del vórtice resulta de la acción centrípeta originada por transferencia de cantidad de movimiento de la corriente a la masa de fluido en contacto con ella.

Para probar la validez de este modelo se efectuaron ensayos en dos casos diferentes:

- a) Vórtice de eje vertical que se forma al lanzar oblicuamente un chorro de agua contra el fondo de un tanque llenado previamente con agua.
- b) Formación de un vórtice lanzando, mediante una boquilla vertical, un chorro compacto de agua contra el fondo de un tanque llenado previamente con agua.

Se obtuvieron en los dos casos [2], resultados bastante satisfactorios. Sin embargo, se observará que en ambos experimentos se utilizó como fluido el agua. Surge entonces la duda de si el modelo seguirá valiendo para otro fluido.

Con objeto de aclarar ese punto, se llevó a cabo una serie de ensayos cuyos resultados se ofrecen en el presente trabajo. Para ello se escogió al aire como fluido alternativo, por ser relativamente sencillo y barato su manejo.

Veremos a través de este escrito que el modelo propuesto se ajusta también en lo esencial a este segundo fluido.

2. VORTICES NO DEBIDOS A FRICCIÓN. MODELO PROPUESTO

2.1 Descripción del fenómeno

Se presentan a continuación las características más relevantes de esta clase de vórtices, mediante la descripción de los experimentos realizados utilizando como fluido el agua. Se deja para un capítulo posterior el resultado de las mediciones efectuadas.

Se había mencionado en la introducción al vórtice de desagüe como ejemplo típico. En efecto, si permitimos desalojar el líquido de un depósito mediante un orificio practicado en el fondo, generalmente aparece un vórtice de eje vertical por encima del orificio. Se pudo comprobar [1], que entre el vórtice y el fondo del depósito se forma una corriente plana paralela al fondo bastante bien definida, la cual converge hacia el orificio. Un estudio detallado de este fenómeno nos fue difícil efectuarlo, principalmente porque el vórtice así formado es de intensidad relativamente pequeña resultando por lo tanto, complicada su medición*;

* La intensidad de un vórtice libre está dada por $\Gamma = 2\pi r V$, donde V es la velocidad tangencial en un punto situado a una distancia r desde el eje de rotación.

además no se disponía de rangos relativamente amplios para variar los parámetros, como el gasto de desagüe por ejemplo.

Se prefirió experimentar en una instalación un poco diferente. Mediante una boquilla colocada en posición vertical y separada apenas unos cuantos milímetros del fondo de un tanque llenado previamente con agua, se lanzaba un chorro de agua pegado al piso, el cual se esparcía uniformemente en todas direcciones. Por encima del chorro y cerca de la boquilla aparecía un vórtice de eje vertical. Se trataba pues de un fenómeno análogo al descrito en el párrafo anterior: la formación de un vórtice de eje vertical mediante una corriente plana convergente o divergente.

El vórtice que se formaba de esta manera era de intensidad muy pequeña y sumamente inestable, desplazándose alrededor de la boquilla y cambiando frecuentemente su sentido de rotación. Lo anterior se debía probablemente al hecho de que si bien el chorro presentaba una disposición simétrica respecto al eje vertical de la boquilla, esparciéndose radialmente sobre el fondo del tanque, sin embargo la boquilla misma estorbaba para que el vórtice se desarrollara paulatinamente.

Así pues, optamos por utilizar un dispositivo que llamamos "estabilizador", el cual ya había sido empleado con éxito en otros experimentos [1]. Este dispositivo, como se muestra en la figura 1, está constituido por dieciseis placas rectangulares de acero, colocadas verticalmente y distribuidas circularmente entre dos anillos horizontales concéntricos con el eje de la boquilla. Variando la dirección de las placas, se comprobó que la posición que produce el vórtice más intenso y más estable es la tangencial a la circunferencia que pasa por los extremos de las placas mismas.

Gracias al estabilizador se pudo corregir el defecto apuntado anteriormente; al colocarlo alrededor de la boquilla. Además, surgió un efecto de recirculación muy marcado por medio del cual parte del líquido una vez desalojado fuera del estabilizador, regresaba por entre las placas rectangulares a la zona del vórtice, reforzándolo

debido a la dirección tangencial que dichas placas le conferían.

Se logró en estas condiciones un vórtice muy intenso y bastante estable, con su eje de rotación alojado sobre el eje de la boquilla. En las fotografías de las figs 2 a 5 se pueden apreciar cuatro etapas del fenómeno. En la primera de ellas aparece el chorro lanzado por la boquilla pegado al fondo y esparciéndose radialmente en todas direcciones. El resto de las fotografías corresponde al vórtice completamente desarrollado con diferentes niveles del agua en el tanque.

Teniendo en cuenta la descripción anterior podemos apuntar que si bien ambas clases de vórtices, los de origen viscoso y los no debidos a fricción, requieren la interacción entre una corriente y una masa de fluido relativamente quieta, sin embargo existen tres diferencias esenciales entre ellos:

- a) Los primeros están asociados generalmente a una corriente con velocidad casi uniforme; los segundos necesitan de la presencia de un chorro acelerado o desacelerado;
- b) El eje de rotación de los vórtices del primer tipo es paralelo a la superficie que lo separa de la corriente; en cambio, el eje de los vórtices no debidos a fricción es perpendicular a esa superficie;
- c) Los vórtices de fricción son el resultado de un proceso permanente; los vórtices del segundo tipo provienen de una situación de inestabilidad como un intento de eliminar una discontinuidad de energía entre el chorro y la masa de fluido que no sigue su movimiento.

2.2 Transferencia de cantidad de movimiento

Se presenta a continuación el modelo mecánico que explica la alimentación del vórtice por parte del chorro utilizando el principio de conservación de cantidad de movimiento. Veremos en capítulos posteriores que la validez del modelo queda comprobada por los experimentos realizados hasta ahora.

Consideremos para nuestro análisis al vórtice producido por la descarga de la boquilla vertical, representando esquemáticamente en la figura 6. De acuerdo con ella supongamos que el vórtice completamente desarrollado se encuentra dentro de la región MNM'N'. Sea d el diámetro interior de la boquilla y D el diámetro exterior del vórtice y escojamos para el análisis, el volumen de control limitado por las superficies cilíndricas 1 y 2 respectivamente a aquellos diámetros, por la superficie libre del vórtice y por el fondo del tanque.

Supongamos que D varíe proporcionalmente a d :

$$D = a d \quad (1)$$

siendo a una constante mayor que la unidad.

Dado que la velocidad en el chorro decrece con la distancia radial al eje de simetría, es fácil inferir que la cantidad de movimiento asociada a la masa de fluido que cruza la sección 1, \dot{M}_1 , es mayor que la correspondiente a la sección 2, \dot{M}_2 . Resulta entonces, al aplicar el principio de conservación de la cantidad de movimiento para flujos permanentes en un volumen de control (véase por ejemplo [3]):

$$\dot{M}_1 - \dot{M}_2 = F_p + F_b \quad (2)$$

donde F_p es la resultante de las fuerzas de presión actuando en las superficies de control 1 y 2, y F_b es la resultante de las fuerzas de cuerpo que actúan en toda la masa de fluido bajo consideración.

La ecuación (2) se puede escribir también:

$$F_b = b (\dot{M}_1 - \dot{M}_2) \quad (3)$$

donde b es un factor menor que uno.

Supongamos ahora que \dot{M}_2 es una fracción c de \dot{M}_1 , resulta:

$$\dot{M}_1 - \dot{M}_2 = \dot{M}_1 - c\dot{M}_1 = (1 - c) \dot{M}_1$$

es decir:

$$\dot{M}_1 - \dot{M}_2 = (1 - c) \rho_1 u_1^2 A_1 \quad (4)$$

En la última ecuación, A_1 representa el área cruzada por el chorro divergente en la sección 1, u_1 la velocidad correspondiente del chorro y ρ_1 , la densidad del fluido en esa sección.

Con la notación de la fig 6 y llamando Q_m al gasto en masa descargado por la boquilla, de tal modo que:

$$u_1 = \frac{Q_m}{\rho_1 A_1} = \frac{Q_m}{\rho_1 \pi h d} \quad (5)$$

se obtiene en (4):

$$M_1 - M_2 = (1 - c) \frac{Q_m^2}{\rho_1 \pi h d} \quad (6)$$

Por otro lado, la fuerza de cuerpo F_b es meramente la fuerza centrípeta asociada con el movimiento del vórtice. Se puede escribir, despreciando h en comparación con H :

$$F_b = \int_{d/2}^{D/2} \rho_2 (2 \pi r H) \frac{v^2}{r} dr \quad (7)$$

siendo ρ_2 la densidad del fluido en el vórtice que supondremos constante en todo el volumen de control, y v la velocidad tangencial dentro del vórtice, que es función de la distancia r desde el eje de la boquilla.

Recordando la definición de la intensidad (o circulación) del vórtice dada en la página 3, la ecuación (7) se puede escribir:

$$F_b = \frac{\rho_2 H}{2 \pi} \int_{d/2}^{D/2} \frac{\Gamma^2}{r^2} dr \quad (8)$$

Reemplazando (6) y (8) en (3), se obtiene:

$$\frac{\rho_2 H}{2 \pi} \int_{d/2}^{D/2} \frac{\Gamma^2}{r^2} dr = b (1 - c) \frac{Q_m^2}{\rho_1 \pi h d} \quad (9)$$

Si el valor de Γ resulta ser constante, como es el caso del vórtice libre, entonces teniendo en cuenta (1), la ecuación (9) se transforma en:

$$(a - 1) \frac{\rho_2 H}{\pi D} \Gamma^2 = b (1 - c) \frac{Q_m^2}{\rho_1 \pi h d} \quad (10)$$

es decir:

$$\frac{a - 1}{b (1 - c)} = \frac{1}{hd} \frac{D}{H} \frac{Q_m^2}{\rho_1 \rho_2 \Gamma^2} = \text{Cte}$$

obteniéndose finalmente:

$$E \equiv \frac{1}{hd} \frac{D}{H} \frac{Q_m^2}{\rho_1 \rho_2 \Gamma^2} = \text{Cte} \quad (11)$$

Esta última ecuación se puede escribir como sigue:

$$q_o = \sqrt{E} \Gamma_o \quad (12)$$

donde

$$q_o = \frac{Q_m}{\sqrt{\rho_1 \rho_2 h d}} \quad (13)$$

es el "gasto unitario modificado" del chorro y

$$\Gamma_o = \Gamma \sqrt{\frac{H}{D}} \quad (14)$$

es la "intensidad del vórtice modificada".

La ecuación (11) con el número de Euler E constante, debe ser satisfecha si el chorro produce al vórtice por transferencia de cantidad de movimiento.

Ahora bien en el caso en que la intensidad del vórtice Γ no resultara constante, se deberá emplear la fórmula (8) para el cálculo de la fuerza de cuerpo F_b .

Así, la expresión:

$$E \equiv \frac{2 (D - d)}{d^2 h H} \frac{Q_m^2}{\rho_1 \rho_2 \int_{d/2}^{D/2} \frac{\Gamma^2}{r^2} dr} \quad (15)$$

sería equivalente a la ecuación (11). La integral de la ecuación (15) deberá calcularse numéricamente; por lo tanto conviene reemplazar el límite inferior de integración $d/2$ por otro que llamaremos $\delta/2$, para que de este modo tengamos la posibilidad de valuar dicha integral de acuerdo a las mediciones de la intensidad del vórtice que se efectúen. Se obtiene así:

$$E \equiv \frac{2 (D - \delta)}{d \delta h H} \frac{Q_m^2}{\rho_1 \rho_2 \int_{d/2}^{D/2} \frac{\Gamma^2}{r^2} dr} \quad (16)$$

Finalmente, si se tratara de un flujo incompresible, la densidad ρ sería constante en todos los puntos y la ecuación 11 se transformaría en:

$$E \equiv \frac{1}{hd} \frac{D}{H} \frac{Q^2}{\Gamma^2} = C^{te} \quad (17)$$

mientras que la fórmula (13) se simplificaría a:

$$q_o = \frac{Q}{\sqrt{hd}} \quad (18)$$

En estas dos ecuaciones, Q representa el gasto volumétrico descargado por la boquilla.

3. EXPERIMENTOS CON AIRE

Todos los ensayos a los cuales se refiere este capítulo fueron efectuados en el laboratorio de mecánica de fluidos de la Facultad de Ingeniería.

3.1 Dispositivos de ensayo

Se escogió para estos ensayos una instalación semejante a la que utilizamos en la experiencia con agua descrita en el capítulo anterior. A continuación se describe dicha instalación así como los instrumentos empleados en las mediciones.

Mediante un compresor de émbolo de doble efecto de 7 x 6 pulgadas de desplazamiento, se alimentaba a un tanque de 945 litros de capacidad y 100 lb/pulg² de presión de trabajo. Partiendo de este tanque se instaló una tubería de 1/2 pulgada de diámetro interior, en cuyo extremo se podían ajustar boquillas de diámetros diferentes, en posición vertical.

A una distancia de 3 m aproximadamente aguas arriba de la boquilla se colocó una válvula de guillotina que tenía por objeto regular el gasto. Para medir este gasto se empleó un tubo de Pitot instalado en la tubería a la mitad de la distancia entre la válvula y la boquilla. En las figuras 7 y 8 se puede apreciar el tubo de Pitot. La razón de haber evitado el empleo de dispositivos medidores de gasto (orificios o boquillas), fue que para el diámetro de la tubería que se disponía, no existen especificaciones respecto a sus dimensiones, y además es muy probable que el efecto de estrangulamiento que ellos producen afectara la regularidad del escurrimiento.

Para medir el gasto en masa Q_m , es decir la cantidad de masa que pasa por una sección en la unidad de tiempo, era necesario medir, además de la velocidad en la tubería, la presión en el mismo punto para poder determinar a su vez la densidad del aire en esas condiciones. Con tal objeto y también para el uso del tubo de Pitot, se construyó un manómetro de columna del tipo diferencial el cual podía operar con agua y con mercurio (figura 8)

Para lograr el chorro divergente necesario en la formación del vórtice, se utilizó una placa plana de madera cubierta con lámina galvanizada colocada horizontalmente por debajo de la boquilla. Esta tabla iba apoyada sobre una mesa de laboratorio, mediante cuatro tornillos niveladores. Los tornillos permitían alejar o acercar la tabla de la boquilla fija y a un mismo tiempo ajustarla a su posición horizontal.

El estabilizador que empleamos en estos experimentos es el mismo que se usó en los ensayos con agua, con algunas modificaciones; se le reemplazó algunas de las placas laterales por otras de material transparente de las mismas dimensiones y se le proveyó de una tapa circular horizontal en la parte central (también de material transparente), prolongada por láminas de cartón que cerraban el espacio entre las placas del estabilizador. La tapa tenía por objeto variar la altura del estabilizador sin necesidad de modificarlo sustancialmente (figura 9).

Finalmente, para medir la intensidad del vórtice, se utilizó un anemómetro tipo termístor construido ex-profeso en el Instituto de Ingeniería. El principio de funcionamiento de este anemómetro es esencialmente el siguiente: al escurrir el aire alrededor del termístor, éste tiende a enfriarse y el enfriamiento es proporcional a la velocidad con la cual se mueve el aire; sin embargo, mediante un circuito eléctrico, se mantiene constante la temperatura del termístor, lo cual implica cambios en un voltaje susceptible de medición, al tenerse diferentes velocidades en el aire. Se disponía además, de otro termístor de las mismas características que el primero, el cual se dejaba en reposo en algún lugar del laboratorio donde no hubiera corrientes de aire. Este segundo termístor tenía por objeto corregir el error, por cambios de temperatura en el medio ambiente, de las lecturas hechas con el primero. En la figura 10 se muestran los soportes-protectores de los termistores usados en las mediciones. El termístor iba alojado en el centro del pequeño cilindro inferior del soporte, de tal modo que colocándolo este último en la posición adecuada, se podía medir la componente tangencial de la velocidad en el vórtice.

Desde luego que para poder obtener lecturas con el anemómetro, fue necesario calibrarlo previamente. Para ello se empleó un brazo giratorio de unos tres metros de longitud, accionado por un motor eléctrico y un juego de poleas. En la figura 11 se puede apreciar parte del conjunto.

Una vez girando el brazo con velocidad angular constante conocida, y estando colocado el soporte del termístor sobre el brazo de una distancia radial también conocida, se registraba mediante un oscilógrafo (figura 12), la señal que daba el aparato. La calibración no fue sencilla, ya que para cubrir un rango de velocidades relativamente amplio, hubo necesidad de emplear tres motores de diferente potencia y poleas de varios diámetros; además, el movimiento del brazo giratorio no resultó ser muy uniforme, sobre todo para velocidades altas, por lo cual se necesitó determinar mediante el planímetro, un valor medio de la ordenada representativa de la velocidad en los registros con el oscilógrafo. Todo lo anterior hizo que la calibración fuera un poco tardada.

La curva de calibración del anemómetro aparece en la figura 13. En ella se han graficado las velocidades del termístor en m/seg contra las correspondientes ordenadas representativas de las velocidades, en cm, registradas con el oscilógrafo.

3.2 Ensayos efectuados

Los ensayos que se realizaron en esas condiciones llevaron menos tiempo que los correspondientes utilizando el agua, pues resultaba más fácil cambiar de una situación a otra, además de la relativa sencillez con que se podían efectuar las mediciones mismas.

Una vez acoplada la boquilla a la tubería, se le ajustaba el piso de madera a la separación deseada. El gasto se establecía adecuadamente mediante la válvula de compuerta. Así, quedando el fenómeno en estado casi permanente (pues como se verá en los resultados de las mediciones correspondientes a gastos grandes, había pequeñas fluctuaciones de presión estática y dinámica en la tubería), se procedía a la medición de las velocidades tangenciales en el vórtice. Para esto se tomaron lecturas con el anemómetro en puntos situados a distancias radiales desde el eje del vórtice de 4, 6, 8, 10 y 12 cm, en tres niveles diferentes. Los registros que se tomaron con el anemómetro resultaron en general bastante uniformes, como se puede apreciar en el ejemplo de la figura 14; la ordenada representativa de la velocidad podía medirse directamente con un escalímetro.

Se llevaron a cabo mediciones para tres boquillas de diámetro interior d 13/16 pulg (2.063 cm), 1/2 pulg (1.27 cm) y 3/8 pulg (0.952 cm), separando cada una de ellas a distancias h de 0.6, 0.2, 0.09 y en algunos casos 0.05 cm, del piso de madera. En cada caso se hizo descargar tres gastos Q_m diferentes (5, 3 y 2×10^{-4} kg seg/m, aproximadamente) y se colocó la tapa del estabilizador en dos ni-

veles H (33 y 16 cm). La combinación de todos estos parámetros arrojó un total de 1000 lecturas aproximadamente, de velocidad tangencial en el vórtice, con el anemómetro. La tabla 1 muestra todos estos resultados.

4. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 Resultados obtenidos al utilizar como fluido el agua.

Se presentan a continuación los resultados más importantes en cuanto al modelo propuesto, obtenidos al utilizar como fluido el agua.

En este caso se había tomado al diámetro exterior del estabilizador como diámetro D del vórtice (figura 6), y se había escogido, como parámetro representativo del espesor h del chorro, a la separación entre la boquilla vertical y el piso.

Las intensidades Γ del vórtice se midieron solamente en la superficie libre. El método empleado consistía en determinar la velocidad tangencial de pequeños flotadores de papel, al completar en el tiempo, un número dado de vueltas alrededor del eje del vórtice, según órbitas circulares de diferentes radios. Cuando la intensidad del vórtice se hacía muy grande relativamente, la componente radial de la velocidad era muy marcada, haciendo que los flotadores adquirieran una trayectoria en espiral hacia el centro y dificultándose por lo tanto, la medición de la circulación. Para estos casos se

empleó un micromolinete de superficie, el cual consistía en una pequeña rueda provista en su periferia de álabes planos. Esta rueda colocada con su eje en posición horizontal y dirigido radialmente, con sus álabes sumergidos en el agua y previamente calibrada, nos permitía medir la componente tangencial de la velocidad en el vórtice para diferentes radios.

Con las mediciones efectuadas en la forma arriba descrita, se pudo comprobar que para radios no muy pequeños ($r \geq 6$ cm) valía la ley del vórtice libre $v_r = C^{te}$, es decir $\Gamma = C^{te}$, en la superficie libre.

En esas condiciones, se llevó a cabo una serie de ensayos con boquillas de diámetros interiores 1, 13/16, 5/8, 1/2, 3/8 y 1/4 de pulgada, y dos estabilizadores: uno tenía diámetro exterior 61 cm y placas de 30 cm de alto y 18 cm de ancho, el otro 43 cm de diámetro exterior y placas de 30 cm de alto por 15 cm de ancho. Cada boquilla se había colocado separada del fondo del tanque a distancias h de 0.4, 0.3, 0.2, 0.1 y 0.07 cm, y el tirante H se varió desde 33 cm hasta 25 cm aproximadamente. Se midieron por aforo volumétrico los correspondientes gastos volumétricos Q descargados por la boquilla y se calcularon en función de las velocidades acimutales las intensidades Γ del vórtice. Con los datos así obtenidos se determinaron los parámetros q_0 (ecuación 18) y Γ_0 (ecuación 14) con los resultados que muestra la gráfica de la figura 15. En este caso se obtuvo un valor promedio para el parámetro E (ecuación 17) de 0.579.

4.2 Resultados obtenidos al utilizar como fluido el aire

En esta última parte del trabajo analizaremos los resultados que se obtuvieron en los ensayos con aire; al mismo tiempo iremos comparando estos resultados con los obtenidos al utilizar como fluido el agua, llegando finalmente a establecer algunas conclusiones respecto al modelo propuesto.

Una vez efectuadas las mediciones en el laboratorio (tabla 1), se procedió a calcular los parámetros q_0 , Γ_0 y E . Ahora bien, a diferencia del agua, el aire es un fluido fácilmente compresible y podría pensarse que esta propiedad tuviera importancia en nuestros experimentos; sin embargo, de las observaciones hechas durante el desarrollo de los ensayos y de las velocidades relativamente bajas (respecto a la del sonido) que se obtuvieron tanto en el vórtice como en el chorro, se pudo concluir que se trataba de escurrimientos esencialmente incompresibles.

Con todo, la densidad del aire en el punto donde se medía la velocidad mediante el tubo de Pitot dentro de la tubería, resultó un poco mayor que la calculada en el vórtice. Estas densidades ρ se determinaron a través de la fórmula

$$\rho = \frac{p}{RT} \quad (19)$$

donde p es la presión y T la temperatura absolutas en el punto de interés y R la constante del aire.



En esas condiciones carecía de interés hablar de gasto volumétrico Q y se prefirió introducir en su lugar la variable gasto en masa Q_m , dada por la fórmula

$$Q_m = \rho V A \quad (20)$$

donde ρ , V y A son la densidad, la velocidad y el área de la sección transversal en el punto de la tubería de alimentación donde estaba situado el tubo de Pitot.

En la tabla 2 aparecen los valores de q_0 (ecuación 13), Γ_0 (ecuación 14) y E (ecuación 11), calculados a partir de las mediciones que se tomaron en las diferentes condiciones descritas en el capítulo anterior (tabla 1). Se tomó como densidad ρ_1 en la sección 1 inmediatamente a la salida de la boquilla, al valor calculado para el interior de la tubería. Para la densidad ρ_2 en el vórtice, simplemente

se utilizó la correspondiente a las condiciones ambientales del laboratorio ($\rho = 7950 \text{ kg/m}^3$) y $T = 293^\circ\text{K}$). La altura de la tapa del estabilizador se tomó como representativa de la altura del vórtice, H (figura 6).

Se observará que en la tabla 2 se han puesto los resultados que se obtuvieron al medir con el anemómetro en dos posiciones $r = 10 \text{ cm}$ y $r = 12 \text{ cm}$, a dos o tres niveles diferentes para cada condición fija del fenómeno. Se puede apuntar aquí una diferencia que considero esencial entre el uso del agua y el aire como fluido para nuestro estudio. Habíamos mencionado que en el primer caso, se comprobó que a partir de distancias radiales de 6 cm en adelante, la velocidad tangencial en el vórtice sigue aproximadamente la ley $vr = C^{te}$, típica del vórtice libre [2]. Sin embargo, en el segundo caso, esta ley parece presentarse solamente desde los 10 cm , aproximadamente. Se tomó entonces para este primer cálculo de los parámetros q_o , Γ_o y E , como intensidad representativa del vórtice Γ , a la calculada para las posiciones $r = 10 \text{ cm}$ y $r = 12 \text{ cm}$ (tabla 2). En la figura 16 aparecen gráficamente los resultados obtenidos mediante este procedimiento. Aquí se han dibujado los promedios de los valores obtenidos de q_o contra los correspondientes de Γ_o , para una misma condición. El promedio de E para este caso resultó ser 0.546 . En la misma gráfica se muestra además la recta representativa de $E = 0.579$ correspondiente a la gráfica de la figura 15, para el caso del agua.

El primer comentario que se puede hacer al comparar entre sí todos estos resultados es que en principio el modelo propuesto se ajusta bastante al fenómeno en análisis. Ahora bien si se compara la gráfica 15 con la obtenida para el aire 16, se podrá notar que existe mayor dispersión en los puntos de la última y esa dispersión aumenta a medida que crecen los valores calculados de q_o y Γ_o . Se pensó a un principio que tal situación podría deberse a que, teniéndose rangos mucho más amplios en el aire para las variables Γ y Q_m , las cuales influirían más, comparativamente con el agua (ya que las demás variables H , D , h y d tienen rangos esencialmente iguales en ambos casos), resultarían poco precisas las mediciones de Γ y Q_m .

para valores altos. (Recuérdense los problemas habidos en la calibración del anemómetro para velocidades altas y las fluctuaciones de presión en gastos grandes).

Ahora bien, muchos de los puntos que se alejan de la recta corresponden a separaciones h de la boquilla muy pequeñas (0.09 y 0.05 cm). Es razonable suponer que cualquier error en el ajuste de estas separaciones por pequeño que fuera, afectaría de modo más importante en estas condiciones que con separaciones grandes (0.2 y 0.6 cm). Es muy posible que con los medios de que se disponía para el ajuste mencionado, se hayan tenido errores en ese sentido.

Por otro lado, en el modelo propuesto se tomó como límite inferior de integración para la fuerza de cuerpo total (ecuación 7), al radio interior de la boquilla y no se tomó en cuenta el espesor de la boquilla misma, el cual en algunos casos ($d = 3/8$ pulg) resulta ser grande en relación al diámetro interior. Surgió entonces la duda de que si el chorro no llegara a pegarse al bordo de la boquilla, lo que requeriría tomar el diámetro exterior de la boquilla en lugar del interior como d para el cálculo del parámetro E . Para aclarar este punto se efectuaron unas pruebas en las mismas condiciones, con una boquilla de igual diámetro interior pero de espesor muy delgado. Al obtenerse el mismo resultado en ambos casos, se concluyó que el espesor de la boquilla no tiene importancia en el sentido apuntado arriba.

Finalmente, si se observa con cuidado la gráfica de la figura 16 para el aire, se notará cierta tendencia de los puntos correspondientes a la altura $H = 33$ cm, a agruparse arriba de la recta y los correspondientes a la altura $H = 16$ cm, por debajo. Conviene apuntar aquí que la selección de la altura de la tapa del estabilizador como parámetro representativo de la altura H del vórtice, tal vez resulta un poco arbitraria, pues se ha comprobado [4, 5] que, pegado a la tapa superior de las cámaras cilíndricas comúnmente utilizadas para estudiar vórtices experimentalmente, existe un flujo de cierta importancia en dirección radial hacia el eje de simetría. En esas condiciones es muy factible que la altura de la tapa del estabilizador no coincida con la altura de

nuestro vórtice, debiéndose determinar ésta de algún modo más preciso.

Por otro lado, al estudiar con detenimiento las variables que intervienen en el fenómeno, se encontró, como ya mencionamos una variación fuerte (comparada con el caso del agua) de la intensidad del vórtice respecto al radio, variación que resultaba más marcada para $H = 16$ cm (figura 17). Para tomar en cuenta este hecho habría que abandonar la hipótesis simplificada de suponer $\Gamma = C^{te}$, y calcular el valor de la integral en la expresión (7) en la forma más exacta posible.

Sólo se disponía de valores de la intensidad del vórtice medidos en puntos situados a distancias radiales 4, 6, 8, 10 y 12 cm desde el eje de simetría. Por lo tanto la integración numérica, se efectuó primero, suponiendo el valor de la intensidad calculado en cada punto, constante a lo largo de un intervalo de 2 cm de distancia radial (un centímetro adelante y otro atrás del punto en cuestión), excepto para el radio de 12 cm, en cuyo caso se supuso un intervalo desde la distancia 11 cm hasta el radio exterior del estabilizador $D/2$. Una segunda integración se llevó a cabo en forma análoga a la primera, sólo que ahora se consideró el valor de Γ correspondiente a 4 cm de distancia radial, constante en el intervalo desde el radio interior $d/2$ de la boquilla, hasta los 5 cm.

De este modo habría que emplear la fórmula (16) para el cálculo del parámetro \underline{E} . En esta expresión, el límite inferior de la integral $\delta/2$, valdría 3 cm para la primera integración y sería igual al radio $d/2$ de la boquilla, para la segunda integración.

En las tablas 3 y 4 aparecen los resultados obtenidos mediante estos procedimientos, y en las gráficas de las figuras 18 y 19 respectivamente, se muestran los puntos correspondientes a los promedios de q_0 y Γ_0 , calculados para una misma condición.

Se puede observar que, si bien los puntos obtenidos mediante la

integración numérica para las dos alturas H de 33 y 16 cm, se acercan más entre sí, sin embargo, los valores de E (0.798 y 3.297 respectivamente), resultan ser muy grandes comparados con los obtenidos para el agua y para el aire con el primer procedimiento (figura 15). Esta diferencia es más grande con la segunda integración (aquella en la cual se tomó al radio de la boquilla como límite inferior de integración), probablemente porque al aceptar la misma intensidad del vórtice medida en el punto $r = 4$ cm, para todo el tramo desde $r = d/2$ hasta $r = 5$ cm, sea relativamente grande el error que se comete.

5. CONCLUSIONES

Con los resultados obtenidos en esta etapa de las investigaciones sobre vórtices no debidos a fricción, parece razonable establecer las siguientes conclusiones:

- a) El modelo propuesto de transferencia de cantidad de movimiento se satisface en lo esencial, al presentarse el mismo fenómeno en agua y en aire (a lo menos mientras el régimen de escurrimiento sea incompresible).
- b) Ciertas propiedades físicas del fluido como la densidad y la viscosidad probablemente sólo intervienen en cuanto a la mayor o menor eficiencia de esa transferencia de cantidad de movimiento.
- c) Las diferencias encontradas en los valores del parámetro E para agua y para aire, posiblemente se deban a que en el primer caso, la intensidad del vórtice sólo se midió en la superficie libre y se supuso constante sobre la vertical, mientras que en el aire, habiéndose medido dicha intensidad en diferentes niveles, resultó va-

riable no sólo con respecto a la distancia radial, sino también con respecto al nivel mismo. Además, la hipótesis simplificativa de considerar a la altura de la tapa del estabilizador en el ensayo con aire como equivalente al tirante exterior en el caso del agua, parece no ser muy adecuada.

Teniendo en cuenta lo anterior, sería recomendable llevar a cabo en forma paralela, nuevos experimentos con ambos fluidos utilizando medios e instrumentos más adecuados para determinar en la forma más exacta posible, las variables que intervienen en el fenómeno.

Para esto convendría emplear en los dos casos, instalaciones de mayor tamaño ya que una de las principales dificultades al efectuar los ensayos, ha sido la medición de la intensidad del vórtice, sobre todo en el caso del agua. Lo anterior se debe a que al ser relativamente bajas las velocidades acimutales en el vórtice, es imposible medirlas con instrumentos de bajo costo y fácil manejo como lo es el tubo de Pitot, o bien el instrumento mismo es demasiado grande en comparación con la geometría del escurrimiento, estorbándolo de un modo importante como sucede al utilizar micromolinetes de hélice.

De esta manera al tenerse velocidades más grandes en el vórtice, se podrían emplear aquellos instrumentos y medir intensidades no sólo en la superficie libre del vórtice, como hasta ahora lo hemos hecho con el agua, sino además en diferentes niveles de la masa en rotación. Como la aproximación con que se calcule la integral en la fórmula 16 depende en gran parte del número de puntos en los cuales se tomen lecturas de velocidad, sería conveniente entonces incrementar ese número de puntos, extendiendo dichas mediciones inclusive hasta puntos lo más cerca posible de la boquilla y del chorro divergente.

Por otro lado sería interesante aclarar en los ensayos con agua, hasta dónde es válido suponer constante el tirante H , en cuyo caso se tendría que

determinar de algún modo, el perfil que toma la superficie libre del vórtice. Para esto se podría utilizar un limnómetro de punta, el cual se iría colocando sucesivamente a diferentes distancias radiales desde el eje de rotación, midiendo en cada punto la depresión que adquiere dicha superficie libre.

Asimismo, en el caso del aire, se necesitaría conocer cuál es el parámetro equivalente al tirante H usado con el agua. Con este objeto, valdría la pena efectuar un levantamiento completo de velocidades (por lo menos en algunos casos típicos) tomando en cuenta sus tres componentes radial, acimutal y vertical. De este modo se determinarían las características del flujo radial cercano a la tapa del estabilizador y sus posibles consecuencias en cuanto al parámetro buscado.

Por último, al aumentar el tamaño de la instalación usada en los experimentos, se ampliaría el rango de variación de los demás parámetros (gasto, diámetro de la boquilla, separación entre la boquilla y el piso, etc.), facilitándose así la comprobación general del modelo propuesto.

REFERENCIAS

1. Cervantes, J., Formación de vórtices por chorros que inciden a 45° en una pared horizontal, Tesis profesional, México, 1970
2. Levi, E., Experiments on unstable vortices, *Journal of the Engineering Mechanics Division, ASCE*, June, 1972
3. Daily, J. W. y Harleman, D. R. F., *Fluid Dynamics, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Reading, Mass*, 1966
4. Kendall, J. M, Jr., Experimental study of a compressible viscous vortex, Tech. Rep. No. 32-290, Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, Cal., June, 1962
5. Anjuar, H. O., Turbulent flow in a vortex, *Journal of Hydraulic Research*, Volume 7, No 1, IAHR, 1969

RECONOCIMIENTO

Agradezco a la Facultad de Ingeniería el haber puesto a mi alcance los medios necesarios para la realización de este trabajo y deseo hacer patente mi reconocimiento al Dr. Enrique Chicurel y especialmente al Dr. Enzo Levi, por los valiosos consejos y el apoyo que me han brindado durante mis estudios.

NOMENCLATURA

a	=	constante
A	=	área
b	=	constante
c	=	constante
d	=	diámetro de la boquilla
D	=	diámetro exterior del estabilizador
E	=	número de Euler
F_b	=	fuerza de cuerpo
F_p	=	fuerza de presión
h	=	separación entre la boquilla y el piso
H	=	altura del vórtice
L	=	ordenada representativa de la velocidad
M	=	flujo de cantidad de movimiento
q_o	=	gasto unitario modificado
Q	=	gasto volumétrico
Q_m	=	gasto en masa
r	=	coordenada radial
t	=	tiempo
u	=	velocidad longitudinal en el chorro
v	=	velocidad tangencial en el vórtice
z	=	coordenada axial
Γ	=	intensidad (o circulación) del vórtice
Γ_o	=	intensidad del vórtice modificada
δ	=	límite de integración
ρ	=	densidad del fluido

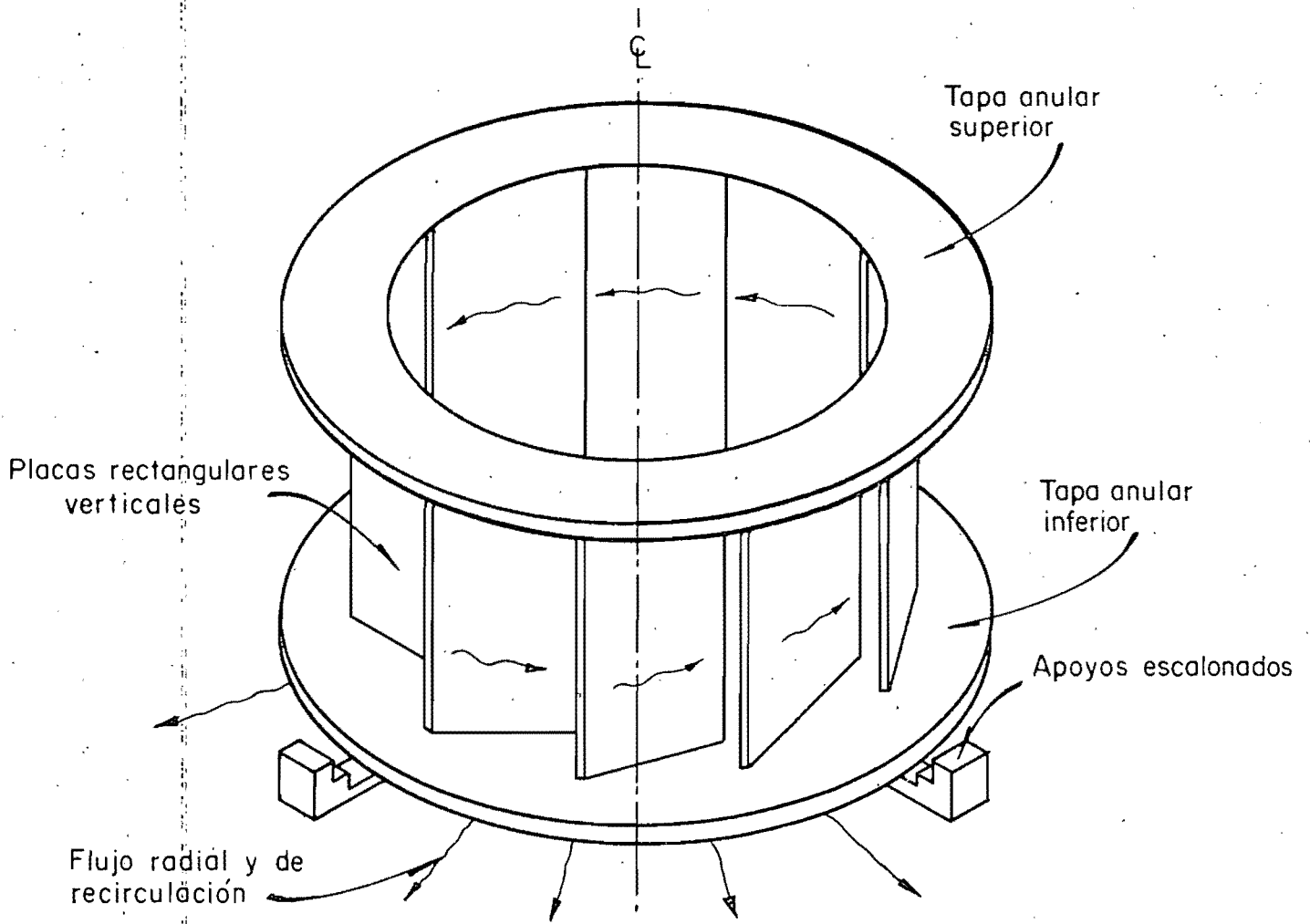


Fig 1 Estabilizador

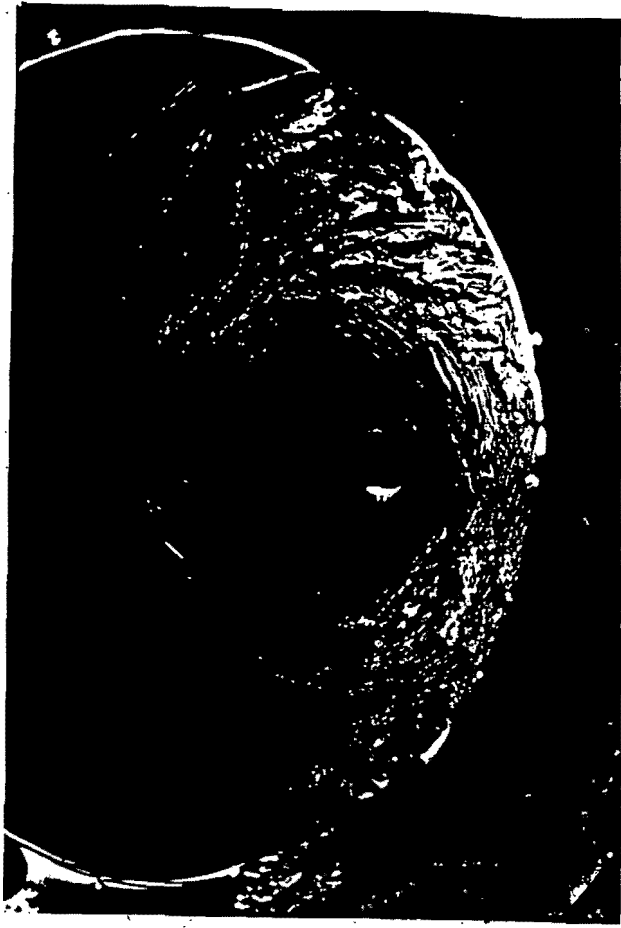


Fig 3.

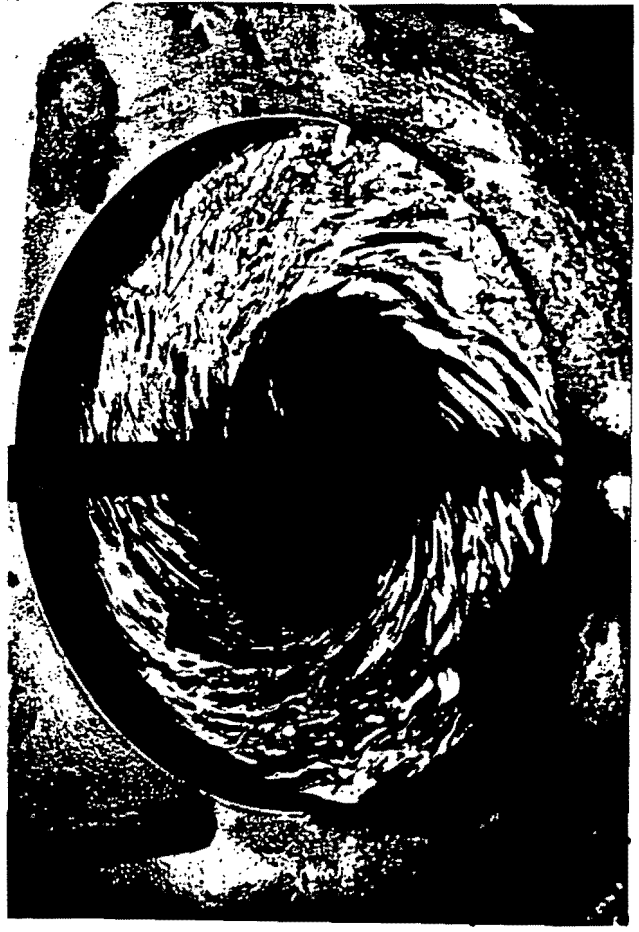


Fig 5.

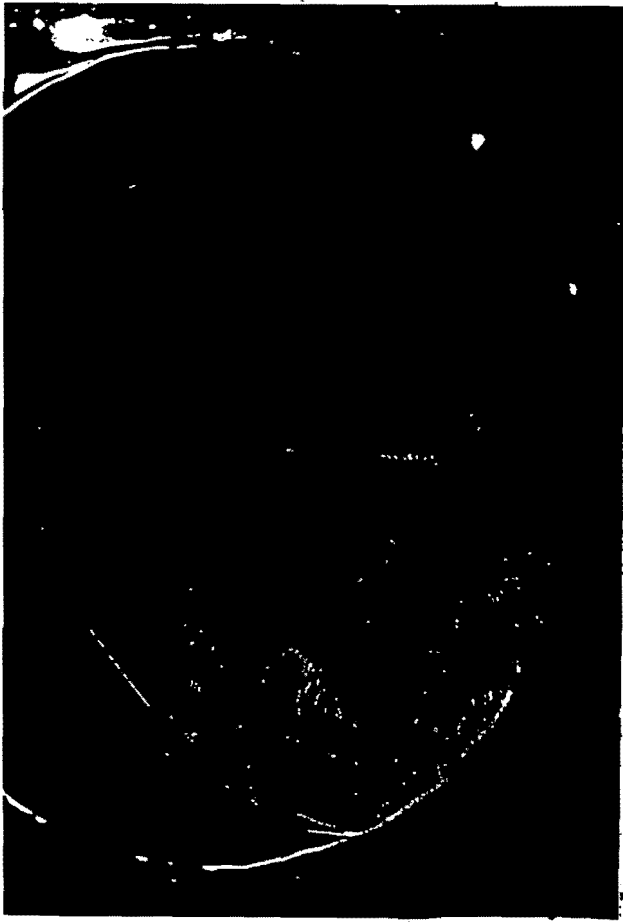


Fig 2.



Fig 4.

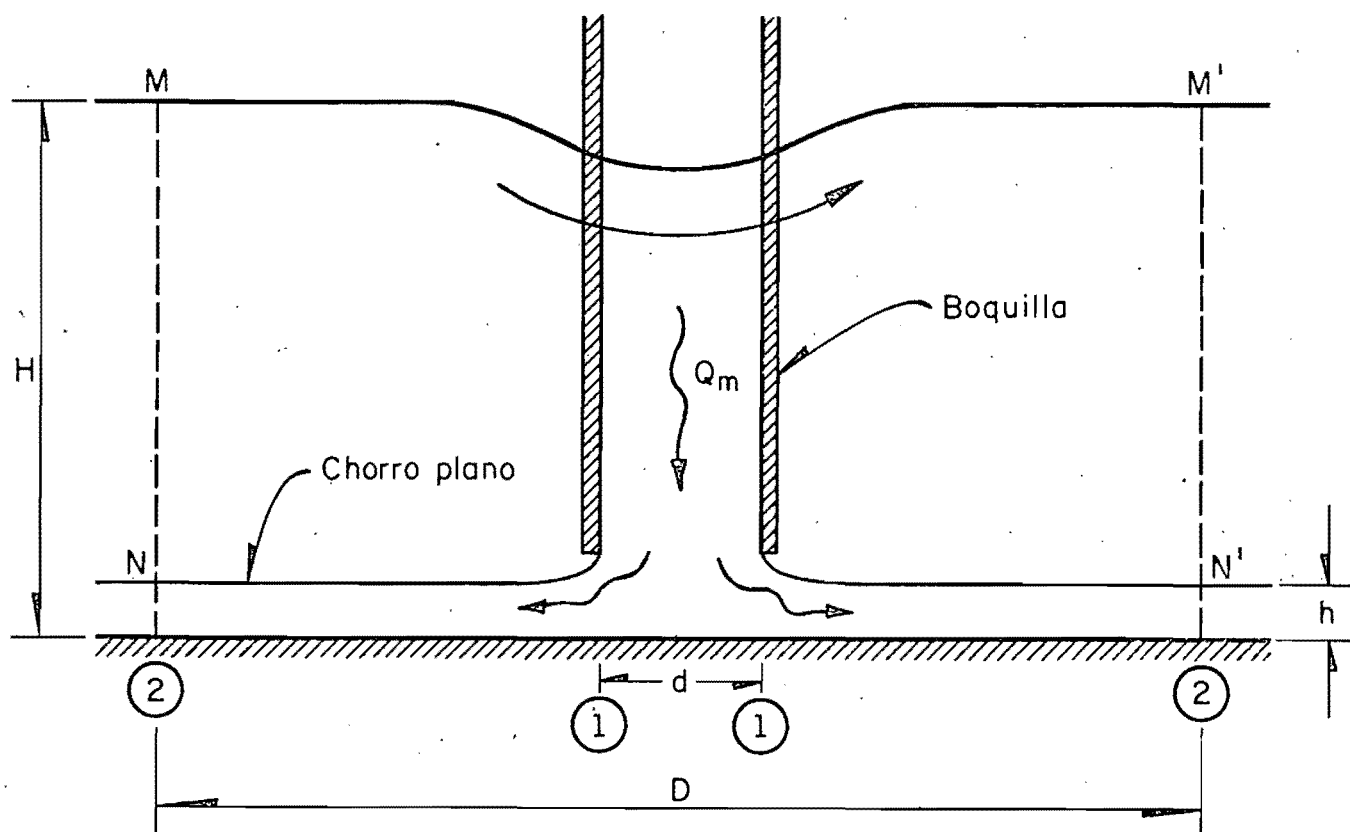


Fig 6 Transferencia de cantidad de movimiento

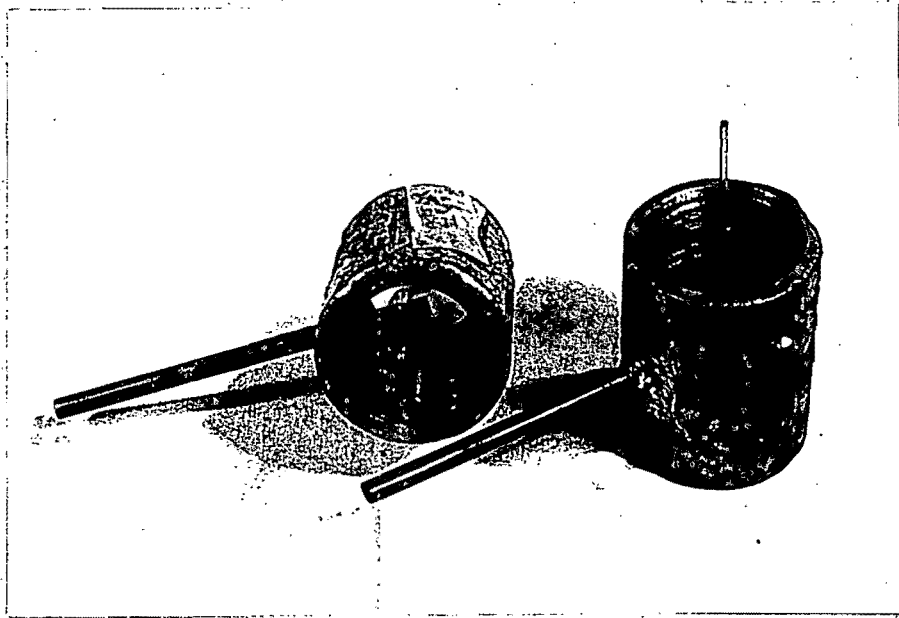


Fig 7. Tubos de Pitot

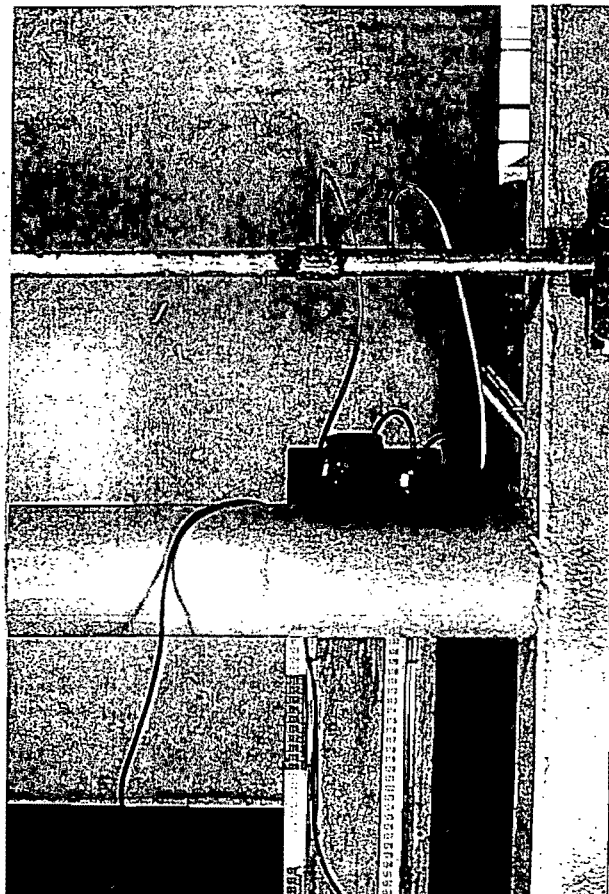


Fig 8. Tubo de Pitot y manómetro

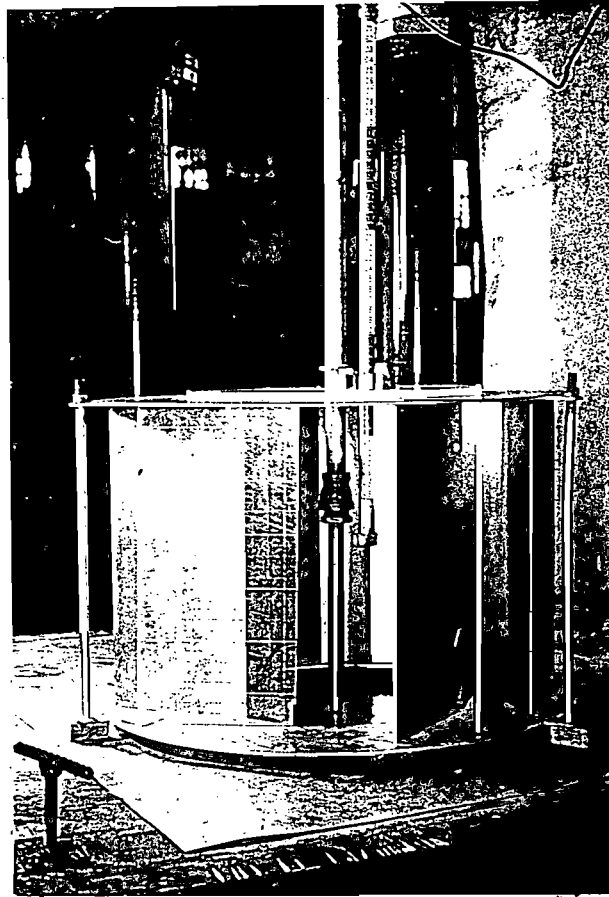


Fig 9. Boquilla, estabilizador y soporte del termistor

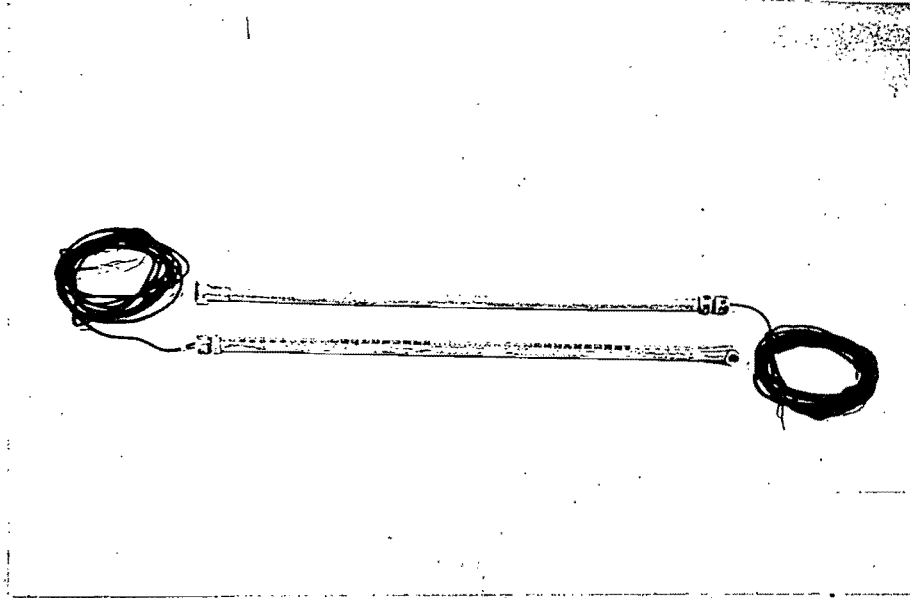


Fig 10. Soportes de los termistores

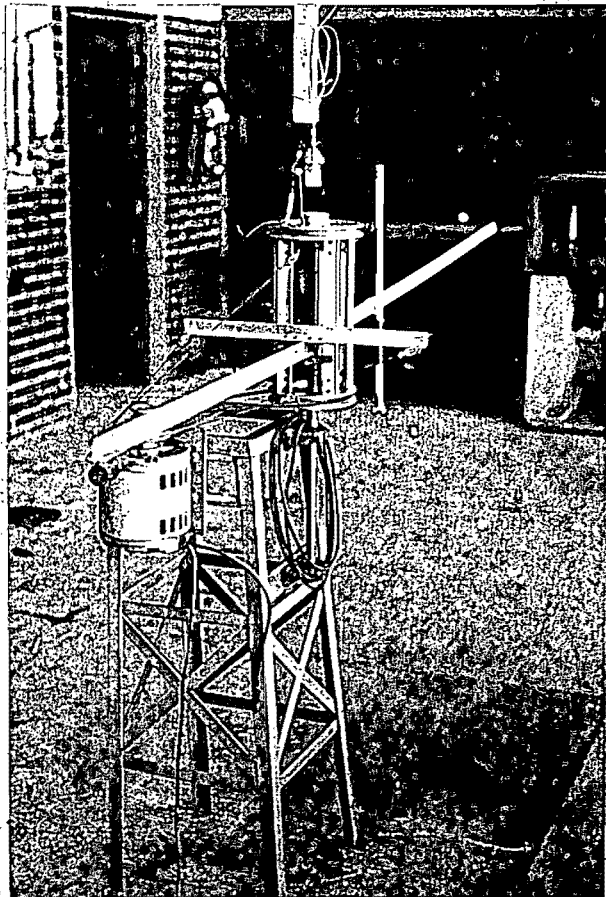


Fig 11. Brazo calibrador

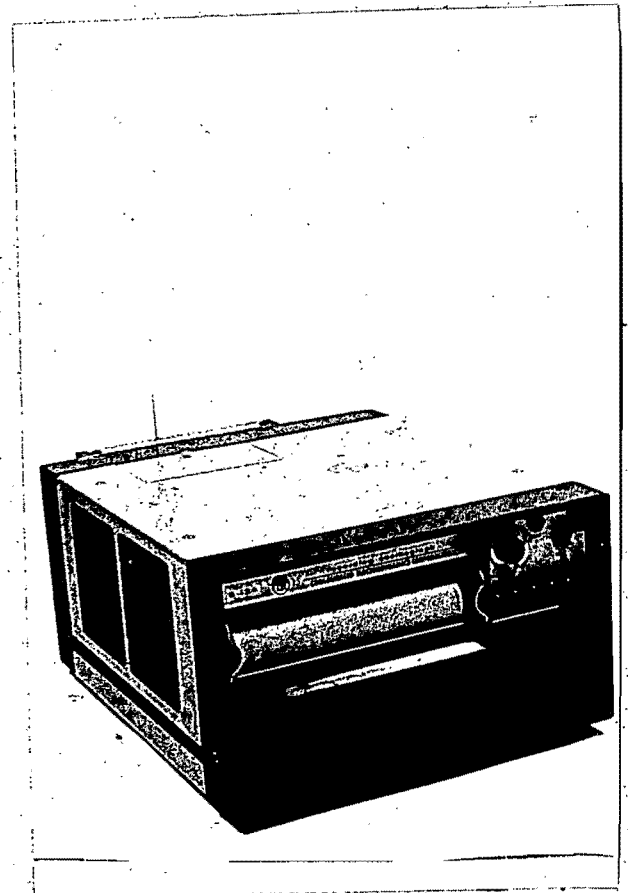


Fig 12. Oscilógrafo

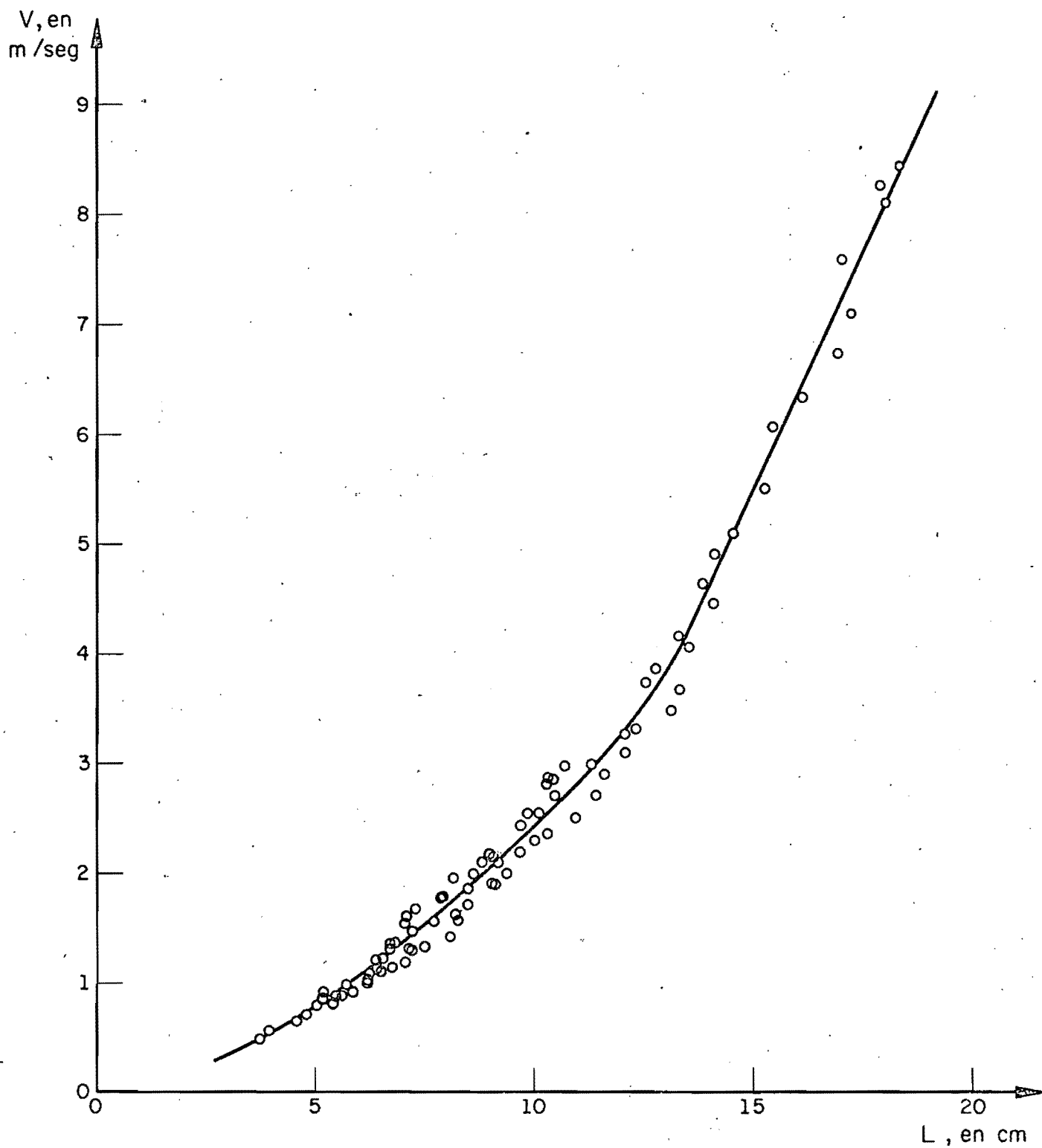


Fig 13 Curva de calibración del anemómetro

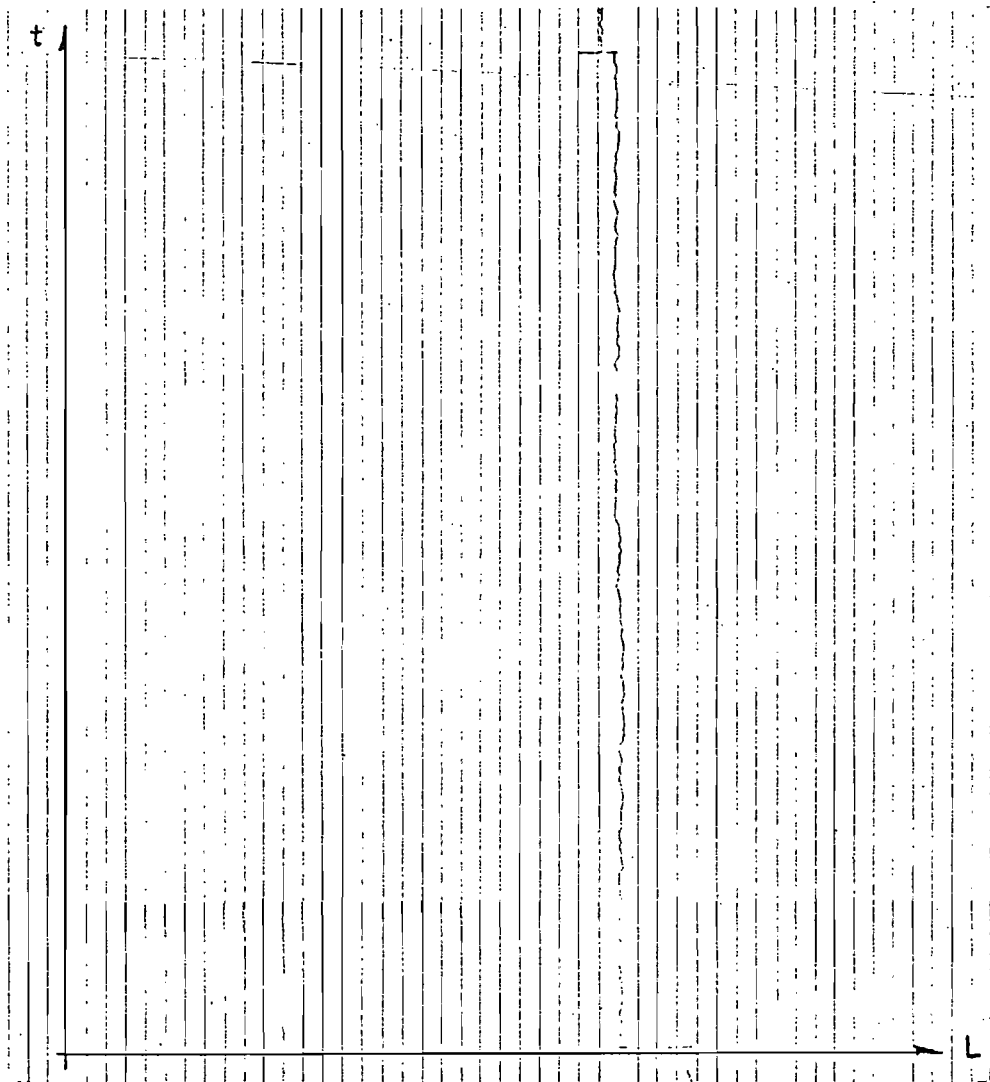


Fig 14. Ejemplo de registro de velocidad

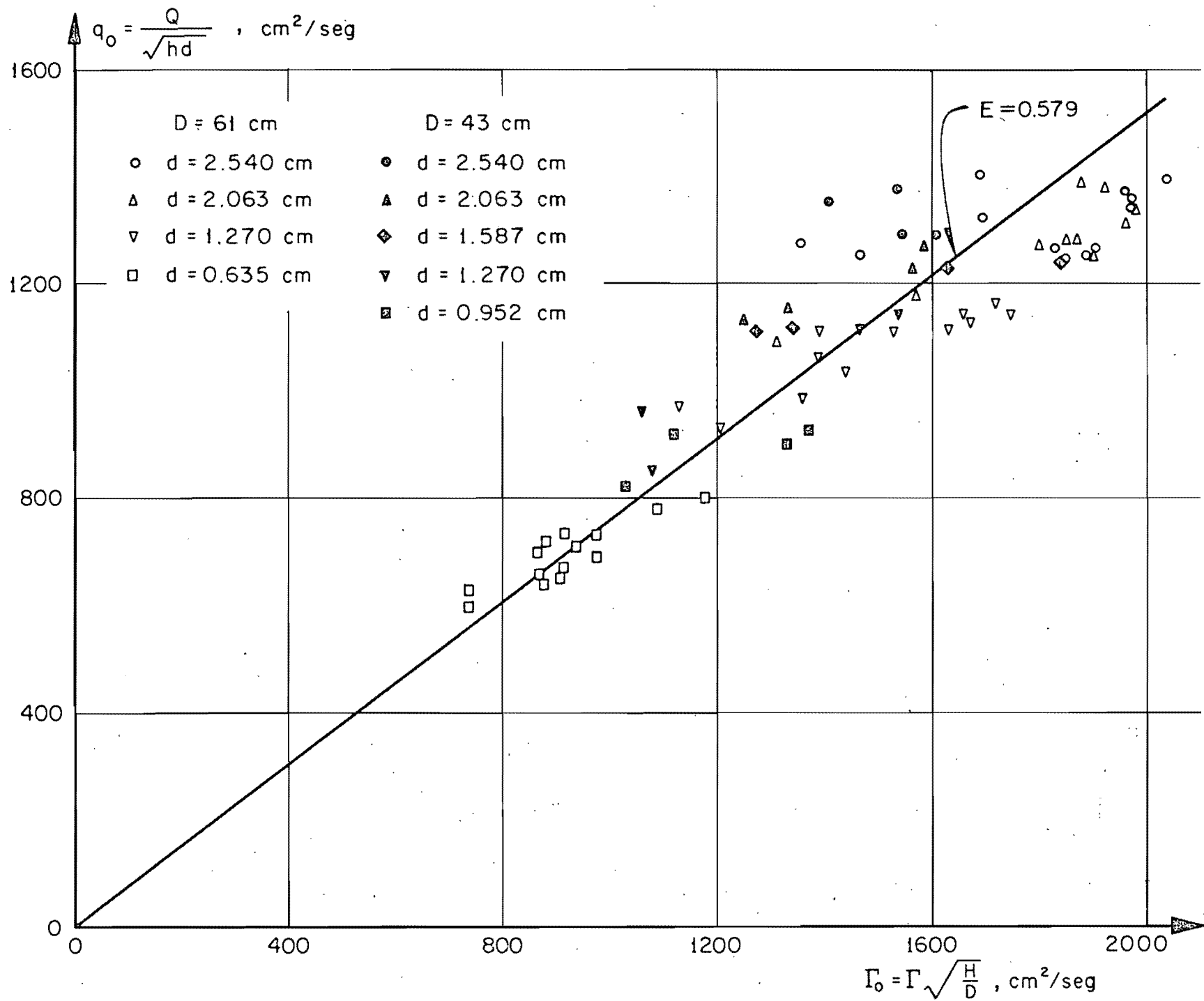


Fig 15 Resultados obtenidos en el agua

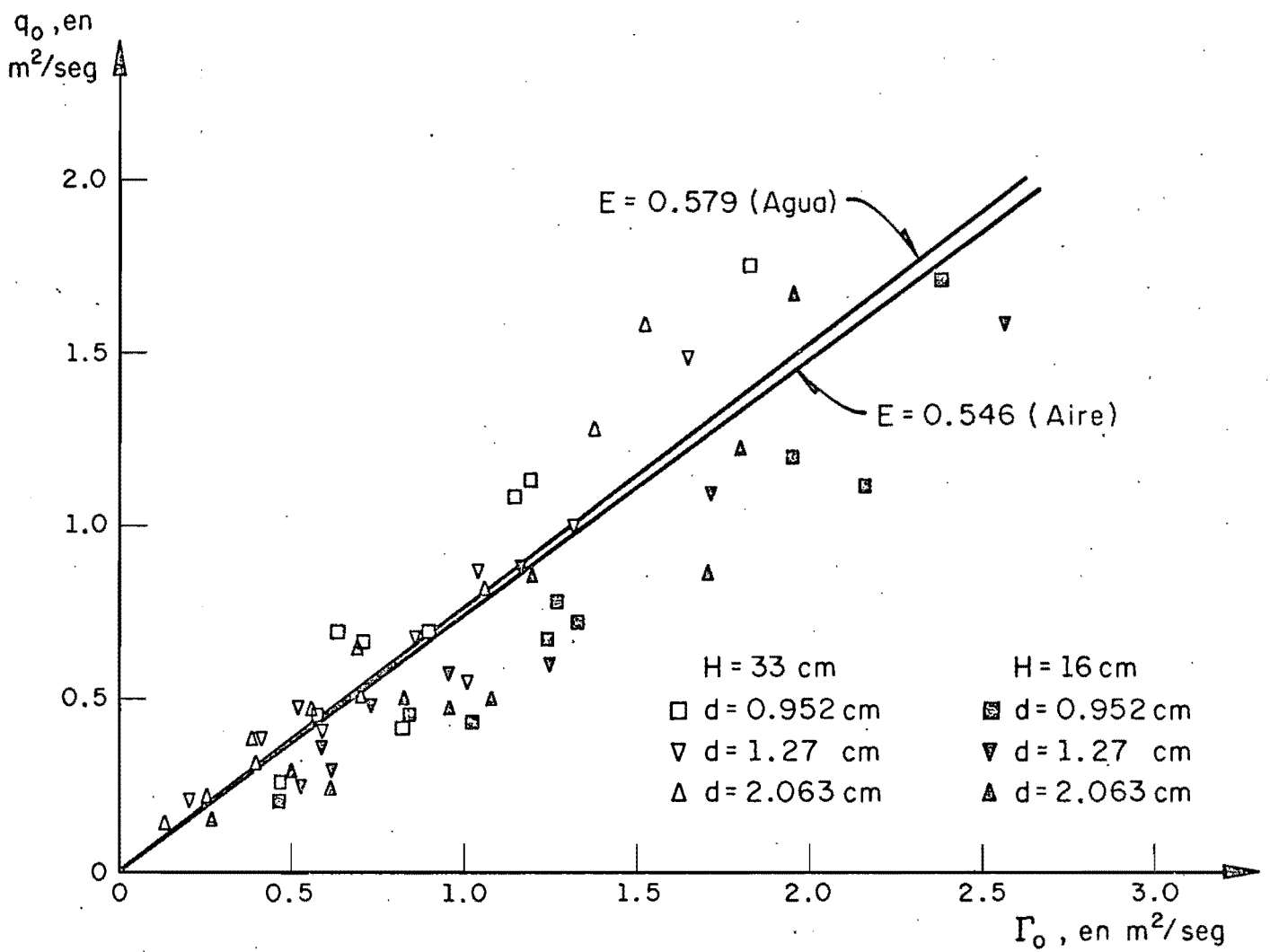


Fig 16 Resultados obtenidos con $\Gamma_0 = \Gamma \sqrt{\frac{H}{D}}$

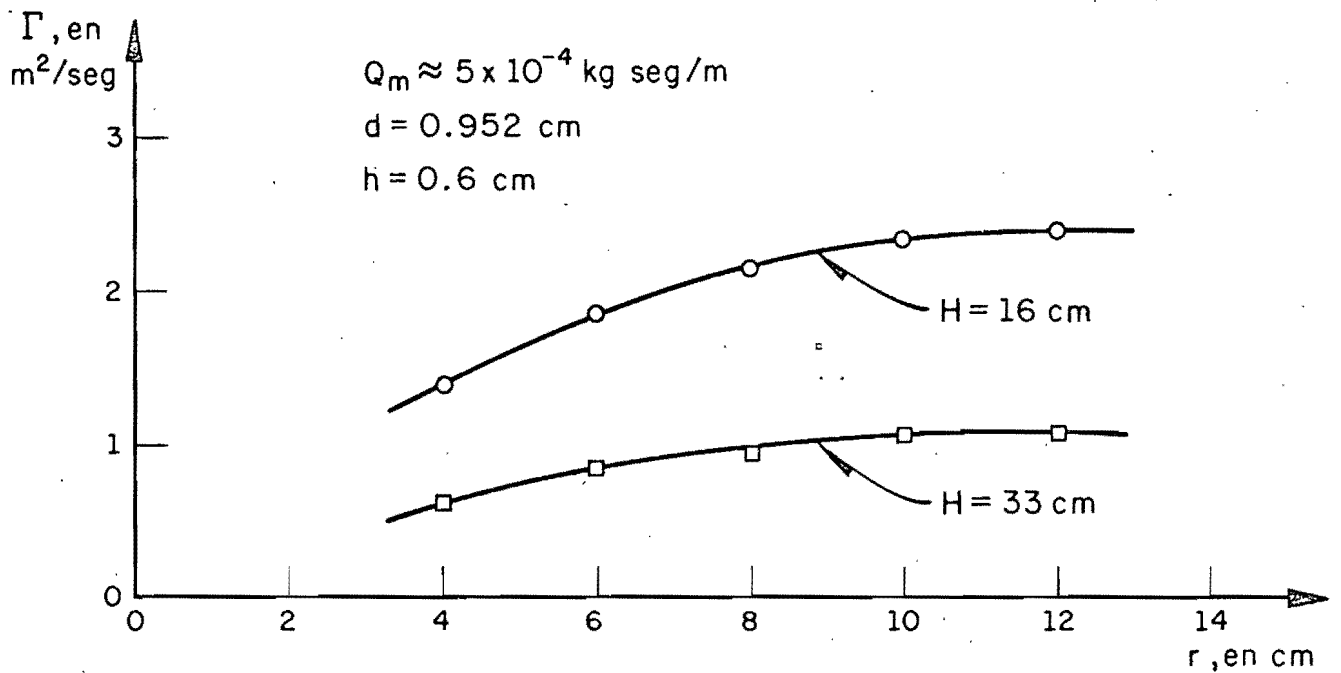
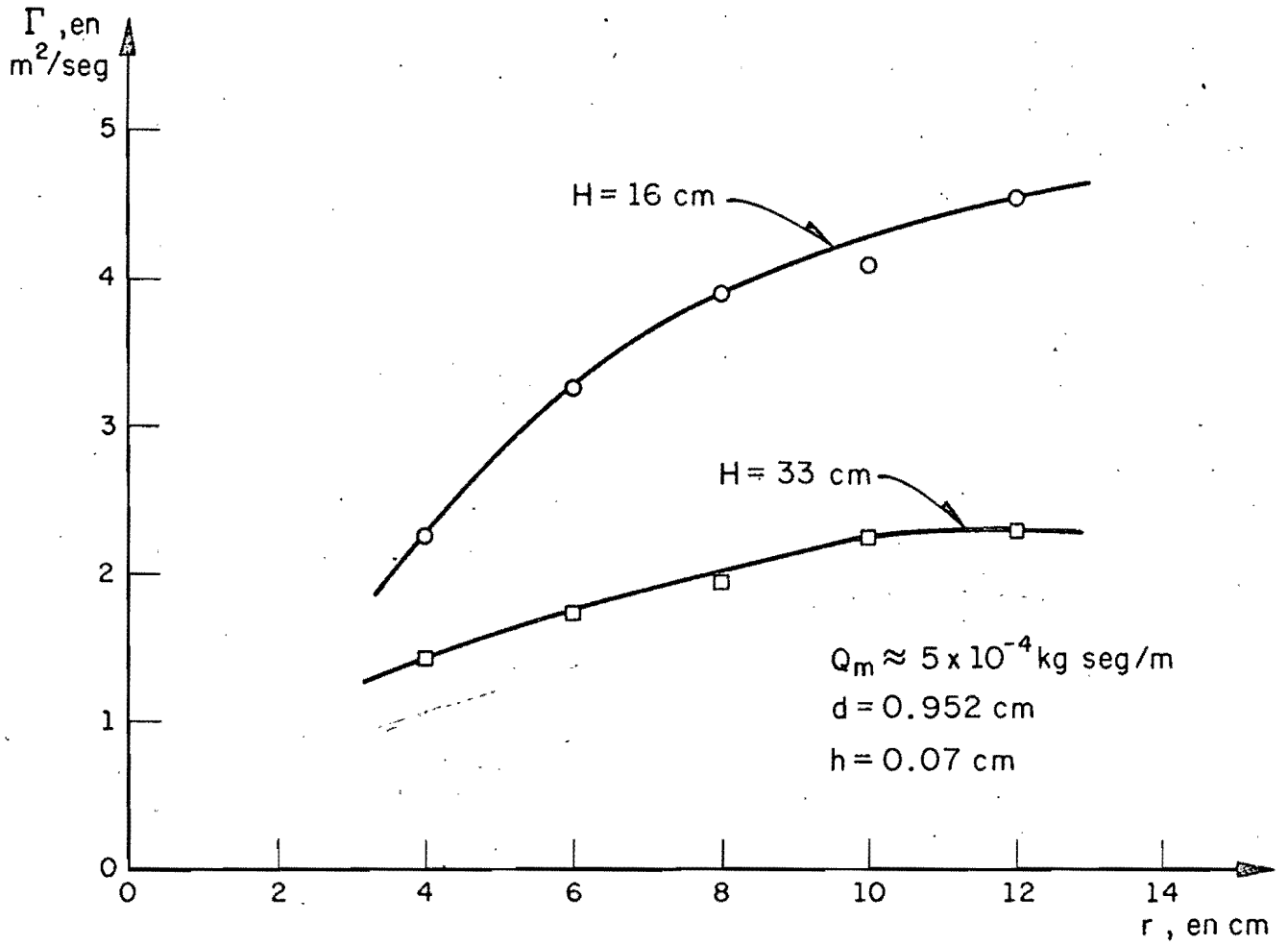


Fig 17 Circulaciones en vórtices (aire)

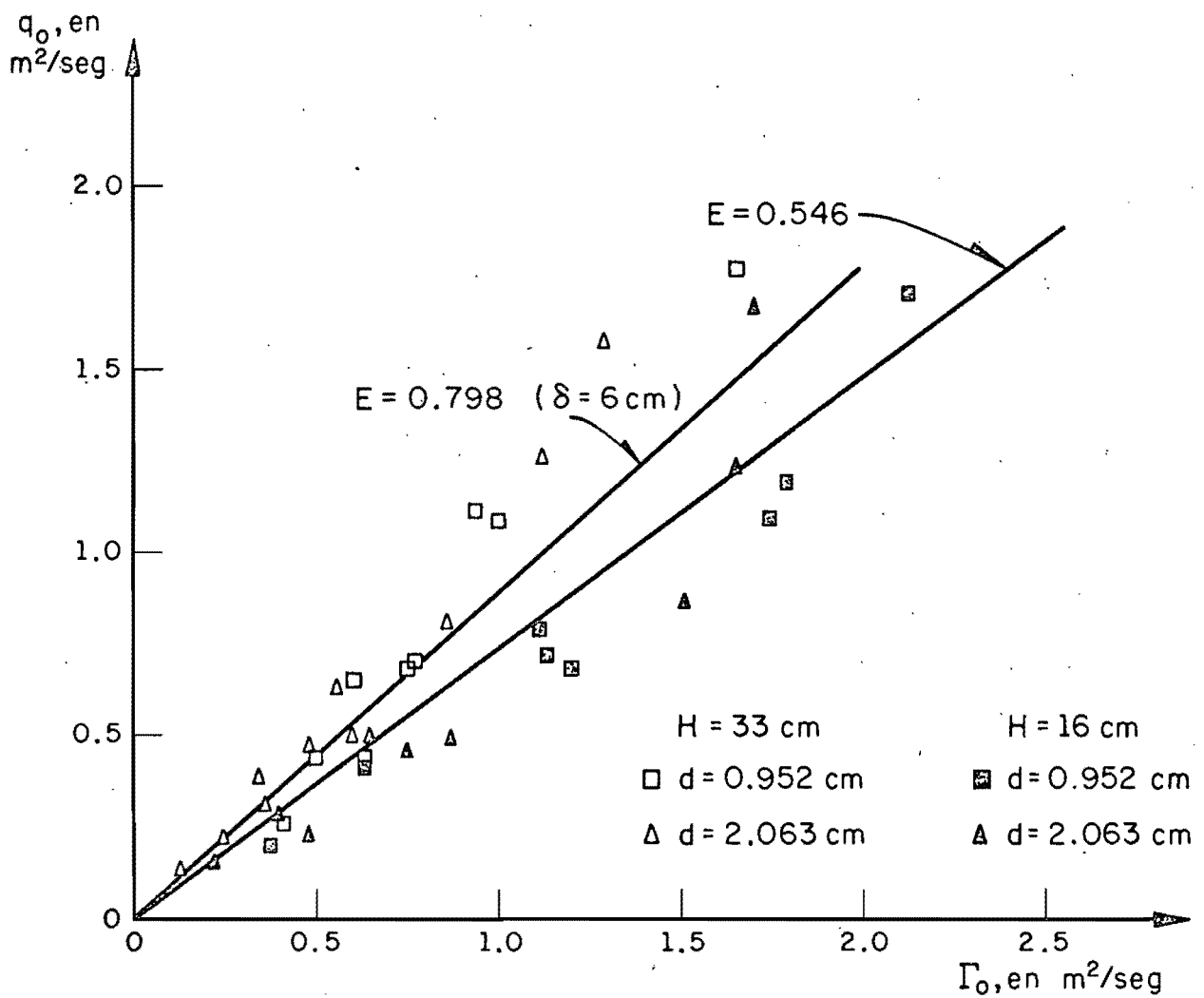


Fig 18 Resultados obtenidos con integración numérica ($\delta = 6$ cm)

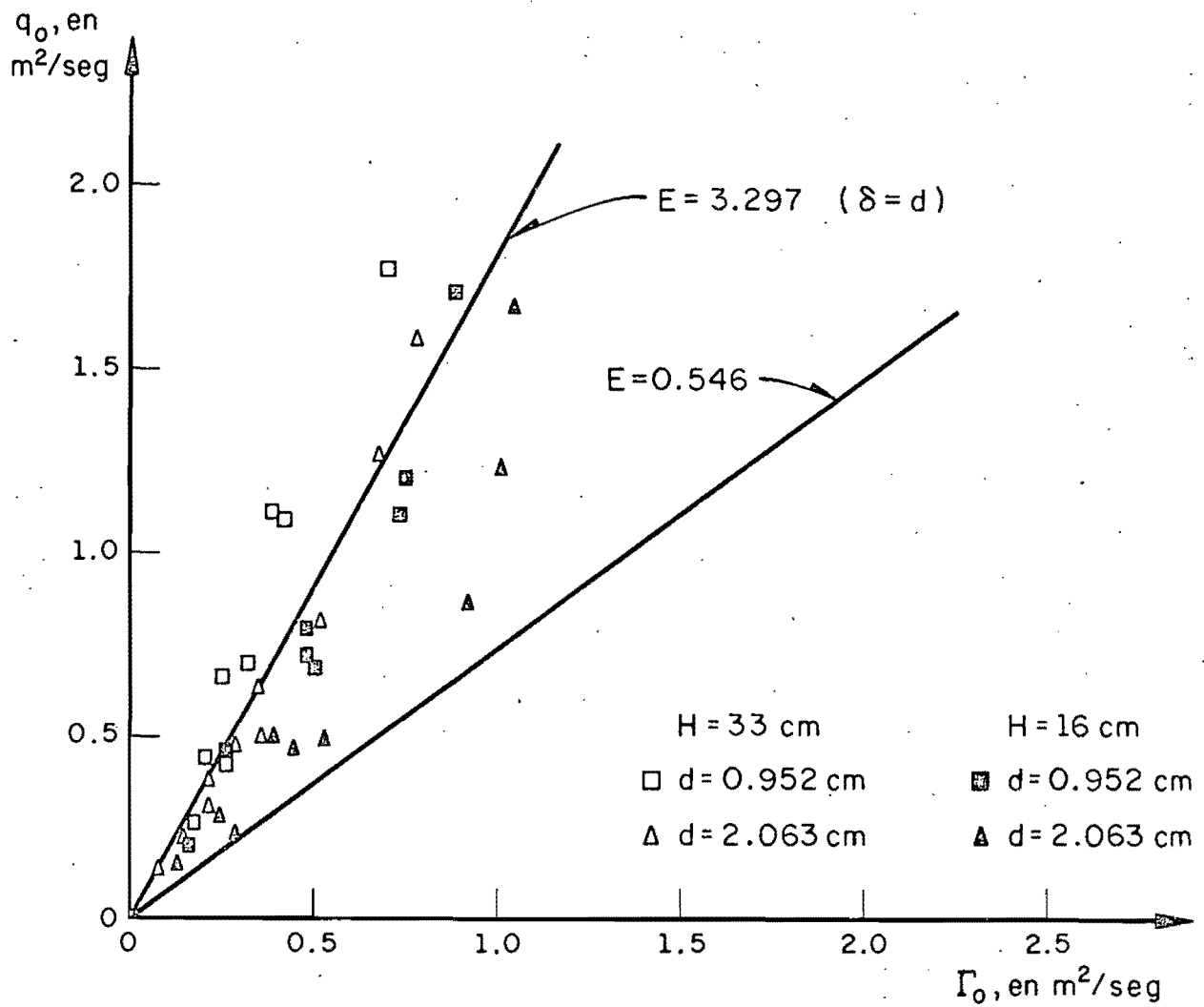


Fig 19 Resultados obtenidos con integración numérica ($\delta = d$)

TABLA 1

d = 0.952 cm
 h = 0.05 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.1449 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 0.952 cm
 h = 0.09 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.1407 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

No.	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg	No.	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ³ /seg
120	4	3	5.745	1.5977	103	4	3	6.008	1.6537
119	4	13	6.743	1.5977	104	4	13	5.853	1.5200
118	4	23	6.613	1.0845	105	4	23	5.965	1.0802
121	6	3	5.620	1.7820	108	6	3	5.895	1.5766
122	6	13	5.577	1.5042	107	6	13	5.965	1.7820
123	6	23	5.577	1.6203	106	6	23	6.036	1.8465
126	8	3	5.577	1.7462	109	8	3	5.895	2.0740
125	8	13	5.661	1.6598	110	8	13	6.008	1.9965
124	8	23	5.700	1.6598	111	8	23	5.965	1.7377
127	10	3	5.577	1.9038	114	10	3	6.078	2.7005
128	10	13	5.700	1.9315	113	10	13	5.923	2.0703
129	10	23	5.620	1.7693	112	10	23	5.853	1.9315
132	12	3	5.661	2.1044	115	12	3	6.008	2.4504
131	12	13	5.661	2.0478	116	12	13	5.895	2.1232
130	12	23	5.582	1.9604	117	12	23	5.923	2.2197

d = 0.952 cm
 h = 0.2 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.1088 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 0.952 cm
 h = 0.6 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.1029 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

133	4	3	4.574	0.8394	162	4	3	5.104	0.6660
134	4	13	4.870	0.8168	161	4	13	5.232	0.6557
135	4	23	4.870	0.6351	160	4	23	5.232	0.5368
138	6	3	4.760	1.1291	157	6	3	5.104	0.8196
137	6	13	4.760	1.0363	158	6	13	5.039	0.8196
136	6	23	4.833	1.0363	159	6	23	5.104	0.8630
139	8	3	4.906	1.3320	156	8	3	5.232	1.0174
140	8	13	4.906	1.2501	155	8	13	5.232	0.9259
141	8	23	4.833	1.2099	154	8	23	5.104	0.9440
144	10	3	4.798	1.3515	151	10	3	5.203	1.1354
143	10	13	4.724	1.2717	152	10	13	5.139	0.9839
142	10	23	4.724	1.2717	153	10	23	5.039	0.9839
145	12	3	4.906	1.5713	150	12	3	5.264	1.3243
146	12	13	4.833	1.4601	149	12	13	4.973	0.9437
147	12	23	4.760	1.3195	148	12	23	4.973	0.8708

TABLA 1. (Continuación)

d = 0.952 cm
 h = 0.09 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.1003 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 0.952 cm
 h = 0.2 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.0964 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg	No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg
865	4	3	3.209	— —	835	4	3	2.781	0.6049
870	4	13	3.107	0.7615	840	4	13	2.943	0.6049
875	4	23	3.107	0.6049	845	4	23	2.781	0.4994
866	6	3	3.209	1.0936	836	6	3	2.781	0.7769
871	6	13	3.107	0.9911	841	6	13	2.943	0.7769
876	6	23	3.107	0.9300	846	6	23	2.943	0.8052
867	8	3	3.209	1.3114	837	8	3	2.781	0.9440
872	8	13	3.259	1.2400	842	8	13	2.781	0.9440
877	8	23	3.107	1.1118	847	8	23	2.943	0.9083
868	10	3	3.209	1.4382	838	10	3	2.781	1.1573
873	10	13	3.259	1.3659	843	10	13	2.781	1.0260
878	10	23	3.107	1.3069	848	10	23	2.943	0.9833
869	12	3	3.107	1.6535	839	12	3	2.943	1.3488
874	12	13	3.259	1.3353	844	12	13	2.781	1.0691
879	12	23	3.209	1.4160	849	12	23	2.943	1.0329

d = 0.952 cm
 h = 0.6 cm
 H = 33 cm
 $\rho = 0.0956 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 0.952 cm
 h = 0.09 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.0964 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

805	4	3	2.982	0.5368	860	4	3	1.844	0.5179
810	4	13	2.982	0.4994	855	4	13	1.844	0.4496
815	4	23	3.084	0.3893	850	4	23	1.844	0.3727
806	6	3	3.084	0.7215	861	6	3	1.844	0.6544
811	6	13	2.982	0.6284	856	6	13	1.844	0.5775
816	6	23	3.084	0.6284	851	6	23	1.844	0.5775
807	8	3	3.084	0.8555	862	8	3	1.844	0.7620
812	8	13	2.982	0.7786	857	8	13	1.668	0.6725
817	8	23	2.982	0.7047	852	8	23	1.844	0.7047
808	10	3	3.084	1.0047	863	10	3	1.844	0.8608
813	10	13	3.084	0.9010	858	10	13	1.844	0.7917
818	10	23	2.982	0.7917	853	10	23	1.844	0.7728
809	12	3	3.084	1.0982	864	12	3	1.844	1.0518
814	12	13	3.084	0.9500	859	12	13	1.844	0.8814
819	12	23	2.982	0.8701	854	12	23	1.844	0.7826

TABLA 1. (Continuación)

d = 0.952 cm
 h = 0.2 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.0954 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 0.952 cm
 h = 0.6 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.0951 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg	No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg
830	4	3	1.749	0.4104	800	4	3	1.913	0.3727
825	4	13	1.916	0.4104	795	4	13	1.913	0.3244
820	4	23	1.749	0.2754	790	4	23	1.747	0.2468
831	6	3	1.749	0.5775	801	6	3	1.913	0.4927
826	6	13	1.916	0.5225	796	6	13	1.913	0.4075
821	6	23	1.749	0.4867	791	6	23	1.747	0.3860
832	8	3	1.916	0.6886	802	8	3	1.913	0.5579
827	8	13	1.916	0.6183	797	8	13	1.747	0.4659
822	8	23	1.749	0.5293	792	8	23	1.913	0.4865
833	10	3	1.916	0.7917	803	10	3	1.913	0.6082
828	10	13	1.916	0.6522	798	10	13	1.747	0.5315
823	10	23	1.749	0.6346	793	10	23	1.913	0.5315
834	12	3	1.916	0.9161	804	12	3	1.913	0.6778
829	12	13	1.916	0.6476	799	12	13	1.747	0.5240
824	12	23	1.916	0.6778	794	12	23	1.913	0.5511

d = 0.952 cm
 h = 0.09 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.1109 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 0.952 cm
 h = 0.2 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.10091 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

324	4	1	5.167	2.3725	299	4	1	5.090	2.1363
319	4	6	5.027	2.1136	304	4	6	5.026	1.7919
314	4	11	5.027	2.3650	309	4	11	5.026	2.1136
325	6	1	5.062	3.5588	300	6	1	5.026	2.7181
320	6	6	5.132	3.1705	305	6	6	4.961	2.6879
315	6	11	5.027	3.0084	310	6	11	5.153	2.6201
326	8	1	5.062	4.6596	301	8	1	4.961	3.6241
321	8	6	5.167	3.5387	306	8	6	5.090	2.9804
316	8	11	5.027	3.4532	311	8	11	5.090	2.8751
327	10	1	5.201	5.0139	302	10	1	5.090	4.5301
322	10	6	5.062	3.3992	307	10	6	5.090	3.1290
317	10	11	5.167	3.8327	312	10	11	5.090	3.1290
328	12	1	5.201	5.1120	303	12	1	5.090	4.5314
323	12	6	5.062	4.2751	308	12	6	5.090	3.0461
318	12	11	5.167	4.1469	313	12	11	5.090	3.4984

TABLA 1. (Continuación)

d = 0.952 cm
 h = 0.6 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.0972 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 0.952 cm
 h = 0.09 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.1003 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg
294	4	1	4.997	1.5758
289	4	6	5.059	1.3169
284	4	11	5.059	1.3370
295	6	1	4.934	2.1375
290	6	6	4.997	1.8774
285	6	11	4.997	1.5607
296	8	1	4.871	2.9804
291	8	6	4.934	1.8296
286	8	11	4.871	1.7090
297	10	1	4.997	3.0787
292	10	6	4.871	2.0106
287	10	11	4.774	1.8476
298	12	1	5.059	2.7821
293	12	6	4.934	2.1941
288	12	11	4.838	2.1187

No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg
635	4	6	3.159	1.8548
630	4	11	3.055	2.0282
636	6	6	3.055	2.5899
631	6	11	3.055	2.7181
637	8	6	3.055	3.0209
632	8	11	3.159	3.0209
638	10	6	3.159	3.3992
633	10	11	3.159	3.5060
639	12	6	3.159	3.6266
634	12	11	3.159	3.6266

d = 0.952 cm
 h = 0.2 cm
 H = 16 cm
 $\rho = 0.0969 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 0.952 cm
 h = 0.6 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.0956 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

615	4	6	3.346	1.2315
610	4	11	3.346	1.5115
616	6	6	3.346	1.7492
611	6	11	3.346	1.9302
617	8	6	3.251	1.7442
612	8	11	3.346	1.8146
618	10	6	3.251	1.8849
613	10	11	3.251	2.1237
619	12	6	3.251	2.0885
614	12	11	3.251	2.2167

575	4	6	3.133	—
580	4	11	3.133	—
576	6	6	3.133	—
581	6	11	3.133	—
577	8	6	3.133	1.3521
582	8	11	3.133	1.3722
578	10	6	3.033	1.5582
583	10	11	3.133	1.6148
579	12	6	3.033	1.7417
584	12	11	3.133	1.8095

TABLA 1. (Continuación)

d = 0.952 cm
 h = 0.09 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.0974 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 0.952 cm
 h = 0.2 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.0954 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg	No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg
620	4	6	1.935	1.2089	600	4	6	1.835	0.6660
625	4	11	2.091	1.4903	605	4	11	1.835	— —
621	6	6	1.935	1.6851	601	6	6	1.835	0.9349
626	6	11	2.091	1.9113	606	6	11	1.916	— —
622	8	6	1.935	1.7693	602	8	6	1.835	1.1101
627	8	11	2.091	1.9452	607	8	11	1.916	1.1913
623	10	6	1.935	2.0420	603	10	6	1.835	1.2566
628	10	11	2.091	2.0986	608	10	11	1.916	1.4011
624	12	6	1.935	2.1865	604	12	6	1.835	1.3571
629	12	11	2.091	2.3826	609	12	11	1.916	1.5230

d = 0.952 cm
 h = 0.6 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.0948 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

595	4	6	1.459	0.3568
590	4	11	1.459	0.4725
596	6	6	1.459	0.5391
591	6	11	1.459	0.6145
597	8	6	1.459	0.6082
592	8	11	1.459	0.6534
598	10	6	1.459	0.7225
593	10	11	1.459	0.7791
599	12	6	1.459	0.7615
594	12	11	1.459	0.7992

TABLA 1. (Continuación)

d = 1.27 cm
 h = 0.09 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.1048 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 1.27 cm
 h = 0.2 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.0978 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg	No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg
414	4	3	5.086	1.3388	389	4	3	4.945	0.9291
409	4	13	5.086	1.2093	394	4	13	5.011	0.8731
404	4	23	5.020	0.9937	399	4	23	5.011	0.7615
415	6	3	5.020	1.5682	390	6	3	5.011	1.2320
410	6	13	5.020	1.4906	395	6	13	4.945	1.1852
405	6	23	4.952	1.3937	400	6	23	4.945	1.1422
416	8	3	4.952	1.6788	391	8	3	4.945	1.4798
411	8	13	4.952	1.5537	396	8	13	4.884	1.2908
406	8	23	4.884	1.5889	401	8	23	4.884	1.2908
417	10	3	4.952	2.0420	392	10	3	4.819	1.6235
412	10	13	4.952	1.8227	397	10	13	4.754	1.4388
407	10	23	4.952	1.7963	402	10	23	4.687	1.4388
418	12	3	4.952	2.3969	393	12	3	4.819	1.9053
413	12	13	5.020	1.8510	398	12	13	4.884	1.6105
408	12	23	5.020	2.0606	403	12	23	4.884	1.5539

d = 1.27 cm
 h = 0.6 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.0957 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 1.27 cm
 h = 0.09 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.0986 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

384	4	3	4.702	0.7077	435	4	3	2.814	0.7238
379	4	13	4.702	0.6660	425	4	13	2.579	0.6660
374	4	23	4.702	0.5851	430	4	23	2.814	0.5803
385	6	3	4.637	0.9225	436	6	3	2.814	0.9074
380	6	13	4.702	0.8776	426	6	13	2.699	0.8851
375	6	23	4.702	0.8486	431	6	23	2.814	0.8456
386	8	3	4.570	1.0736	437	8	3	2.814	1.0641
381	8	13	4.637	0.9806	427	8	13	2.814	1.0269
376	8	23	4.637	0.9806	432	8	23	2.814	0.9530
387	10	3	4.502	1.2026	438	10	3	2.814	1.2484
382	10	13	4.502	1.1711	428	10	13	2.814	1.1573
377	10	23	4.570	1.0694	433	10	23	2.814	1.1353
388	12	3	4.637	1.4431	439	12	3	2.814	1.4431
383	12	13	4.637	1.2312	429	12	13	2.814	1.2312
378	12	23	4.502	1.1551	434	12	23	2.814	1.2184

TABLA 1. (Continuación)

d = 1.27 cm
 h = 0.2 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.0961 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 1.27 cm
 h = 0.6 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.0951 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg	No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg
465	4	3	3.285	0.5951	495	4	3	3.360	0.4363
460	4	13	3.285	0.5609	490	4	13	3.450	0.4146
455	4	23	3.190	0.4720	485	4	23	3.450	0.3604
466	6	3	3.285	0.7630	496	6	3	3.450	0.5839
461	6	13	3.285	0.7283	491	6	13	3.450	0.5466
456	6	23	3.190	0.7147	486	6	23	3.360	0.5466
467	8	3	3.190	0.9083	497	8	3	3.450	0.7208
462	8	13	3.190	0.8379	492	8	13	3.450	0.6258
457	8	23	3.190	0.8208	487	8	23	3.360	0.6107
468	10	3	3.190	1.0046	498	10	3	3.450	0.8168
463	10	13	3.190	0.9255	493	10	13	3.360	0.6704
458	10	23	3.190	0.9418	488	10	23	3.268	0.6201
469	12	3	3.190	1.2184	499	12	3	3.360	0.9160
464	12	13	3.285	1.0570	494	12	13	3.360	0.7192
459	12	23	3.190	1.0329	489	12	23	3.268	0.6883

d = 1.27 cm
 h = 0.09 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.0957 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 1.27 cm
 h = 0.2 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.0951 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

440	4	3	1.663	0.4363	470	4	3	1.832	0.3483
445	4	13	1.466	0.3767	475	4	13	1.832	0.3053
450	4	23	1.466	0.3129	480	4	23	1.832	0.2468
441	6	3	1.663	0.5775	471	6	3	1.832	0.4810
446	6	13	1.466	0.4693	476	6	13	1.832	0.4022
451	6	23	1.466	0.4927	481	6	23	1.832	0.4075
442	8	3	1.663	0.6414	472	8	3	1.832	0.5956
447	8	13	1.466	0.5293	477	8	13	1.832	0.4659
452	8	23	1.466	0.6107	482	8	23	1.832	0.4518
443	10	3	1.466	0.7162	473	10	3	1.832	0.6346
448	10	13	1.466	0.5824	478	10	13	1.832	0.4750
453	10	23	1.466	0.5824	483	10	23	1.832	0.4995
444	12	3	1.466	0.8595	474	12	3	1.832	0.6989
449	12	13	1.663	0.6378	479	12	13	1.832	0.4870
454	12	23	1.466	0.5896	484	12	23	1.832	0.4870

TABLA 1. (Continuación)

$d = 1.27 \text{ cm}$
 $h = 0.6 \text{ cm}$
 $H = 33 \text{ cm}$
 $\rho_1 = 0.0949 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m^2/seg
500	4	3	1.656	0.2329
505	4	13	1.656	0.1626
510	4	23	1.656	0.1337
501	6	3	1.656	0.2710
506	6	13	1.656	0.2092
511	6	23	1.656	0.1926
502	8	3	1.656	0.3252
507	8	13	1.656	0.2457
512	8	23	1.656	0.2252
503	10	3	1.656	0.3418
508	10	13	1.656	0.2745
513	10	23	1.656	0.2437
504	10	23	1.656	0.3687
509	12	13	1.656	0.2571
514	12	23	1.656	0.1854

TABLA 1. (Continuación)

d = 1.27 cm
 h = 0.09 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.1087 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 1.27 cm
 h = 0.2 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.0979 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg
359	4	1	5.415	— —
364	4	6	5.350	2.2016
369	4	11	5.350	2.4602
360	6	1	5.350	3.3345
365	6	6	5.317	3.1705
370	6	11	5.317	3.1064
361	8	1	5.251	4.2273
366	8	6	5.317	3.5577
371	8	11	5.317	3.5387
362	10	1	5.317	5.3407
367	10	6	5.382	3.8641
372	10	11	5.415	4.1029
363	12	1	5.415	6.3409
368	12	6	5.479	4.2750
373	12	11	5.415	4.5915

No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg
354	4	1	5.288	1.9427
349	4	6	5.107	1.6612
344	4	11	4.982	1.6612
355	6	1	5.228	2.4919
350	6	6	5.107	2.3185
345	6	11	4.982	2.2657
356	8	1	5.137	3.1516
351	8	6	5.228	2.5886
346	8	11	5.137	2.7193
357	10	1	5.076	3.9395
352	10	6	5.288	2.7520
347	10	11	5.288	2.7520
358	12	1	5.076	4.4711
353	12	6	5.168	2.9782
348	12	11	5.228	2.7822

d = 1.27 cm
 h = 0.6 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.0959 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 1.27 cm
 h = 0.09 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.0978 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

329	4	1	4.868	1.2088
334	4	6	4.899	1.0581
339	4	11	4.962	1.3370
330	6	1	4.868	1.7153
335	6	6	4.836	1.6135
340	6	11	5.114	1.7153
331	8	1	4.962	2.4177
336	8	6	4.962	1.7442
341	8	11	5.053	1.8548
332	10	1	5.114	2.8588
337	10	6	5.114	2.0294
342	10	11	4.962	1.9415
333	12	1	5.114	2.7822
338	12	6	5.114	2.1865
343	12	11	4.899	2.0282

570	4	6	2.856	0.8646
565	4	11	2.856	— —
571	6	6	2.856	1.2818
566	6	11	2.744	— —
572	8	6	2.744	1.5230
567	8	11	2.744	1.5432
573	10	6	2.856	1.8096
568	10	11	2.856	1.8473
574	12	6	2.856	1.9604
569	12	11	2.856	2.0282

TABLA 1. (Continuación)

d = 1.27 cm
 h = 0.2 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.0956 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 1.27 cm
 h = 0.6 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.0949 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg	No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg
535	4	6	2.824	0.7716	515	4	6	2.275	0.4348
540	4	11	2.824	0.8646	520	4	11	2.275	0.5504
536	6	6	2.824	1.0744	516	6	6	2.405	0.6786
541	6	11	2.824	1.1724	521	6	11	2.275	0.7351
537	8	6	2.824	1.3069	517	8	6	2.405	0.8545
542	8	11	2.824	1.2918	522	8	11	2.405	0.9048
538	10	6	2.713	1.4263	518	10	6	2.405	0.9739
543	10	11	2.824	1.5080	523	10	11	2.405	1.0242
539	12	6	2.713	1.5532	519	12	6	2.275	1.0330
544	12	11	2.713	1.6060	524	12	11	2.405	1.0707

d = 1.27 cm
 h = 0.09 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.0955 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 1.27 cm
 h = 0.2 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.0949 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

555	4	6	1.566	0.5202	550	4	6	1.655	0.4046
560	4	11	1.566	0.6233	545	4	11	1.830	0.5504
556	6	6	1.566	0.8332	551	6	6	1.655	0.6522
561	6	11	1.566	0.8445	546	6	11	1.830	0.7087
557	8	6	1.566	1.0154	552	8	6	1.655	0.7791
562	8	11	1.566	0.9701	547	8	11	1.655	0.8193
558	10	6	1.566	1.1561	553	10	6	1.830	0.9739
563	10	11	1.566	1.1561	548	10	11	1.655	0.9299
559	12	6	1.566	1.2441	554	12	6	1.830	0.9802
564	12	11	1.566	1.2290	549	12	11	1.655	0.9726

TABLA 1. (Continuación)

$d = 1.27 \text{ cm}$
 $h = 0.6 \text{ cm}$
 $H = 16 \text{ cm}$
 $\rho_1 = 0.0949 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m^2/seg
530	4	6	1.989	0.4097
525	4	11	1.989	0.5177
531	6	6	1.989	0.6333
526	6	11	1.989	0.6673
532	8	6	1.989	0.7540
527	8	11	1.989	0.8042
533	10	6	1.989	0.8419
528	10	11	1.989	0.8796
534	12	6	1.989	0.8822
529	12	11	1.989	0.8897

TABLA 1. (Continuación)

d = 2.063 cm
 h = 0.05 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.1248 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 2.063 cm
 h = 0.09 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.1070 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg	No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg
181	4	3	5.403	1.1448	163	4	3	5.647	0.9075
180	4	13	5.403	0.9508	164	4	13	5.493	0.8394
179	4	23	5.403	0.7399	165	4	23	5.334	0.6763
182	6	3	5.513	1.4586	168	6	3	5.586	1.2252
183	6	13	5.622	1.3289	167	6	13	5.493	1.1589
184	6	23	5.513	1.3289	166	6	23	5.334	1.1261
187	8	3	5.513	1.6562	169	8	3	5.493	1.4371
186	8	13	5.403	1.4713	170	8	13	5.334	1.2908
185	8	23	5.403	1.4155	171	8	23	5.400	1.2908
188	10	3	5.622	1.9038	174	10	3	5.400	1.5626
189	10	13	5.513	1.6858	173	10	13	5.555	1.5124
190	10	23	5.403	1.5626	172	10	23	6.493	1.5124
193	12	3	5.585	2.1232	175	12	3	5.334	1.8752
192	12	13	5.585	1.8752	176	12	13	5.493	1.6972
191	12	23	5.513	1.8148	177	12	23	5.555	1.5826
					178	12	13	5.462	1.5826

d = 2.063 cm
 h = 0.2 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.1004 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 2.063 cm
 h = 0.6 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.0976 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

194	4	3	5.136	0.6866	211	4	3	5.034	0.4019
195	4	13	5.042	0.6150	210	4	13	5.156	0.3443
196	4	23	4.913	0.4866	209	4	23	5.156	0.2330
199	6	3	5.074	0.9376	212	6	3	4.971	0.5383
198	6	13	5.136	0.9225	213	6	13	5.034	0.5165
197	6	23	5.011	0.9225	214	6	23	5.156	0.5285
200	8	3	4.944	1.0928	217	8	3	4.971	0.6414
201	8	13	4.944	1.0551	216	8	13	5.034	0.5655
202	8	23	5.074	1.0551	215	8	23	5.156	0.5806
205	10	3	4.944	1.2485	218	10	3	5.096	0.7634
204	10	13	5.074	1.1800	219	10	13	5.217	0.6704
203	10	23	5.136	1.1800	220	10	23	5.096	0.6170
206	12	3	4.944	1.4431	223	12	3	5.156	0.8799
207	12	13	5.074	1.2833	222	12	13	5.034	0.6386
208	12	23	5.136	1.2056	221	12	23	4.971	0.6386

TABLA 1. (Continuación)

d = 2.063 cm
 h = 0.09 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.0953 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 2.063 cm
 h = 0.2 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.0952 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg	No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg
770	4	3	2.709	0.4993	745	4	3	2.976	0.4948
765	4	13	2.594	0.4363	750	4	13	3.077	0.4408
760	4	23	2.410	0.3362	755	4	23	3.077	0.4018
771	6	3	2.594	0.6416	746	6	3	2.976	0.6544
766	6	13	2.410	0.5775	751	6	13	2.976	0.5964
761	6	23	2.410	0.5345	756	6	23	3.077	0.5899
772	8	3	2.594	0.7535	747	8	3	2.976	0.7786
767	8	13	2.410	0.6886	752	8	13	2.976	0.6967
762	8	23	2.594	0.6569	757	8	23	2.976	0.6886
773	10	3	2.594	0.8608	748	10	3	3.077	0.8809
768	10	13	2.594	0.7822	753	10	13	3.077	0.7917
763	10	23	2.709	0.7822	758	10	23	2.976	0.7533
774	12	3	2.594	0.9967	749	12	3	3.077	1.0570
769	12	13	2.709	0.8369	754	12	13	3.077	0.8482
764	12	23	2.709	0.7615	759	12	23	3.077	0.8150

d = 2.063 cm
 h = 0.6 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.0948 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 2.063 cm
 h = 0.09 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.0951 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

710	4	3	2.340	0.2432	775	4	3	1.747	0.3362
705	4	13	2.340	0.1870	780	4	13	1.562	0.2432
700	4	23	2.340	0.1508	785	4	23	1.562	0.2194
711	6	3	2.340	0.3242	776	6	3	1.562	0.4354
706	6	13	2.340	0.2620	781	6	13	1.562	0.3442
701	6	23	2.340	0.2439	786	6	23	1.562	0.3494
712	8	3	2.340	0.3805	777	8	3	1.562	0.4865
707	8	13	2.340	0.3016	782	8	13	1.562	0.4187
702	8	23	2.340	0.2674	787	8	23	1.562	0.3740
713	10	3	2.340	0.4367	778	10	3	1.562	0.5315
708	10	13	2.340	0.3210	783	10	13	1.562	0.4832
703	10	23	2.340	0.2877	788	10	23	1.562	0.3990
714	12	3	2.340	0.4011	779	12	3	1.562	0.5798
709	12	13	2.340	0.3219	784	12	13	1.562	0.4878
704	12	23	2.340	0.2850	789	12	23	1.562	0.4018

TABLA 1. (Continuación)

d = 2.063 cm
 h = 0.2 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.0949 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 2.063 cm
 h = 0.6 cm
 H = 33 cm
 $\rho_1 = 0.0948 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg	No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg
740	4	3	1.989	0.3443	715	4	3	1.459	0.1507
735	4	13	1.830	0.2754	720	4	13	1.459	0.1125
730	4	23	1.989	0.2294	725	4	23	1.459	0.0721
741	6	3	1.830	0.4467	716	6	3	1.459	0.1926
736	6	13	1.989	0.3702	721	6	13	1.459	0.1248
731	6	23	1.989	0.3755	726	6	23	1.459	0.1248
742	8	3	1.830	0.5006	717	8	3	1.459	0.2352
737	8	13	1.989	0.4388	722	8	13	1.459	0.1317
732	8	23	1.830	0.4056	727	8	23	1.459	0.1236
743	10	3	1.830	0.5485	718	10	3	1.459	0.1753
738	10	13	1.989	0.4750	723	10	13	1.459	0.1753
733	10	23	1.830	0.4517	728	10	23	1.459	0.1344
744	12	3	1.989	0.6378	719	12	3	1.459	0.2103
739	12	13	1.989	0.4961	724	12	13	1.459	0.1282
734	12	23	1.830	0.4184	729	12	23	1.459	0.1734

d = 2.063 cm
 h = 0.05 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.12421 \text{ kg seg}^2/\text{m}^2$

d = 2.063 cm
 h = 0.09 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.10826 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

269	4	1	5.785	— —	264	4	1	5.369	1.8975
274	4	6	5.716	1.9201	259	4	6	5.238	1.6839
279	4	11	5.854	2.2016	254	4	11	5.369	1.9855
270	6	1	5.716	2.7822	265	6	1	5.238	2.5258
275	6	6	5.750	2.7822	260	6	6	5.369	2.6201
280	6	11	5.854	2.7520	255	6	11	5.433	2.5560
271	8	1	5.716	3.7950	266	8	1	5.369	3.4532
276	6	6	5.854	3.2371	261	8	6	5.497	3.0210
281	8	11	5.750	3.0662	256	8	11	5.369	2.6741
272	10	1	5.785	4.5867	267	10	1	5.466	4.3668
277	10	6	5.820	3.1856	262	10	6	5.369	3.1290
282	10	11	5.922	3.1290	257	10	11	5.238	2.7520
273	12	1	5.854	4.5314	268	12	1	5.401	3.8830
278	12	6	5.750	3.1064	263	12	6	5.238	2.9782
283	12	11	5.750	3.4306	258	12	11	5.433	2.9782

TABLA J. (Continuación)

d = 2.063 cm
 h = 0.2 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.10081 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 2.063 cm
 h = 0.6 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.09725 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg
239	4	1	5.455	1.6839
244	4	6	5.365	1.4250
249	4	11	5.395	1.7266
240	6	1	5.395	2.2959
245	6	6	5.484	2.2016
250	6	11	5.304	2.2356
241	8	1	5.304	3.0210
246	8	6	5.395	2.4178
251	8	11	5.455	2.4580
242	10	1	5.427	3.7762
247	10	6	5.304	2.5887
252	10	11	5.427	2.6955
243	12	1	5.427	3.6870
248	12	6	5.395	3.4306
253	12	11	5.365	2.5258

No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg
234	4	1	5.117	0.9274
229	4	6	5.237	0.8621
224	4	11	5.296	0.9274
235	6	1	5.117	1.3609
230	6	6	5.237	1.2064
225	6	11	5.177	1.2403
236	8	1	5.296	1.7291
231	8	6	5.117	1.4577
226	8	11	5.117	1.4577
237	10	1	5.237	1.9289
232	10	6	5.117	1.7153
227	10	11	5.296	1.6650
238	12	1	5.117	1.9377
233	12	6	5.296	1.9377
228	12	11	5.206	1.8096

d = 2.063 cm
 h = 0.09 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.0961 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 2.063 cm
 h = 0.2 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.0950 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

695	4	6	3.423	--
690	4	11	3.332	--
696	6	6	3.332	1.3081
691	6	11	3.512	--
697	8	6	3.332	1.5783
692	8	11	3.512	1.6788
698	8	6	3.512	1.8472
693	8	11	3.512	1.9038
699	10	6	3.512	2.0583
694	10	11	3.512	2.0583

660	4	6	2.590	0.7062
665	4	11	2.921	0.7992
661	6	6	2.815	1.0593
666	6	11	2.815	1.1558
662	8	6	2.921	1.3119
667	8	11	2.815	1.2265
663	10	6	2.921	1.5079
668	10	11	2.815	1.4891
664	12	6	2.921	1.6060
669	12	11	2.815	1.6964

TABLA 1. (Continuación)

d = 2.063 cm
 h = 0.6 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.0947 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 2.063 cm
 h = 0.09 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.0952 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg	No	r cm	z cm	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg
640	4	6	2.526	0.5077	680	4	6	1.992	0.6232
645	4	11	2.403	0.5077	685	4	11	2.140	0.7339
641	6	6	2.526	0.7200	681	6	6	1.992	0.8784
646	6	11	2.403	0.6936	686	6	11	2.140	0.9990
642	8	6	2.526	0.8344	682	8	6	1.992	1.0706
647	8	11	2.403	0.8042	687	8	11	2.140	1.1712
643	10	6	2.526	0.9613	683	10	6	1.992	1.2440
648	10	11	2.526	0.9802	688	10	11	2.140	1.3760
644	12	6	2.526	0.9802	684	12	6	1.992	1.3571
649	12	11	2.526	1.0782	689	12	11	2.140	1.4928

d = 2.063 cm
 h = 0.2 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.0948 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

d = 2.063 cm
 h = 0.6 cm
 H = 16 cm
 $\rho_1 = 0.0947 \text{ kg seg}^2/\text{m}^4$

675	4	6	1.744	0.3845	655	4	6	1.654	0.2312
670	4	11	1.744	0.4800	650	4	11	1.654	0.2664
676	6	6	1.744	0.5692	656	6	6	1.654	0.3166
671	6	11	1.744	0.6409	651	6	11	1.654	0.3543
677	8	6	1.744	0.6735	657	8	6	1.654	0.3870
672	8	11	1.744	0.7339	652	8	11	1.654	0.3971
678	10	6	1.744	0.7979	658	10	6	1.654	0.4335
673	10	11	1.744	0.8168	653	10	11	1.654	0.4649
679	12	6	1.744	0.8670	659	12	6	1.654	0.4297
674	12	11	1.744	0.8444	654	12	11	1.654	0.4524

TABLA 2

d = 0.952 cm H = 16 cm

No.	h cm	ρ_1 kg seg ² /m ⁴	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg	q_o m ² /seg	Γ_o m ² /seg	E
317	0.09	0.1109	5.167	3.8327	1.7294	2.3379	0.5472
322			5.062	3.3992	1.6943	2.0735	0.6677
318			5.167	4.1469	1.7295	2.5296	0.4675
323			5.062	4.2751	1.6943	2.6078	0.4221
					1.7118	2.3872	0.5261
307	0.2	0.1009	5.090	3.1290	1.1984	1.9087	0.3942
312			5.090	3.1290	1.1984	1.9087	0.3942
308			5.090	3.0461	1.1983	1.8581	0.4159
313			5.090	3.4984	1.1983	2.1340	0.3153
						1.1984	1.9523
287	0.6	0.0973	4.774	1.8472	0.6609	1.1268	0.3440
292			4.871	2.0106	0.6745	1.2265	0.3024
288			4.838	2.1187	0.6697	1.2924	0.2685
293			4.934	2.1941	0.6830	1.3381	0.2605
						0.6720	1.2459
633	0.09	0.1003	3.159	3.5060	1.1119	2.1386	0.2703
638			3.159	3.3992	1.1120	2.0735	0.2876
634			3.159	3.6266	1.1118	2.2122	0.2526
639			3.159	3.6266	1.1118	2.2122	0.2526
						1.1119	2.1591
613	0.2	0.0969	3.251	2.1237	0.7810	1.2954	0.3635
618			3.251	1.8849	0.7810	1.1498	0.4614
614			3.251	2.2167	0.7810	1.3522	0.3336
619			3.251	2.0885	0.7810	1.2740	0.3758
						0.7810	1.2678
578	0.6	0.0956	3.033	1.5582	0.4235	0.9505	0.1985
583			3.133	1.6148	0.4375	0.9850	0.1973
579			3.033	1.7417	0.4235	1.0624	0.1589
584			3.133	1.8095	0.4375	1.1038	0.1571
						0.4305	1.0254
623	0.09	0.0974	1.935	2.0420	0.6912	1.2456	0.3079
628			2.091	2.0986	0.7469	1.2801	0.3404
624			1.935	2.1865	0.6911	1.3338	0.2685
629			2.091	2.3826	0.7469	1.4534	0.2641
						0.7190	1.3282
603	0.2	0.0954	1.835	1.2566	0.4443	0.7665	0.3360
608			1.916	1.4011	0.4634	0.8547	0.2946
604			1.835	1.3571	0.4442	0.8278	0.2880
609			1.916	1.5230	0.4638	0.9290	0.2493
						0.4539	0.8445
593	0.6	0.0948	1.459	0.7791	0.2046	0.4752	0.1853
598			1.459	0.7225	0.2046	0.4407	0.2155
594			1.459	0.7992	0.2046	0.4875	0.1761
599			1.459	0.7615	0.2046	0.4645	0.1940
						0.2046	0.4669

TABLA 2 (Continuación)

d = 1.27 cm H = 16 cm

No.	h cm	ρ_1 kg seg ² /m ⁴	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg	q_o m ² /seg	Γ_o m ² /seg	E
367	0.09	0.1087	5.382	3.8641	1.5752	2.3571	0.4466
372			5.415	4.1029	1.5850	2.5027	0.4011
368			5.479	4.2750	1.6037	2.6077	0.3782
373			5.415	4.5915	1.5846	2.8008	0.3201
				<u>1.5871</u>	<u>2.5670</u>	<u>0.3865</u>	
347	0.2	0.0979	5.288	2.7520	1.0944	1.6787	0.4250
352			5.288	2.7520	1.0944	1.6787	0.4250
348			5.288	2.7822	1.0943	1.6971	0.4158
353			5.168	2.9782	1.0694	1.8167	0.3465
						<u>1.0881</u>	<u>1.7178</u>
337	0.6	0.0959	5.114	2.0294	0.6173	1.2379	0.2487
342			4.962	1.9415	0.5990	1.1843	0.2558
338			5.114	2.1865	0.6173	1.3338	0.2142
343			4.899	2.0282	0.5913	1.2372	0.2284
						<u>0.6062</u>	<u>1.2483</u>
568	0.09	0.0978	2.856	1.8473	0.8814	1.1268	0.6119
573			2.856	1.8096	0.8815	1.1038	0.6377
569			2.856	2.0282	0.8815	1.2372	0.5076
574			2.856	1.9604	0.8814	1.1958	0.5433
						<u>0.8815</u>	<u>1.1659</u>
538	0.2	0.0956	2.713	1.4263	0.5681	0.8700	0.4264
543			2.824	1.5080	0.5914	0.9199	0.4133
539			2.713	1.5532	0.5681	0.9474	0.3596
544			2.713	1.6060	0.5681	0.9797	0.3363
						<u>0.5739</u>	<u>0.9592</u>
518	0.6	0.0949	2.405	0.9739	0.2918	0.5941	0.2413
523			2.405	1.0242	0.2919	0.6248	0.2182
519			2.275	1.0330	0.2760	0.6301	0.1919
524			2.405	1.0707	0.2919	0.6531	0.1997
						<u>0.2879</u>	<u>0.6255</u>
558	0.09	0.0955	1.566	1.1561	0.4891	0.7052	0.4810
563			1.566	1.1561	0.4891	0.7052	0.4810
559			1.566	1.2441	0.4891	0.7589	0.4154
564			1.566	1.2290	0.4891	0.7497	0.4256
						<u>0.4891</u>	<u>0.7297</u>
548	0.2	0.0949	1.655	0.9299	0.3478	0.5672	0.3761
553			1.830	0.9739	0.3847	0.5941	0.4192
549			1.655	0.9726	0.3479	0.5933	0.3438
554			1.830	0.9802	0.3846	0.5979	0.4138
						<u>0.3662</u>	<u>0.5881</u>
528	0.6	0.0949	1.989	0.8796	0.2414	0.5366	0.2023
533			1.989	0.8419	0.2414	0.5136	0.2209
529			1.989	0.8897	0.2414	0.5427	0.1978
534			1.989	0.8822	0.2414	0.5381	0.2012
						<u>0.2414</u>	<u>0.5327</u>

TABLA 2 (Continuación)

d = 2.063 cm H = 16 cm

No.	h cm	ρ_1 kg seg ² /m ⁴	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg	q_o m ² /seg	Γ_o m ² /seg	E
277	0.05	0.1242	5.820	3.1856	1.6779	1.9432	0.7456
282			5.922	3.1290	1.7075	1.9087	0.8003
278			5.750	3.1064	1.6577	1.8949	0.7653
283			5.750	3.4306	1.6577	2.0926	0.6275
					<u>1.6752</u>	<u>1.9598</u>	<u>0.7346</u>
257	0.09	0.1082	5.238	2.7520	1.2055	1.6787	0.5157
262			5.369	3.1290	1.2358	1.9087	0.4192
258			5.433	2.9782	1.2504	1.8167	0.4737
263			5.238	2.9782	1.2056	1.8167	0.4404
					<u>1.2243</u>	<u>1.8052</u>	<u>0.4622</u>
247	0.2	0.1008	5.304	2.5887	0.8486	1.5791	0.2888
252			5.427	2.6955	0.8682	1.6442	0.2788
248			5.395	3.4306	0.8633	2.0926	0.1702
253			5.365	2.5258	0.8584	1.5407	0.3104
					<u>0.8596</u>	<u>1.7141</u>	<u>0.2620</u>
227	0.6	0.0972	5.296	1.6650	0.4981	1.0156	0.2405
232			5.117	1.7153	0.4812	1.0463	0.2115
228			5.206	1.8096	0.4895	1.1038	0.1967
233			5.296	1.9377	0.4981	1.1820	0.1776
					<u>0.4917</u>	<u>1.0869</u>	<u>0.2065</u>
693	0.09	0.0961	3.512	1.9038	0.8579	1.1613	0.5458
698			3.512	1.8472	0.8580	1.1268	0.5798
694			3.512	2.0583	0.8580	1.2556	0.4669
699			3.512	2.0583	0.8580	1.2556	0.4669
					<u>0.8580</u>	<u>1.1998</u>	<u>0.5148</u>
663	0.2	0.0950	2.921	1.5079	0.4815	0.9198	0.2740
668			2.815	1.4891	0.4639	0.9083	0.2609
664			2.921	1.6060	0.4815	0.9797	0.2415
669			2.815	1.6964	0.4639	1.0348	0.2010
					<u>0.4727</u>	<u>0.9606</u>	<u>0.2443</u>
643	0.6	0.0947	2.526	0.9613	0.2408	0.5864	0.1686
648			2.526	0.9802	0.2407	0.5979	0.1621
644			2.526	0.9802	0.2407	0.5979	0.1621
649			2.526	1.0782	0.2408	0.6577	0.1340
					<u>0.2408</u>	<u>0.6099</u>	<u>0.1567</u>
683	0.09	0.0952	1.992	1.2440	0.4889	0.7588	0.4151
688			2.140	1.3760	0.5253	0.8393	0.3916
684			1.992	1.3571	0.4889	0.8278	0.3488
689			2.140	1.4928	0.5252	0.9106	0.3327
					<u>0.5070</u>	<u>0.8341</u>	<u>0.3720</u>
673	0.2	0.0948	1.744	0.8168	0.2878	0.4982	0.3336
678			1.744	0.7979	0.2877	0.4867	0.3495
674			1.744	0.8444	0.2878	0.5151	0.3121
679			1.744	0.8670	0.2878	0.5289	0.2960
					<u>0.2878</u>	<u>0.5072</u>	<u>0.3228</u>
653	0.6	0.0947	1.654	0.4649	0.1576	0.2836	0.3090
658			1.654	0.4335	0.1576	0.2644	0.3554
654			1.654	0.4524	0.1577	0.2760	0.3263
659			1.654	0.4297	0.1576	0.2621	0.3617
					<u>0.1576</u>	<u>0.2712</u>	<u>0.3381</u>

TABLA 2 (Continuación)

d = 0.952 cm H = 33 cm

No.	h cm	ρ_1 kg seg ² /m ⁴	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg	q_o m ² /seg	Γ_o m ² /seg	E
112	0.09	0.1407	5.853	1.9315	1.7397	1.6921	1.057
113			5.923	2.0703	1.7603	1.8137	0.942
116			5.895	2.1232	1.7518	1.8600	0.887
117			5.923	2.2197	1.7597	1.9445	0.819
						<u>1.7528</u>	<u>1.8275</u>
142	0.2	0.1088	4.724	1.2717	1.0709	1.1141	0.924
143			4.724	1.2717	1.0709	1.1141	0.924
146			4.833	1.4001	1.0956	1.2265	0.798
147			4.760	1.3195	1.0788	1.1559	0.871
						<u>1.0790</u>	<u>1.1526</u>
158	0.6	0.1029	5.039	0.8196	0.6783	0.7180	0.8924
159			5.104	0.8630	0.6870	0.7560	0.8258
160			5.232	0.5368	0.7043	0.4703	2.2428
161			5.232	0.6557	0.7042	0.5744	1.5031
						<u>0.6934</u>	<u>0.6296</u>
873	0.09	0.1003	3.259	1.3659	1.1472	1.1966	0.9192
878			3.107	1.3069	1.0937	1.1449	0.9126
874			3.259	1.3353	1.1472	1.1698	0.9618
879			3.209	1.4160	1.1296	1.2405	0.8292
						<u>1.1294</u>	<u>1.1879</u>
843	0.2	0.0964	2.781	1.0260	0.6698	0.8988	0.5554
848			2.943	0.9833	0.7089	0.8614	0.6772
844			2.781	1.0691	0.6699	0.9366	0.5116
849			2.943	1.0329	0.7089	0.9049	0.6138
						<u>0.6893</u>	<u>0.9004</u>
813	0.6	0.0956	3.084	0.9010	0.4307	0.7893	0.2977
818			2.982	0.7917	0.4164	0.6936	0.3605
814			3.084	0.9500	0.4307	0.8322	0.2678
819			2.982	0.8701	0.4164	0.7622	0.2985
						<u>0.4235</u>	<u>0.8193</u>
853	0.09	0.0964	1.844	0.7728	0.6621	0.6770	0.9565
858			1.844	0.7917	0.6622	0.6936	0.9114
854			1.844	0.7826	0.6621	0.6856	0.9327
859			1.844	0.8814	0.6621	0.7721	0.7353
						<u>0.6621</u>	<u>0.7070</u>
823	0.2	0.0954	1.749	0.6346	0.4235	0.5559	0.5803
828			1.916	0.6522	0.4640	0.5714	0.6593
824			1.916	0.6778	0.4639	0.5938	0.6104
829			1.916	0.6476	0.4639	0.5673	0.6687
						<u>0.4538</u>	<u>0.5721</u>
793	0.6	0.0951	1.913	0.5315	0.2678	0.4656	0.3309
798			1.747	0.5315	0.2446	0.4656	0.2760
794			1.913	0.5511	0.2679	0.4828	0.3078
799			1.747	0.5240	0.2446	0.4590	0.2839
						<u>0.2562</u>	<u>0.4682</u>

TABLA 2 (Continuación)

d = 1.27 cm H = 33 cm

No.	h cm	ρ_1 kg seg ² /m ⁴	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg	q_o m ² /seg	Γ_o m ² /seg	E
407	0.09	0.1047	4.952	1.7963	1.4772	1.5736	0.8812
412			4.952	1.8227	1.4772	1.5968	0.8560
408			5.020	2.0606	1.4976	1.8052	0.6882
413			5.020	1.8510	1.4976	1.6215	0.8530
					<u>1.4874</u>	<u>1.6492</u>	<u>0.8196</u>
397	0.2	0.0978	4.754	1.4388	0.9842	1.2604	0.6098
402			4.687	1.4388	0.9704	1.2604	0.5928
398			4.884	1.6105	1.0112	1.4109	0.5137
403			4.884	1.5539	1.0112	1.3613	0.5518
					<u>0.9942</u>	<u>1.3232</u>	<u>0.5670</u>
377	0.6	0.0957	4.570	1.0694	0.5522	0.9368	0.3475
382			4.502	1.1711	0.5440	1.0259	0.2812
378			4.502	1.1551	0.5440	1.0119	0.2890
383			4.637	1.2312	0.5604	1.0786	0.2699
					<u>0.5501</u>	<u>1.0133</u>	<u>0.2969</u>
428	0.09	0.0987	2.814	1.1573	0.8644	1.0138	0.7270
433			2.814	1.1353	0.8648	0.9946	0.7561
429			2.814	1.2312	0.8642	1.0786	0.6420
434			2.814	1.2184	0.8645	1.0674	0.6560
					<u>0.8645</u>	<u>1.0386</u>	<u>0.6955</u>
458	0.2	0.0961	3.190	0.9418	0.6663	0.8251	0.6522
463			3.190	0.9255	0.6663	0.8108	0.6754
459			3.190	1.0329	0.6663	0.9049	0.5422
464			3.285	1.0570	0.6862	0.9260	0.5491
					<u>0.6712</u>	<u>0.8667</u>	<u>0.6047</u>
488	0.6	0.0951	3.268	0.6201	0.3961	0.5432	0.5318
493			3.360	0.6704	0.4073	0.5873	0.4810
489			3.268	0.6883	0.3961	0.6030	0.4316
494			3.360	0.7192	0.4073	0.6300	0.4179
					<u>0.4017</u>	<u>0.5906</u>	<u>0.4655</u>
448	0.09	0.0957	1.466	0.5824	0.4570	0.5102	0.8038
453			1.466	0.5824	0.4572	0.5102	0.8038
449			1.663	0.6378	0.5189	0.5587	0.8625
454			1.466	0.5896	0.4573	0.5165	0.7840
					<u>0.4726</u>	<u>0.5239</u>	<u>0.7685</u>
478	0.2	0.0951	1.832	0.4750	0.3846	0.4161	0.8545
483			1.832	0.4995	0.3847	0.4376	0.7727
479			1.832	0.4870	0.3847	0.4266	0.8130
484			1.832	0.4870	0.3847	0.4266	0.8130
					<u>0.3847</u>	<u>0.4267</u>	<u>0.8133</u>
508	0.6	0.0949	1.656	0.2745	0.2010	0.2405	0.6984
513			1.656	0.2437	0.2010	0.2135	0.8861
509			1.656	0.2571	0.2009	0.2252	0.7961
514			1.656	0.1854	0.2009	0.1624	1.5309
					<u>0.2010</u>	<u>0.2104</u>	<u>0.9778</u>

TABLA 2 (Continuación)

d = 2.063 cm H = 33 cm

No.	h cm	ρ_1 kg seg ² /m ⁴	$Q_m \times 10^4$ kg seg/m	Γ m ² /seg	q_o m ² /seg	Γ_o m ² /seg	E
189	0.05	0.1248	5.513	1.7429	1.5856	1.5268	1.0785
190			5.403	1.5626	1.5536	1.3689	1.2880
191			5.513	1.8148	1.5858	1.5898	0.9950
192			5.585	1.8752	1.6062	1.6427	0.9560
					<u>1.5828</u>	<u>1.5320</u>	<u>1.0793</u>
172	0.09	0.1070	5.493	1.5124	1.2715	1.3249	0.9210
173			5.555	1.5124	1.2861	1.3249	0.9400
176			5.493	1.6972	1.2712	1.4868	0.7310
177			5.555	1.5826	1.2857	1.3864	0.8600
					<u>1.2782</u>	<u>1.3807</u>	<u>0.8630</u>
203	0.2	0.1004	5.136	1.1800	0.8235	1.0337	0.6346
204			5.074	1.1800	0.8135	1.0337	0.6194
207			5.074	1.2833	0.8135	1.1242	0.5236
208			5.136	1.2056	0.8235	1.0562	0.6079
					<u>0.8185</u>	<u>1.0619</u>	<u>0.5963</u>
219	0.6	0.0976	5.217	0.6704	0.4898	0.5873	0.6956
220			5.096	0.6170	0.4784	0.5405	0.7835
221			4.971	0.6386	0.4667	0.5594	0.6960
222			5.034	0.6386	0.4726	0.5594	0.7137
					<u>0.4768</u>	<u>0.5616</u>	<u>0.7222</u>
763	0.09	0.953	2.709	0.7822	0.6645	0.6852	0.9406
768			2.594	0.7822	0.6363	0.6852	0.8624
764			2.709	0.7615	0.6646	0.6671	0.9925
769			2.709	0.8369	0.6646	0.7332	0.8217
					<u>0.6575</u>	<u>0.6926</u>	<u>0.9043</u>
753	0.2	0.0952	3.077	0.7917	0.5066	0.6395	0.5336
758			2.976	0.7533	0.4900	0.6599	0.5513
754			3.077	0.8452	0.5067	0.7431	0.4649
759			3.077	0.8150	0.5066	0.7140	0.5035
					<u>0.5024</u>	<u>0.7026</u>	<u>0.5133</u>
703	0.6	0.0948	2.340	0.2877	0.2229	0.2520	0.7823
708			2.340	0.3210	0.2229	0.2812	0.6284
704			2.340	0.2850	0.2229	0.2497	0.7972
709			2.340	0.3219	0.2229	0.2820	0.6249
					<u>0.2229</u>	<u>0.2662</u>	<u>0.7082</u>
783	0.09	0.0951	1.562	0.4832	0.3836	0.4233	0.8211
788			1.562	0.3990	0.3836	0.3495	1.2045
784			1.562	0.4878	0.3836	0.4273	0.8057
789			1.562	0.4018	0.3836	0.3520	1.1878
					<u>0.3836</u>	<u>0.3880</u>	<u>1.0047</u>
733	0.2	0.0949	1.830	0.4517	0.3018	0.3957	0.5817
738			1.989	0.4750	0.3280	0.4161	0.6214
734			1.830	0.4184	0.3018	0.3665	0.6779
739			1.989	0.4961	0.3280	0.4346	0.5696
					<u>0.3149</u>	<u>0.4032</u>	<u>0.6126</u>
723	0.6	0.0948	1.459	0.1753	0.1390	0.1536	0.8191
728			1.459	0.1344	0.1389	0.1177	1.3936
724			1.459	0.1282	0.1390	0.1123	1.5316
729			1.459	0.1734	0.1390	0.1519	0.8372
					<u>0.1390</u>	<u>0.1338</u>	<u>1.1453</u>

TABLA 3. $d = 0.952 \text{ cm}$ $H = 33 \text{ cm}$

h	ρ_1	z	Q_m $\times 10^4$	q_o	Γ_o	E
cm	kg seg ² /m ⁴	cm	kg seg/m	m ² /seg	m ² /seg	
0.09	0.1407	3	5.991	1.7806	1.7891	0.9905
		13	5.928	1.7619	1.6397	1.1546
		23	5.948	1.7678	1.5200	1.3526
				<u>1.7701</u>	<u>1.6496</u>	<u>1.1659</u>
0.2	0.1088	3	4.774	1.0824	1.0743	1.0152
		13	4.818	1.0924	0.9919	1.2128
		23	4.804	1.0892	0.9401	1.3422
				<u>1.0880</u>	<u>1.0021</u>	<u>1.1900</u>
0.6	0.1029	3	5.181	0.6974	0.8634	0.6524
		13	5.123	0.6896	0.7360	0.8777
		23	5.090	0.6851	0.6740	1.0333
				<u>0.6907</u>	<u>0.7578</u>	<u>0.8544</u>
0.09	0.1003	13	3.198	1.1257	0.9560	1.3866
		23	3.127	1.1008	0.9149	1.4477
					<u>1.1132</u>	<u>0.9354</u>
0.2	0.0964	3	2.813	0.6776	0.8426	0.6466
		13	2.985	0.7190	0.7516	0.9152
		23	2.910	0.7009	0.7133	0.9657
				<u>0.6991</u>	<u>0.7691</u>	<u>0.8425</u>
0.6	0.0956	3	3.063	0.4277	0.7226	0.3504
		13	3.022	0.4220	0.6211	0.4617
		23	3.022	0.4220	0.5765	0.5359
				<u>0.4239</u>	<u>0.6400</u>	<u>0.4493</u>
0.09	0.0964	3	1.844	0.6621	0.6756	0.9606
		13	1.808	0.6492	0.5825	1.2420
		23	1.844	0.6621	0.5374	1.5182
				<u>0.6578</u>	<u>0.5985</u>	<u>1.2402</u>
0.2	0.0954	3	1.849	0.4477	0.5857	0.5843
		13	1.916	0.4639	0.4832	0.9216
		23	1.782	0.4315	0.4414	0.9555
				<u>0.4477</u>	<u>0.5034</u>	<u>0.8204</u>
0.6	0.0951	3	1.913	0.2678	0.4863	0.3033
		13	1.813	0.2538	0.3831	0.4390
		23	1.846	0.2548	0.3701	0.4877
				<u>0.2600</u>	<u>0.4131</u>	<u>0.4100</u>

TABLA 3 (Continuación)

d = 2.063 cm H = 33 cm

h	ρ_1	z	Q_m $\times 10^4$	q_o	Γ_o	E
cm	kg seg ² /m ⁴	cm	kg seg/m	m ² /seg	m ² /seg	
0.05	0.1248	3	5.527	1.5897	1.4340	1.2289
		13	5.505	1.5833	1.2578	1.5845
		23	5.447	1.5666	1.1743	1.7797
				<u>1.5798</u>	<u>1.2887</u>	<u>1.5310</u>
0.09	0.1070	3	5.492	1.2715	1.2188	1.0882
		13	5.473	1.2671	1.1200	1.2798
		23	5.423	1.2555	1.0450	1.4434
				<u>1.2647</u>	<u>1.1279</u>	<u>1.2704</u>
0.2	0.1004	3	5.008	0.8029	0.9124	0.7344
		13	5.064	0.8119	0.8611	0.8888
		23	5.054	0.8103	0.8104	0.9996
				<u>0.8083</u>	<u>0.8613</u>	<u>0.8742</u>
0.6	0.0976	3	5.045	0.4736	0.5599	0.7154
		13	5.095	0.4783	0.4576	1.0922
		23	5.107	0.4794	0.4332	1.2244
				<u>0.4771</u>	<u>0.4835</u>	<u>1.0106</u>
0.09	0.0953	3	2.617	0.6420	0.6223	0.9687
		23	2.566	0.6295	0.5117	1.5133
					<u>0.6357</u>	<u>0.5670</u>
0.2	0.0952	3	3.016	0.4966	0.6750	0.5413
		13	3.036	0.4999	0.5760	0.7532
		23	3.036	0.4999	0.5495	0.8275
				<u>0.4988</u>	<u>0.6001</u>	<u>0.7033</u>
0.6	0.0948	3	2.340	0.2229	0.2982	0.5585
		13	2.340	0.2229	0.2353	0.8972
		23	2.340	0.2229	0.2063	1.1666
				<u>0.2229</u>	<u>0.2466</u>	<u>0.8741</u>
0.09	0.0951	3	1.599	0.3926	0.4082	0.9250
		13	1.562	0.3836	0.3328	1.3280
		23	1.562	0.3836	0.2883	1.7700
				<u>0.3866</u>	<u>0.3431</u>	<u>1.3410</u>
0.2	0.0949	3	1.893	0.3121	0.4336	0.5180
		13	1.957	0.3227	0.3489	0.8554
		23	1.893	0.3121	0.3117	1.0026
				<u>0.3156</u>	<u>0.3647</u>	<u>0.7920</u>
0.6	0.0948	3	1.459	0.1389	0.1671	0.6909
		13	1.459	0.1389	0.1130	1.5105
		23	1.459	0.1389	0.1112	1.5594
				<u>0.1389</u>	<u>0.1304</u>	<u>1.2536</u>

TABLA 3 (Continuación)

d = 0.952 cm H = 16 cm

h	ρ_1	z	Q_m x 10^4	q_o	Γ_o	E
cm	kg seg ² /m ⁴	cm	kg seg/m	m ² /seg	m ² /seg	
0.09	0.1109	1	5.138	1.7199	2.3677	0.5277
		6	5.090	1.7039	1.9963	0.7285
		11	5.083	1.7015	2.0127	0.7147
				<u>1.7084</u>	<u>2.1255</u>	<u>0.6569</u>
0.2	0.1009	1	5.051	1.1891	2.0688	0.3304
		6	5.051	1.1891	1.5916	0.5582
		11	5.089	1.1981	1.7223	0.4839
				<u>1.1921</u>	<u>1.7942</u>	<u>0.4575</u>
0.6	0.0972	1	4.971	0.6882	1.4387	0.2288
		6	4.959	0.6865	1.1096	0.3828
		11	4.907	0.6793	1.0474	0.4207
				<u>0.6846</u>	<u>1.1985</u>	<u>0.3441</u>
0.09	0.1002	6	3.117	1.0978	1.7185	0.4081
		11	3.117	1.0978	1.7688	0.3852
				<u>1.0978</u>	<u>1.7436</u>	<u>0.3966</u>
0.2	0.0969	6	3.308	0.7947	1.0635	0.5584
		11	3.289	0.7902	1.1647	0.4603
				<u>0.7924</u>	<u>1.1141</u>	<u>0.5093</u>
0.09	0.0972	6	1.935	0.6919	1.0638	0.4231
		11	2.091	0.7477	1.1959	0.3909
				<u>0.7198</u>	<u>1.1298</u>	<u>0.4070</u>
0.2	0.0954	6	1.835	0.4443	0.6324	0.4936
				<u>0.4443</u>	<u>0.6324</u>	<u>0.4936</u>
0.6	0.0948	6	1.459	0.2046	0.3534	0.3351
		11	1.459	0.2046	0.3956	0.2674
				<u>0.2046</u>	<u>0.3745</u>	<u>0.3012</u>

TABLA 3 (Continuación)

d = 2.063 cm H = 16 cm

h	ρ_1	z	Q_m $\times 10^4$	q_o	Γ_o	E
cm	kg seg ² /m ⁴	cm	kg seg/m	m ² /seg	m ² /seg	
0.05	0.1242	6	5.778	1.6659	1.6604	1.0066
		11	5.826	1.6797	1.7551	0.9159
					1.6728	1.7077
0.09	0.1082	1	5.368	1.2356	1.8570	0.4427
		6	5.342	1.2296	1.5549	0.6253
		11	5.368	1.2356	1.5607	0.6268
					1.2336	1.6575
0.2	0.1008	1	5.401	0.8642	1.6929	0.2606
		6	5.388	0.8621	1.4841	0.3374
		11	5.389	0.8621	1.3713	0.3952
					0.8628	1.5161
0.6	0.0972	1	5.172	0.4864	0.9195	0.2798
		6	5.200	0.4891	0.8620	0.3219
		11	5.218	0.4908	0.8474	0.3354
					0.4887	0.8763
0.2	0.0950	6	2.833	0.4669	0.7310	0.4079
		11	2.836	0.4674	0.7684	0.3700
					0.4671	0.7497
0.6	0.0947	6	2.526	0.2407	0.4713	0.2608
		11	2.452	0.2337	0.4874	0.2299
					0.2372	0.4793
0.09	0.0952	6	1.992	0.4889	0.6158	0.6302
		11	2.140	0.5253	0.6890	0.5812
					0.5071	0.6524
0.2	0.0948	6	1.744	0.2877	0.3915	0.5400
		11	1.744	0.2877	0.4165	0.4770
					0.2877	0.4040
0.6	0.0947	6	1.654	0.1576	0.2102	0.5618
		11	1.654	0.1576	0.2277	0.4789
					0.1576	0.2189

TABLA 4.

d = 0.952 cm H = 33 cm

h	ρ_1	z	Q_m $\times 10^4$	q_o	Γ_o	E
cm	kg seg ² /m ⁴	cm	kg seg/m	m ² /seg	m ² /seg	
0.09	0.1407	3	5.991	1.7806	0.7794	5.2194
		13	5.928	1.7619	0.7150	6.0712
		23	5.948	1.7678	0.6255	7.9885
				<u>1.7701</u>	<u>0.7066</u>	<u>6.4263</u>
0.2	0.1088	3	4.774	1.0824	0.4504	5.7734
		13	4.818	1.0924	0.4202	6.7590
		23	4.804	1.0892	0.3827	8.0594
				<u>1.0880</u>	<u>0.4181</u>	<u>6.8639</u>
0.6	0.1029	3	5.181	0.6974	0.3610	3.7315
		13	5.123	0.6896	0.3177	4.7100
		23	5.090	0.6851	0.2905	5.5615
				<u>0.6907</u>	<u>0.3230</u>	<u>4.6676</u>
0.09	0.1003	13	3.198	1.1257	0.4020	7.8427
		23	3.127	1.1008	0.3719	8.7602
				<u>1.1132</u>	<u>0.3869</u>	<u>8.3014</u>
0.2	0.0964	3	2.813	0.6776	0.3472	3.8072
		13	2.985	0.7190	0.3167	5.1526
		23	2.910	0.7009	0.2928	5.7303
				<u>0.6991</u>	<u>0.3189</u>	<u>4.8967</u>
0.6	0.0956	3	3.063	0.4277	0.2996	2.0374
		13	3.022	0.4220	0.2689	2.4632
		23	3.022	0.4220	0.2352	3.2198
				<u>0.4239</u>	<u>0.2679</u>	<u>2.5734</u>
0.09	0.0964	3	1.844	0.6621	0.2817	5.5226
		13	1.808	0.6492	0.2433	7.1209
		23	1.844	0.6621	0.2201	9.0438
				<u>0.6578</u>	<u>0.2483</u>	<u>7.2291</u>
0.2	0.0954	3	1.849	0.4477	0.2327	3.7022
		13	1.916	0.4639	0.2063	5.0535
		23	1.782	0.4315	0.1780	5.8812
				<u>0.4477</u>	<u>0.2056</u>	<u>4.8789</u>
0.6	0.0951	3	1.913	0.2678	0.2020	1.7584
		13	1.813	0.2538	0.1637	2.4146
		23	1.846	0.2584	0.1507	2.9418
				<u>0.2600</u>	<u>0.1721</u>	<u>2.3716</u>

TABLA 4 (Continuación)

d = 2.063 cm H = 33 cm

h	ρ_1	z	Q_m x 10^4	q_o	Γ_o	E
cm	kg seg ² /m ⁴	cm	kg seg/m	m ² /seg	m ² /seg	
0.05	0.1248	3	5.527	1.5897	0.8791	3.2694
		13	5.505	1.5833	0.7644	4.2893
		23	5.447	1.5666	0.6961	5.0643
				<u>1.5798</u>	<u>0.7798</u>	<u>4.2077</u>
0.09	0.1070	3	5.492	1.2715	0.7389	2.9605
		13	5.473	1.2671	0.6797	3.4745
		23	5.423	1.2555	0.6214	4.0819
				<u>1.2647</u>	<u>0.6800</u>	<u>3.5056</u>
0.2	0.1004	3	5.008	0.8029	0.5666	2.0083
		13	5.064	0.8119	0.5188	2.4493
		23	5.054	0.8103	0.4778	2.8759
				<u>0.8083</u>	<u>0.5210</u>	<u>2.4445</u>
0.6	0.0976	3	5.045	0.4736	0.2496	3.6002
		13	5.095	0.4783	0.2779	2.9623
		23	5.107	0.4794	0.3416	1.9695
				<u>0.4771</u>	<u>0.2897</u>	<u>2.8440</u>
0.09	0.0953	3	2.617	0.6420	0.3972	2.6118
		23	2.566	0.6295	0.3048	4.2640
					<u>0.6457</u>	<u>0.3510</u>
0.2	0.0952	3	3.016	0.4966	0.4083	1.4788
		13	3.036	0.4999	0.3506	2.0330
		23	2.036	0.4999	0.3320	2.2670
				<u>0.4988</u>	<u>0.3636</u>	<u>1.9263</u>
0.6	0.0948	3	2.340	0.2229	0.1836	1.4742
		13	2.340	0.2229	0.1444	2.3829
		23	2.340	0.2229	0.1244	3.2079
				<u>0.2229</u>	<u>0.1508</u>	<u>2.3550</u>
0.09	0.0951	3	1.599	0.3926	0.2514	2.4390
		13	1.562	0.3836	0.2363	3.6339
		23	1.562	0.3836	0.1752	4.7934
				<u>0.3866</u>	<u>0.2209</u>	<u>3.6221</u>
0.2	0.0949	3	1.893	0.3121	0.2641	1.3974
		13	1.957	0.3227	0.2115	2.3271
		23	1.893	0.3121	0.1886	2.7392
				<u>0.3156</u>	<u>0.2214</u>	<u>2.1546</u>
0.6	0.0948	3	1.459	0.1389	0.1048	1.7561
		13	1.459	0.1389	0.0725	3.6704
		23	1.459	0.1389	0.0662	4.4086
				<u>0.1389</u>	<u>0.0811</u>	<u>3.2784</u>

TABLA 4 (Continuación)

d = 0.952 cm H = 16 cm

h	ρ_1	z	Q_m $\times 10^4$	q_o	Γ_o	E
cm	kg seg ² /m ⁴	cm	kg seg/m	m ² /seg	m ² /seg	
0.09	0.1109	1	5.138	1.7199	0.9712	3.1362
		6	5.090	1.7039	0.8269	4.2454
		11	5.083	1.7015	0.8515	3.9929
				<u>1.7084</u>	<u>0.8832</u>	<u>3.7915</u>
0.2	0.1009	1	5.051	1.1891	0.8530	1.9432
		6	5.051	1.1891	0.6673	3.1758
		11	5.089	1.1981	0.7359	2.6507
				<u>1.1921</u>	<u>0.7520</u>	<u>2.5899</u>
0.6	0.0972	1	4.971	0.6882	0.5999	1.3162
		6	4.959	0.6865	0.4705	2.1294
		11	4.907	0.6793	0.4518	2.2607
				<u>0.6846</u>	<u>0.5074</u>	<u>1.9021</u>
0.09	0.1002	6	3.117	1.0978	0.7145	2.3604
		11	3.117	1.0978	0.7443	2.1751
					<u>1.0978</u>	<u>0.7294</u>
0.2	0.0969	6	3.308	0.7947	0.4603	2.9806
		11	3.289	0.7902	0.5047	2.4510
					<u>0.7924</u>	<u>0.4825</u>
0.09	0.0972	6	1.935	0.6919	0.4465	2.4013
		11	2.091	0.7477	0.5126	2.1272
					<u>0.7198</u>	<u>0.4795</u>
0.2	0.0954	6	1.835	0.4443	0.2617	2.8812
					<u>0.4443</u>	<u>0.2617</u>
0.6	0.0948	6	1.459	0.2046	0.1452	1.9857
		11	1.459	0.2046	0.1679	1.4847
					<u>0.2046</u>	<u>0.1565</u>

TABLA 4 (Continuación)

d = 2.063 cm H = 16 cm

h	ρ_1	z	Q_m $\times 10^4$	q_0	Γ_0	E
cm	kg seg ² /m ⁴	cm	kg seg/m	m ² /seg	m ² /seg	
0.05	0.1242	6	5.778	1.6659	1.0197	2.6691
		11	5.826	1.6797	1.0945	2.3553
					<u>1.6728</u>	<u>1.0571</u>
0.09	0.1082	1	5.368	1.2356	1.1181	1.2211
		6	5.342	1.2296	0.9445	1.6948
		11	5.368	1.2356	0.9760	1.6027
					<u>1.2336</u>	<u>1.0128</u>
0.2	0.1008	1	5.401	0.8642	1.0155	0.7242
		6	5.388	0.8621	0.8861	0.9465
		11	5.389	0.8621	0.8558	1.0149
					<u>0.8628</u>	<u>0.9191</u>
0.6	0.0972	1	5.172	0.4864	0.5527	0.7745
		6	5.200	0.4891	0.5175	0.8932
		11	5.218	0.4908	0.5156	0.9061
					<u>0.4887</u>	<u>0.5286</u>
0.2	0.0950	6	2.833	0.4669	0.4366	1.1437
		11	2.836	0.4674	0.4641	1.0143
					<u>0.4671</u>	<u>0.4503</u>
0.6	0.0947	6	2.526	0.2407	0.2860	0.7083
		11	2.452	0.2337	0.2942	0.6307
					<u>0.2372</u>	<u>0.2901</u>
0.09	0.0952	6	1.992	0.4889	0.3704	1.7426
		11	2.140	0.5253	0.4174	1.5835
					<u>0.5071</u>	<u>0.3939</u>
0.2	0.0948	6	1.744	0.2877	0.2345	1.5059
		11	1.744	0.2877	0.2556	1.2671
					<u>0.2877</u>	<u>0.2450</u>
0.6	0.0947	6	1.654	0.1576	0.1280	1.5155
		11	1.654	0.1576	0.1401	1.2659
					<u>0.1576</u>	<u>0.1340</u>