

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



TESIS

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y ENSAYO DE UN VENTILADOR
CENTRIFUGO DE TRANSPORTE CON ALABES RECTOS
RADIALES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO**

ELABORADO POR:

JOHMY VICENTE ORUNA PONCE

LIMA-PERÚ

1992

A mis padres Angelica y Vicente

A mis hermanos Gladis, Freddy, Jackson y Nancy

TABLA DE CONTENIDO

	Pag.
PROLOGO	1
CAPITULO N° 1 : INTRODUCCION	4
1.1 <u>Clasificación general de ventiladores centrífugos</u>	4
1.2 <u>Ventiladores de álabes rectos radiales</u>	5
1.3 <u>Clasificación de los ventiladores según la velocidad específica</u>	6
1.4 <u>Dificultades en el diseño de ventiladores de álabes rectos radiales para transporte neumático</u>	7
1.4.1 Determinación del caudal	7
1.4.2 Determinación experimental del coeficiente de resbalamiento	10
CAPITULO N° 2 : TEORIA DE VENTILADORES	18
2.1 <u>Ecuación de Euler</u>	18
2.1.1 Altura teórica	19
2.1.2 Altura real	20
2.1.3 Altura útil	21
2.2 <u>Grado de Reacción</u>	21
2.2.1 Grado de reacción teórica	21
2.2.2 Grado de reacción real	22
2.3 <u>Potencia</u>	22
2.3.1 Potencia aerodinámica	22
2.3.2 Potencia al eje	22

2.4	<u>Eficiencia</u>	23
2.4.1	Eficiencia hidráulica	23
2.4.2	Eficiencia volumétrica	24
2.4.3	Eficiencia mecánica	25
2.4.4	Eficiencia total	25
2.5	<u>Cifras Características</u>	26
2.5.1	Número específico de revolución de caudal	26
2.5.2	Número de Reynolds	26
2.5.3	Diámetro específico	27
2.5.4	Cifra de caudal	27
2.5.5	Cifra de presión	27
2.5.6	Cifra de velocidad	28
2.6	<u>Leves de Ventiladores</u>	28
2.7	<u>Curvas Características</u>	28
2.8	<u>Predicción de la curva altura - caudal</u>	29
CAPITULO N°3 : DISEÑO Y CONSTRUCCION		
DEL RODETE Y ESPIRAL		32
3.1	<u>Diseño del rodete y espiral</u>	32
3.2	<u>Construcción del rodete y espiral</u>	39
CAPITULO N°4 : DISEÑO, CONSTRUCCION Y CALIBRACION		
DE UNA SONDA CILINDRICA		41
4.1	<u>Las sondas aerodinámicas</u>	41
4.2	<u>Diseño de la sonda</u>	43
4.3	<u>Construcción de la sonda</u>	44
4.4	<u>Calibración de la sonda</u>	44

CAPITULO N°5 : BANCO DE ENSAYOS	54
5.1 <u>Descripción de la instalación</u>	54
5.2 <u>Análisis de la instalación</u>	55
5.3 <u>Equipos e instrumentación empleados</u>	56
CAPITULO N°6 : PLAN DE ENSAYOS EXPERIMENTALES	61
6.1 <u>Procedimiento de ensayos</u>	62
6.2 <u>Registros de datos obtenidos</u>	62
CAPITULO N°7 : EVALUACION Y ANALISIS DE RESULTADOS	65
7.1 <u>Cálculos y gráficos</u>	65
7.2 <u>Análisis de resultados</u>	92
7.2.1 Diagramas $H - \dot{V}$, $P - \dot{V}$, $\eta - V$, $\psi - \varphi$	92
7.2.2 Caudal del ventilador	97
7.2.3 Sonda cilíndrica	97
7.2.4 Coeficiente de resbalamiento	102
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	103
BIBLIOGRAFIA	110
APENDICES	
A: Resultados experimentales para $N_m = 1625$ rpm, $N_v = 1005$ rpm	112
B: Resultados experimentales para $N_m = 1625$ rpm, $N_v = 1620$ rpm	125
C: Resultados experimentales para $N_m = 3380$ rpm, $N_v = 2090$ rpm	138

D: Resultados experimentales	
para $N_m = 3380$ rpm, $N_v = 3350$ rpm	151
E: Promedios de la variación de	
parámetros como el ancho del álabe	164

PLANOS Y DIBUJOS

PROLOGO

La presente tesis tiene por objetivo determinar experimentalmente los diferentes parámetros que definen el diseño de un ventilador radial de álabes rectos para transporte de sólidos en suspensión.

En nuestro país los ventiladores ocupan un lugar preponderante en la construcción de las turbomáquinas, por su simplicidad en su fabricación; sin embargo estos tipos de ventiladores para transporte se construyen en muchos casos en forma empírica, por no existir mucha información sobre su diseño como la que existe en los ventiladores convencionales.

Un parámetro muy importante en el diseño de este tipo de turbomáquinas es el coeficiente de resbamiento (μ); para realizar su estudio se ha tenido que construir una sonda cilíndrica direccional en voladizo por lo simple en su construcción, aunque lo recomendable, por los resultados obtenidos, sería haber usado una sonda tipo de cuña o bisel.

Con este trabajo experimental esperamos haber contribuido en algo al conocimiento de este tipo de ventiladores.

La presente tesis esta dividido en 7 capítulos. En el primer capítulo "INTRODUCCION", se hace una breve descripción de los tipos de ventiladores mas frecuentes, haciendo hincapié en el de tipo radial de álabes rectos para transporte.

En el segundo capítulo "TEORIA DE VENTILADORES", se presenta la ecuación de Euler en sus diferentes formas, las cifras características que definen el tipo de rodete a considerar, sus leyes, sus curvas características.

El tercer capítulo "DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL RODETE Y ESPIRAL", detalla la forma de diseñar el rodete en base al procedimiento convencional, tomando como modelo un rodete muy empleado en la industria, además del diseño de la carcaza de una manera práctica.

El cuarto capítulo "DISEÑO, CONSTRUCCION Y CALIBRACION DE UNA SONDA CILINDRICA", describe el uso de sondas, la elección de una sonda cilíndrica y su calibración.

El quinto capítulo "BANCO DE ENSAYOS", describe y analiza el Banco de Ensayos, como también los equipos e instrumentos empleados durante las experiencias.

El sexto capítulo "PLAN DE ENSAYOS EXPERIMENTALES", detalla el procedimiento a seguir durante los ensayos, así como la forma de registrar los datos obtenidos experimentalmente.

El séptimo capítulo "EVALUACION Y ANALISIS DE RESULTADOS", detalla los cálculos realizados e incluye los gráficos de los ensayos; así mismo se analiza los resultados obtenidos.

Se da por terminada la tesis con las conclusiones y recomendaciones del caso, la bibliografía consultada, los planos y dibujos adjuntados y por último los anexos.

Vaya mi agradecimiento a los profesores Rafael Espinoza por su apoyo a través del INIFIM, Carlos Arguedas por su apoyo en la construcción del ventilador en el Laboratorio de Máquinas Herramientas y particularmente al profesor Israel Salazar por sus recomendaciones prácticas y apoyo en el Laboratorio de Máquinas Térmicas e Hidráulica, quienes de una u otra forma colaboraron desinteresadamente para llevar a cabo este proyecto.

Mi reconocimiento en especial al profesor Federico Coz Pancorbo, asesor de la presente tesis, principal gestor del proyecto, quien con sus enseñanzas y su paciencia ha permitido llevar adelante y concluir la presente tesis.

CAPITULO 1

INTRODUCCION

1.1 Clasificación general de ventiladores centrífugos

Se les puede agrupar en tres tipos básicos de acuerdo al tipo de álabe:

- Alabes curvados hacia atrás $\beta_2 < 90^\circ$.
- Alabes radiales $\beta_2 = 90^\circ$.
- Alabes curvados hacia adelante $\beta_2 > 90^\circ$.

La diferencia entre ellos se manifiesta por lo siguiente:

Angulo del álabe β	$\beta_2 < 90^\circ$	$\beta_2 = 90^\circ$	$\beta_2 > 90^\circ$
Eficiencia η	alta	media	baja
Tamaño $\sim D$	grande	mediana	pequeña
Ruido L	elevado	moderado	silencioso

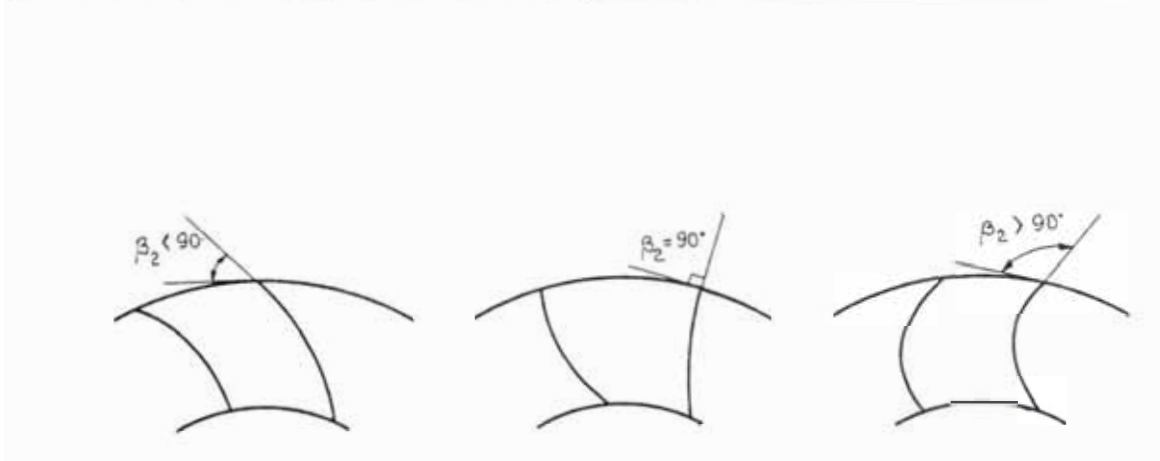


Fig. 1 · Tipos de álabes en ventiladores centrífugos

1.2 Ventiladores de álabes rectos radiales

Dentro de la clasificación de los ventiladores de álabes radiales, se tiene a los de álabes rectos radiales en dos versiones:

- Para transporte de aire y gases, con muchos álabes (Fig. 2).
- Para transporte neumático, por lo general dotado de 6 u 8 álabes (Fig. 3).

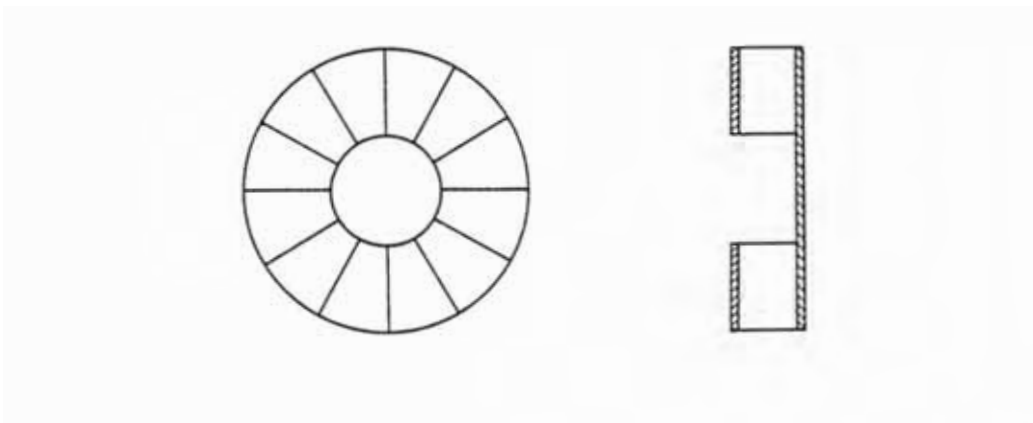


Fig. 2 : Ventilador para transporte de aire y gases

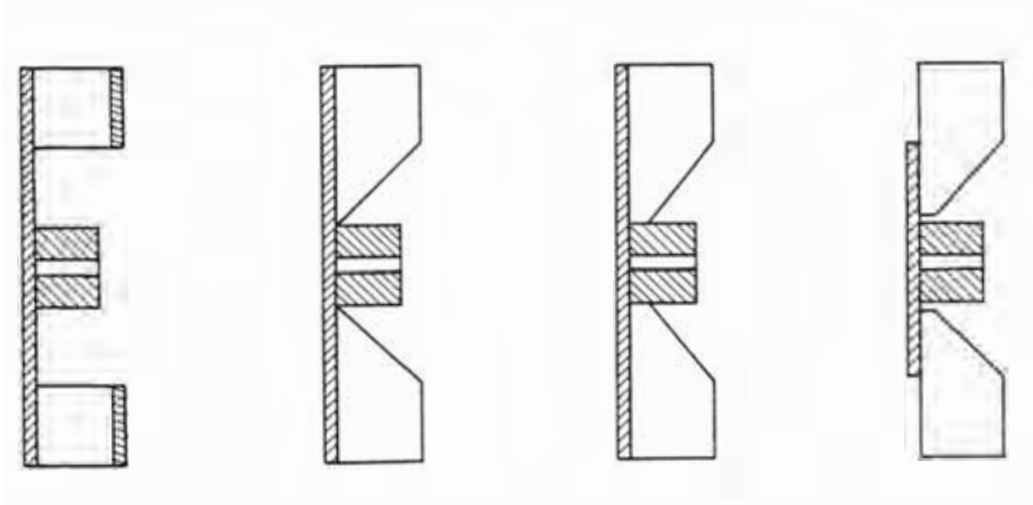


Fig. 3 : Ventiladores para transporte neumático

1.3 Clasificación de los ventiladores según la velocidad específica

La figura 4, nos muestra el Diagrama de Cordier, diámetro específico versus velocidad específica, donde se puede apreciar la ubicación de los ventiladores según la velocidad específica en el sistema inglés.

Este diagrama es de mucha utilidad para el dimensionamiento de ventiladores. Sin embargo, se nota que no contiene información para ventiladores de transporte ($\beta_1 = \beta_2 = 90^\circ$).

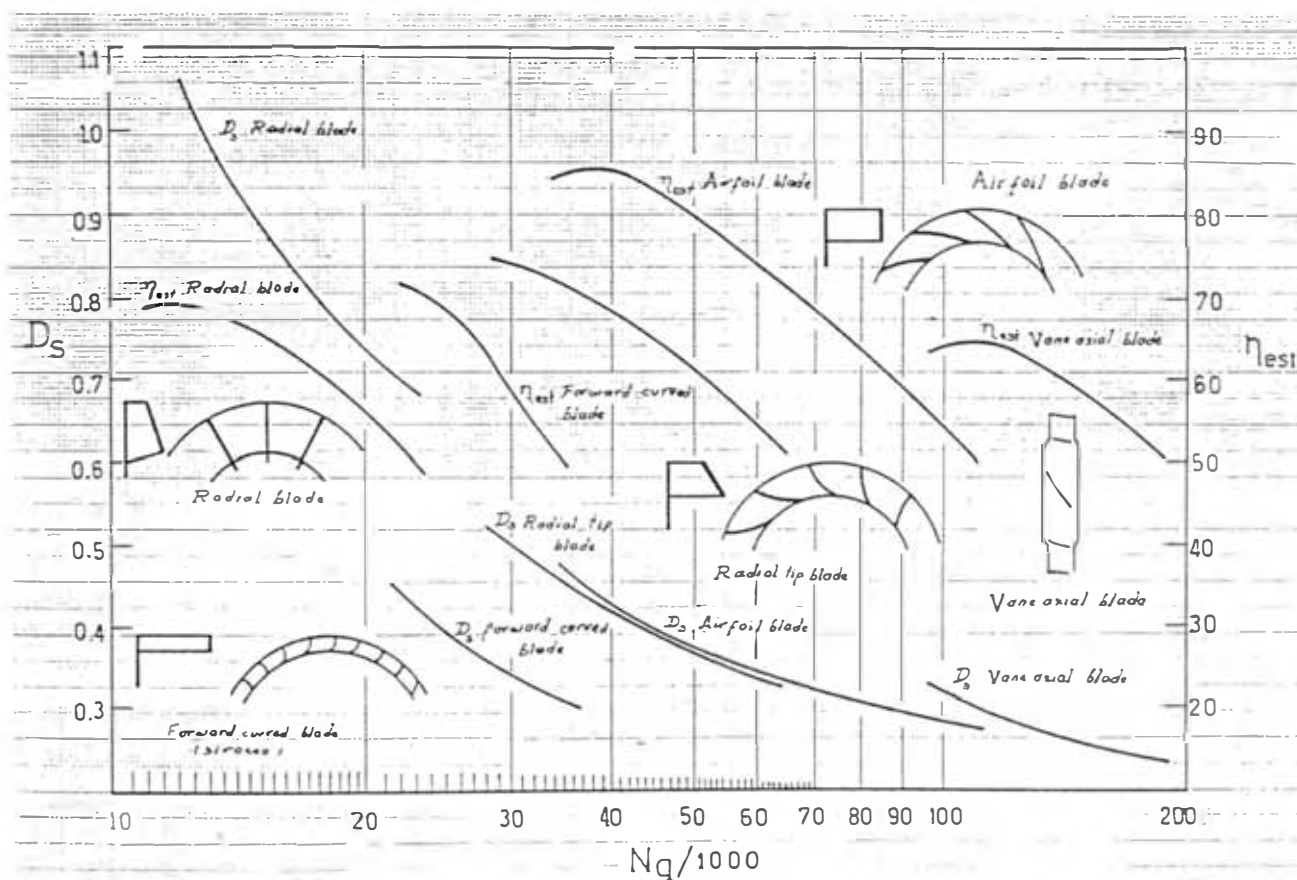


Fig. 4 : Diagrama de Cordier

1.4 Dificultades en el diseño de ventiladores de álabes rectos radiales para transporte neumático

1.4.1 Determinación del caudal

El dimensionamiento de ventiladores parte por lo general de los datos suministrados por el usuario: altura de presión Δp (mm de agua) y caudal de gas o aire V (m³/s), quedando a determinarse por parte del diseñador la velocidad de rotación N (rpm) y la potencia de la unidad (HP o KW).

Asumiendo varias velocidades de rotación se recurre a la velocidad específica (N_q) y se selecciona el tipo de ventilador, jugando la experiencia del diseñador un rol muy importante.

A continuación se halla el diámetro externo del rodete mediante la cifra de presión (ψ) o empleando el diámetro específico (δ), los cuales se obtienen de diagramas estadísticos ψ vs N_q o δ vs N_q (diagrama de Cordier).

En el caso de un ventilador con $\beta_2 < 90^\circ$ (Fig. 5), una vez determinado el diámetro interno D_1 se procede a hallar el ancho b_1 del rodete a la entrada, para lo cual se elige previamente el ángulo del álabe β_1 y se aplica el Principio de Continuidad:

$$\dot{V} = C m_o \pi D_1 b_1 \quad (1)$$

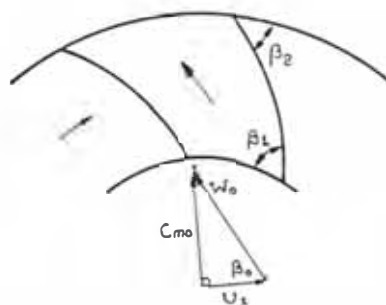


Fig. 5 : Ventilador con $\beta_2 < 90^\circ$

Despreciando el efecto del espesor del álabe: $\beta_0 \approx \beta_1$

Luego:

$$\dot{V} = U_1 \tan\beta_1 \pi D_1 b_1 \quad (2)$$

Vemos pues, que no hay dificultad en determinar el caudal.

En el caso de $\beta_1 = 90^\circ$ (Fig. 6), siguiendo el mismo procedimiento tendríamos la situación que se describe a continuación:

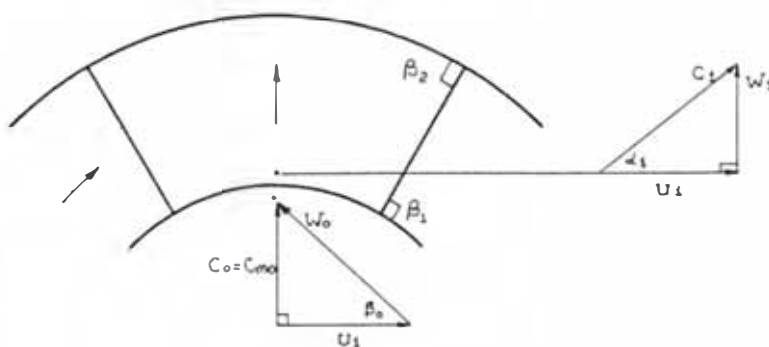


Fig. 6 : Ventilador con $\beta_2 = 90^\circ$

Sí se aplica la ecuación 1, vemos que no podemos hacer $\beta_0 \approx \beta_1$, pues $\beta_1 = 90^\circ$, es decir: $\beta_0 \neq \beta_1$, quedando el problema insoluble por desconocimiento del ángulo β_0 .

Sí aplicamos el Principio de Continuidad al interior del rodete tendríamos la siguiente relación:

$$\dot{V} = W_1 \pi D_1 b_1 \quad (3)$$

Sí despreciamos el espesor de los álabes, podríamos escribir que:

$$W_1 = C m_0 = U_1 \tan \beta_0 \quad (4)$$

quedando el problema aun indeterminado, pues desconocemos β_0 .

También se podría recurrir a la ecuación 2, donde para:

$$\beta_1 = 90^\circ, b_1 \rightarrow 0$$

o también: $V \rightarrow \infty$, lo cual es imposible. Dado que estos ventiladores usan ancho constante, no se podría hallar el caudal.

Vemos pues, que el ventilador de álabes rectos radiales escapa al método tradicional de dimensionamiento de ventiladores, lo cual nos decidió a intentar una solución mediante la experimentación. Y consiste en tomar un modelo determinado (Fig. 7),

el cual debe satisfacer ciertas condiciones en cuanto a lo geométrico y lo cinemático.

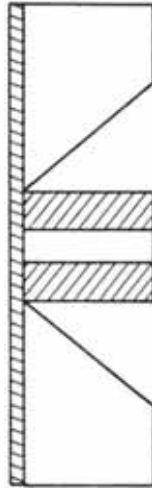


Fig. 7 : Rodete modelo

Nuestro punto de partida es la relación geométrica b / D_2 conocida, con lo cual debemos levantar la indeterminación del caudal aplicando la siguiente formula:

$$\dot{V} = C m_3 \pi D_2 b \quad (5)$$

Y de ser factible llegar a una relación que involucre únicamente el caudal (V) en función de el diámetro externo (D_2) y la velocidad de rotación (N).

1.4.2 Determinación del coeficiente de resbalamiento

El efecto del número finito de álabes hace que las partículas fluidas, especialmente en el lado de alta

presión, no sigan la dirección de los álabes, lo cual produce una disminución de la energía transferida al fluido. Es decir que $\beta_3 \neq \beta_2$ (Fig. 8).

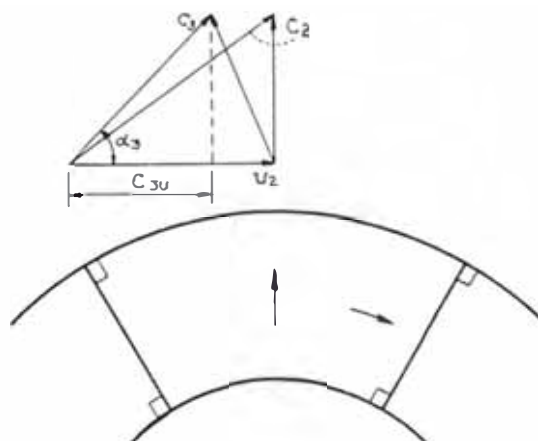


Fig. 8 : Diagrama de velocidades a la salida del rodete

La solución a este problema se hace mediante un coeficiente de resbalamiento o coeficiente de disminución de altura μ , que corrige a la ecuación de Euler:

$$H = \mu \eta_h H_{Te} \quad (6)$$

Donde:

$$\mu = \frac{C_{3u}}{C_{2u}} \quad (7)$$

El resbalamiento, es un fenómeno que altera el comportamiento cinemático y dinámico del ventilador. Al coeficiente de resbalamiento, también se le conoce como efectividad del álabe o eficiencia del álabe; sin embargo los nombres dados a este fenómeno están, hasta cierto punto equivocados, pues conducen a

pensar que se trata de una pérdida, cuando en realidad no lo es. Un rodete con un número finito de álabes simplemente no puede producir la altura de Euler $H_{r\infty}$, pero si puede producir, sin pérdidas, una altura menor H_r .

La causa mas importante e influyente sobre el origen de el resbalamiento es la diferencia de presión entre las caras de los álabes (Fig. 9). La diferencia de presión se crea debido a la acción de los álabes sobre la corriente (debido a la fuerza que ejercen sobre la corriente) y también debido al fenómeno de circulación.

Un factor decisivo para el resbalamiento es el número de álabes (z); cuanto mayor sea este numero, menor será el resbalamiento y viceversa. No obstante, en la práctica, un número elevado de álabes implica excesivo rozamiento, de donde se infiere que este número debe tener un valor óptimo.

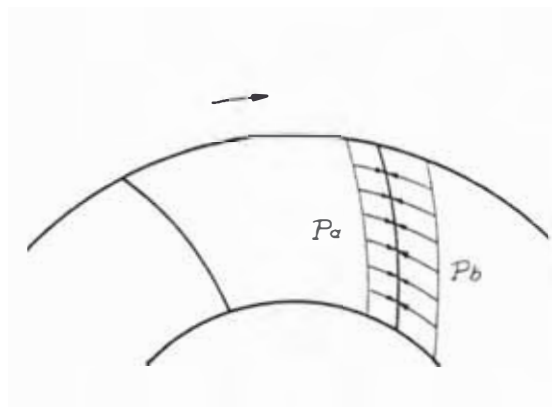


Fig. 9 : Distribución de presión entre la cara del álabe

Otro efecto que colabora a crear diferencia de presión entre las caras del álabe es el que se crea por efecto de la rotación del álabe, que crea una corriente de vórtice relativa al álabe.

Si se cierra el rodete (y con ello se anula la corriente de paso) se tendrá la corriente que se observa en la figura 10. En otras palabras, la corriente que llega al rodete es plana y sin vórtices, por lo que las partículas del fluido no poseen ninguna rotación. No obstante al ingresar al rodete reciben un impulso tangencial ocasionado por el giro de este, pero debido a la ausencia del rozamiento necesario, no se ejerce sobre el fluido ninguna fuerza tangencial y por tanto no se produce ninguna rotación en el movimiento absoluto del fluido, sin embargo como el rodete continúa su giro, se produce el vórtice relativo a las paredes del rodete.

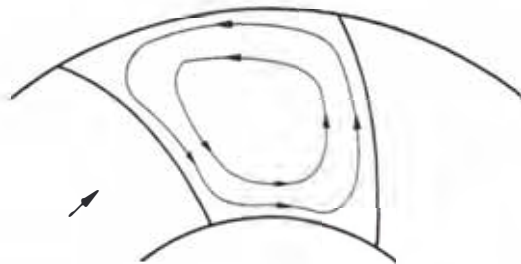


Fig. 10 : Corriente relativa en el canal móvil cerrado totalmente

El efecto del vórtice relativo en los canales del rodete ayuda a aumentar la diferencia de presiones entre las caras del álabe. En realidad la influencia del vórtice relativo es tal, que para caudales inferiores al normal, la superposición de la corriente de paso con la del vórtice puede dar origen a una velocidad negativa en la cara anterior del álabe, con el consiguiente reflujo parcial.

El fenómeno del resbalamiento ha sido estudiado ampliamente, y sigue siendo materia de estudio por diferentes investigadores, quienes han propuesto una serie de fórmulas teóricas y teórico - empíricas, los cuales pueden consultarse en los libros y manuales sobre diseño de bombas y ventiladores /Ref.14/.

Citaremos a algunos investigadores, quienes estimaron el coeficiente de resbalamiento para rodetes de álabes rectos radiales:

Pfleiderer

$$\mu = \frac{1}{1 + e} \quad (8)$$

Donde:

$$e = \frac{2}{z} \cdot \frac{k}{1 - \left(\frac{D1}{D2}\right)^2} \quad \text{Si : } \frac{D1}{D2} \leq \frac{1}{2} \quad (9)$$

$$e = \left(0.4 + 1.2 \frac{D1}{D2}\right) \left[\frac{2}{z} \cdot \frac{k}{1 - \left(\frac{D1}{D2}\right)^2} \right] \quad \text{Si : } \frac{D1}{D2} > \frac{1}{2} \quad (10)$$

En ambos casos: $k = 0.55 + 0.6 \operatorname{sen}\beta z$

Springer

$$\mu = \frac{1}{1 + \frac{\operatorname{sen}\beta_2}{z \left[c - \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \right]}} \quad (11)$$

Fórmula para rodetes sin corona exterior, donde "c" se obtiene a continuación:

D_1 / D_2	0.700	0.600	0.500	0.400
c	0.785	0.743	0.677	0.618

Stodola

$$\mu = 1 - \frac{1}{2} \operatorname{sen}\left(\frac{2\pi}{z}\right) \quad (12)$$

Busemann

El resultado del análisis de Busemann se muestra en la figura 11.

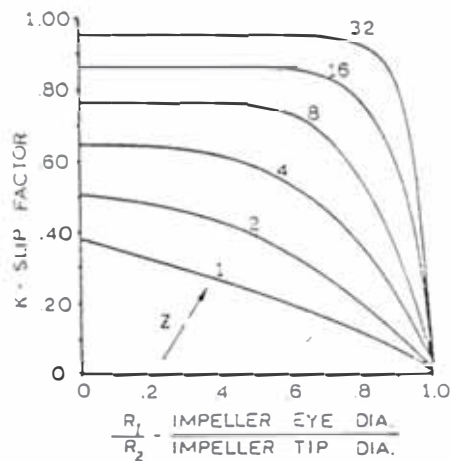


Fig. 4 Busemann slip factor

Fig. 11 : Coeficiente de resbalamiento según Busemann

Balje

$$\mu = \frac{z \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{2/3}}{z \left(\frac{D_2}{D_1}\right)^{2/3} + 6.2} \quad (13)$$

Stanitz

$$\mu = 1 - 0.315 \left[\frac{2\pi}{z} \operatorname{sen}\left(\frac{\phi}{2}\right) \right] \quad (14)$$

Donde: $\phi = 180^\circ$, para $\beta_1 = \beta_2 = 90^\circ$.

En el caso particular de los ventiladores de transporte se supone que el fenómeno de resbalamiento se acentúa, debido a que poseen solo 6 u 8 álabes.

Por esta razón se decidió ampliar el trabajo para determinar experimentalmente el coeficiente de resbalamiento utilizando una sonda direccional del tipo cilíndrica, la cual será instalada en el lado de alta presión (periferia "3") del rodete y determinar así el ángulo de flujo α_3 .

Lamentablemente no fue posible hacerlo en el lado de baja presión (periferia "0"), por las características del Banco de Ensayo, pues nos hubiera permitido hallar el ángulo β_0 y determinar C_{m0} , con lo cual se habría dado una solución al cálculo del caudal mediante la siguiente ecuación:

$$\dot{V} = C m_o \pi D_1 b \quad (15)$$

Se debe aclarar que las mediciones con la sonda no han sido exhaustivas y mas bien se ha tratado de iniciar este tipo de trabajos para que sean continuados por otros graduandos.

Los resultados de estos ensayos sobre el coeficiente de resbalamiento deben considerarse como puntuales, como se explicará mas adelante.

CAPITULO 2

TEORIA DE VENTILADORES

Los ventiladores son turbomáquinas que transportan gas ó mezcla gas - sólido, de un punto de baja presión a otro de alta presión, estando limitado la presión total final a los 1000 mm de agua.

2.1 Ecuación de Euler

La ecuación de Euler se sustenta en la variación del momento de la cantidad de movimiento, lo que equivale a una variación de la densidad del gas entre la entrada y salida del ventilador del orden de un 7%. De acuerdo a la figura 12:

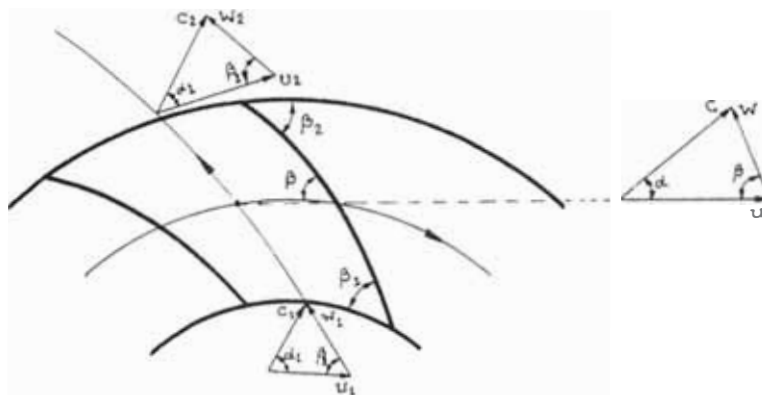


Fig. 12 : Triángulos de velocidades a la entrada y salida del álabe

En un punto cualquiera del rodete designamos por:

- U, velocidad tangencial.
- C, velocidad absoluta del flujo.
- W, velocidad relativa del flujo.
- α , ángulo que forman U y C.
- β , ángulo que forman W y U.

Y caracterizamos por el subíndice:

- 0, un punto en el flujo de entrada no perturbada, ubicado antes de la entrada en el canal móvil.
- 1, un punto ubicado después de la entrada del canal móvil.
- 2, un punto ubicado antes de la salida del canal móvil.
- 3, un punto en el flujo de salida no perturbada, ubicada después de la salida del canal móvil.

2.1.1 Altura teórica ($H_{r\infty}$)

En base al teorema del momento de la cantidad de movimiento, y para las siguientes condiciones:

- a) Flujo unidimensional.
- b) Flujo permanente.
- c) Flujo sin fricción, $\Delta s = 0$.
- d) Infinito número de álabes, $z \rightarrow \infty$.
- e) Espesor de álabe despreciable, $e \rightarrow 0$.

se obtiene:

$$H_{r\infty} = \frac{U_2 C_{2u} - U_1 C_{1u}}{g} \quad (16)$$

Para el caso de rodetes centrífugos de álabes radiales rectos, de acuerdo a la figura 13:

$$C_{2u} = U_2$$

$$C_{1u} = U_1$$

Sin embargo, debemos aclarar que el flujo absoluto

al aproximarse al rodete lo hace sin una componente de vórtice, es decir con $C_{o\alpha} = 0$ o $\alpha_o = 90^\circ$, dado que no existe un sistema de álabes directores antes del rodete /Ref.4/.

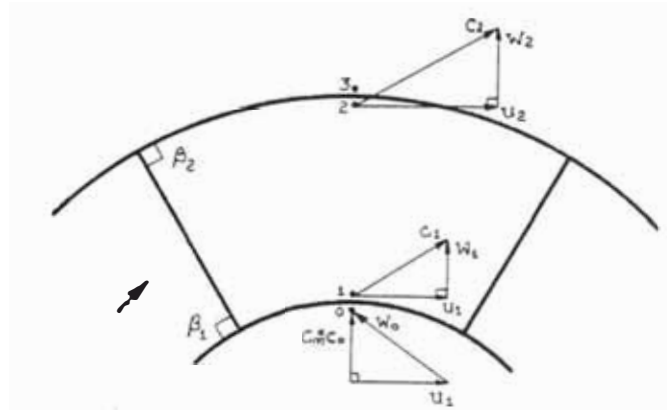


Fig. 13 : Triángulos de velocidades para rodetes de álabes radiales rectos

Esta situación provocará que el flujo ingrese al rodete con una pérdida por choque por la derivación del vector W_o con el ángulo $\beta_o < 90^\circ$ hasta tomar la posición de W_1 con el ángulo $\beta_1 = 90^\circ$ /Ref.7/.

Con esta consideración la altura de Euler estaría dada por:

$$H_{r\infty} = \frac{U_2^2}{g} \quad (17)$$

2.1.2 Altura real (H_r)

Como el número de álabes es finito, además las pérdidas aerodinámicas inherentes a un proceso real se pone de manifiesto a través del efecto de

resbalamiento, el rodete entrega al aire:

$$H_r = \frac{U_2 C_{3u} - U_1 C_{0u}}{g} \quad (18)$$

Para el caso de álabes rectos radiales:

$$H_r = \mu H_{r\infty} = \mu \frac{U_2^2}{g} \quad (19)$$

Donde:

μ , es el coeficiente de resbalamiento.

2.1.3 Altura útil (H)

Debido a las pérdidas hidráulicas: fricción, choque, separación, etc., la altura de presión realmente entregada por el rodete es:

$$H = \eta_h H_r \quad (20)$$

Donde:

η_h , es la eficiencia hidráulica.

2.2 Grado de reacción

Es la relación entre el incremento de presión estática y la altura total suministrada por el rotor del ventilador.

2.2.1 Grado de reacción teórico (R_∞)

Definido como:

$$R_\infty = \frac{P_2 - P_1}{\rho_a H_{r\infty}} = \frac{H_{r\infty} - \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g}}{H_{r\infty}} \quad (21)$$

2.2.2 Grado de reacción real (R)

Definido como:

$$R = \frac{P_3 - P_0}{\rho_a H_r} = \frac{H_r - \frac{C_3^2 - C_0^2}{2g}}{H_r} \quad (22)$$

2.3 Potencia

Es el trabajo que proporciona la máquina en la unidad de tiempo.

2.3.1 Potencia aerodinámica (Pa)

Es la potencia entregada por el rodete al fluido.

$$Pa = \rho_a \dot{V} H \quad (23)$$

Donde:

ρ_a , densidad del aire o gas.

\dot{V} , caudal del aire o gas.

H , altura útil suministrado por el ventilador.

2.3.2 Potencia al eje (P)

Es la potencia que el motor entrega al eje del ventilador.

$$P = T \omega = \frac{\rho_a \dot{V} H}{\eta} \quad (24)$$

Donde:

T , torque.

ω , velocidad angular del rodete.

η , eficiencia total del ventilador.

2.4 Eficiencias

La cantidad de energía suministrada por el motor no es transferida en su totalidad al aire que sale del ventilador, debido a pérdidas propias al proceso. Ver balance de energía de la figura 14.

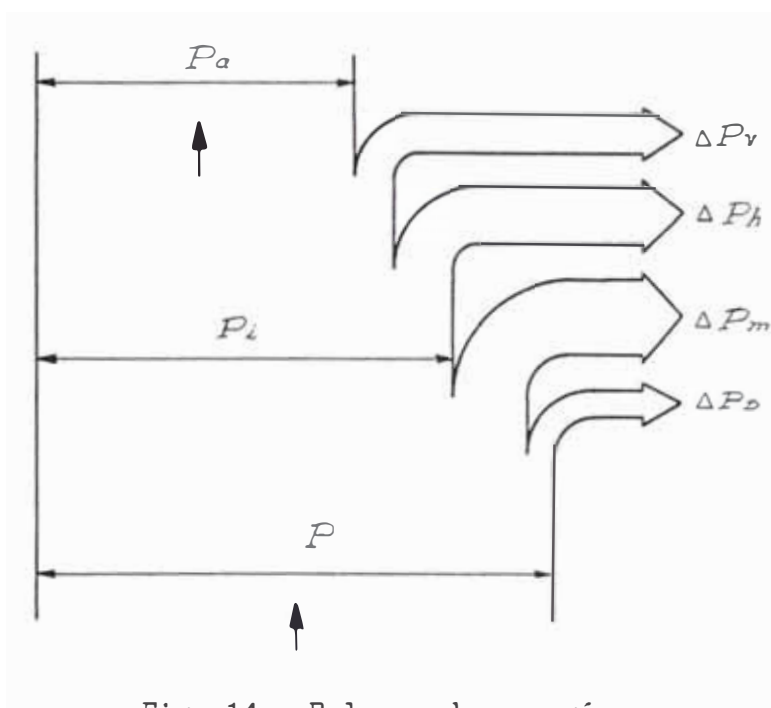


Fig. 14 : Balance de energía

2.4.1 Eficiencia hidráulica (η_h)

Considera las pérdidas por choque a la entrada del rodete, fricción en los álabes y espiral, desprendimiento de la capa límite a lo largo del proceso del flujo en el ventilador.

Si a todas estas pérdidas las denominamos ΔH_h , entonces:

$$\eta_b = \frac{H}{H + \Delta H_b} \quad (25)$$

2.4.2 Eficiencia volumétrica (η_v)

Considera las fugas de caudal ($\Delta \dot{V}$) a través de los intersticios entre el rodete y la caja espiral, de la zona de alta presión a la zona de succión (Fig.15).

$$\eta_v = \frac{\dot{V}}{\dot{V} + \Delta \dot{V}} \quad (26)$$

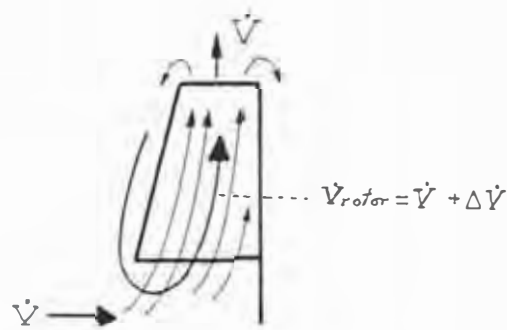


Fig. 15 : Pérdidas volumétricas

En el caso de rodetes abiertos (sin corona exterior) como es el tratado en el presente trabajo, existe además una fuga periférica que se ilustra en la figura 16.

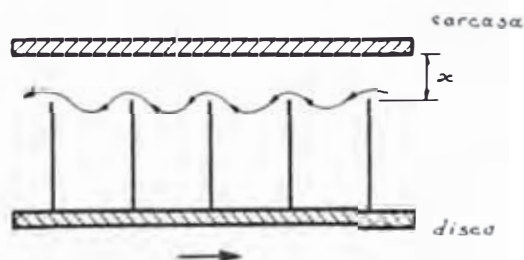


Fig. 16 : Fugas junto a la arista libre del álabe

La diferencia de presiones entre las caras de impulsión y aspiración de los álabes ocasiona una corriente de pérdidas a través del juego x . Este proceso tiene como consecuencia principal una pérdida de presión, lo que no ocurre con los rodetes convencionales, que si poseen corona lateral.

2.4.3 Eficiencia mecánica (η_m)

Considera las pérdidas externas al proceso de flujo de origen mecánico como, fricción en cojinetes, transmisiones, etc., y también se incluye las pérdidas de rozamientos en el exterior del disco que soporta a los álabes.

Si a la potencia al eje (P), le restamos las pérdidas mecánicas obtenemos la potencia interna (P_i) Entonces la eficiencia mecánica se puede expresar mediante la siguiente relación:

$$\eta_m = \frac{P_i}{P} \quad (27)$$

2.4.4 Eficiencia total (η)

Relación entre la potencia aerodinámica (P_a) y la potencia al eje (P) y se mide mediante un dinamómetro en un Banco de Ensayos.

$$\eta = \frac{P_a}{P} = \frac{\rho_a \dot{V} H}{P} \quad (28)$$

La eficiencia total, también puede ser expresada mediante la siguiente relación:

$$\eta = \eta_h \eta_v \eta_m \quad (29)$$

2.5 Cifras características

Los resultados de investigación experimental en ventiladores, suelen expresarse en función de cifras características adimensionales que se describen a continuación:

2.5.1 Número específico de revolución de caudal (Nq)

Velocidad a la cual giraría un rodete modelo para proporcionar un caudal de 1 m³/s y una altura de 1 m.

$$Nq = \frac{N \dot{V}^{1/2}}{H^{3/4}} \quad (30)$$

2.5.2 Número de Reynolds del rodete (Re)

Su expresión es:

$$Re = \frac{U_2 D_2}{\nu} \quad (31)$$

Donde:

U₂, velocidad en la periferia del rodete.

D₂, diámetro exterior del rodete.

ν, viscosidad cinemática del aire.

2.5.3 Diámetro específico (δ)

Nos indica las veces que el diámetro del rodete real es mas grande que un rodete unitario cuando $\psi=1$ y $\varphi=1$.

Su expresión es:

$$\delta = \frac{D_2 H^{1/4}}{V^{1/2}} \quad (32)$$

También:

$$\delta = \frac{\psi^{1/4}}{\varphi^{1/2}} \quad (33)$$

2.5.4 Cifra de caudal (φ)

Su expresión es:

$$\varphi = \frac{\dot{V}}{\frac{\pi}{4} D_2^2 U_2} \quad (34)$$

2.5.5 Cifra de presión (ψ)

Su expresión es:

$$\psi = \frac{H}{\left(\frac{U_2^2}{2g}\right)} \quad (35)$$

2.5.6 Cifra de velocidad (σ)

Definido como /Ref.3/:

$$\sigma = \frac{\varphi^{1/2}}{\psi^{3/4}} \quad (36)$$

Se cumple además:

$$N\sigma = 157.8 \sigma \quad (37)$$

2.6 Leves de ventiladores

Si teóricamente se mantiene constante la eficiencia total y únicamente variamos la velocidad de rotación del rodete, se debe cumplir que:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad (38)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \frac{N_1^2}{N_2^2} \quad (39)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{N_1^3}{N_2^3} \quad (40)$$

donde los subíndices 1,2 se refieren a condiciones diferentes de trabajo.

2.7 Curvas características

Se denomina así a las gráficas de altura de presión,

de potencia, de eficiencia, etc. en función del caudal.

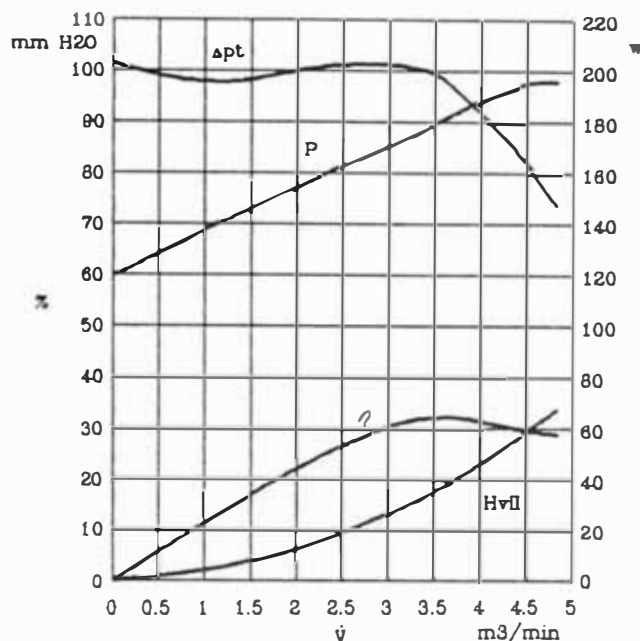


Fig. 17 : Ejemplos de curvas características

2.8 Predicción de la curva altura - caudal

Para determinar teóricamente la curva altura - caudal del ventilador, se debe considerar constante la velocidad de rotación obteniendo de esta manera la variación de la altura en función del caudal.

El análisis se realizará para el caso de un ventilador de álabes rectos radiales. Se Tomará en consideración para el análisis las siguientes pérdidas:

- Pérdidas por fricción, son las más importantes pero

difícil de evaluarlas. sin embargo las agruparemos mediante la siguiente relación según Pfleiderer:

$$\Delta H_r = [(1 - \eta_h) H_r] \left(\frac{\dot{V}_x}{\dot{V}} \right)^2 \quad (41)$$

Donde:

η_h , es la eficiencia hidráulica.

H_r , la altura útil en el punto de diseño.

- Pérdidas por choque, se producen en la entrada al rodete y generalmente por variación de caudal. Se pueden evaluar estas pérdidas mediante la siguiente relación:

$$\Delta H_{ch} = \frac{K}{2g} U_1^2 \left(1 - \frac{\dot{V}_x}{\dot{V}} \right)^2 \quad (42)$$

A esta pérdida debemos añadirle la pérdida por choque, debido a la desviación del flujo en el ángulo $\Delta\beta$ (Fig. 18), dado por:

$$\Delta H'_{ch} = \frac{U_1^2}{2g} \quad (43)$$

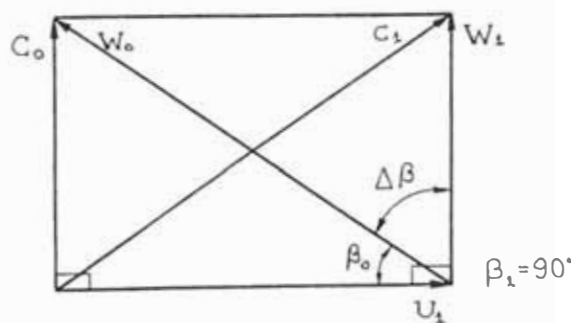


Fig. 18 : Desviación del flujo en el ángulo $\Delta\beta$

En el diagrama H vs V se gráfica las curvas $H_{r\infty}$ y H_r según las fórmulas 17 y 19; de igual manera las pérdidas por fricción y por choque son gráficas según las fórmulas 41, 42 y 43 respectivamente.

Ahora, si se restan de las ordenadas de H_r las ordenadas de ΔH_f , se obtiene la curva ADB, que representa la curva $H - \dot{V}$ sin considerar las pérdidas por choque.

Si a la anterior curva le restamos las ordenadas de las pérdidas por choque, obtenemos la curva buscada CDG, la cual es tangente a la curva ADB en el punto D, que corresponde a la ausencia de choques y representa el punto de diseño (Fig. 19).

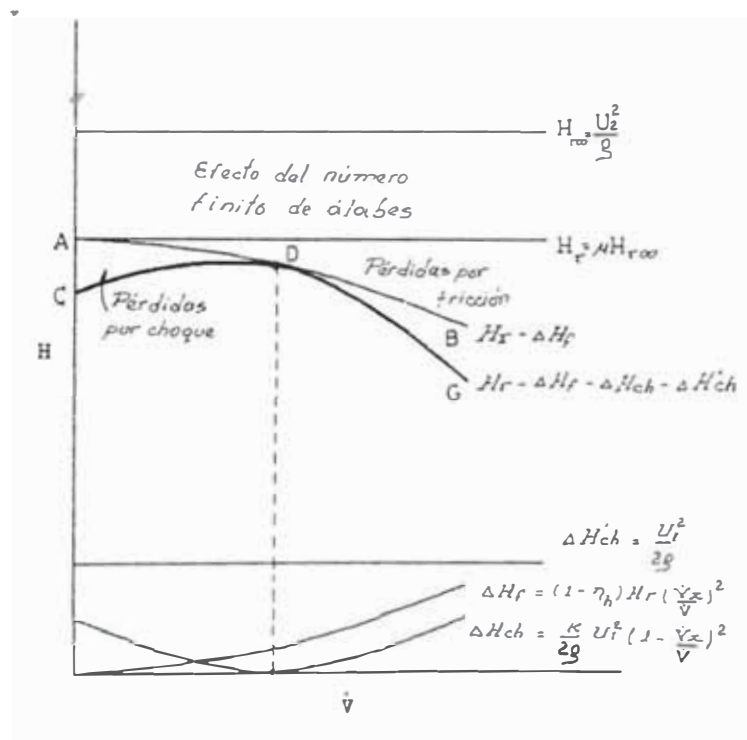


Fig. 19 : Construcción de la curva altura - caudal

CAPITULO 3

DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL RODETE Y ESPIRAL

3.1 Diseño del rodete y espiral

Como no existe forma establecida en cuanto al diseño de este tipo de rodete, se ha tomado como referencia un modelo determinado (Fig. 20), muy recomendado para el transporte de mezclas aire - sólido.

Se trata de un rodete de ancho constante, con seis álabes rectos radiales que descansan sobre un disco, el cual se halla unido a la bocamasa; además de no poseer corona exterior.

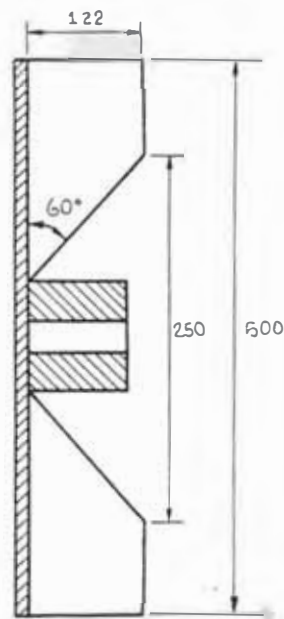


Fig. 20 : Rodete modelo

Las condiciones para el dimensionado del rodete son:

$$b = 0.244 D_2$$

$$D_1 = 0.50 D_2$$

$$U_2 < 76 \text{ m/s}$$

En base a lo anterior y mediante el Diagrama de Cordier para Ventiladores (Fig. 21), que incluye diámetro específico vs velocidad específica N_q , determinamos las dimensiones de nuestro rodete.

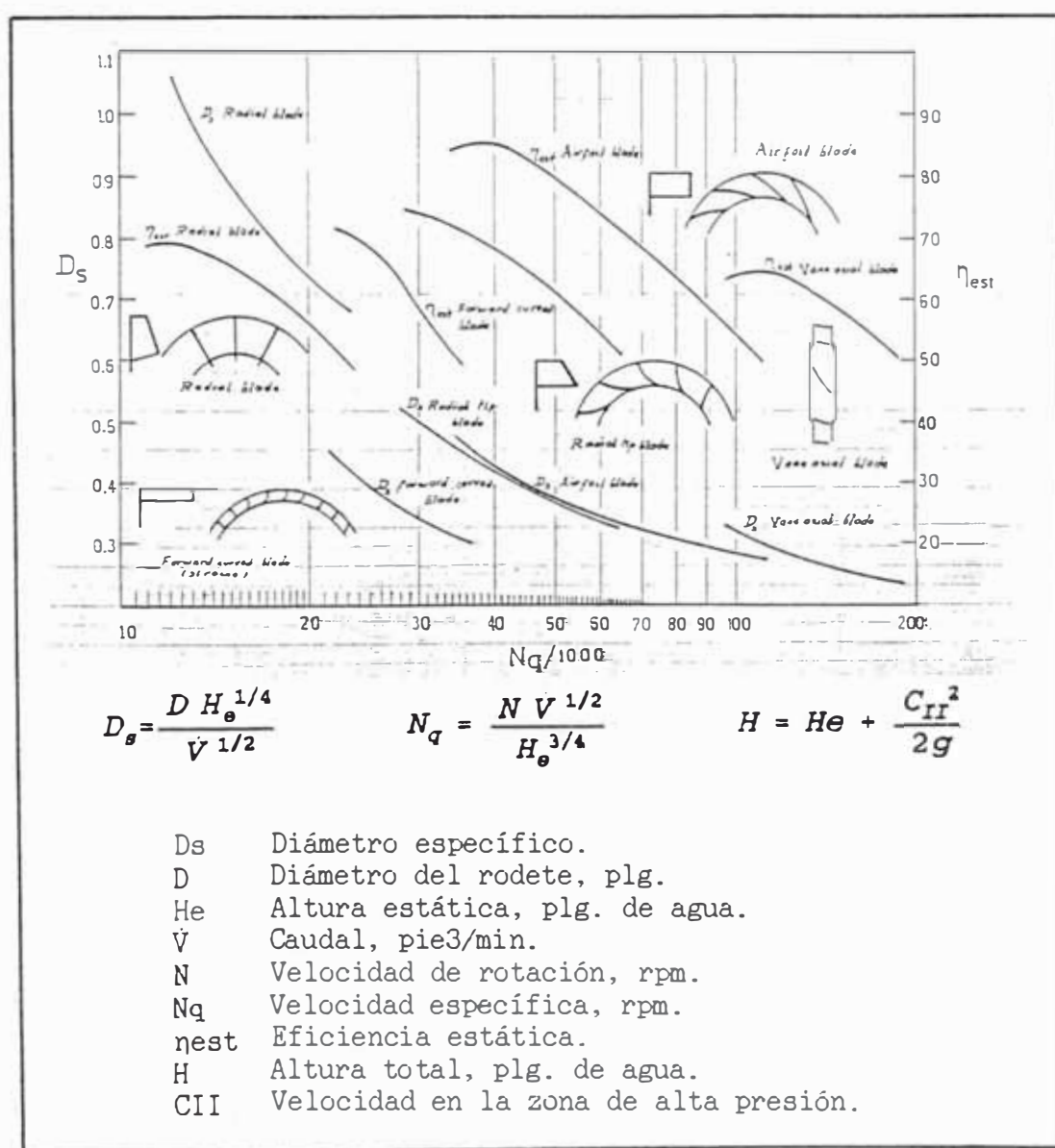


Fig. 21 · Diagrama de Cordier para ventiladores

Tentativamente:

β_2	C_{II} (m/s)
< 90°	18 - 25
= 90°	15 - 20
> 90°	8 - 12

También es factible considerar:

$$Hv = \frac{C_{II}^2}{2g} = K_{II} He \quad (44)$$

Y como primera aproximación:

$$K_{II} = 0.1$$

Por consiguiente:

$$H = 1.1 He$$

Como en el Laboratorio de Máquinas Térmicas e Hidráulica se dispone de un motor eléctrico de las siguientes características:

$$P = 1 / 0.5 \text{ HP}$$

$$N = 3500 / 1720 \text{ rpm,}$$

se realizará los cálculos para 2 velocidades y asumiendo una eficiencia total inicial $\eta = 0.40$, siendo este un valor conservativo por ser la rueda pequeña y no tener corona exterior.

De acuerdo al tipo de rodete y del DIAGRAMA DE CORDIER, se tiene los siguientes rangos:

$$D_s \quad 0.7 - 1.0 \text{]}$$

$$N_q \quad 13000 - 22000 \text{]}$$

$$D_2 \quad 0.20 - 0.25 \text{] m}$$

con lo cual se elabora la Tabla 1.

Seleccionando un diámetro externo $D_2 = 0.20$ m., y en base al modelo de la figura 20, se obtiene las otras dimensiones proporcionalmente (Fig. 22).

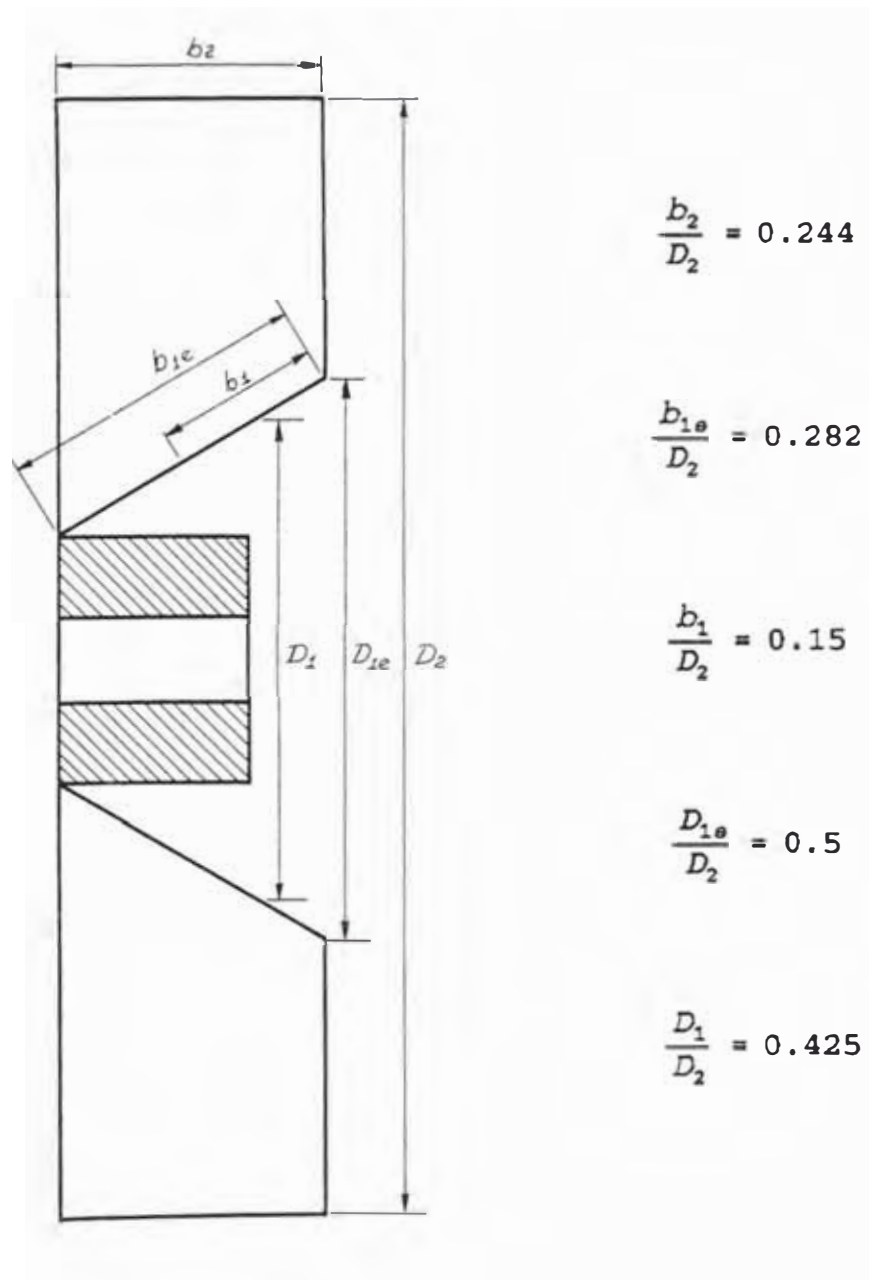


Fig. 22 : Dimensiones del rodete

Tabla 1 : Parámetros para el cálculo del diámetro del rodete utilizando el Diagrama de Cordier

N = 1, 7 2 0 r . p . m .												
S I S T E M A I N G L E S						S I S T E M A M E T R I C O						
D 2 plg	D s	N q r.p.m.	V̄ pie3/min	H est plq H2O	D 2 m	U 2 m/s	V̄ m3/min	H mm H2O	N q r.p.m.	P w	ψ	
7.87	0.70	22000	111.28	0.77	0.20	18.01	3.15	21.61	45.09	37.08	1.09	
	0.80	17500	93.71	0.94			2.65	26.15	35.87	37.79	1.32	
	0.90	14500	79.44	1.08			2.25	30.09	29.72	36.86	1.52	
9.84	1.00	13000	64.59	1.09	0.25	22.51	1.83	30.32	26.64	30.20	1.53	
	0.70	22000	217.37	1.21			6.16	33.77	45.09	113.19	1.09	
	0.80	17500	183.06	1.46			5.18	40.86	35.87	115.35	1.32	
	0.90	14500	155.17	1.68			4.39	47.02	29.72	112.52	1.52	
	1.00	13000	126.17	1.70			3.57	47.39	26.64	92.20	1.53	

N = 3, 5 0 0 r . p . m .												
S I S T E M A I N G L E S						S I S T E M A M E T R I C O						
D 2 plg	D s	N q r.p.m.	V̄ pie3/min	H est plq H2O	D 2 m	U 2 m/s	V̄ m3/min	H mm H2O	N q r.p.m.	P w	ψ	
7.87	0.70	22000	226.43	3.20	0.20	36.65	6.41	89.48	45.09	312.44	1.09	
	0.80	17500	190.70	3.87			5.40	108.27	35.87	318.39	1.32	
	0.90	14500	161.64	4.46			4.58	124.60	29.72	310.60	1.52	
9.84	1.00	13000	131.43	4.49	0.25	45.81	3.72	125.56	26.64	254.50	1.53	
	0.70	22000	139.10	5.00			3.94	139.82	25.29	299.93	1.09	
	0.80	17500	117.15	6.06			3.32	169.18	20.11	305.64	1.32	
	0.90	14500	99.30	6.97			2.81	194.71	16.67	298.17	1.52	
	1.00	13000	80.74	7.02			2.29	196.21	14.94	244.31	1.53	

Para el diseño de la caja espiral procederemos de una manera práctica. Partiendo de la ecuación de una espiral teórica, dada a continuación:

$$\text{Log } 2 \frac{R_{\max}}{D_2} = K \theta \quad (45)$$

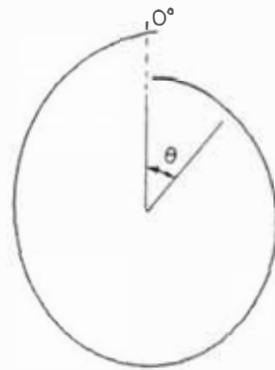


Fig. 23 : Espiral teórica

Donde:

β_2	R_{\max} / D_2
$< 90^\circ$	1.0 - 1.2
$= 90^\circ$	0.7 - 0.8
$> 90^\circ$	0.9 - 1.0

Considerando un valor conservativo para $\beta_2 = 90^\circ$:

$$R_{\max} = 0.7 D_2$$

Luego: para $\theta = 360^\circ$, $K = 4.059 \times 10^{-4}$

Reemplazando en la ecuación 45:

$$R = 100 * 10^{(4.059 \times 10^{-4} \times \theta)} \quad (46)$$

Tabulando según la tabla 2:

Tabla 2 : Valores de la espiral

θ	m m
0	100.00
10	100.94
20	101.89
30	102.84
40	103.81
50	104.78
60	105.77
70	106.76
80	107.76
90	108.78
100	109.80
110	110.83
120	111.87
130	112.92
140	113.98
150	115.05
160	116.13
170	117.22
180	118.32
190	119.43
200	120.55
210	121.69
220	122.83
230	123.98
240	125.15
250	126.32
260	127.51
270	128.70
280	129.91
290	131.13
300	132.36
310	133.61
320	134.86
330	136.13
340	137.41
350	138.70
360	140.00

3.2 Construcción del rodete y espiral

La construcción en su totalidad se realizó en el Laboratorio de Máquinas Herramientas de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la UNI.

Los procesos de fabricación comprendieron para el rodete: preparación del material (fierro negro), mecanizado del cubo o bocamasa, del disco porta álabes, de los álabes rectos, unión de los elementos mediante soldadura eléctrica y finalmente balanceo estático y dinámico del rodete.

Para la espiral: preparación del material (fierro negro), elaboración de plantilla de corte y armado de la caja espiral mediante soldadura eléctrica. Ver plano con dimensiones y especificaciones.

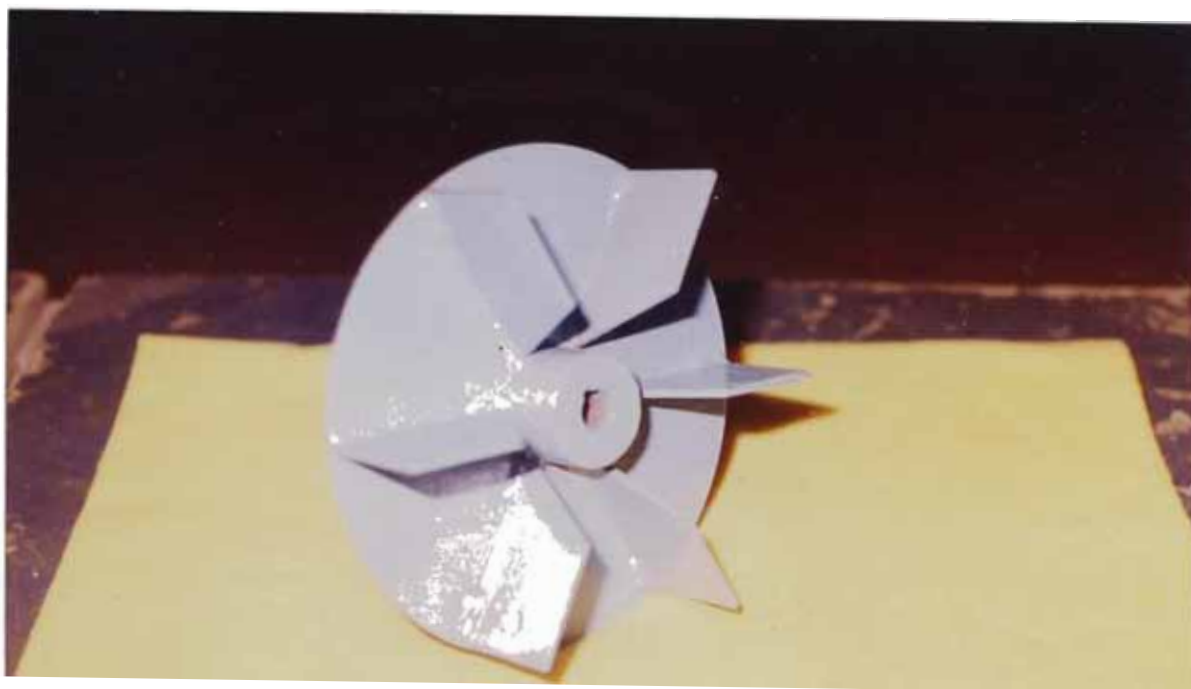


Fig. 23a : Rodete a ensayar

CAPITULO 4

DISEÑO, CONSTRUCCION Y CALIBRACION DE UNA SONDA CILINDRICA

4.1 Las sondas aerodinámicas

Las sondas son instrumentos que nos permiten medir simultáneamente presiones y ángulos de flujo. Estos instrumentos son simples o muy complejos y requieren de calibración individual en flujos cuyas condiciones y comportamientos se conocen /Ref.2/.

Existen muchos tipos de sondas (Fig. 24), pero pueden ser clasificadas en tres grupos:

- a) Sondas cilíndricas.
- b) Sondas esféricas, cónicas, piramidales, etc..
- c) Sondas combinadas.

En nuestro caso, para efecto de medir el ángulo del flujo a la salida del rodete (α_3), se decidió usar, por su simplicidad y bajo costo una sonda cilíndrica direccional en voladizo (Fig. 25), cuyo principio se basa en el flujo alrededor de un cilindro ubicado transversalmente al flujo (Fig. 26 y 27).

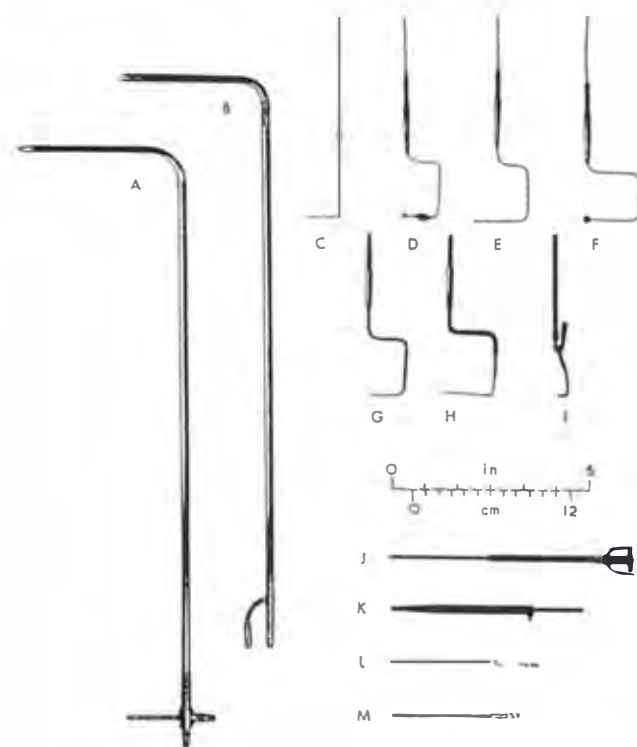
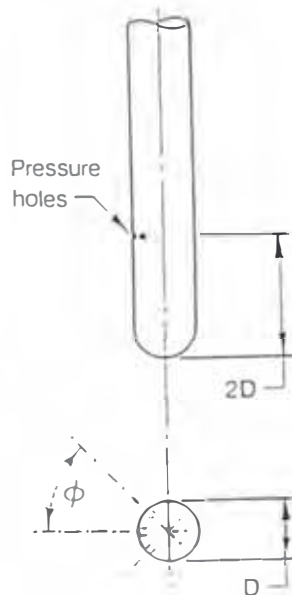


Table 1
Various pressure probes

A Ellipsoidal-nosed pitot-static tube	F Static probe	J 5-tube probe (axial)
B Round-nosed pitot-static tube	G Dynamic probe	K Axial probe
C Flattened total-pressure tube	H 2-tube probe	L Pyramid probe
D Shrouded total-pressure tube	I 3-tube probe (Frankel)	M Conical probe

Fig. 24 : Tipos de sondas



Pressure holes
 Diameter = $D/12$
 Depth $\leq D/8$
 ϕ $40^\circ - 45^\circ$

Fig. 25 : Sonda cilíndrica direccional en voladizo

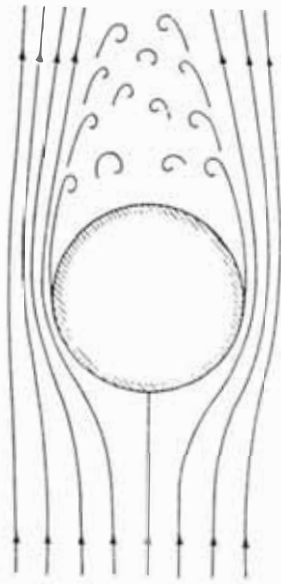


Fig. 26 : Flujo de un fluido real que pasa por un cilindro circular

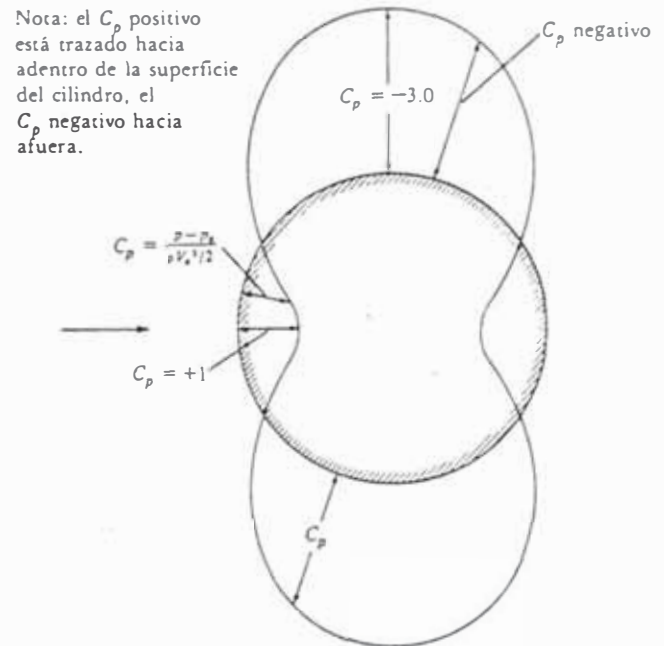


Fig. 27 : Distribución de presión sobre un cilindro

4.2 Diseño de la sonda

Debido a que la sonda está sometida a bajos esfuerzos, el diseño se basa básicamente en función al espacio disponible y la maniobrabilidad para poder realizar las mediciones.

El sistema consta de las siguientes partes:

- Sonda cilíndrica de 3 mm de diámetro x 55 mm de carrera. Para abaratar el costo se eligió un tubo de carga de bolígrafo vacío.
- Soporte, para mantener unidas las partes del sistema.
- Transportador, para indicar el ángulo medido.
- Disco porta transportador, para realizar el movimiento de rotación de la sonda, así como su desplazamiento axial. Ver planos.

4.3 Construcción de la sonda

Como ya se mencionó anteriormente, su construcción se realizó en los talleres de la Facultad, para lo cual se utilizó materiales comunes en nuestro medio.

4.4 Calibración de la sonda

Para tal efecto se hizo uso de un tramo del Banco de Ensayo para Transporte Neumático (Fig. 28), el cual se encuentra ubicado en el Laboratorio de Máquinas Térmicas e Hidráulica de la Facultad. Se escogió dicho tramo lo suficientemente alejado del ventilador para tener un flujo uniforme, paralelo y libre de vórtices, lo cual fue verificado previamente mediante un tubo de pitot.

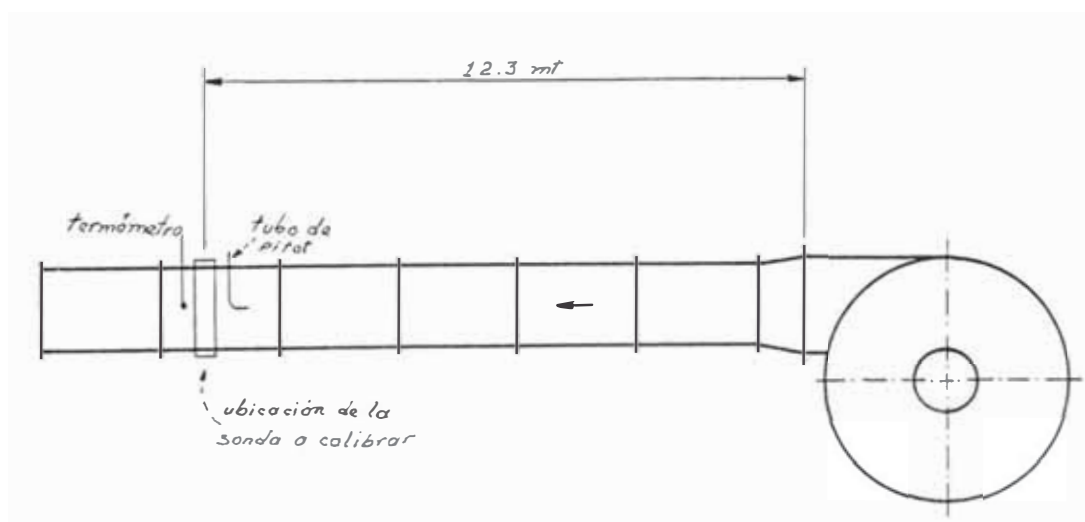


Fig. 28 · Banco de Ensayo para transporte neumático

El punto de comparación es la medida que se registra a través del tubo de Pitot en un punto lo mas cerca posible de la ubicación de la sonda a calibrar.

Se registra la lectura de la presión total y presión estática del flujo a través del tubo de pitot.

Tomando como referencia un cero geométrico en el transportador de la sonda, se hace girar esta en sentido horario y antihorario, registrando la lectura de la presión cada 10°.

El ángulo para el cual la presión registrada a través de la sonda es igual a la presión estática registrada a través del pitot, representa la posición de lectura de la presión estática en la dirección del flujo medida a través de la sonda.

Lo anterior se repite para seis posiciones de la válvula que controla el caudal del flujo (Tabla 3), obteniéndose el ángulo promedio.

Los ensayos de calibración se efectuaron bajo las siguientes condiciones ambientales promedios:

Temperatura de bulbo seco = T.B.S. = $T_o = 26.9 \text{ } ^\circ\text{C}$

Temperatura de bulbo húmedo = T.B.H. = $21.7 \text{ } ^\circ\text{C}$

Presión atmosférica = $P_o = 754.75 \text{ mm Hg.}$

Las siguientes son las fórmulas empleadas:

$$C_{\max} = \sqrt{2 g (p_t - p_s) \frac{\rho_{H_2O}}{\rho_a}} \quad (47)$$

Donde:

C_{\max} , velocidad máxima del flujo en m/s.

g , aceleración de la gravedad (9.81 m/s²).

p_t , p_s , alturas de presión total y estática en mm agua.

ρ_{H_2O} , densidad del agua (996.2 Kg/m³)

ρ_a , densidad del aire (1.17 Kg/m³).

$$Re = \frac{C d}{\nu} \quad (48)$$

Donde:

Re , número de Reynolds del flujo.

C , velocidad media en m/s.

d , diámetro del ducto (100 mm).

ν , viscosidad cinemática del aire (1.56 x 10⁻⁵ m²/s).

Al calcular Re máximo para $C = C_{\max}$, se ingresa al Diagrama de Pao (Fig. 29), obteniéndose una velocidad parcial; iterando dos veces se determina la velocidad media C , con lo cual se calcula el número de Reynolds del flujo /Ref.10/.

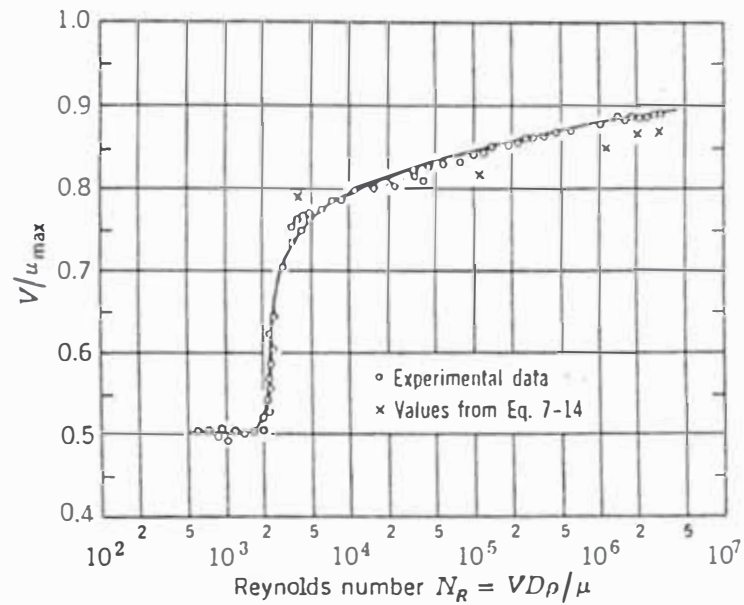


Fig. 29 : Diagrama de Pao

Los ángulos para los cuales se obtiene la presión estática se muestran a continuación:

ENSAYO	A N G U L O	
	IZQUIERDA	DERECHA
0	40.0	40.0
1	40.9	43.0
2	43.0	48.3
3	41.9	48.0
4	42.5	45.9
5	42.9	46.7

El ángulo promedio para el cual se obtiene la presión estática es:

$$\bar{\phi} = 43.4 + 1.7^{\circ}$$

Según Bryer y Pankhurst /Ref.2/, el ángulo teórico obtenido por el análisis hidrodinámico de un cilindro sumergido en un flujo es 40° (Fig. 30.a).

Tabla 3 : Resultados de calibración de la sonda

P I T O T											
I Z Q U I E R D A					S O N D A						
ENSAYO	POSICION VALVULA	Pt mm H2O	Pe mm H2O	Pv mm H2O	Cmax m/s	C m/s	Re FLUJO	ϕ	PRESION mm H2O	ϕ	PRESION mm H2O
1	0°	3.2	2.6	0.6	3.3	2.6	16311	0	3.2	0	3.2
								10	3.0	10	3.0
								20	2.9	20	2.9
								30	2.8	30	2.8
								40	2.5	40	2.5
								50	2.3	50	2.4
								60	2.2	60	2.3
								70	2.0	70	2.2
								80	2.0	80	2.0
								90	1.8	90	1.9
2	36°	30.5	24.6	5.8	9.9	8.1	52104	0	30.5	0	30.5
								10	30.5	10	30.5
								20	29.2	20	29.2
								30	27.9	30	27.9
								40	24.9	40	26.4
								50	22.1	50	22.9
								60	19.7	60	21.8
								70	17.8	70	18.1
								80	17.5	80	17.8
								90	18.0	90	18.0
3	72°	125.7	95.3	30.5	22.6	19.0	122048	0	124.5	0	124.5
								10	123.2	10	123.2
								20	118.1	20	121.9
								30	109.2	30	114.3
								40	99.1	40	101.6
								50	86.4	50	94.0
								60	74.9	60	80.0
								70	71.1	70	68.6
								80	68.6	80	66.0
								90	71.1	90	69.9

continua

Tabla 3 : Resultados de calibración de la sonda

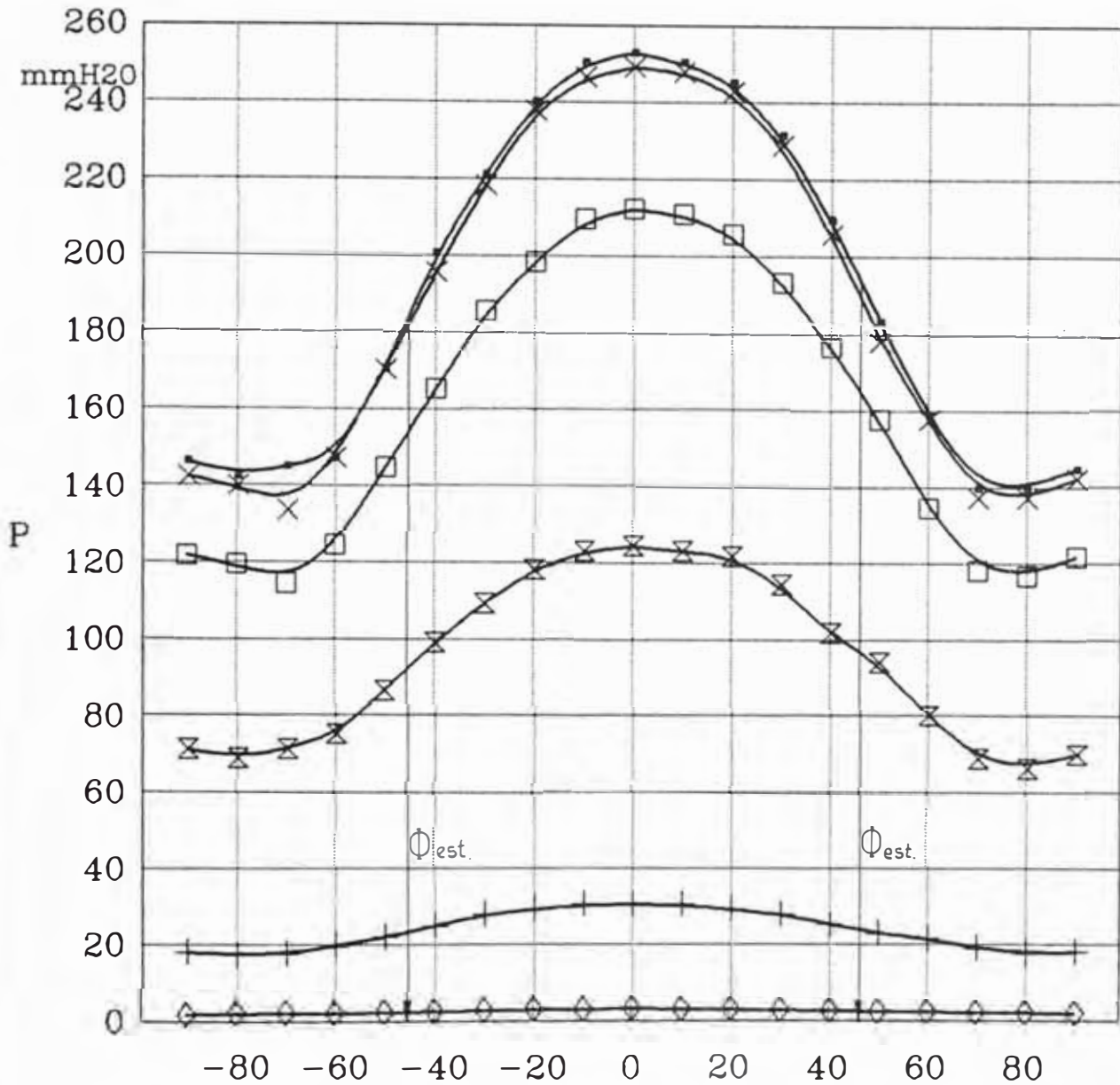
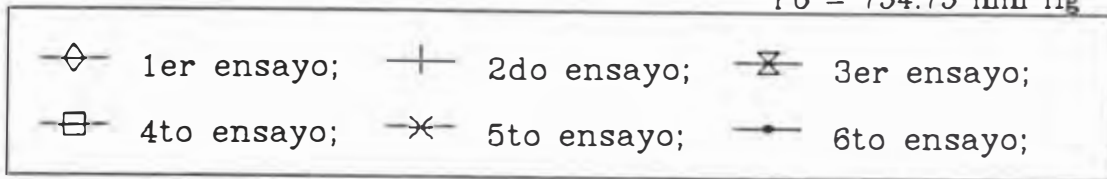
		S O N D A									
		I Z Q U I E R D A					D E R E C H A				
ENSAYO	POSICION VALVULA	Pt mm H2O	Pa mm H2O	Pv mm H2O	Cmax m/s	C m/s	Re FLUJO	Φ °	PRESION mm H2O	Φ °	PRESION mm H2O
4	108 °	214.6	161.3	53.3	29.8	25.2	161476	0	212.1	0	212.1
								10	209.6	10	210.8
								20	198.1	20	205.7
								30	185.4	30	193.0
								40	165.1	40	176.5
								50	144.8	50	167.5
								60	124.5	60	134.6
								70	114.3	70	118.1
								80	119.4	80	116.8
90	121.9	90	121.9								
5	144 °	251.5	189.2	62.2	32.2	27.4	175366	0	248.9	0	248.9
								10	246.4	10	247.7
								20	237.5	20	242.6
								30	218.4	30	228.6
								40	195.6	40	205.7
								50	170.2	50	177.8
								60	147.3	60	167.6
								70	133.4	70	137.2
								80	139.7	80	137.2
90	142.2	90	142.2								
6	180 °	262.7	191.8	61.0	31.9	27.1	173731	0	252.7	0	252.7
								10	250.2	10	250.2
								20	240.0	20	245.1
								30	221.0	30	231.1
								40	200.7	40	209.6
								50	170.2	50	182.9
								60	147.3	60	168.8
								70	144.8	70	139.7
								80	142.2	80	139.7
90	148.1	90	144.8								

P I T O T

CONDICIONES AMBIENTALES :

T.B.S. = 26.9 C

T.B.H. = 21.7 C

 $P_o = 754.75 \text{ mm Hg}$ 

Re1 = 16311 Re3 = 122048 Re5 = 175365
 Re2 = 52104 Re4 = 161476 Re6 = 173731

Fig. 30 : Diagrama de calibración de la sonda
 Presión versus ángulo

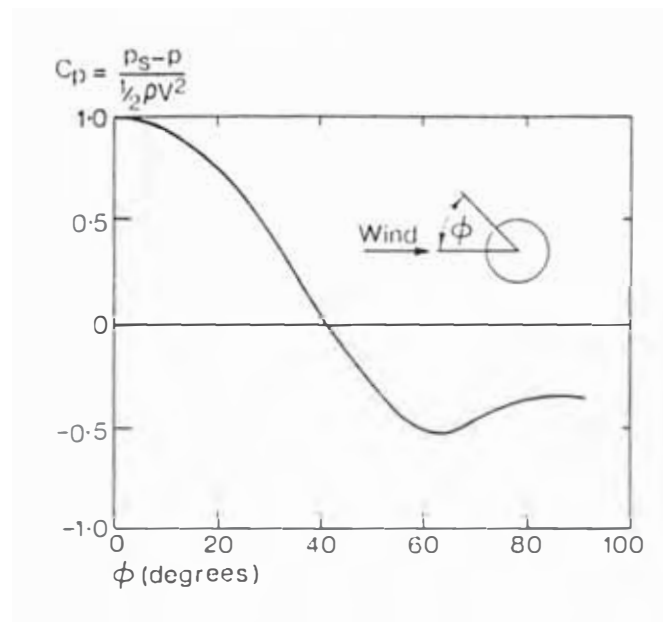


Fig. 30.a : Variación de la presión alrededor de un cilindro transversal al flujo

Fig. 30b : Sonda cilíndrica en voladizo

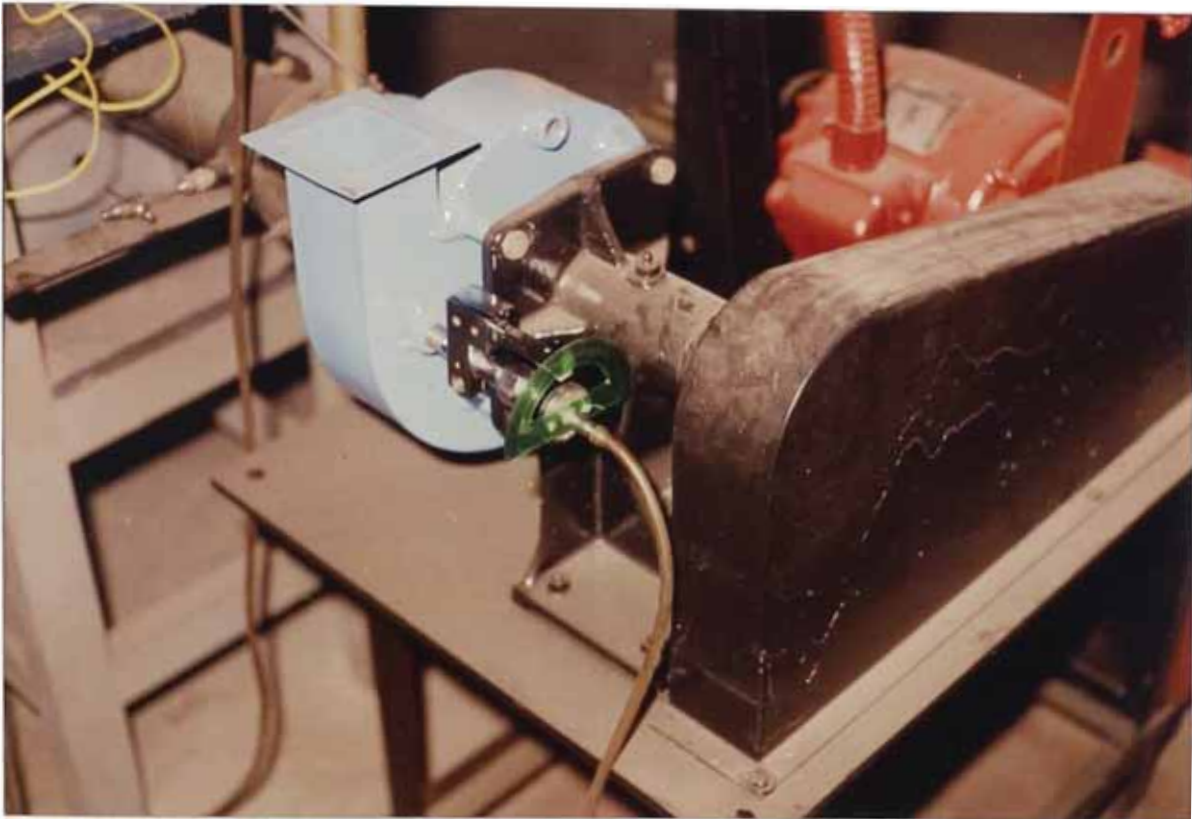


Fig. 30c : Ubicación de la sonda cilíndrica en voladizo en el ventilador

CAPITULO 5

BANCO DE ENSAYOS

El Banco de Ensayos se encuentra ubicado en el Laboratorio de Máquinas Térmicas e Hidráulica de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la UNI.

5.1 Descripción de la instalación

El Banco de Ensayos ha tenido que ser adaptado a los objetivos de la presente tesis, basándonos para lo anterior en las normas JAPANESE INDUSTRIAL STANDARD, Testing Methods for Fans and Blowers.

PARTES DEL BANCO	FUNCION
1.Tubería de succión	Conducir el flujo.
2.Estabilizador	Uniformizar el flujo.
3.Tubo de Impacto	Medir presión total.
4.Difusor	Transición del flujo.
5.Ventilador	Transforma energía mecánica en energía de flujo.
6.Tablero de control	Seleccionar velocidad de giro.
7.Motor eléctrico	Suministra potencia.
8.Balanza	Medición del torque.

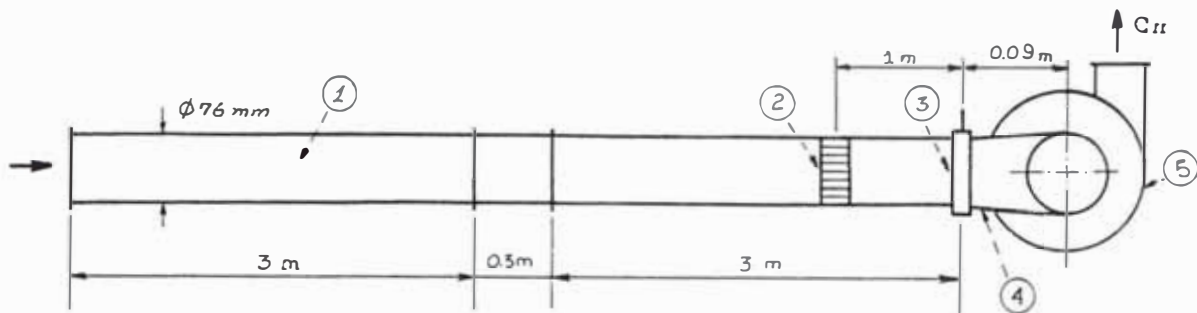


Fig. 31 : Banco de Ensayos

5.2 Análisis de la instalación

En la figuras 32 y 33, se muestran los procesos desarrollados en los diferentes tramos del Banco de Ensayo y en el ventilador respectivamente.

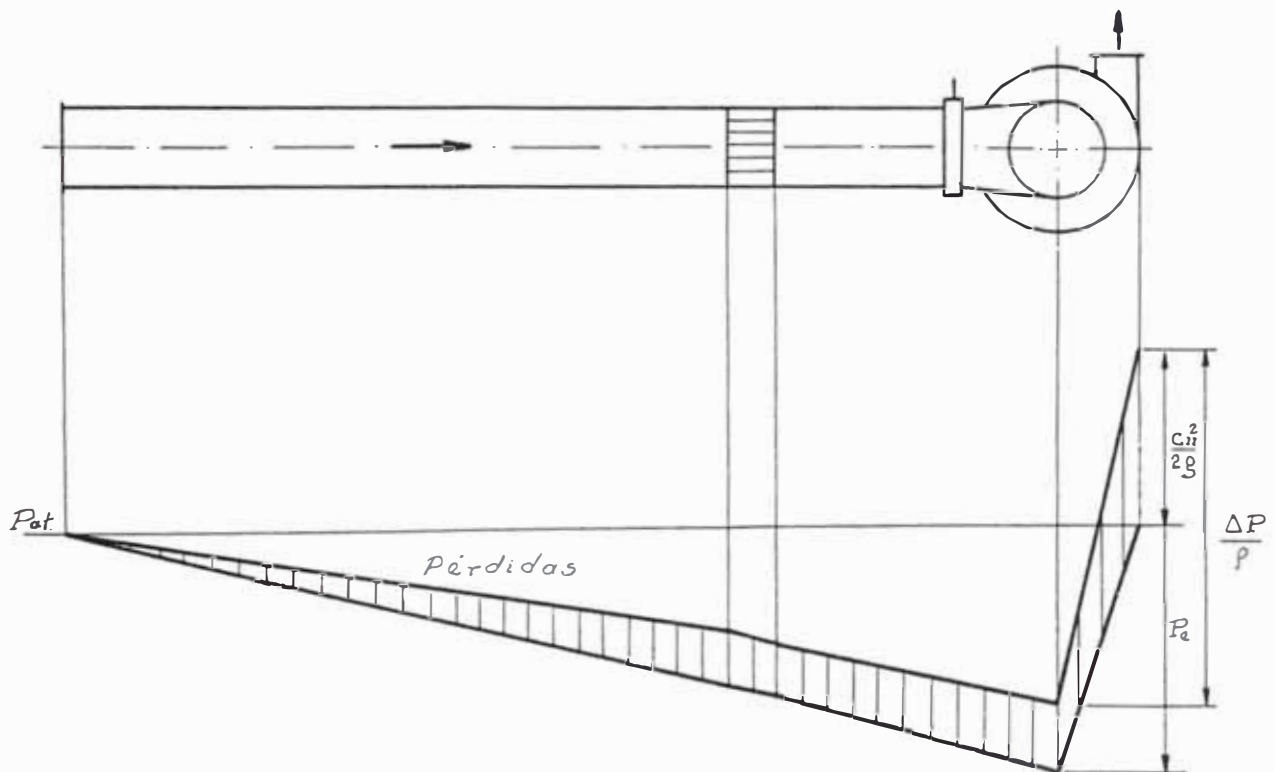


Fig. 32 : Líneas piezométricas en el Banco de Ensayo

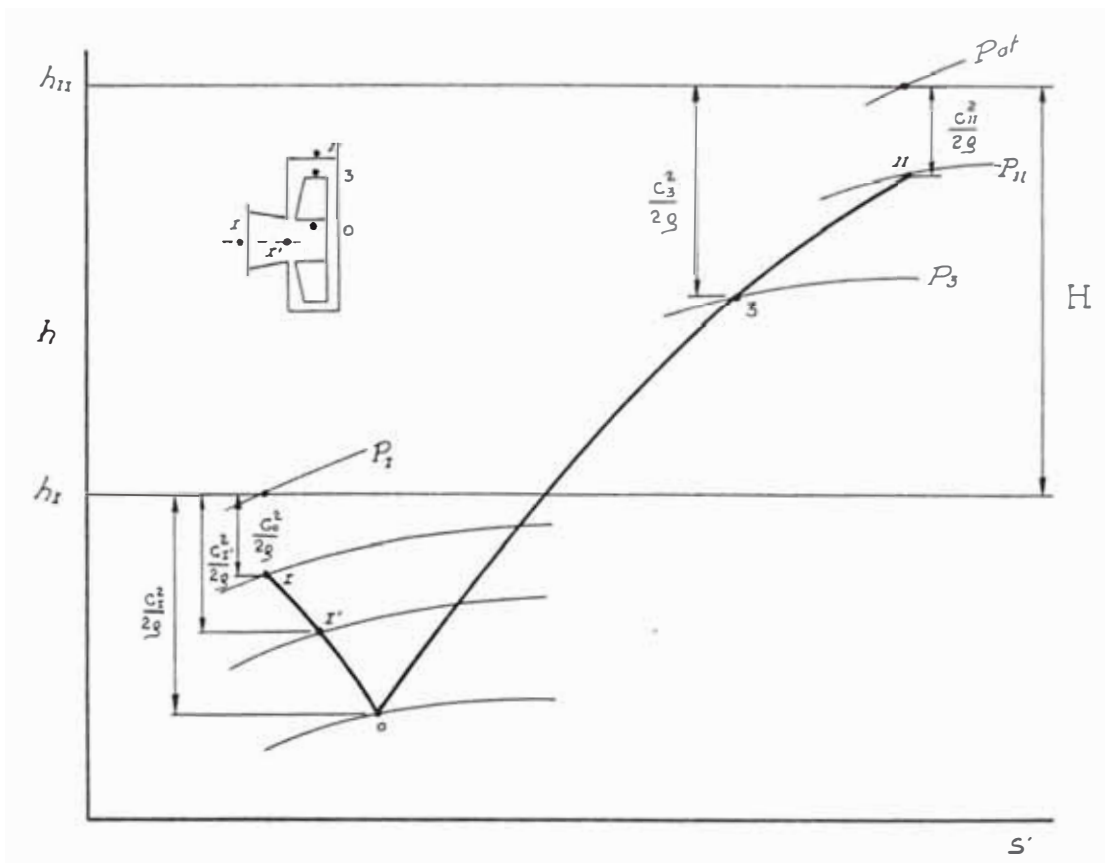


Fig. 33 : Proceso termodinámico en el ventilador

5.3 Equipos e instrumentación empleados

Los equipos e instrumentos empleados, serán descritos brevemente:

a) **Motor eléctrico.**.- Es un motor inducido trifásico de jaula de ardilla con un arrancador delta - estrella, marca Newman de 1 / 0.5 HP , 3380 / 1750 r.p.m., 220 voltios.

El motor esta montado sobre dos chumaceras, para efecto de medir el torque que proporciona. Acciona el ventilador por medio de una faja A44 en V. La velocidad es seleccionada mediante el tablero de control.

- b) **Dinamómetro.**- Marca Salter, tipo resorte, con rango de 0 - 4 Lb. y aproximación de 1 / 32 Lb.
- c) **Estroboscópio.**- Posee tres escalas para medir la velocidad del rodete, Baja: 0 - 1150 r.p.m., Media: 1000 - 4500 r.p.m. y Alta: 4000 - 18000 r.p.m., con una aproximación de 10 r.p.m., marca Dawe Instruments Ltd..
- d) **Manómetros.**- Tipo inclinado (2) marca Unesco, rango de 0 - 5 plg. y aproximación 0.1 plg. de agua. Otro, tipo micro, marca Meriam, rango de 0 - 10 plg. y aproximación de 0.001 plg. de agua.
- e) **Termómetro.**- Tipo digital, marca Keithley, con rango de 0 - 200 °C y 0 - 1370 °C y aproximación de 0.1 °C.
- f) **Tubo de impacto.**- De 1 mm de diámetro y 75 mm de carrera, para medir la presión total en la succión del ventilador.
- g) **Sonda.**- De 3 mm de diámetro y 55 mm de carrera, tipo cilíndrica direccional, para determinar el ángulo α y la velocidad C3.
- h) **Discos de regulación del flujo.**- Son del tipo de orificio. En total se elaboraron ocho discos para regular el flujo en la succión (Fig. 34), siguiendo las Normas Japonesas para ensayos de ventiladores.

$D = 127.1 \text{ mm}$
 $d_0 = 0.00 \text{ mm}$
 $d_1 = 27.85 \text{ mm}$
 $d_2 = 39.50 \text{ mm}$
 $d_3 = 48.40 \text{ mm}$
 $d_4 = 55.55 \text{ mm}$
 $d_5 = 62.50 \text{ mm}$
 $d_6 = 68.20 \text{ mm}$
 $d_7 = 73.85 \text{ mm}$

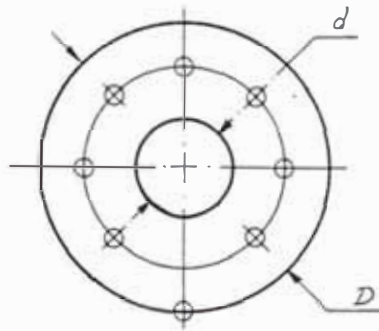


Fig. 34 : Discos con orificios para control de flujo



Fig. 34a : Banco de ensayos

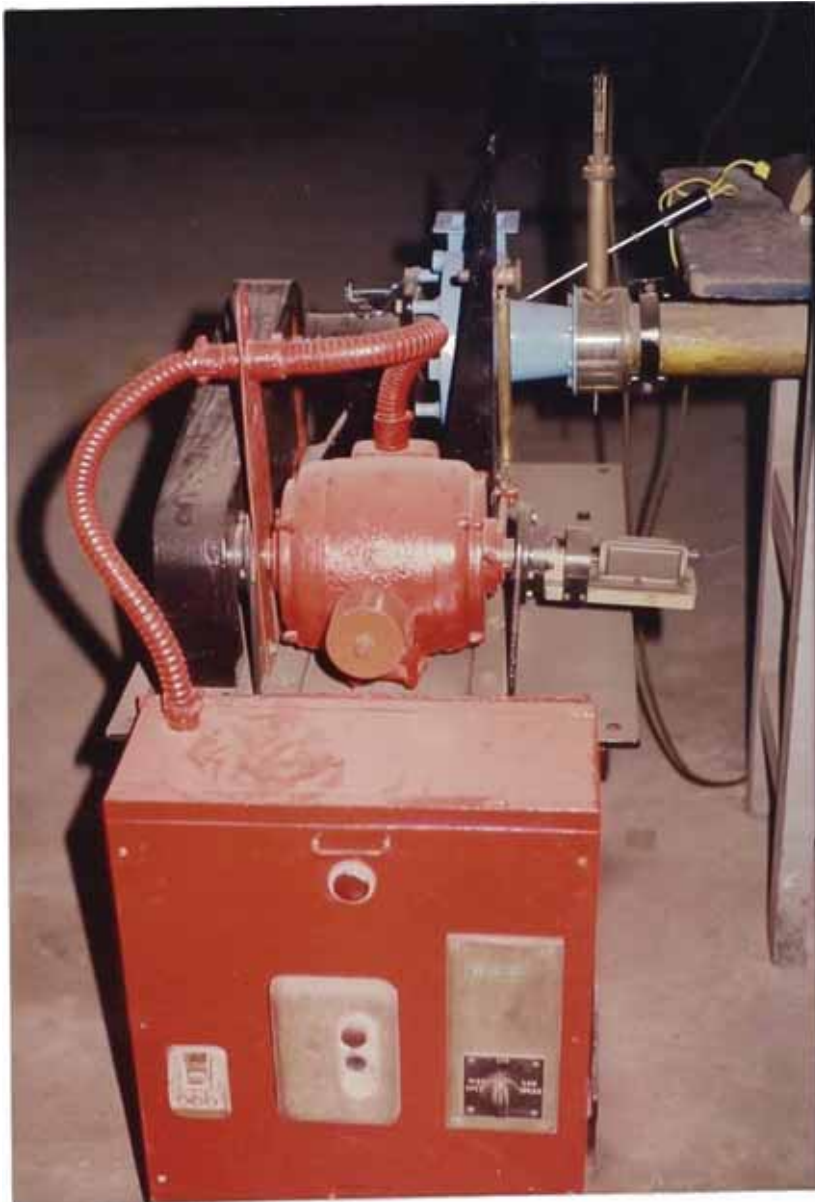


Fig. 34b : Tablero de control

CAPITULO 6

PLAN DE ENSAYOS EXPERIMENTALES

Para efecto de estudio del rodete se esta considerando el flujo como incomprensible, debido a que el cambio de temperatura entre la entrada y la salida del rodete no es significativo, de acuerdo a las mediciones previas realizadas usando termocuplas.

PUNTO	T° DESCARGA - T° SUCCION			
	1005 RPM	1625 RPM	2090 RPM	3350 RPM
0	0.2	0.4	0.6	1.1
1	0.7	1.3	0.9	1.9
2	0.4	0.9	0.8	1.6
3	0.3	0.7	0.6	1.4
4	0.3	0.6	0.7	1.3
5	0.4	0.6	0.6	1.4
6	0.4	0.5	0.5	1.4
7	0.3	0.3	0.5	1.3
8	0.2	0.9	0.4	1.2

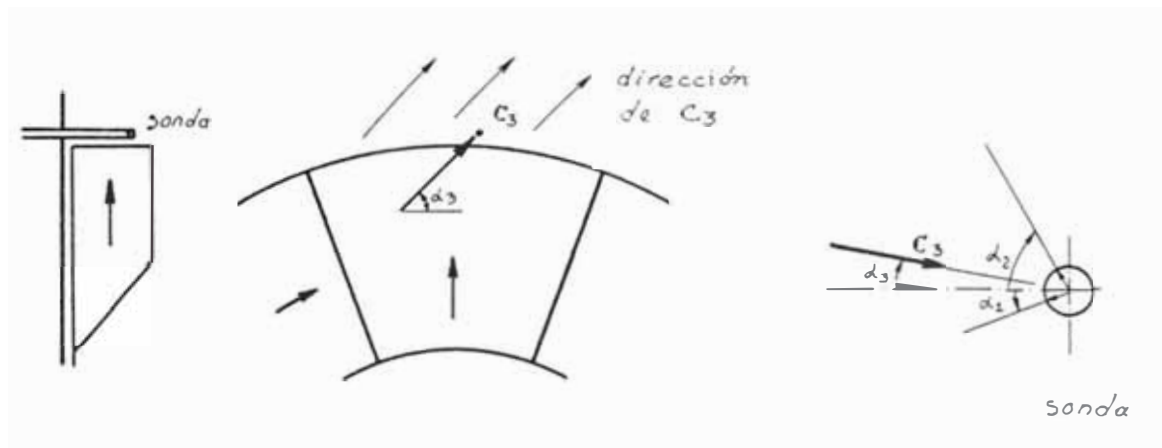
Se calculará otros parámetros tanto dimensionales como adimensionales, que nos permita analizar el rodete desde diferentes condiciones de funcionamiento. Cada uno de estos parámetros, involucra un cierto numero de variables que pueden ser obtenidas directa o indirectamente a partir de las mediciones.

6.1 Procedimiento de ensayos

El procedimiento es el siguiente:

- a) Registrar las condiciones ambientales presión barométrica, temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo.
- b) Nivelar la plataforma basculante hasta que la balanza marque cero.
- c) Verificar que el tubo de impacto se encuentre con la toma de aire en el centro del ducto de succión.
- d) Conectar las mangueras plásticas de los manómetros al tubo de impacto y a la sonda respectivamente.
- e) Arrancar el motor sujetando la plataforma basculante para evitar el golpe de esta por el torque de arranque, habiendo previamente seleccionado la velocidad de ensayo.
- f) Registrar los siguientes datos : presión total y presión estática en la succión, medidos con el tubo de impacto. A continuación, presión total, presión estática y el ángulo del flujo a la salida del rodete α_3 , medidos con la sonda cilíndrica.
- g) Para determinar α_3 , se debe previamente determinar α_1 y α_2 que representan ángulos para igual presión (Fig. 35), siendo α_3 la semisuma de ellos.

- h) Lo anterior se realiza para nueve caudales diferentes, mediante igual número de placas con orificios, desde caudal cero a caudal máximo.
- i) Variar velocidad de rotación y proceder igual que en el paso (f).
- j) El paso (f) se realiza por 3 veces consecutivas, en forma ascendente, descendente y ascendente.



+

Fig. 35 : Determinación del ángulo de flujo α_3

6.2 Registro de datos obtenidos

Los valores experimentales a obtenerse (ver apéndices) son los siguientes:

a) Condiciones ambientales:

Temperatura en K.

Presión en Kg/m^2 .

b) En la succión del ventilador (Sección I):

Presión total en mm agua.

Presión estática en mm agua.

c) En la descarga del ventilador (Sección II):

Presión total en mm agua.

d) A la salida del rodete (Periferia 3):

Alfa 1 y alfa 2 en grados.

Presión total en mm agua.

Presión estática en mm agua.

) Torque de arranque en Lb.

Lo anterior se realiza para 4 velocidades, a través de un sistema de transmisión con poleas, construidas previamente. Es decir:

MOTOR rpm	VENTILADOR rpm
1625	1005
1625	1620
3380	2090
3380	3350

CAPITULO 7

EVALUACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

7.1 Cálculos y gráficos

A continuación se describe los cálculos a efectuar a partir de los datos experimentales:

- a) Densidad del aire (ρ_a) , utilizando la ecuación de estado de los gases ideales:

$$\rho_a = \frac{P_o}{R T_o} \quad (49)$$

Donde:

ρ_a , densidad del aire en Kg/m³.

P_o , presión atmosférica en Kg/m².

T_o , temperatura atmosférica en K.

R, constante del aire (29.27 mKgf/grado.Kgf)

Condiciones ambientales :

$T_o = TBS = 79 \text{ }^\circ\text{F} = 26.1 \text{ }^\circ\text{C} = 299.1 \text{ }^\circ\text{K}.$

$TBH = 71 \text{ }^\circ\text{F} = 21.7 \text{ }^\circ\text{C} = 294.7 \text{ }^\circ\text{K}.$

$P_o = 754.75 \text{ mm Hg} = 10,219.3 \text{ Kg/m}^2 .$

Con lo cual obtenemos:

$$\rho_a = 1.171 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

Para las mismas condiciones de tablas, la densidad del agua:

$$\rho_{H_2O} = 996.164 \text{ Kg} / \text{m}^3$$

b) Velocidad media en la succión (C_I), mediante el tubo de impacto se mide la presión total.

Previamente, se calcula la velocidad máxima mediante la relación:

$$C_{I \max} = \sqrt{2 g (p_{tI} - p_{eI}) \frac{\rho_{H_2O}}{\rho_a}} \quad (50)$$

Donde:

g , aceleración de la gravedad ($9.81 \text{ m} / \text{s}^2$).

p_{tI} , altura de presión total en la succión en mm agua.

p_{eI} , altura de presión estática en la succión en mm agua.

El numero de Reynolds del flujo (Re), esta dado por:

$$Re = \frac{C_I d}{\nu} \quad (51)$$

Donde:

C_I , velocidad media en la succión (I) en m/s.

d , diámetro del ducto (0.0762 m).

ν , viscosidad cinemática del aire a T_o ($1.56 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$).

Calculando Re máximo para $C_I = C_{I\max}$, se ingresa al diagrama de la Fig. 36, obteniendo un C_I parcial; iterando dos veces se halla la velocidad buscada C_I , con lo cual se obtiene el Re del flujo /Ref.10/.

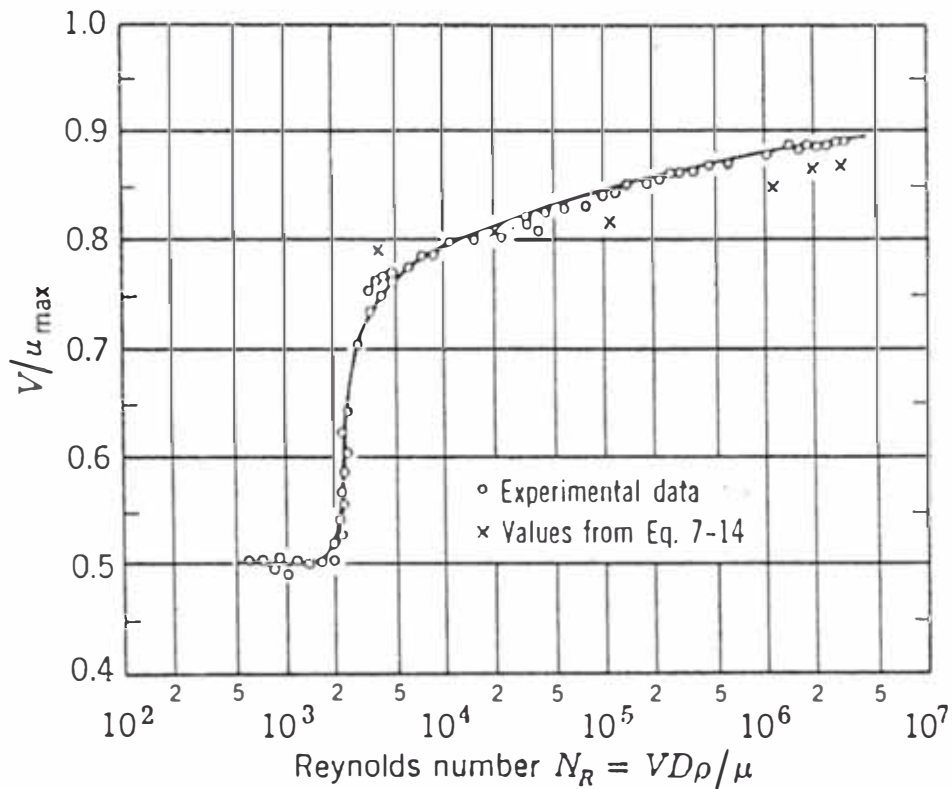


Fig. 36 : Diagrama de Pao

c) Caudal (\dot{V}), esta dado por la relación:

$$\dot{V} = 60 \left(\frac{\pi}{4} \right) d^2 C_I \quad (52)$$

Donde:

V , caudal en m^3/min .

d , diámetro del ducto (0.0762 m).

C_I , velocidad media en la succión en m/s .

- d) Presión total en la descarga (p_{tII}), toda la energía se convierte en energía cinética.

$$C_{II} = \frac{\dot{V}}{60 A_{II}} \quad (53)$$

Donde:

C_{II} , velocidad media en la descarga en m/s.

V , caudal en m³/min

A_{II} , área transversal en la descarga (0.064 x 0.053 m²).

Por tanto:

$$p_{tII} = \left(\frac{C_{II}^2}{2g} \right) \left(\frac{\rho_{H_2O}}{\rho_a} \right) 10^{-3} \quad (54)$$

Donde:

p_{tII} , presión total en la descarga en mm de agua.

- e) Altura de presión total del rodete (Δp_t), está dada por la relación:

$$\Delta p_t = p_{tII} - p_{tI} \quad (55)$$

Donde:

Δp_t , altura de presión total en mm de agua.

- f) Potencia aerodinámica (Pa), se calcula mediante la siguiente relación:

$$Pa = \frac{\Delta P \rho_{H_2O} \dot{V}}{6120} \quad (56)$$

Donde:

Pa, potencia aerodinámica en watt.

g) Potencia al eje (P), se usa la relación:

$$P = \frac{F N_m}{12.1} K_c \eta_t \quad (57)$$

Donde:

P, potencia al eje en watt.

F, lectura de la balanza en Lbs..

Nm, velocidad del motor en r.p.m..

Kc, factor de corrección de lectura (0.807).

η_t , eficiencia de la transmisión (0.867). Ver Fig. 37.

$$\eta_r = [0.97 - 0.99]$$

$$\eta_p = [0.90 - 0.98]$$

$$\eta_t = (\eta_r) \cdot \eta_p$$

$$\eta_t = 0.984 \cdot 0.94 = 0.867$$

Donde:

η_r , eficiencia del rodamiento.

η_p , eficiencia del sistema de poleas.

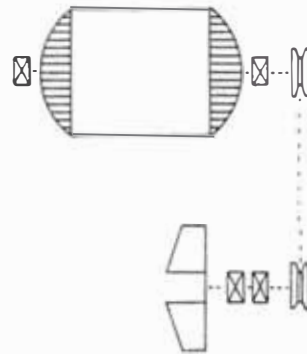


Fig. 37 : Esquema de la transmisión del ventilador

h) Eficiencia total (η), mediante la relación:

$$\eta = \frac{Pa}{P} \quad (58)$$

i) Cifra de caudal (φ), mediante la relación:

$$\varphi = \frac{4 \dot{V}}{\pi D_2^2 U_2} \quad (59)$$

$$U_2 = \frac{\pi D_2 Nv}{60} \quad (60)$$

Donde:

D_2 , diámetro exterior del rodete (0.20 m).

U_2 , velocidad en la periferia del rodete en m/s.

Nv , velocidad del rodete en rpm.

j) Cifra de presión (ψ), mediante la relación:

$$\psi = \left(\frac{2 g \Delta p}{U_2^2} \right) \left(\frac{\rho_{H_2O}}{\rho_a} \right) 10^{-3} \quad (61)$$

k) Angulo de salida del flujo (α_3), mediante la relación:

$$\alpha_3 = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \quad (62)$$

Donde:

α_1 , α_2 , ángulos medidos con la sonda para igual presión.

l) Velocidad absoluta de salida del flujo (C_3), mediante la relación:

$$C_3 = \sqrt{2 g (P_{t3} - P_{e3}) \frac{\rho_{H_2O}}{\rho_a} 10^{-3}} \quad (63)$$

Donde:

C_3 , velocidad absoluta de salida en m/s.

p_{t3} , presión total a la salida del rodete en mm de agua, medido con la sonda.

p_{e3} , presión estática a la salida del rodete en mm de agua, para 44° en la sonda.

m) Coeficiente de resbalamiento local (μ), mediante la relación:

$$\mu = \frac{C_3 \cos \alpha_3}{U_2} \quad (64)$$

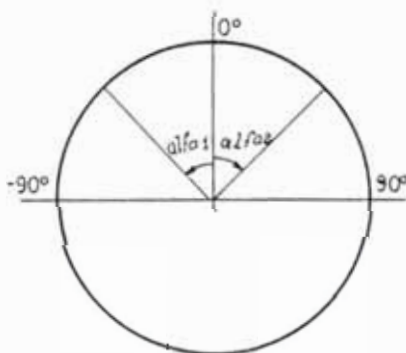


Fig. 38 : Medición de α_3

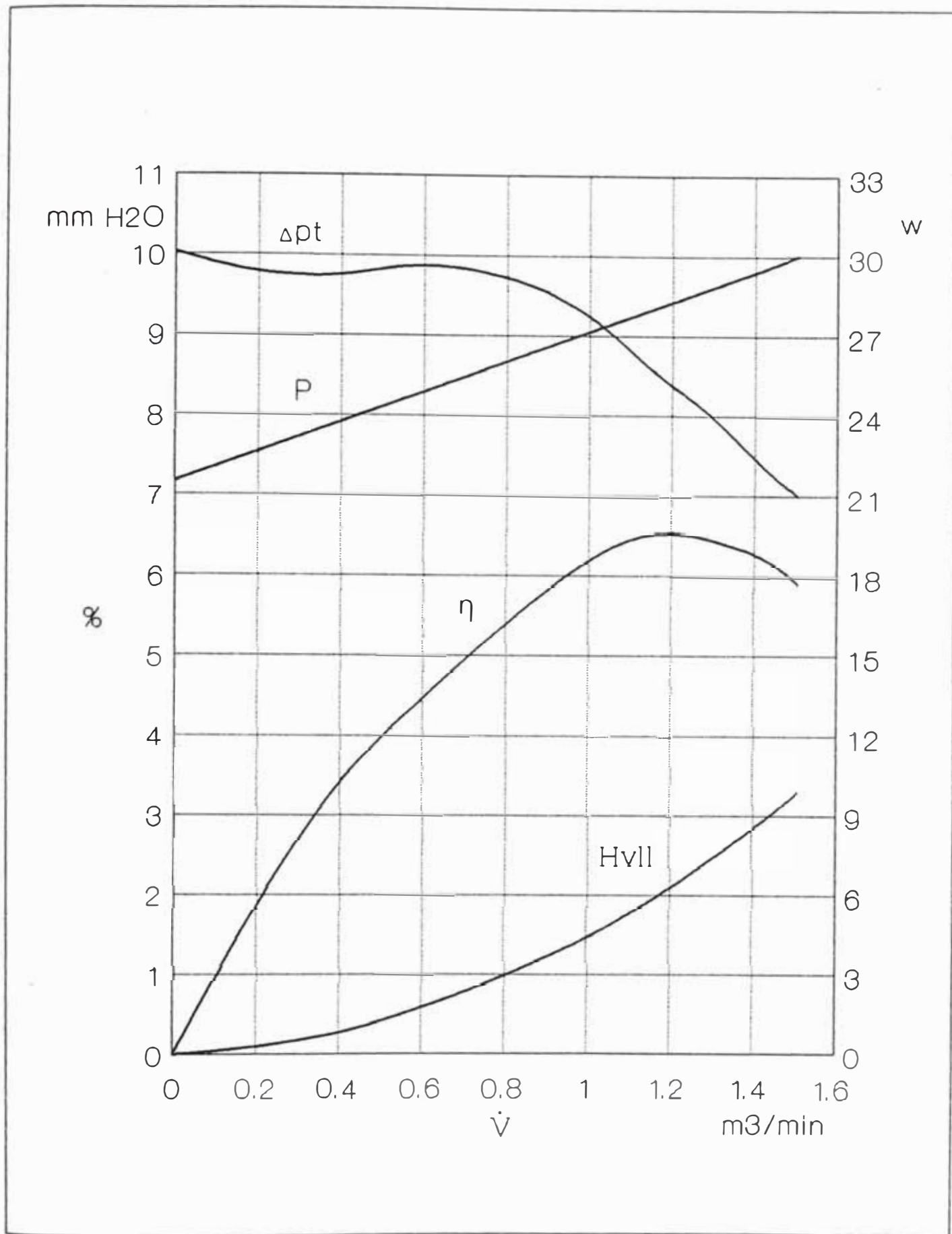
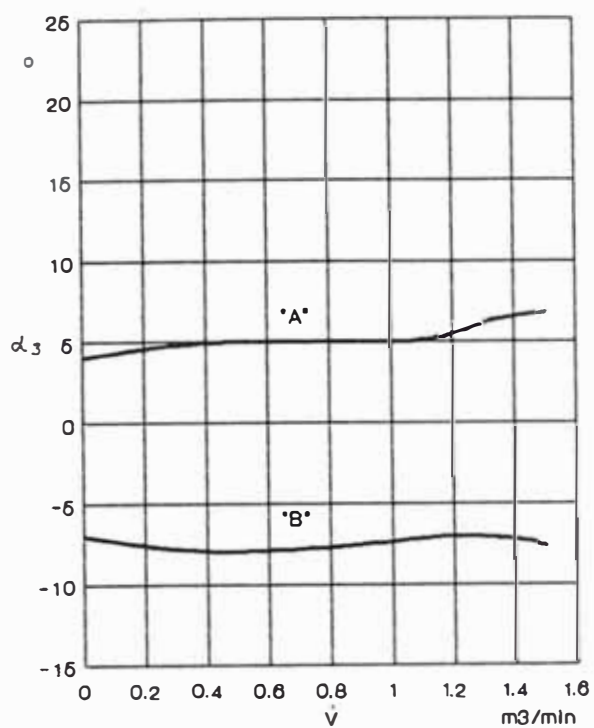
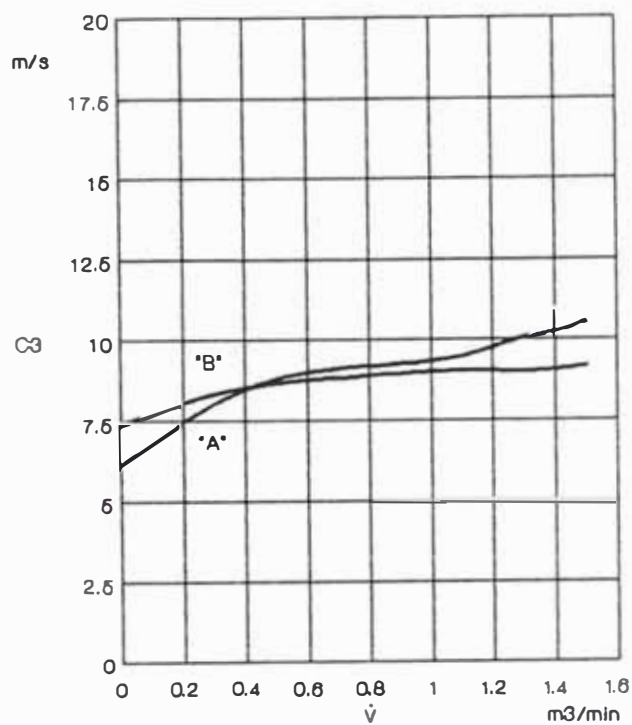


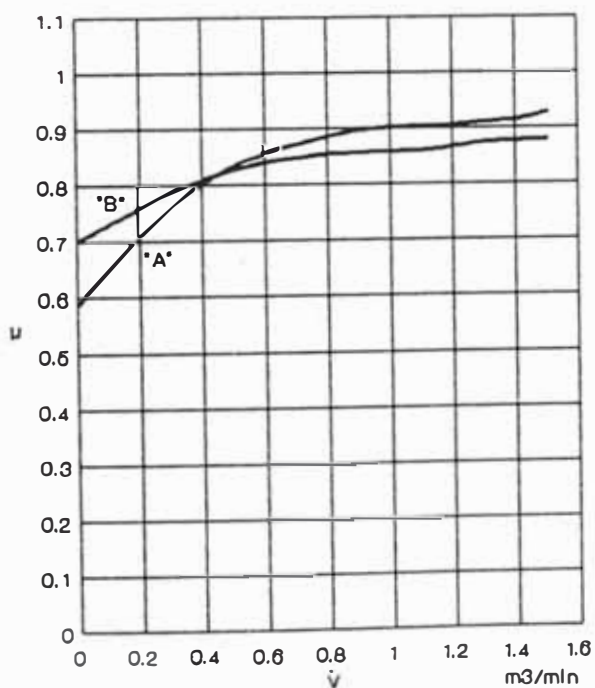
Fig. 39 Curvas características para N_m 1625 rpm
 N_v 1005 rpm.



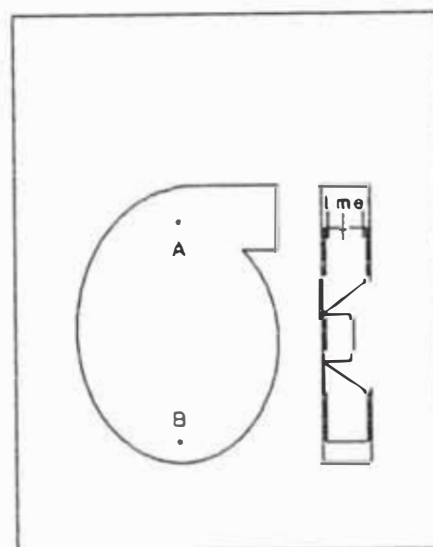
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

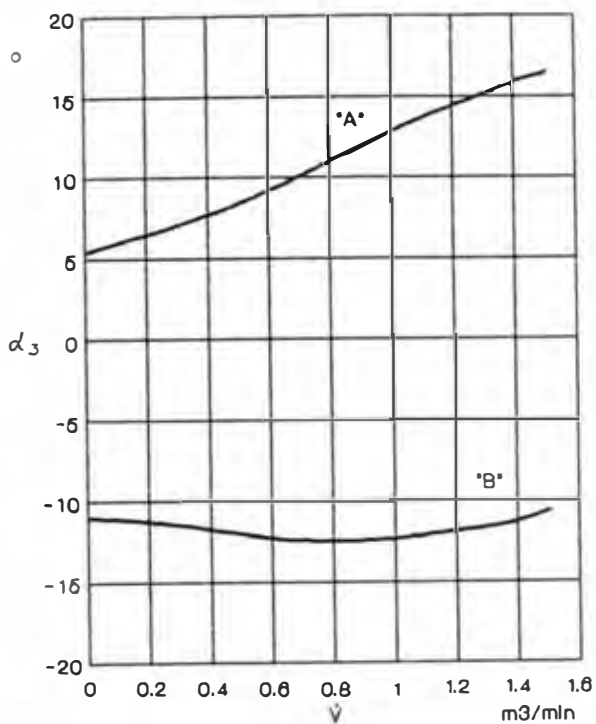


Coeficiente de resbalamiento versus caudal

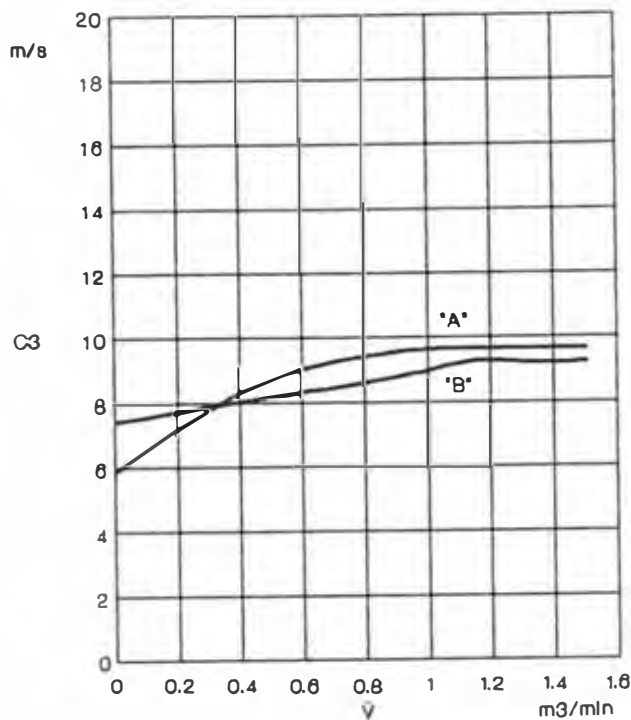


A : zona 'A' B : zona 'B'
 l : Interior m : medio e : exterior

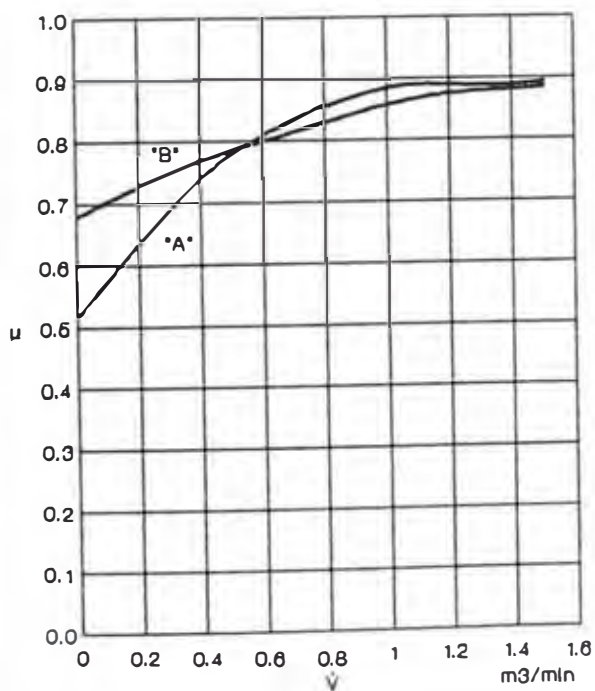
Fig. 40 : Variación de parámetros para $N_m = 1625$ rpm
 $N_v = 1005$ rpm en la zona "A" y "B", punto exterior



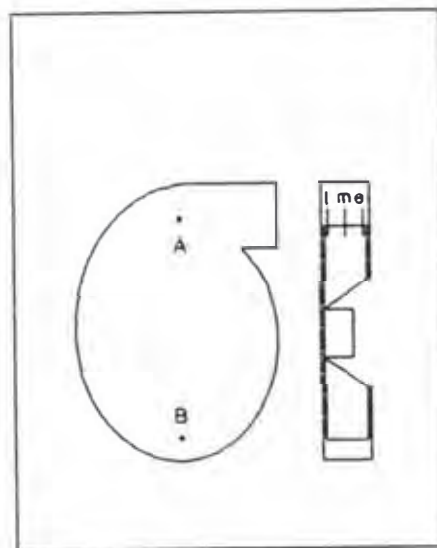
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

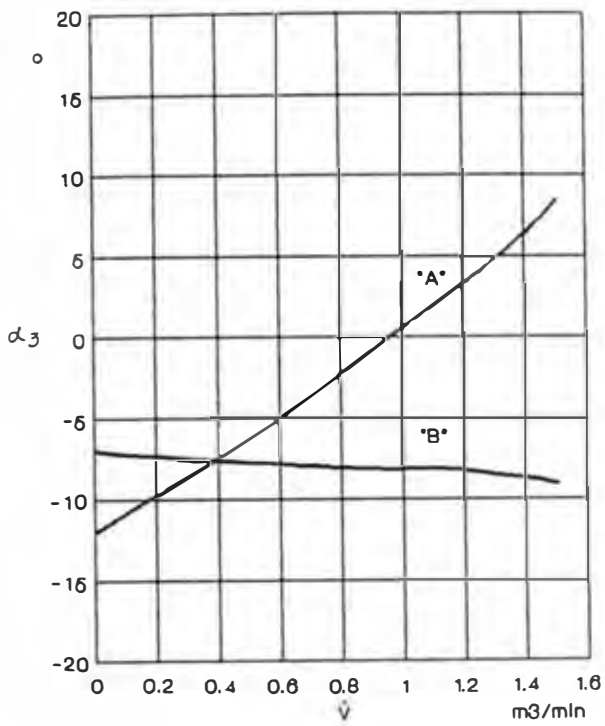


Coeficiente de resbalamiento versus caudal

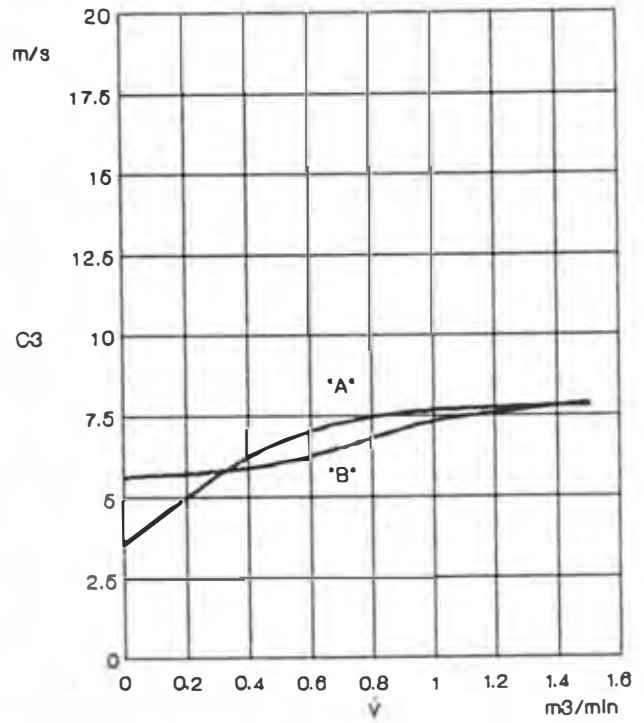


A : zona "A" B : zona "B"
 l : Interior m : medio e : exterior

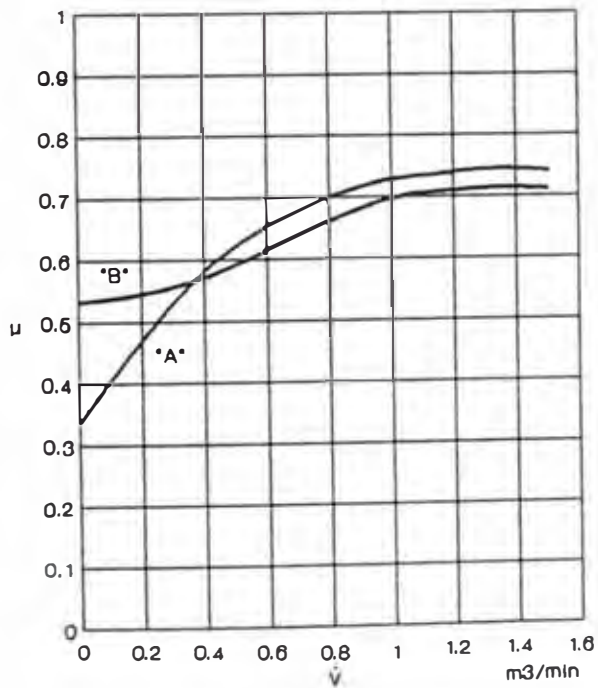
Fig. 41 : Variación de parámetros para $N_m = 1625$ rpm
 $N_v = 1005$ rpm en la zona "A" y "B", punto medio



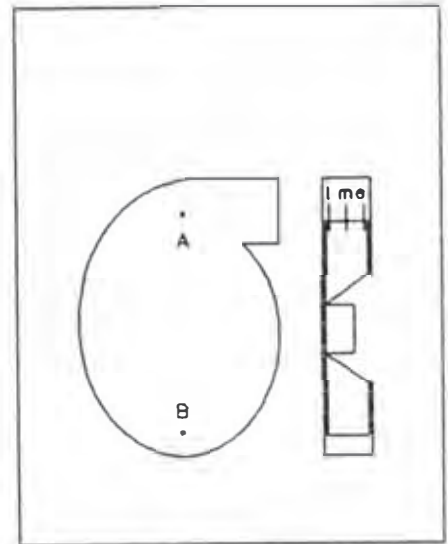
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal



Coeficiente de resbalamiento versus caudal



A : zona 'A' B : zona 'B'
 l : Interior m : medio e : exterior

Fig. 42 : Variación de parámetros para $N_m = 1625$ rpm
 $N_v = 1005$ rpm en la zona "A" y "B", punto interior

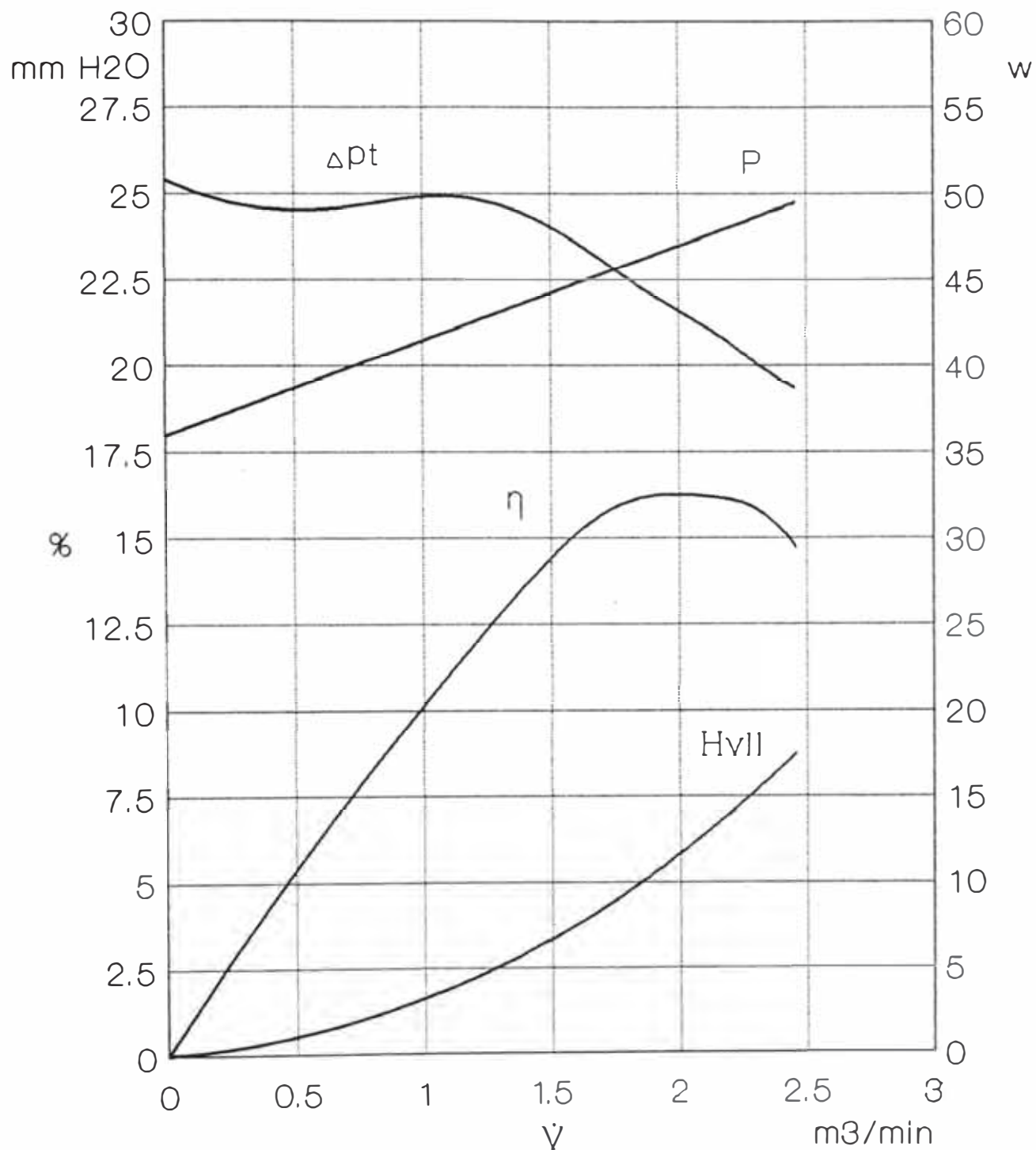
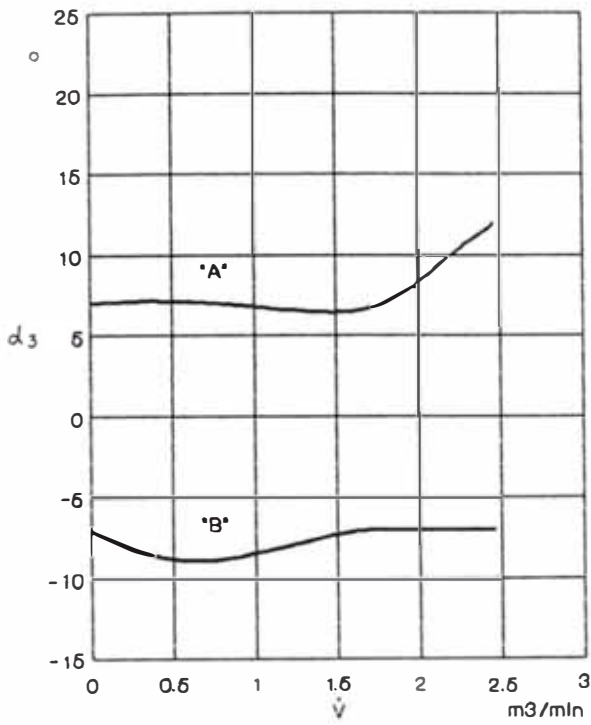
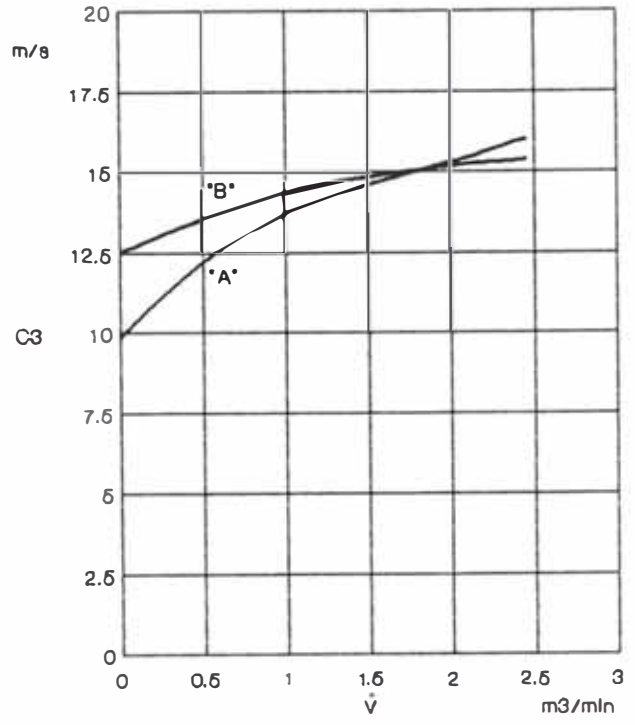


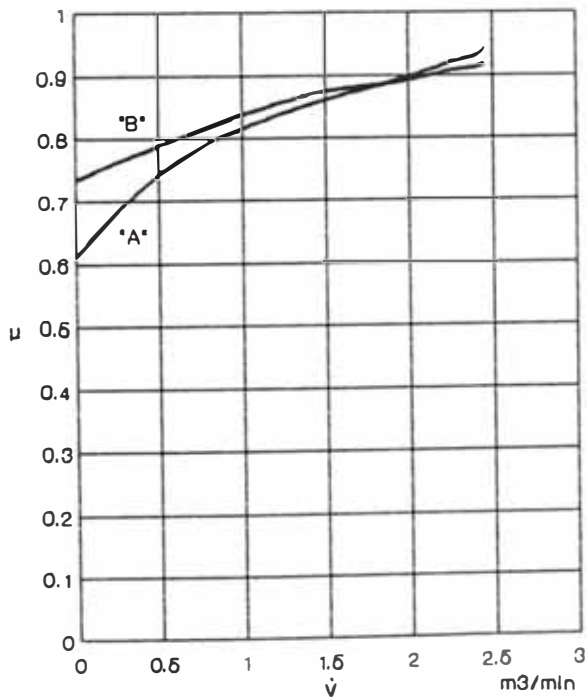
Fig. 43 Curvas características para N_m 1625 rpm
 N_v 1620 rpm.



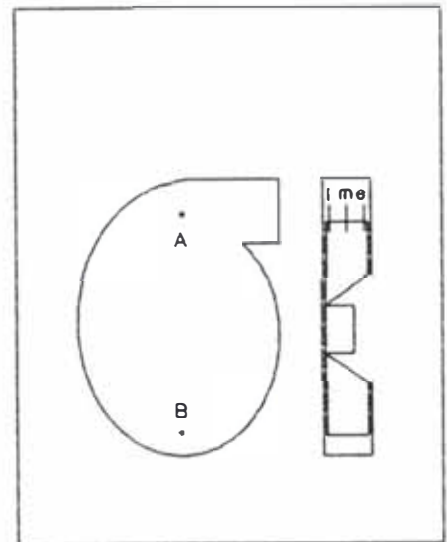
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

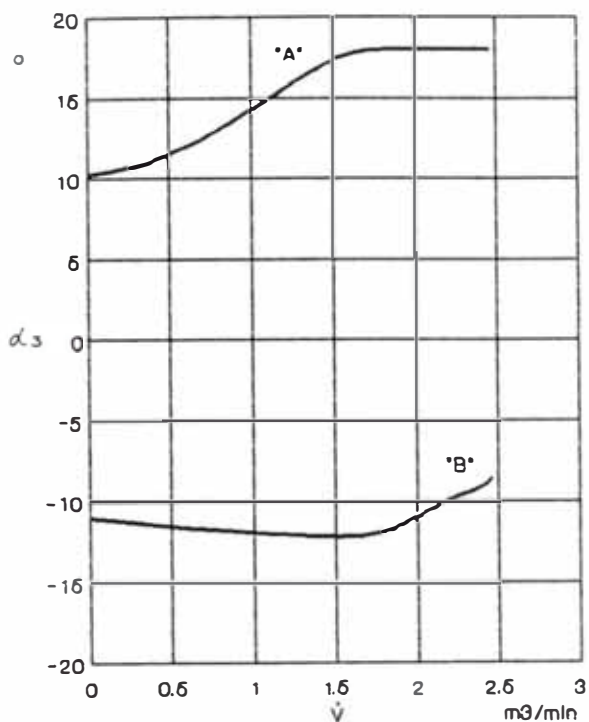


Coefficiente de resbalamiento versus caudal

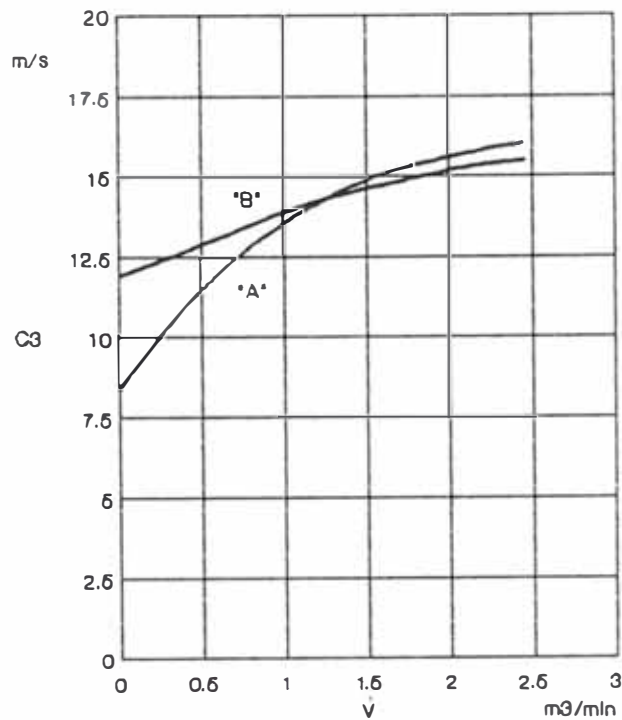


A : zona "A" B : zona "B"
l : Interior m : medio e : exterior

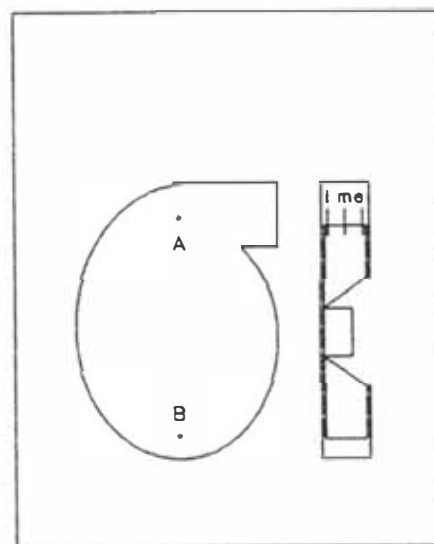
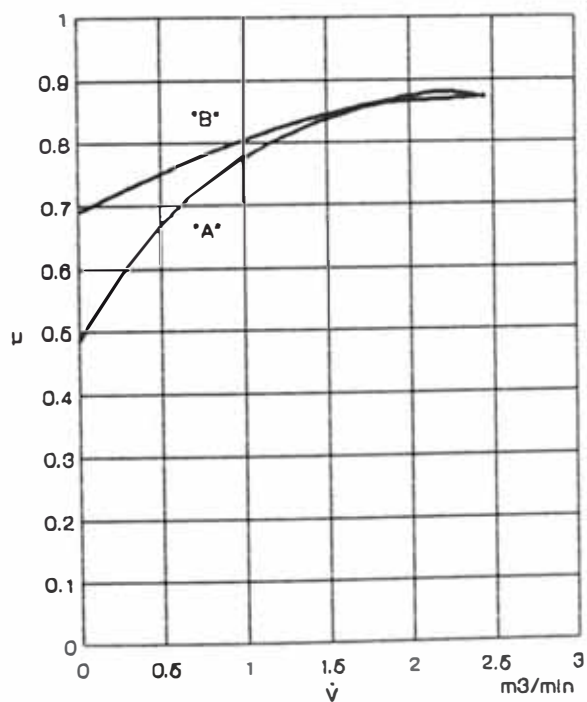
Fig. 44 : Variación de parámetros para $N_m = 1625 \text{ rpm}$
 $N_v = 1620 \text{ rpm}$ en la zona "A" y "B", punto exterior



Angulo de salida del flujo versus caudal

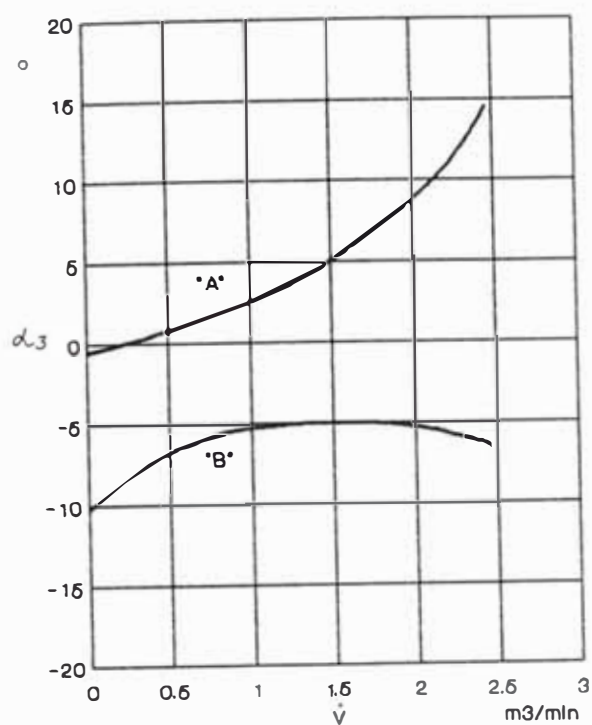


Velocidad de salida del flujo versus caudal

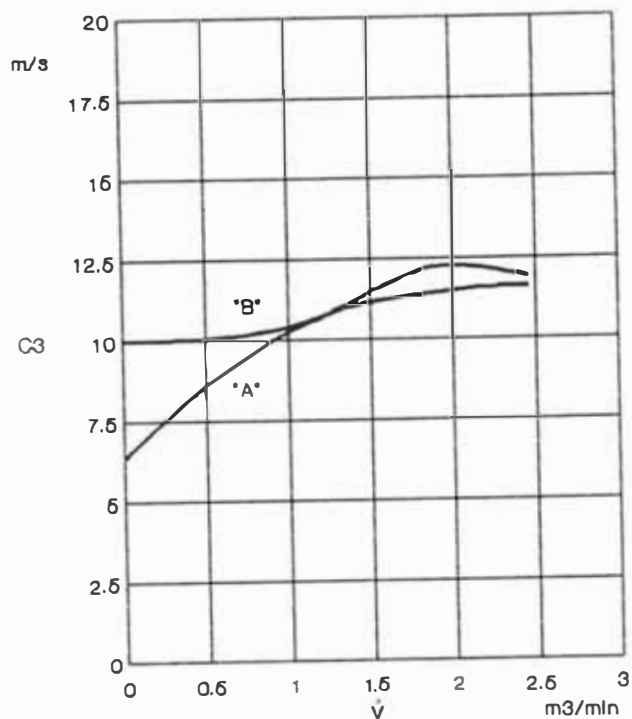


A : zona "A" B : zona "B"
 l : Interior m : medio e : exterior

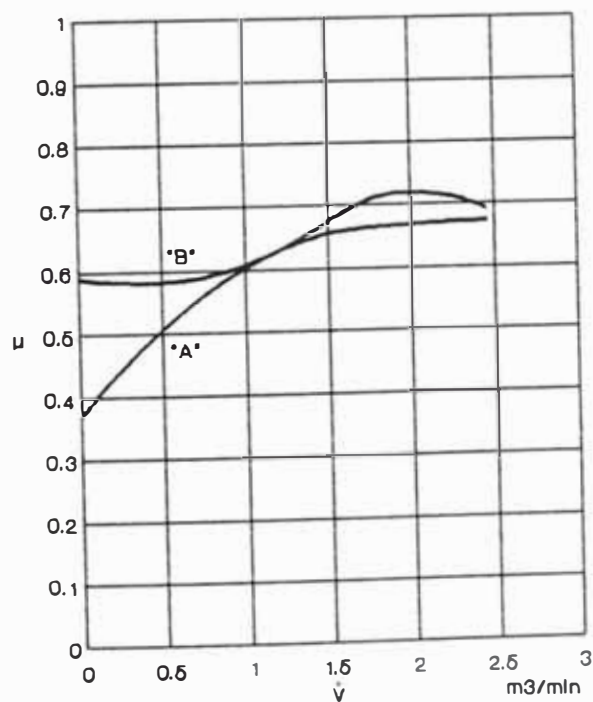
Fig. 45 : Variación de parámetros para $N_m = 1625$ rpm
 $N_v = 1620$ rpm en la zona "A" y "B", punto medio



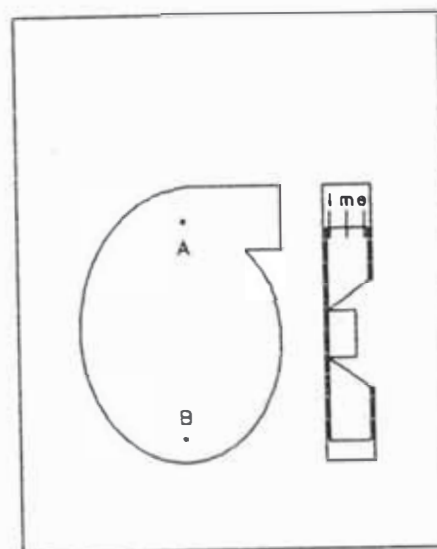
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal



Coeficiente de resbalamiento versus caudal



A : zona "A" B : zona "B"
 l : Interior m : medio e : exterior

Fig. 46 : Variación de parámetros para $N_m = 1625$ rpm
 $N_v = 1620$ rpm en la zona "A" y "B", punto interior

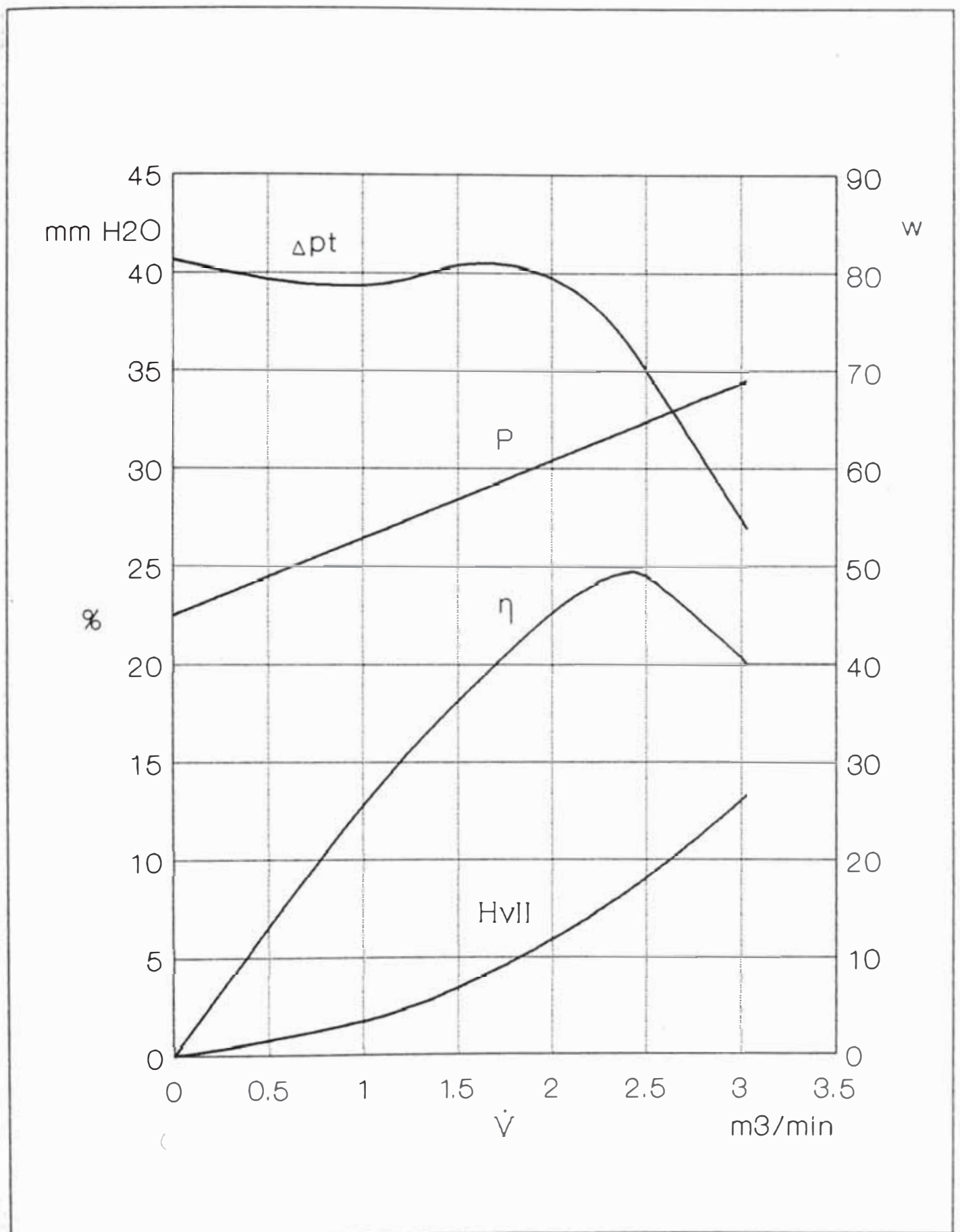
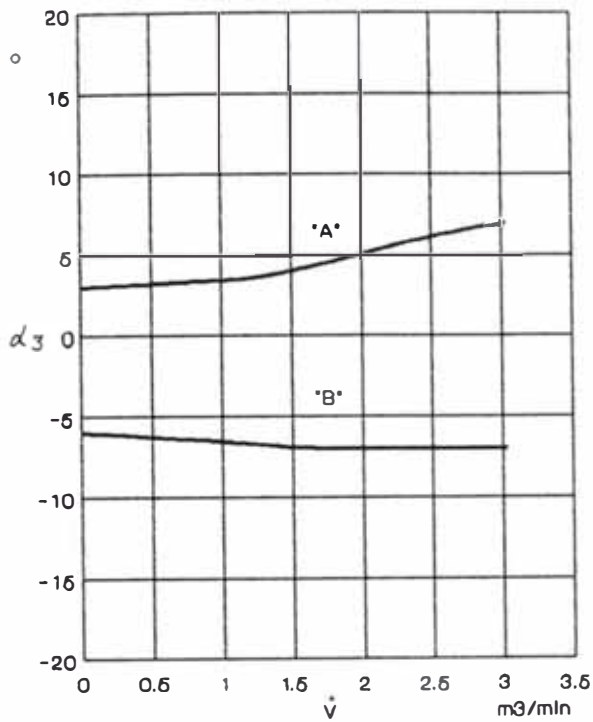
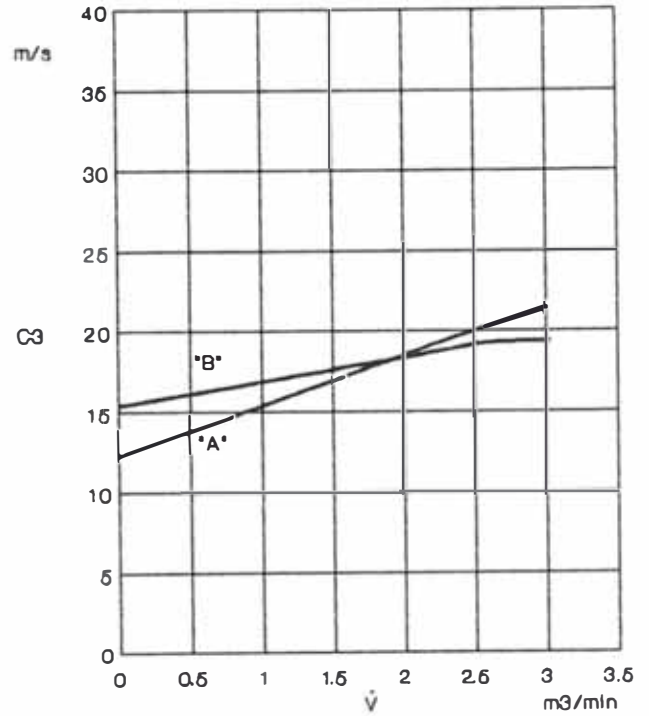


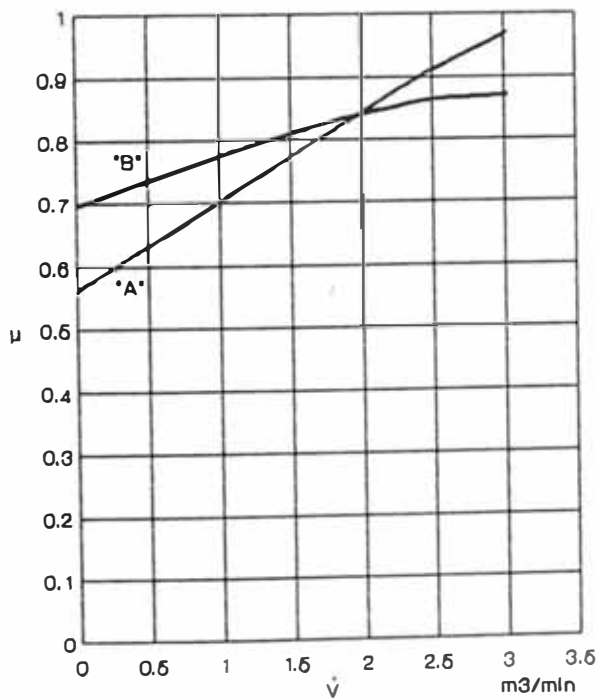
Fig. 47 Curvas características para Nm 3380 rpm
Nv 2090 rpm.



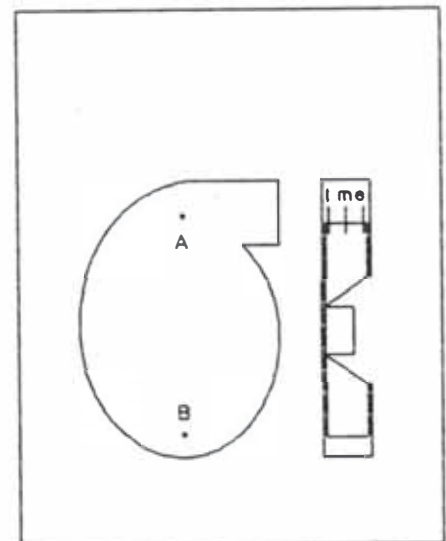
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

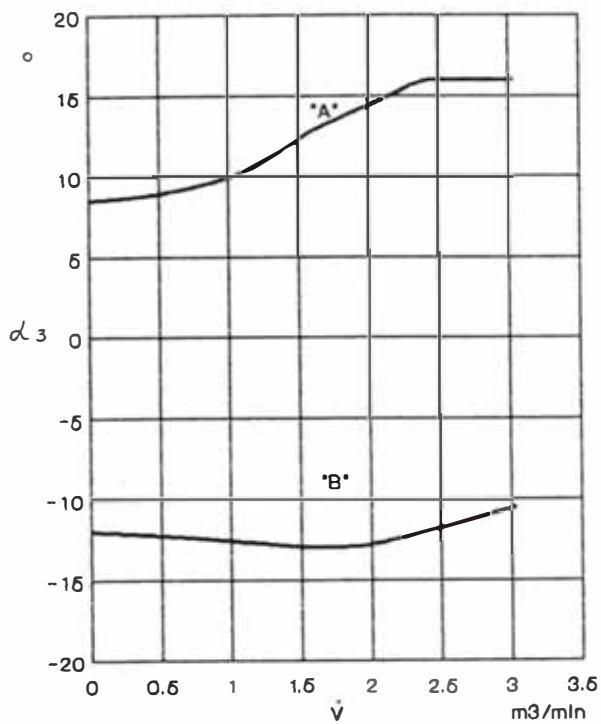


Coefficiente de resbalamiento versus caudal

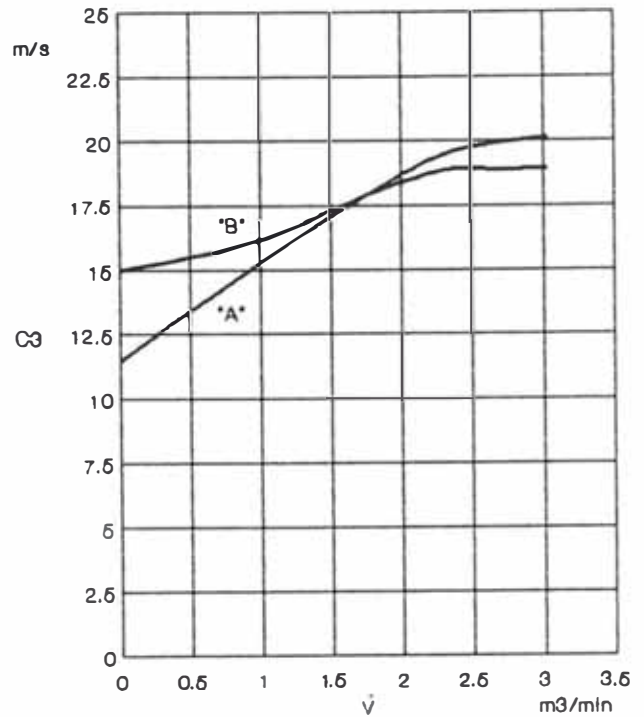


A : zona 'A' B : zona 'B'
l : Interior m : medio e : exterior

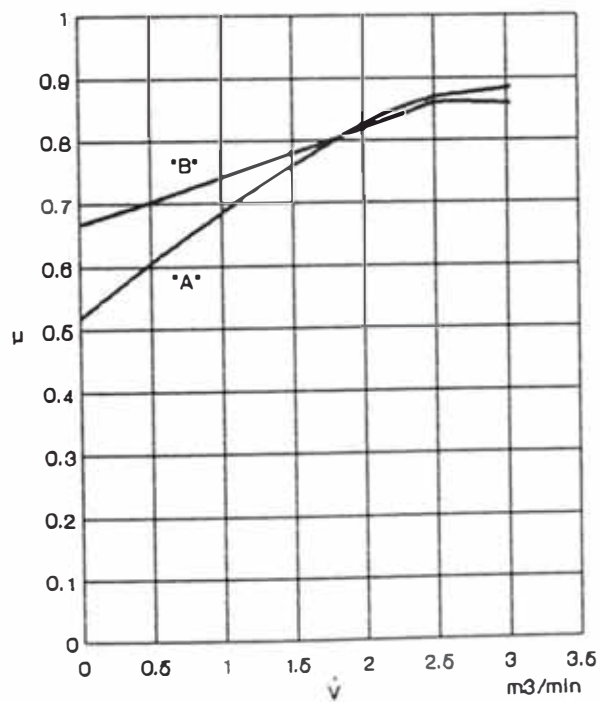
Fig. 48 : Variación de parámetros para $N_m = 3380$ rpm
 $N_v = 2090$ rpm en la zona "A" y "B", punto exterior



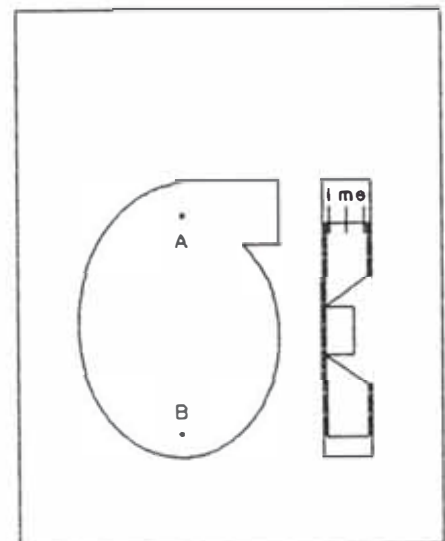
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

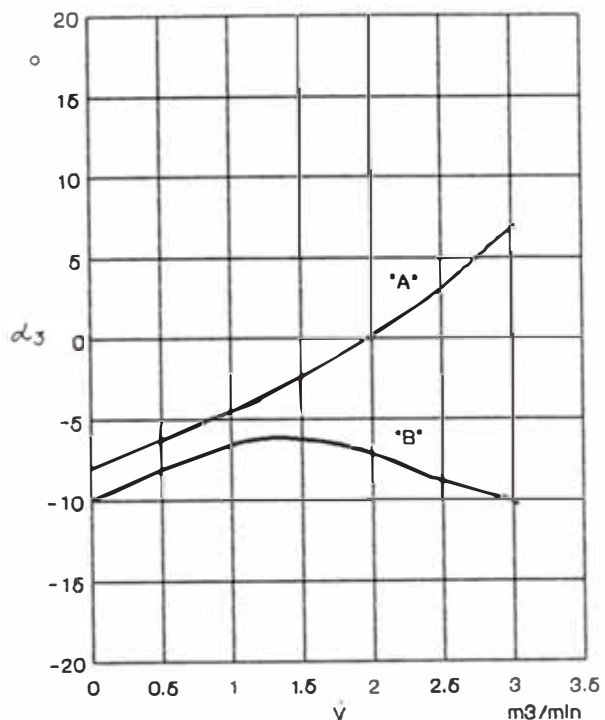


Coeficiente de resbamiento versus caudal

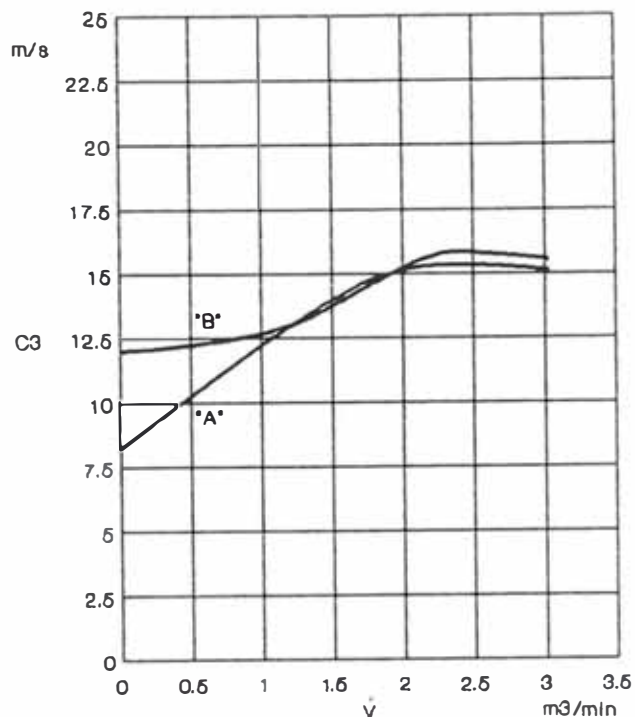


A : zona 'A' B : zona 'B'
 l : Interior m : medio e : exterior

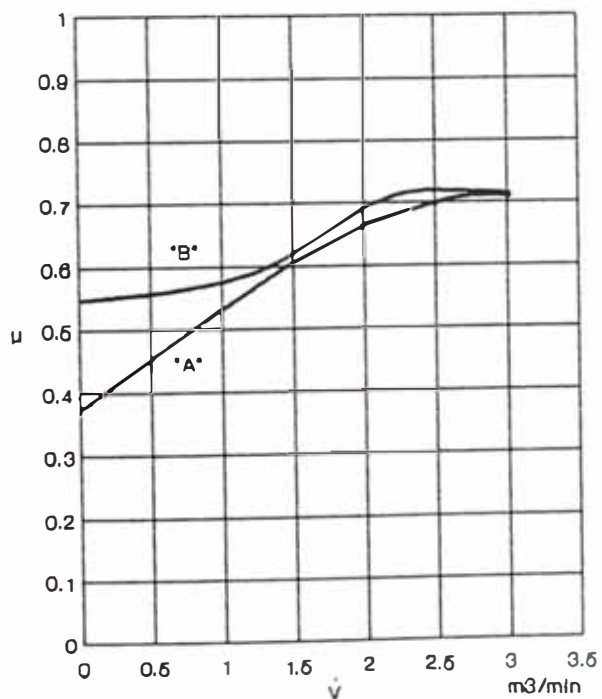
Fig. 49 : Variación de parámetros para $N_m = 3380$ rpm
 $N_v = 2090$ rpm en la zona "A" y "B", punto medio



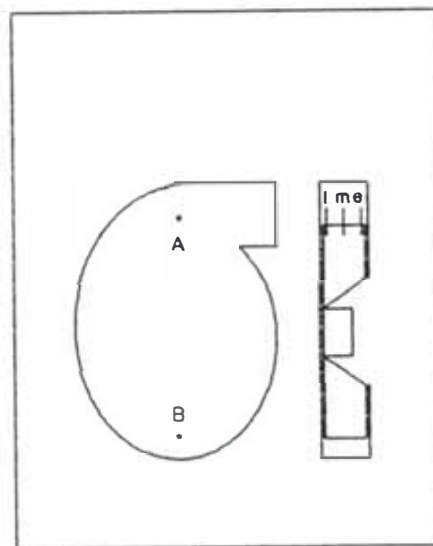
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal



Coefficiente de resbalamiento versus caudal



A : zona "A" B : zona "B"
l : Interior m : medio e : exterior

Fig. 50 : Variación de parámetros para $N_m = 3380$ rpm
 $N_v = 2090$ rpm en la zona "A" y "B", punto interior

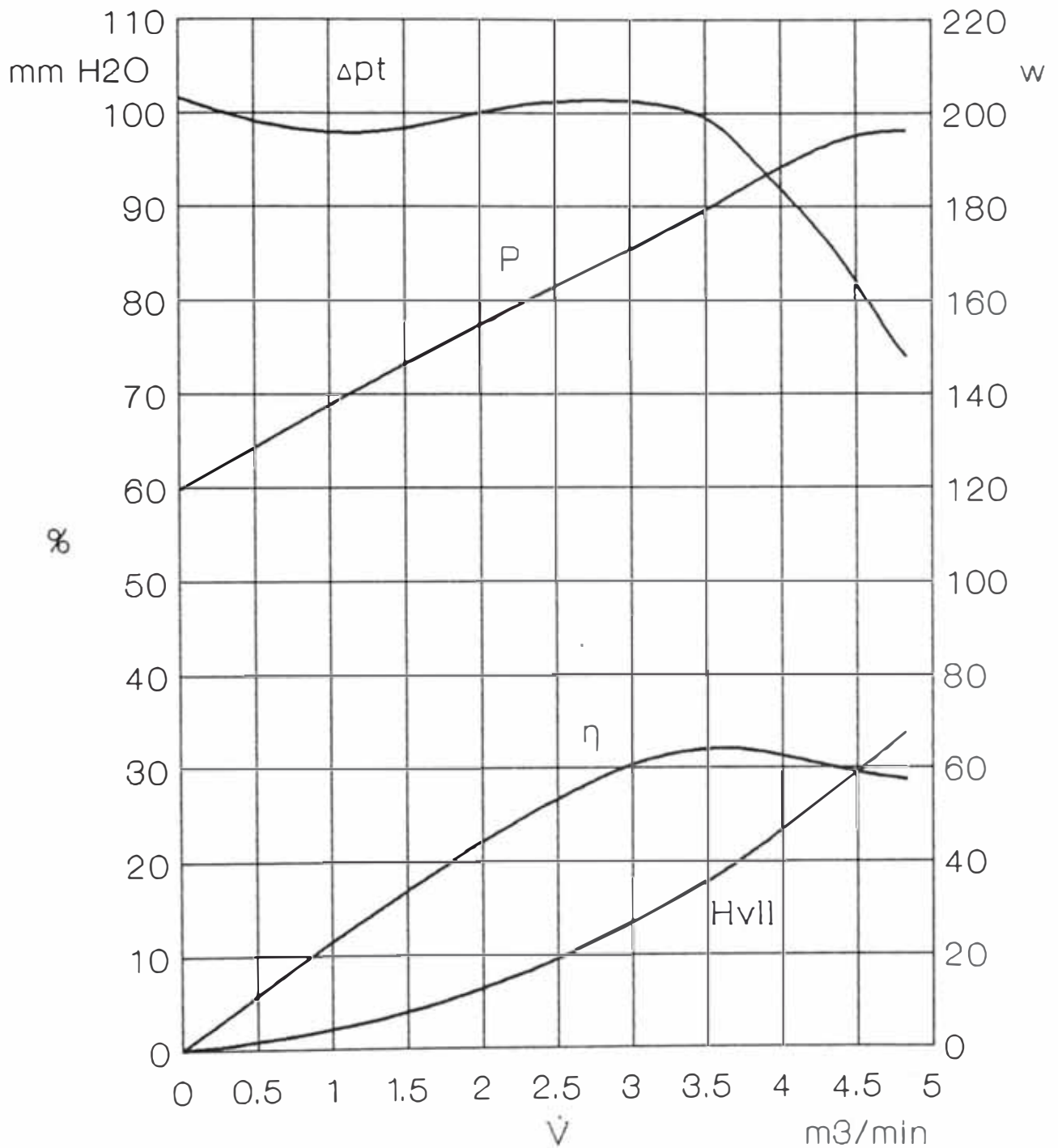
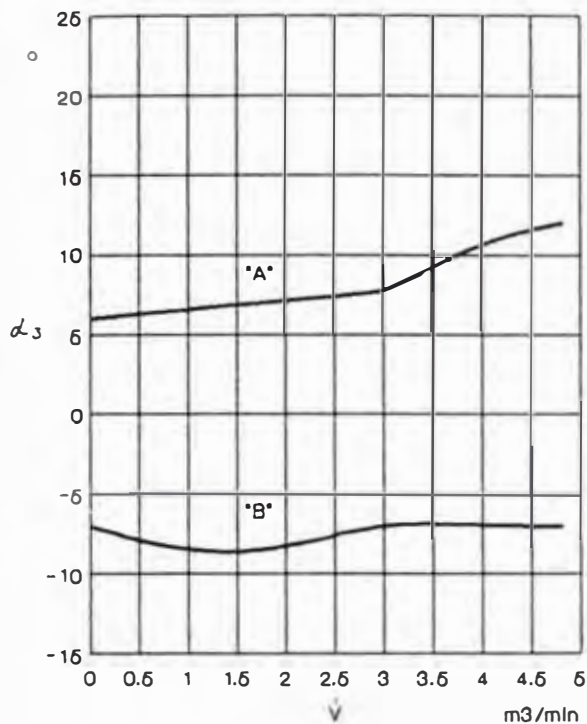
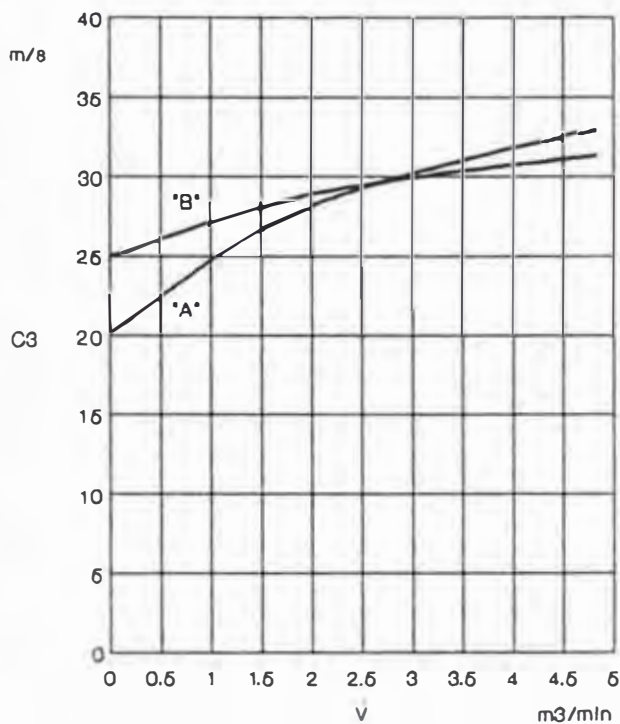


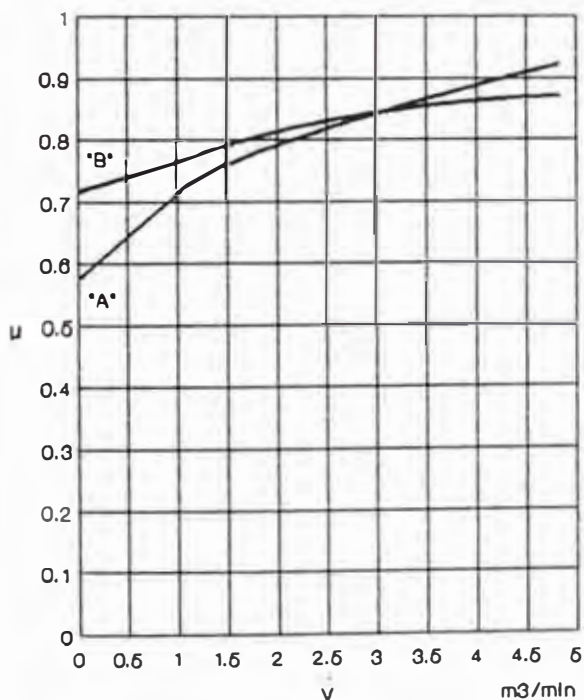
Fig. 51 : Curvas características para $N_m = 3380$ rpm
 $N_v = 3350$ rpm.



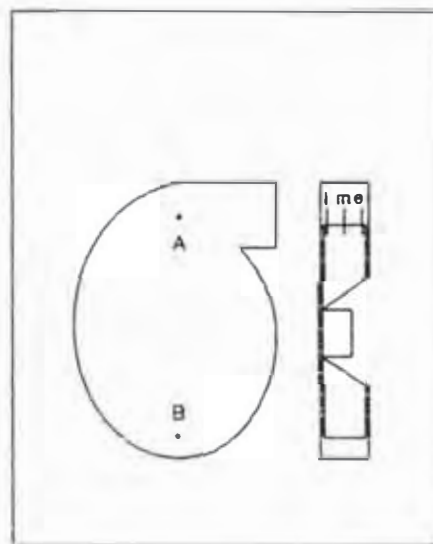
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

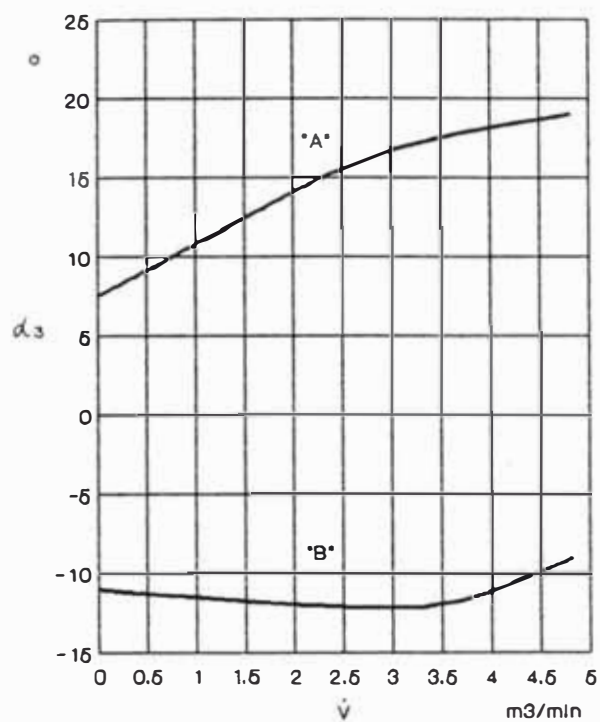


Coeficiente de resbataimiento versus caudal

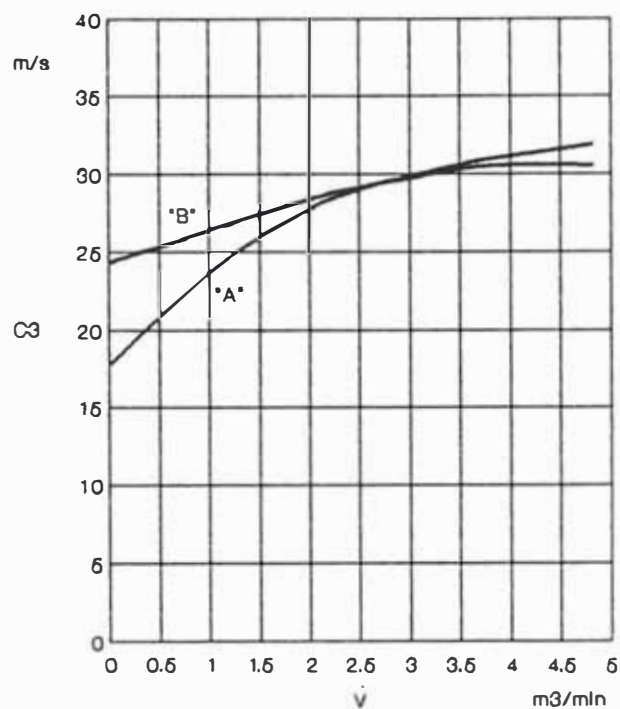


A : zona "A" B : zona "B"
 l : Interior m : medio e : exterior

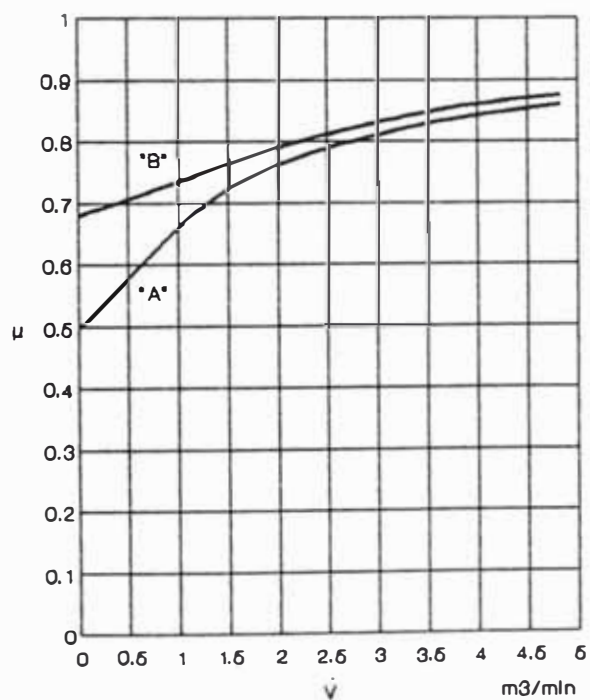
Fig. 52 : Variación de parámetros para $N_m = 3380$ rpm
 $N_v = 3350$ rpm en la zona "A" y "B", punto exterior



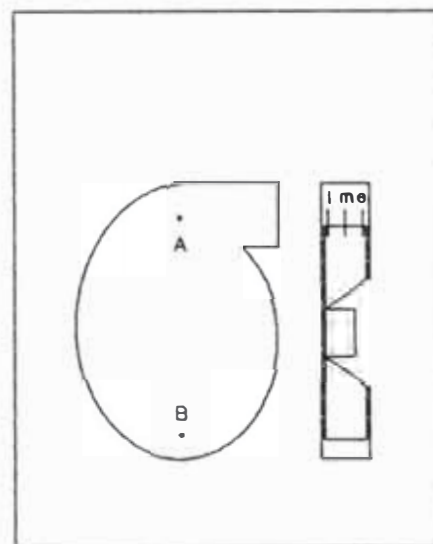
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

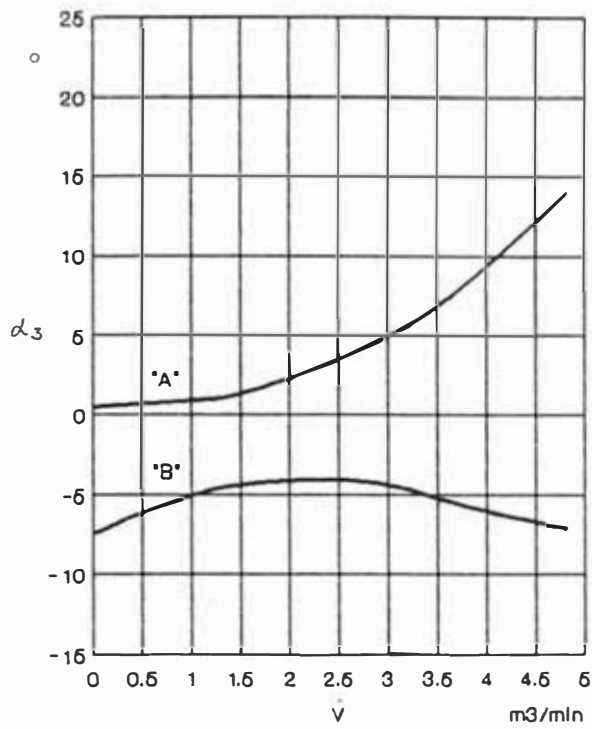


Coeficiente de resbalamiento versus caudal

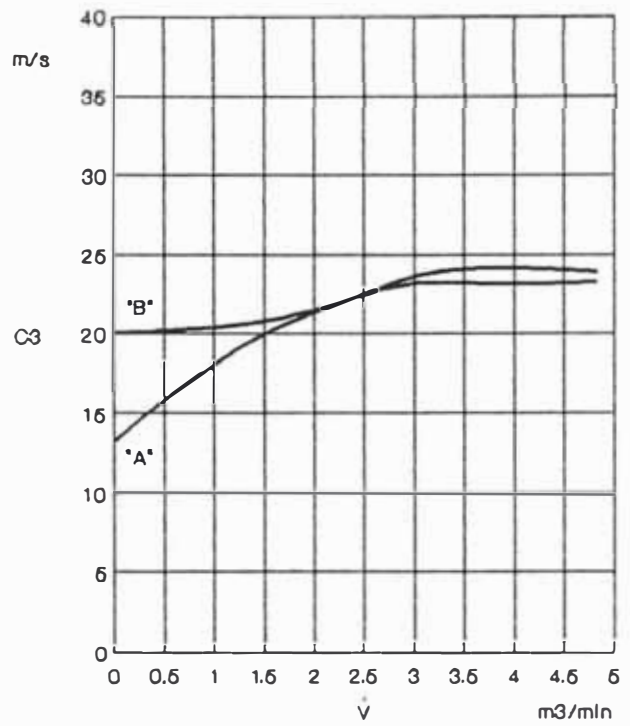


A : zona "A" B : zona "B"
 i : Interior m : medio e : exterior

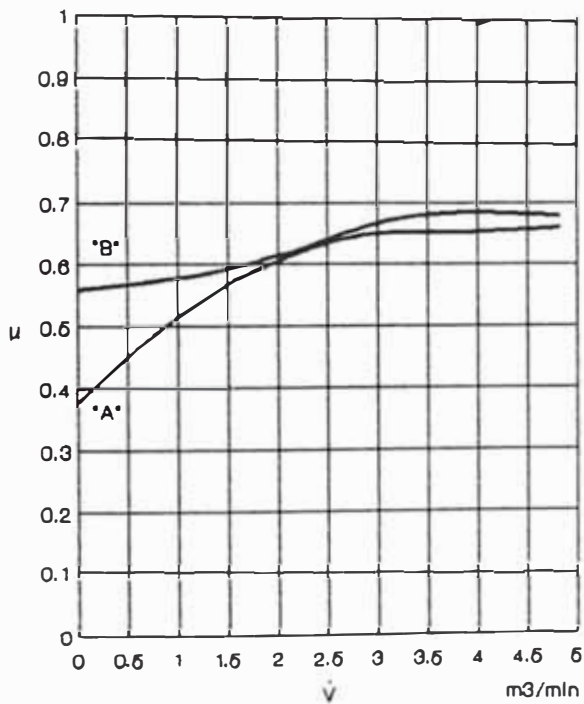
Fig. 53 : Variación de parámetros para $N_m = 3380$ rpm
 $N_v = 3350$ rpm en la zona "A" y "B", punto medio



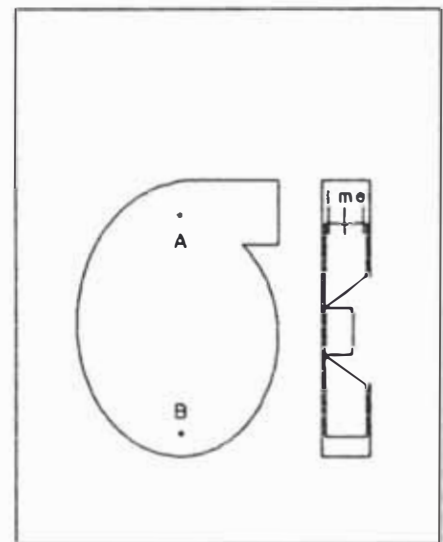
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal



Coeficiente de resbalamiento versus caudal



A : zona "A" B : zona "B"
 i : Interior m : medio e : exterior

Fig. 54 : Variación de parámetros para $N_m = 3380$ rpm
 $N_v = 3350$ rpm en la zona "A" y "B", punto interior

Tabla 4 : Resultados finales del ensayo para máxima eficiencia

N m r.p.m.	N v r.p.m.	\dot{V} m ³ / min	ΔP_t mm H ₂ O	P w	CI m / s	C II m / s
1625	1005	1.14	8.55	27.92	4.17	5.60
1625	1620	1.84	22.22	47.08	6.72	9.04
3380	2090	2.37	36.98	63.75	8.66	11.65
3380	3350	3.80	95.00	187.05	13.89	18.67

N v r.p.m.	U 1 m / s	U 2 m / s	C m 0 m / s	C m 1 m / s	C m 2 m / s	C m 3 m / s
1005	4.47	10.52	2.37	2.55	0.64	0.62
1620	7.21	16.96	3.83	4.12	1.03	1.00
2090	9.30	21.89	4.93	5.31	1.33	1.29
3350	14.91	35.08	7.91	8.51	2.13	2.07

N v r.p.m.	η %	N q r.p.m.	φ	ψ	τ	δ
1005	6.60	31.19	0.057	1.329	0.193	4.497
1620	16.40	31.20	0.057	1.364	0.190	4.514
2090	24.80	31.18	0.057	1.304	0.195	4.491
3350	32.20	31.19	0.057	1.210	0.207	4.385

N m r.p.m.	N v r.p.m.	CI / C m 0	C II / U 2	C m 3 / U 2	C m 3 / C m 0	H v / H e
1625	1005	1.76	0.53	0.06	0.26	0.27
1625	1620	1.76	0.53	0.06	0.26	0.27
3380	2090	1.76	0.53	0.06	0.26	0.27
3380	3350	1.76	0.53	0.06	0.26	0.27

Tabla 5 : Resultados finales puntuales del ensayo para máxima eficiencia

E X T E R I O R											
Z O N A A						Z O N A B					

N m r.p.m.	N v r.p.m.	alfa 3 °	C:3 m/s	μ	C m3 m/s	C m3/U2	Cm3/Cmo	alfa 3 °	C3 m/s	μ	C m3 m/s	C m3/U2	Cm3/Cmo
1625	1005	5.0	9.51	0.900	0.83	0.08	0.35	-7.0	9.10	0.858	1.11	0.11	0.47
1625	1620	7.0	15.10	0.883	1.84	0.11	0.48	-7.0	15.10	0.883	1.84	0.11	0.48
3380	2090	6.0	19.72	0.896	2.06	0.09	0.42	-7.0	18.92	0.858	2.31	0.11	0.47
3380	3350	11.0	31.50	0.881	6.01	0.17	0.76	-7.0	30.60	0.866	3.73	0.11	0.47

M E D I O											
Z O N A A						Z O N A B					

N m r.p.m.	N v r.p.m.	alfa 3 °	C:3 m/s	μ	C m3 m/s	C m3/U2	Cm3/Cmo	alfa 3 °	C3 m/s	μ	C m3 m/s	C m3/U2	Cm3/Cmo
1625	1005	14.0	9.67	0.891	2.34	0.22	0.99	-12.0	9.39	0.873	1.95	0.19	0.82
1625	1620	18.0	15.43	0.865	4.77	0.28	1.25	-12.0	15.00	0.865	3.12	0.18	0.81
3380	2090	16.0	19.60	0.861	5.40	0.25	1.10	-12.0	18.98	0.848	3.95	0.18	0.80
3380	3350	18.0	31.06	0.842	9.60	0.27	1.21	-12.0	30.85	0.860	6.41	0.18	0.81

I N T E R I O R											
Z O N A A						Z O N A B					

N m r.p.m.	N v r.p.m.	alfa 3 °	C:3 m/s	μ	C m3 m/s	C m3/U2	Cm3/Cmo	alfa 3 °	C3 m/s	μ	C m3 m/s	C m3/U2	Cm3/Cmo
1625	1005	2.5	7.72	0.733	0.34	0.03	0.14	-8.0	7.50	0.706	1.04	0.10	0.44
1625	1620	7.5	11.39	0.666	1.49	0.09	0.39	-5.0	12.32	0.723	1.07	0.06	0.28
3380	2090	2.0	15.33	0.700	0.54	0.02	0.11	-8.5	15.90	0.718	2.35	0.11	0.48
3380	3350	8.0	22.96	0.648	3.20	0.09	0.40	-6.0	24.26	0.688	2.54	0.07	0.32

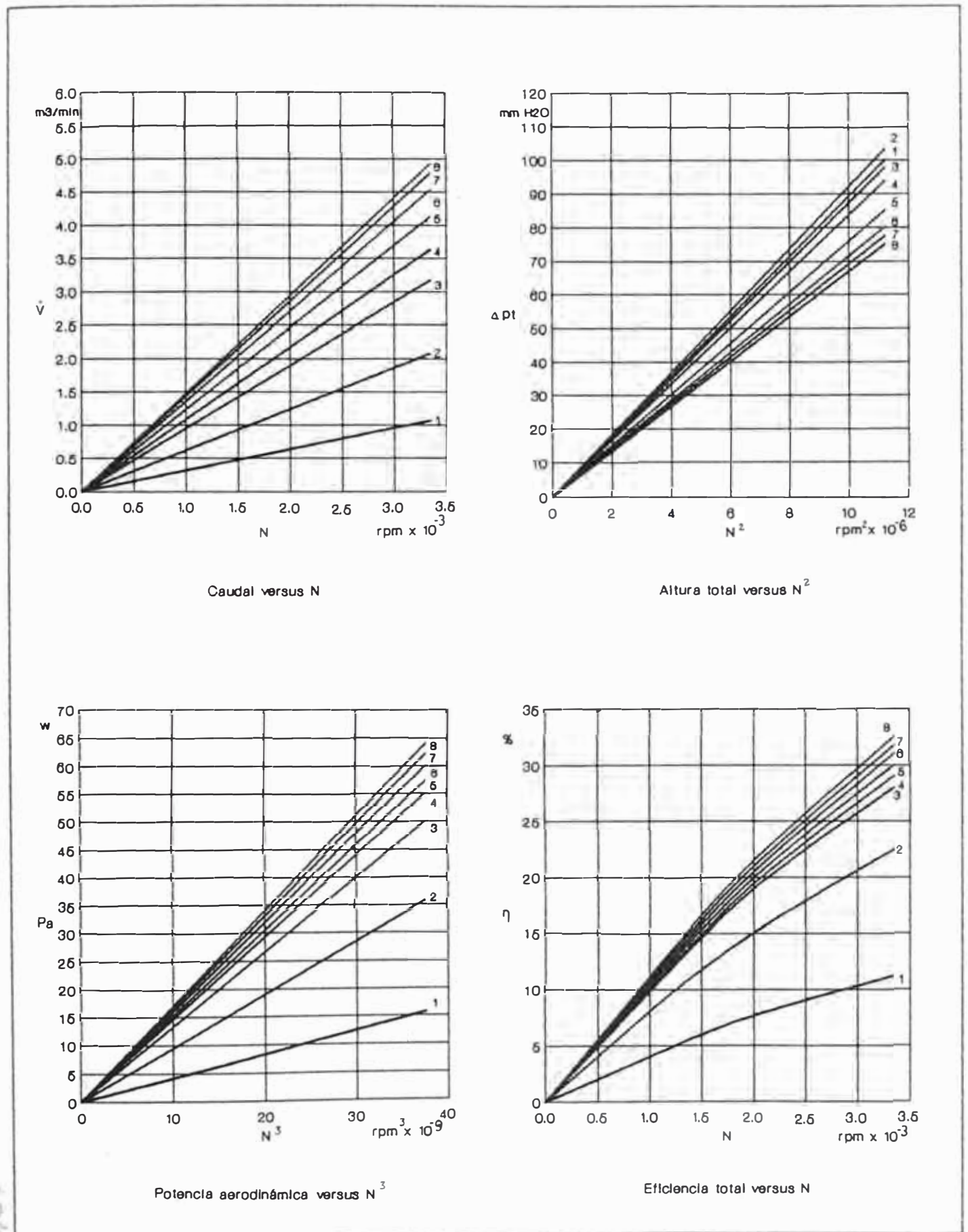


Fig. 55 : Leyes del ventilador

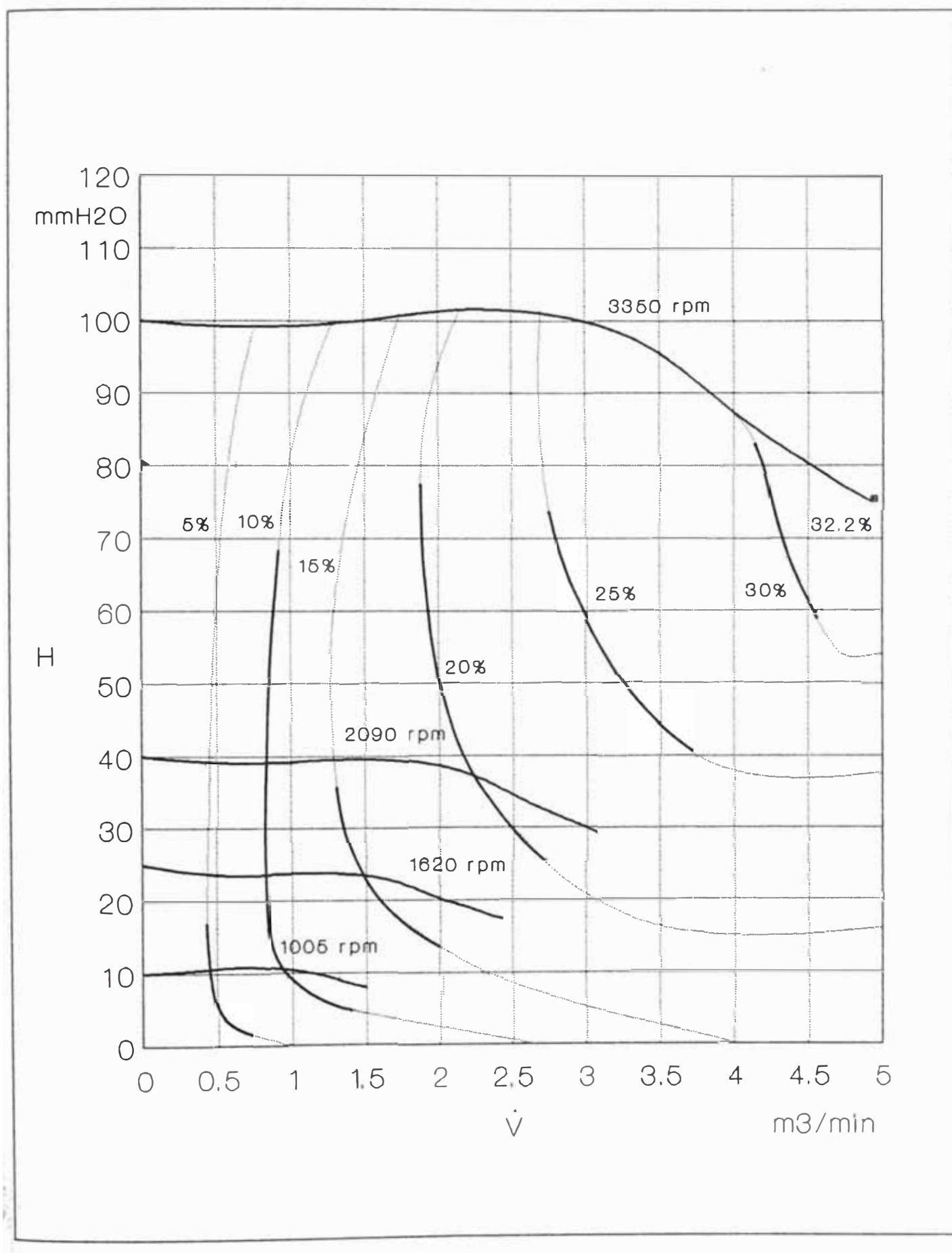


Fig. 56 : Diagrama topográfico del ventilador

7.2 Análisis de Resultados

7.2.1 Diagramas H - V, P - V, $\eta - V$, $\psi - \varphi$

Los diagramas obtenidos en base a los resultados experimentales, confirman las tendencias teóricas para cada una de las cuatro velocidades del ventilador ensayado, lo cual nos permite despejar dudas respecto a este tipo de rodete.

En el diagrama $\eta - V$, el valor de la máxima eficiencia alcanzado por el ventilador es de 32.2%, habiendo inicialmente considerado un valor de 30% para efecto del diseño del rodete en base a lo teórico. Sin embargo de acuerdo al Diagrama

Topográfico del ventilador (Fig. 57), se observa la posibilidad de elevar la eficiencia de este al incrementar la velocidad de rotación por encima de los 3350 rpm.

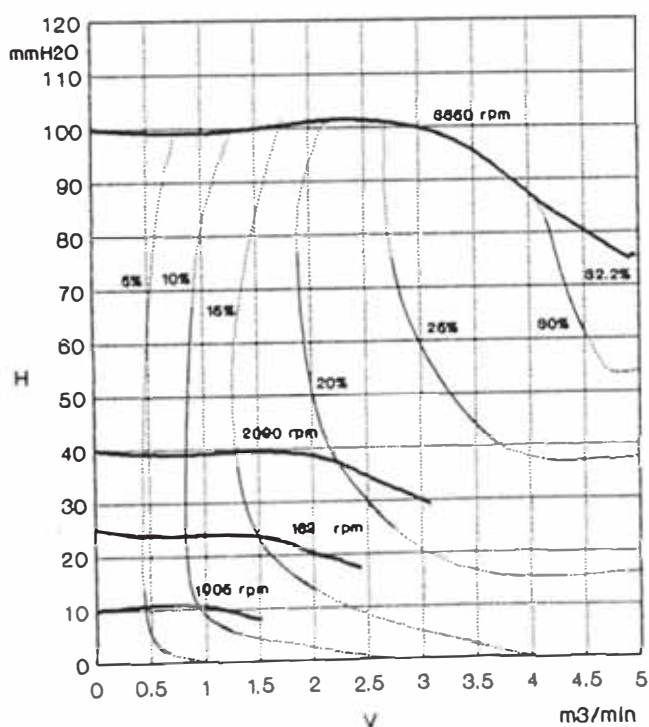


Fig. 57 : Diagrama topográfico del ventilador

Los resultados obtenidos deben de sustentarse en la verificación o comprobación en función a otros ensayos, para lo cual se hará uso de lo siguiente:

- a) Diagrama de ψ, φ versus Nq de Dubbel de la Fig. 58.
- b) Diagrama de Cordier en el sistema métrico de la Fig. 59 /Ref.3/.
- c) Diagrama de Predicción Teórica de Sommer de la Fig. 60 y 61 /Ref.15/.

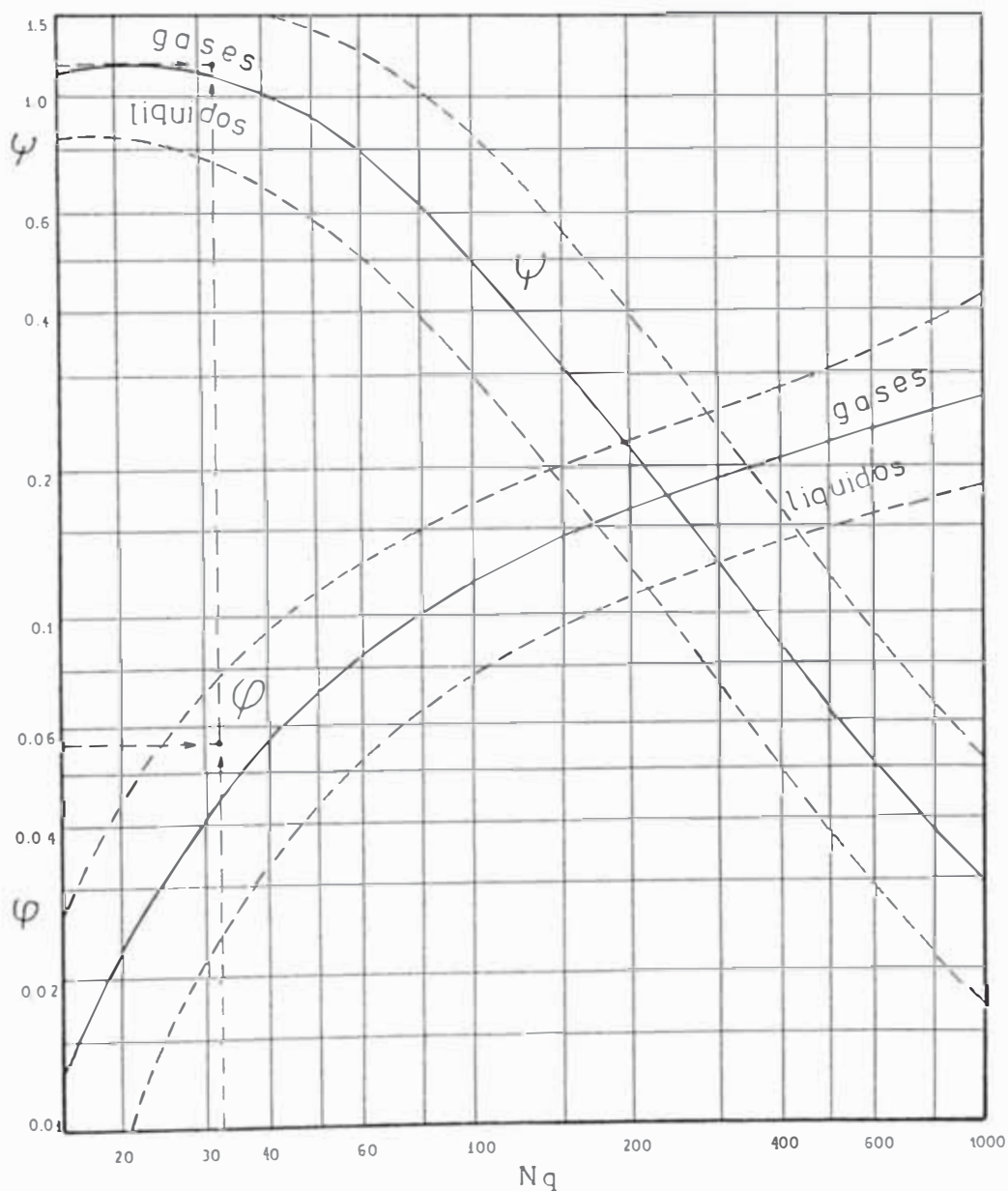


Fig. 58 : Diagrama de Dubbel

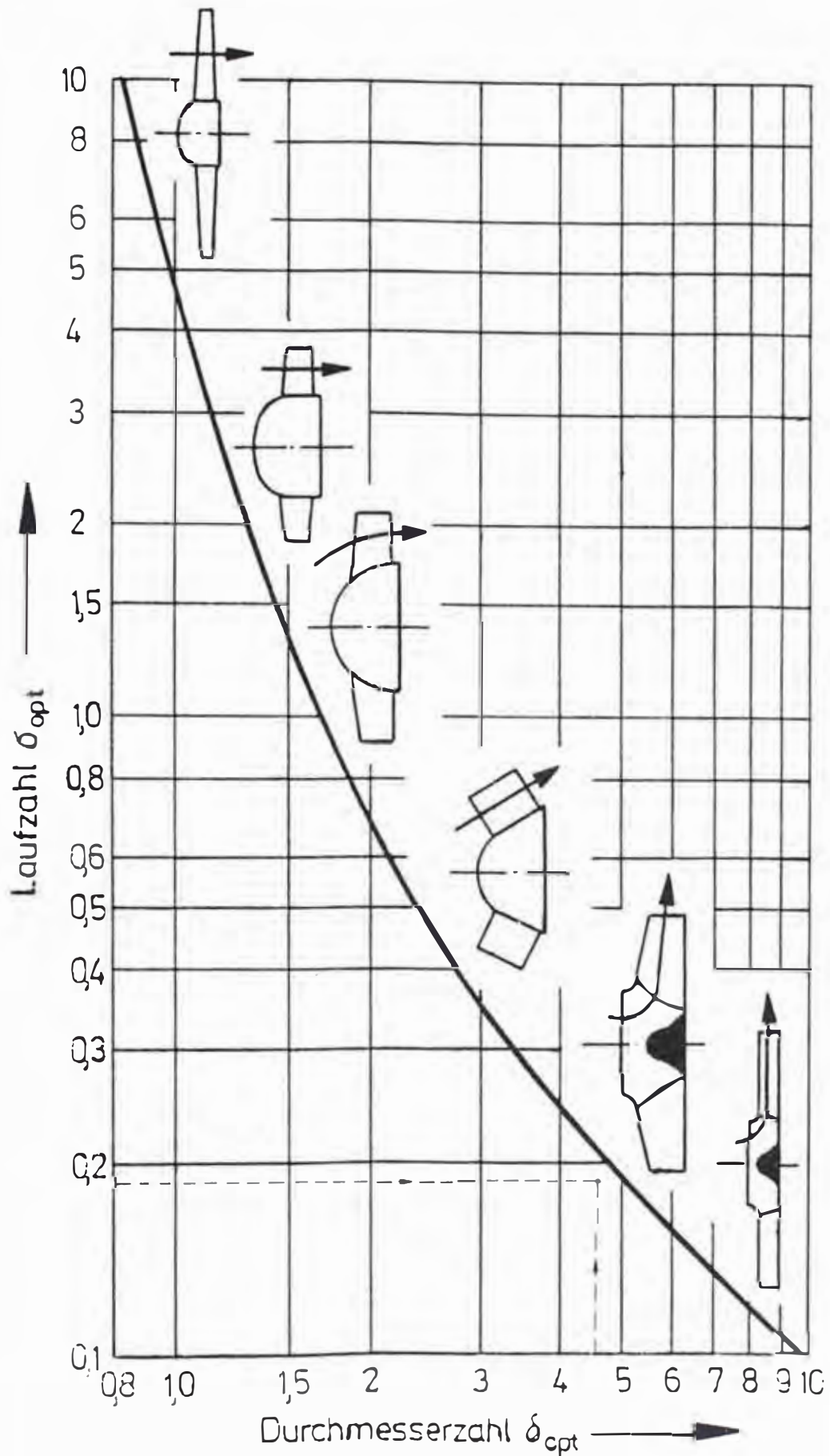
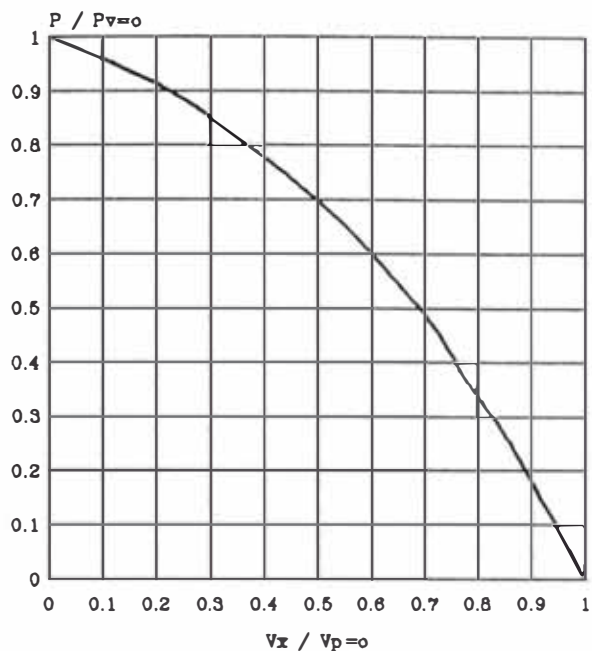
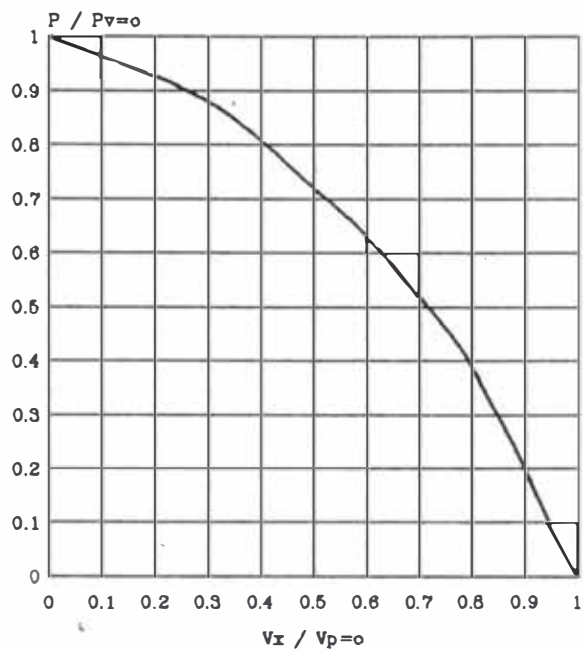


Fig.59 : Diagrama de Cordier en el sistema métrico

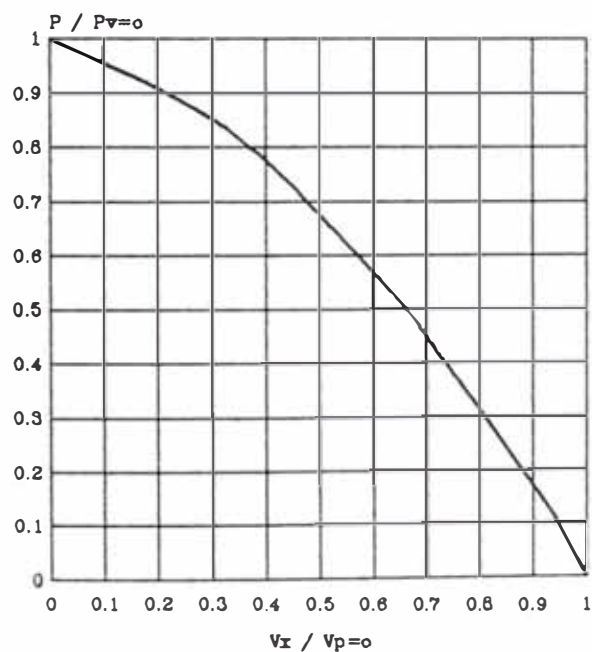
$N_m = 1625 \text{ rpm}$ y $N_v = 1005 \text{ rpm}$



$N_m = 1625 \text{ rpm}$ y $N_v = 1620 \text{ rpm}$



$N_m = 3380 \text{ rpm}$ y $N_v = 2090 \text{ rpm}$



$N_m = 3380 \text{ rpm}$ y $N_v = 3350 \text{ rpm}$

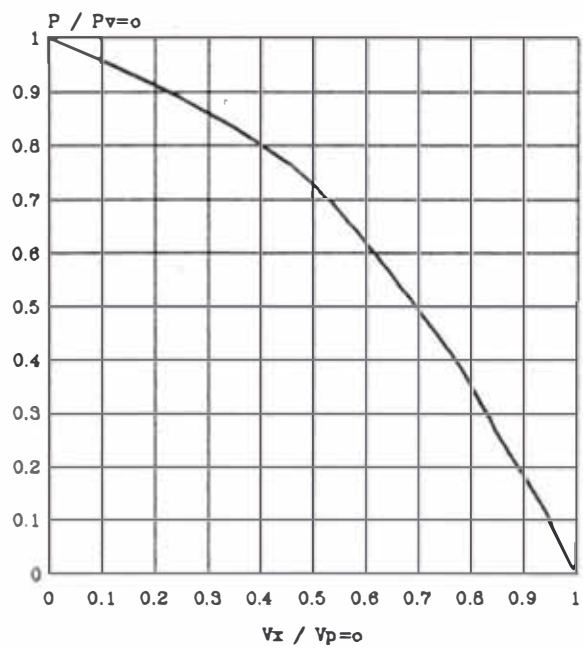


Fig. 60 : Comparación de los ensayos realizados con el procedimiento de predicción teórica propuesto por Sommer

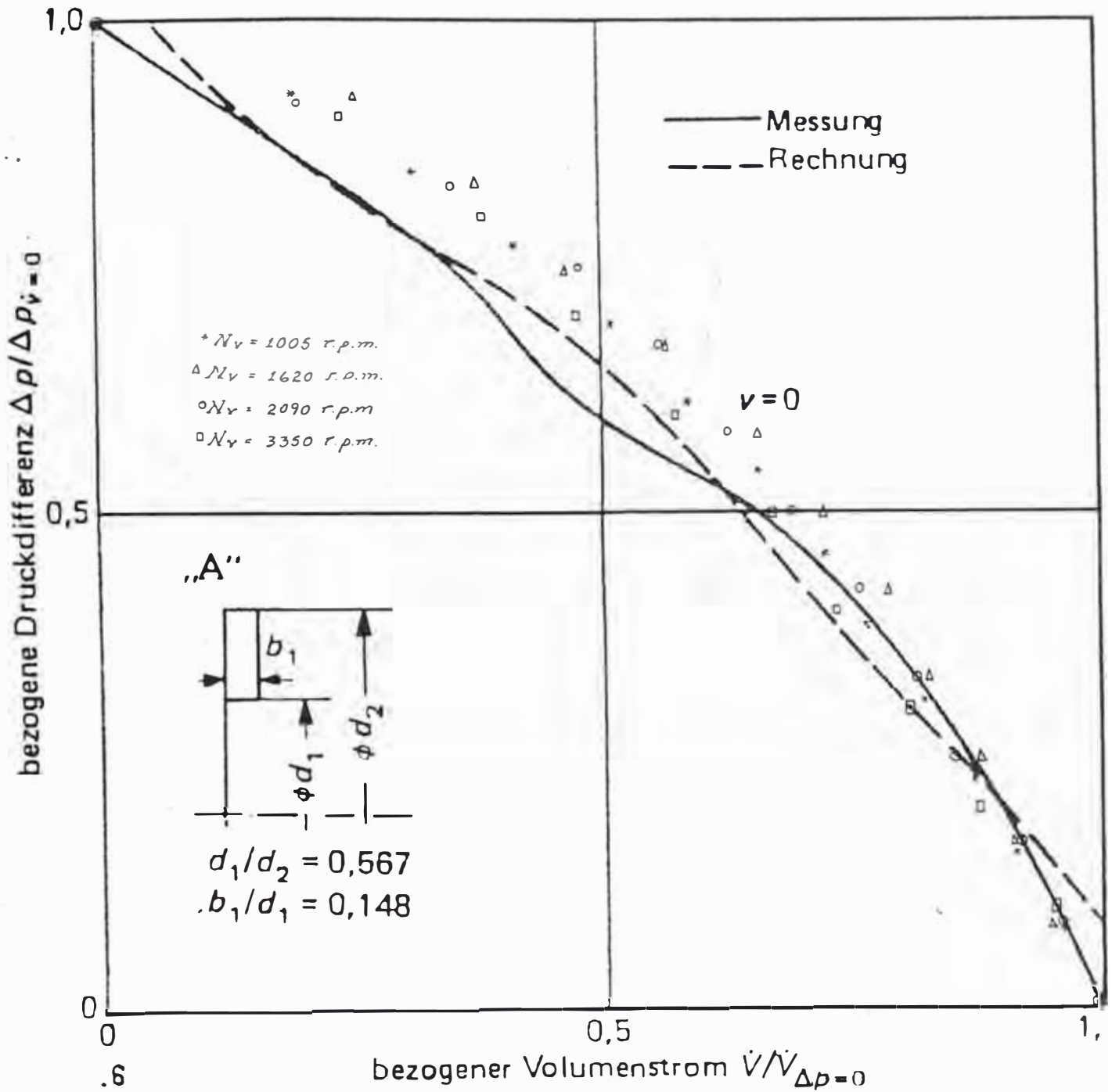


Fig. 61 : Diagrama de Predicción teórica de Sommer

7.2.2 Caudal del ventilador

De la Tabla 4, se observa un valor constante en los ensayos de $C_{m3} / U_2 = 0.06$, con lo cual la indeterminación del cálculo del caudal ha sido superado. De esta manera para otros ventiladores semejantes geoméricamente se puede calcular la velocidad meridiana C_{m3} real, ya que la velocidad tangencial U_2 depende de parámetros conocidos N en r.p.m., D_2 en m. y de esta forma obtener el caudal V en m^3 / s , de acuerdo a la siguiente relación:

$$\dot{V} = 2.41 \cdot 10^{-3} N D_2^3 \quad (65)$$

7.2.3 Sonda cilíndrica

Al calibrar la sonda cilíndrica (Fig. 62), la lectura de la presión estática se obtenía para un ángulo $\Phi = 43.4^\circ$, valor este muy cercano a lo obtenido teóricamente por Bryer y Pankhurst /Ref.2/ para sondas semejantes $\Phi = 40^\circ$.

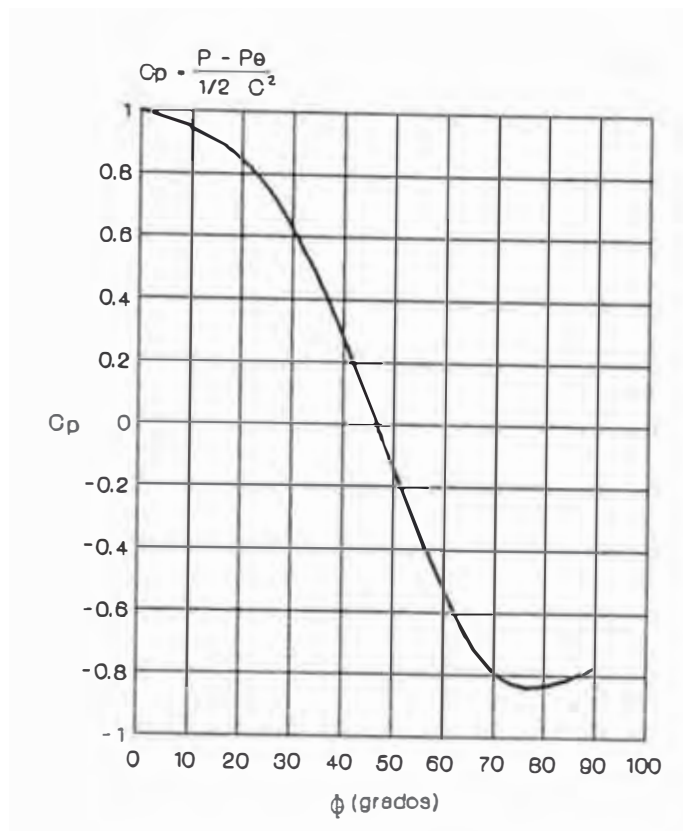


Fig. 62 : Distribución de presión alrededor de la sonda cilíndrica

Sin embargo, según la Tabla 6, observamos que existe un gradiente de presión total a lo largo del ancho del rodete (Fig. 63), lo cual no corresponde al de un flujo bidimensional alrededor de un cilindro ubicado transversalmente al flujo. Debido a lo anterior, es natural que la sonda nos dé resultados poco confiables, lo cual explicaría los altos valores de μ . Así mismo este gradiente afectaría al ángulo para el cual se obtiene la presión estática, que para el caso de un flujo bidimensional es de 43.4° . De esta manera estaríamos obteniendo valores errados de

Tabla 6 : Presión total a la salida del rodete en la zona "A", medido con la sonda y el tubo de pitot en mm de agua

PUNTO	V m ³ /min	1 6 2 0 r . p . m .					
		EXTERIOR		MEDIO		INTERIOR	
		PITOT	SONDA	PITOT	SONDA	PITOT	SONDA
0	0.00	1.27	2.67	0.76	1.27	0.76	-0.76
1	0.44	3.94	4.57	3.43	4.19	1.91	-0.13
2	1.05	4.44	4.19	4.95	4.44	1.78	-0.51
3	1.55	4.06	4.57	5.33	5.33	3.05	-0.76
4	1.88	7.37	6.86	7.62	7.11	4.19	0.64
5	2.15	9.65	9.40	9.40	9.02	6.86	1.78
6	2.31	11.18	10.92	10.80	10.29	8.38	3.18
7	2.43	12.70	11.94	12.19	11.30	9.65	4.32
8	2.46	13.34	12.70	13.08	12.07	10.41	5.46

PUNTO	V m ³ /min	3 3 5 0 r . p . m .					
		EXTERIOR		MEDIO		INTERIOR	
		PITOT	SONDA	PITOT	SONDA	PITOT	SONDA
0	0.00	5.84	9.91	8.64	5.08	3.81	-1.91
1	1.00	17.65	16.38	13.72	15.49	9.65	1.14
2	2.06	18.80	14.48	21.97	17.02	10.67	-1.14
3	3.06	16.51	15.75	22.10	19.43	11.43	-2.41
4	3.55	29.21	26.67	30.48	27.94	20.07	2.41
5	4.00	36.83	36.83	40.64	34.29	31.75	6.35
6	4.46	46.99	43.18	46.99	41.91	38.10	12.70
7	4.71	55.88	49.53	53.34	46.99	41.91	18.54
8	4.83	58.42	62.07	55.88	49.53	45.72	22.10

la velocidad C_3 calculado por la fórmula.

$$C_3 = \sqrt{\frac{P_{t3} - P_{e3}}{\rho_a}} \quad (66)$$

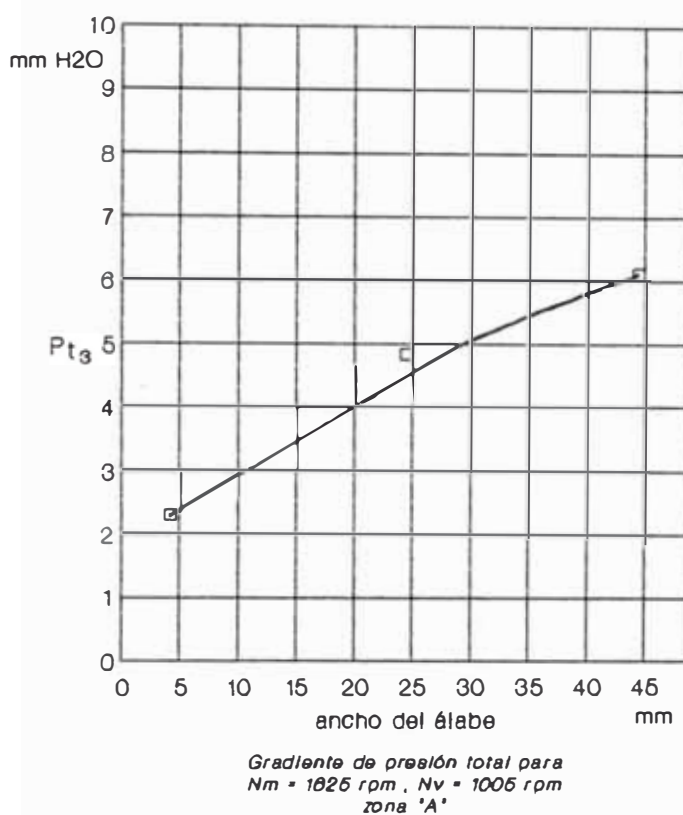


Fig. 63 : Distribución de presión total en "3"
a lo ancho del álabe del rodete

En las mediciones realizadas se ha visto que los valores de la presión estática en "3" son negativas, lo cual explicaría que el ángulo para obtener la presión estática no es el correcto.

Según la figura 64, vemos que los valores de α son diferentes a lo largo del ancho del rodete.

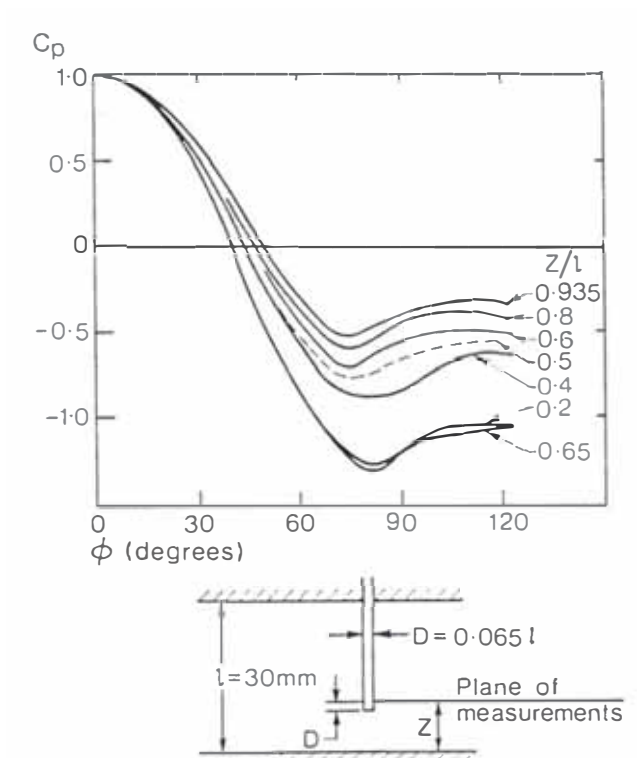


Fig. 64 · Distribución de presión alrededor de una sonda cilíndrica, según su ubicación

7.2.4. Coeficiente de resbalamiento

El coeficiente de resbalamiento esta directamente ligado con el ángulo de flujo α_3 y la velocidad absoluta C_3 mediante la siguiente relación:

$$\mu = \frac{C_3 \cos \alpha_3}{U_2} \quad (67)$$

Debido a la presencia de gradientes de presión total a lo largo del ancho del rodete, los valores de α_3 y C_3 son poco confiables, lo que compromete directamente a los valores de μ .

Se han obtenido valores puntuales de aproximadamente 0.8 para el coeficiente de resbalamiento. Este valor lo consideramos muy alto para el tipo de rodete empleado, dado que solo tiene 6 álabes, cuando se le compara con las ecuaciones teóricas empíricas existentes.

Así, con la tabla que a continuación se muestra se observa los valores típicos obtenidos con estas formulas:

Autor	μ calculado
Springer	0.731
Pfleiderer	0.817
Stodola	0.5678
Busemann	0.675
Balje	0.631
Stanitz	0.670

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Según la figura 64 , vemos que los valores de α son diferentes a lo largo del ancho del rodete. Entonces no es aconsejable utilizar el valor de 0.8 para el coeficiente de resbalamiento y más bien recomendaríamos ensayar este mismo ventilador con una sonda del tipo de cuña o bisel, que es menos sensible a la variación del gradiente de presión total y mucho mas precisa que la sonda cilíndrica aunque difícil en su construcción.

Para demostrar lo muy sensible que es este tipo de sonda cilíndrica, se ha preparado un tubo de Pitot de 1.1x50 mm, hecho de una aguja hipodérmica de punción lumbar, realizándose con este mediciones de la presión total en "3", según se observa de la tabla 6.

En la obra de Bryer y Pankhurst /Ref.2/, se muestra una serie de ensayos realizados con sondas cilíndricas con indicación de los efectos anteriormente mencionados (Fig. 65 y 66).

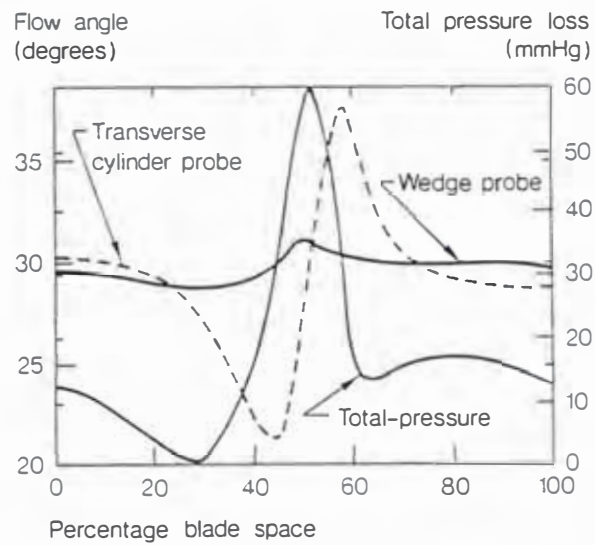


Fig. 65 : Variación del gradiente de presión total con una sonda cilíndrica entre los álabes del estator de un compresor

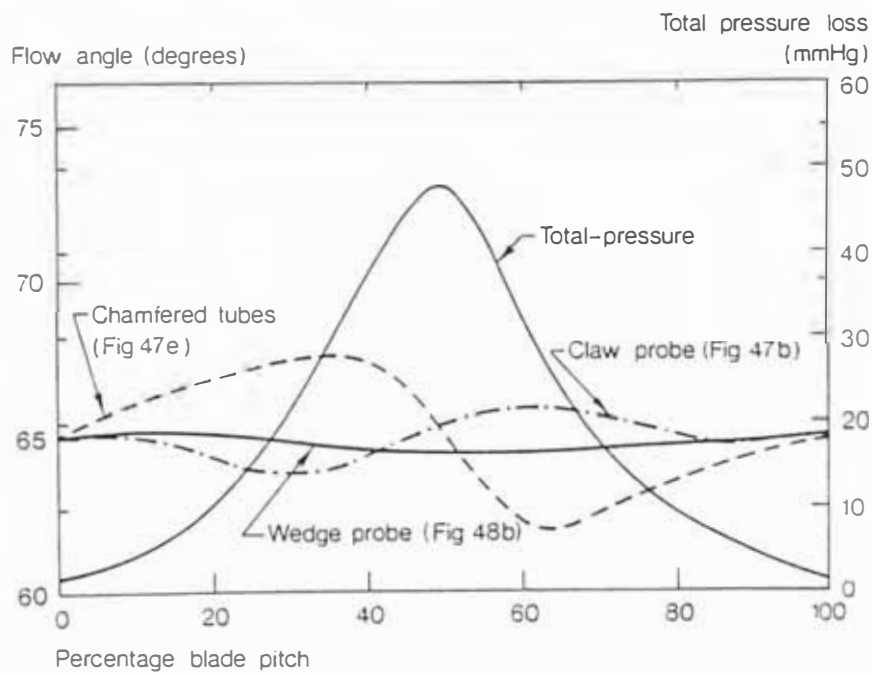


Fig. 66 : Variación del gradiente de presión total con una sonda de cuña entre los álabes del estator de un compresor

2. Mediante la siguiente formula:

$$H = Km \frac{U_2^2}{g} \quad (68)$$

Donde:

Km , representa al coeficiente manométrico.

Podemos elaborar la siguiente tabla para máxima eficiencia:

N_v r.p.m.	H mm agua	U_2 m/s	Km
1005	8.55	10.52	0.645
1620	22.22	16.96	0.645
2090	36.98	21.89	0.645
3350	95.00	35.08	0.645

De la anterior tabla, vemos que el coeficiente manométrico es constante es decir $Km = 0.645$, valor que se recomienda para calcular ventiladores semejantes geoméricamente conociendo solo la velocidad tangencial U_2 que depende de parámetros conocidos D_2 en mt. y N en r.p.m., y obtener así la altura útil del ventilador en mt. de aire. Es decir:

$$H = 1.8 \times 10^{-4} D_2^2 N^2 \quad (69)$$

3. Al realizar los cálculos teóricos, para determinar la altura total se asumió que la presión de velocidad en II representaba el 10% de la presión estática, sin embargo de acuerdo a los resultados de los ensayos (Tabla 7), para rodetes semejantes geoméricamente el valor real representa el 27%.
4. Respecto al caudal, al obtener de los ensayos la siguiente relación $Cm_3 / U_2 = 0.06$ en todos los casos, ha sido superada la indeterminación del caudal; el cual puede ser hallado para ventiladores semejantes geoméricamente mediante la siguiente ecuación:

$$\dot{V} = 2.41 * 10^{-3} N D_2^3 \quad (70)$$

Donde:

V, caudal en m³ /s.

N, velocidad de rotación del ventilador en r.p.m..

D₂, diámetro exterior del ventilador en mt..

De igual manera la espiral del ventilador esta dado por la siguiente fórmula:

$$R = \frac{D_2}{2} * 10^{(4.059 * 10^{-4} * \theta)} \quad (71)$$

Donde:

R, radio de la espiral.

θ , ángulo de la espiral para un radio R.

Tabla 7 : Valores recomendados para el dimensionado de ventiladores semejantes

z	6
β_1	90°
β_2	90°
$D1e / D2$	0.5
$b / D2$	0.244
η	32%
Nq	31.2
φ	0.057
ψ	1.20
σ	0.20
δ	4.5
$C1 / Cmo$	1.76
$CII / U2$	0.53
$Cm3 / U2$	0.06
$Cm3 / Cmo$	0.26
Hv / He	0.27

5. La eficiencia total alcanzada por el ventilador es de 32.2%. Este valor que aparentemente es bajo ha sido comparado con ensayos realizados en ventiladores de álabes radiales rectos, en los cuales las eficiencias son menores al 50% y en la mayoría de los casos se encuentran alrededor del 30 - 40 %.

Es necesario mencionar que este tipo de rodete son de baja eficiencia debido principalmente a que son de ancho constante, no poseen corona exterior y cuentan con pocos álabes, además de las altas pérdidas por choque a la entrada del rodete por ser $\beta_1 = 90^\circ$.

Esta eficiencia del 32.2%, podría ser incrementada si se ensaya el ventilador a una velocidad de rotación superior a los 3350 rpm, lo cual se deduce del Diagrama Topográfico de la figura 56.

6. Recomendamos la posibilidad de construir un túnel de viento para calibración de sondas, tales como el tubo de pitot y otras sondas especiales como la cilíndrica, etc..
7. La sonda cilíndrica direccional en voladizo es recomendable para flujos donde el gradiente de presión total sea cero a lo largo de su eje, como es el caso de sistemas de álabes estáticos (toberas o difusores) y análogos.
8. Se deja abierta la posibilidad de seguir ensayando

este rodete en otros aspectos, como por ejemplo su comportamiento cuando trabaja con material granular y estudiar el comportamiento del rodete y otras partes a la erosión; así como la obtención del diagrama $H - \dot{V}$ en función de la masa del material transportado.

BIBLIOGRAFIA

- 1.-PFLEIDERER,C., "Bombas Centrífugas y Turbocompresores", Editorial Labor, Barcelona, 1960.
- 2.-BRYER,D.W., PANKHURST,R.C., "Pressure - probe methods for determining wind speed and flow direction", The Campfield Press, London, 1971.
- 3.-BOHL,W., "Ventilatoren", Vogel Buchverlag, Würzburg, 1983.
- 4.-FERGUSON,T.B., "The Centrifugal Compressor Stage", Butterworths, London, 1963.
- 5.-STEPANOFF,A.J., "Turboblowers", John Wiley, New York, 1955.
- 6.-LAZARKIEWICK,S., TROSKOLANSKY,A., "Impeller Pumps", Pergamon Press, London, 1965.
- 7.-OSBORNE,W.C., "FANS", Pergamon Press, London, 1967.
- 8.-SHEPHERD.D.G., "Principles of Turbomachinery", Mackmillan, New York, 1956.
- 9.-VENNARD,J.K., "Elementary Fluid Mechanics", John Wiley, New York, 1961.
- 10.-PAO,R., "Fluid Mechanics", John Wiley, U.S.A., 1961.

TESIS DE GRADO

- 11.-SANCHEZ,A., "Estudio Teórico - Experimental de un Turbo Soplador Centrífugo de Rodetes Intercambiables", Lima, 1971.
- 12.-BEDOYA,G., "Cálculo y Diseño de Ventiladores Radiales Mediante Computadora", Lima, 1975.
- 13.-BARDALEZ,M., "Banco de Pruebas de Ventiladores Radiales para el Laboratorio de Máquinas Térmicas de la U.N.I.", Lima, 1980.

REVISTAS

- 14.-STAHLER,A., "The Slip Factor of a Radial Bladed Centrifugal Compressor", Transaction of the ASME

Journal of Engineering for Power, April 1965.

15.-SOMMER,H.D., "Ein Näherungsverfahren zur Berechnung von Ventilatoren mit geraden radial gestellten Schaufeln", VDI - Z, oktober 1977.

16.-POWER, march 1968.

APENDICE "A"

RESULTADOS EXPERIMENTALES PARA

$N_m = 1625 \text{ rpm}$, $N_v = 1005 \text{ rpm}$

Tabla A1 : Resultados experimentales para Nm = 1625 rpm y Nv = 1005 rpm

continua

PUNTO	ptl mm agua	pel mm agua	pvl mm agua	CI max m/s	CI m/s	Re flujo	V m3/min	CII m/s	ptll mm agua	ΔPt mm agua	Pa w	F L b	P w	η %	φ	ψ
0	-10.03	-9.39	-	-	-	0	0.000	0.00	0.00	10.03	0.00	0.23	22.10	0.00	0.000	1.51
1	-9.53	-9.85	0.13	1.46	1.11	5419	0.304	1.49	0.13	9.66	0.48	0.25	23.57	2.04	0.015	1.46
2	-9.65	-10.03	0.38	2.52	1.98	9682	0.543	2.87	0.43	10.08	0.89	0.25	23.57	3.80	0.027	1.52
3	-8.51	-9.85	1.14	4.37	3.49	17059	0.956	4.70	1.32	9.83	1.54	0.27	25.04	6.14	0.048	1.48
4	-7.11	-8.76	1.65	5.25	4.25	20764	1.164	5.72	1.96	9.07	1.73	0.28	26.52	6.51	0.059	1.37
5	-5.97	-8.00	2.03	5.82	4.71	22981	1.288	6.33	2.40	8.37	1.76	0.30	27.99	6.30	0.065	1.26
6	-4.95	-7.49	2.54	6.51	5.28	25759	1.444	7.09	3.01	7.97	1.88	0.31	29.46	6.39	0.073	1.20
7	-4.45	-7.11	2.67	6.67	5.43	26511	1.486	7.30	3.19	7.64	1.86	0.33	30.94	6.00	0.075	1.15
8	-3.94	-6.73	2.79	6.83	5.51	26897	1.507	7.41	3.29	7.22	1.78	0.33	30.94	5.76	0.076	1.09

PUNTO	ptl mm agua	pel mm agua	pvl mm agua	CI max m/s	CI m/s	Re flujo	V m3/min	CII m/s	ptll mm agua	ΔPt mm agua	Pa w	F L b	P w	η %	φ	ψ
8	-3.94	-6.73	2.79	6.83	5.51	26897	1.507	7.41	3.29	7.22	1.78	0.34	32.41	5.50	0.076	1.09
7	-4.32	-6.99	2.67	6.67	5.43	26511	1.486	7.30	3.19	7.51	1.83	0.31	29.46	6.20	0.075	1.13
6	-4.83	-7.37	2.54	6.51	5.30	25876	1.450	7.13	3.04	7.87	1.87	0.31	29.46	6.34	0.073	1.19
5	-5.72	-7.87	2.16	6.00	4.85	23689	1.328	6.52	2.55	8.26	1.79	0.30	27.99	6.41	0.067	1.25
4	-6.99	-8.51	1.52	5.04	4.02	19643	1.101	5.41	1.75	8.74	1.57	0.28	26.52	5.94	0.056	1.32
3	-8.26	-9.40	1.14	4.37	3.49	17059	0.956	4.70	1.32	9.68	1.50	0.28	26.52	5.65	0.048	1.44
2	-9.27	-9.78	0.51	2.91	2.31	11263	0.631	3.10	0.58	9.85	1.02	0.27	25.04	4.06	0.032	1.48
1	-9.40	-9.53	0.13	1.46	1.11	5419	0.304	1.49	0.13	9.53	0.47	0.25	23.57	2.01	0.015	1.44
0	-9.78	-9.14	-	-	-	0	0.000	0.00	0.00	9.78	0.00	0.22	20.83	0.00	0.000	1.47

PUNTO	ptl mm agua	pel mm agua	pvl mm agua	CI max m/s	CI m/s	Re flujo	V m3/min	CII m/s	ptll mm agua	ΔPt mm agua	Pa w	F L b	P w	η %	φ	ψ
0	-10.03	-9.65	-	-	-	0	0.00	0.00	0.00	10.03	0.00	0.23	22.10	0.00	0.00	1.51
1	-9.65	-9.91	0.25	2.06	1.60	7797	0.44	2.15	0.28	9.93	0.71	0.25	23.57	3.01	0.02	1.50
2	-9.78	-10.29	0.51	2.91	2.29	11176	0.63	3.08	0.57	10.35	1.06	0.27	25.04	4.23	0.03	1.56
3	-8.89	-10.03	1.14	4.37	3.49	17059	0.96	4.70	1.32	10.21	1.60	0.28	26.52	6.02	0.05	1.54
4	-7.62	-9.14	1.52	5.04	4.02	19646	1.10	5.41	1.75	9.37	1.69	0.28	26.52	6.37	0.06	1.41
5	-6.48	-8.51	2.03	5.82	4.71	22981	1.29	6.33	2.40	8.88	1.87	0.30	27.99	6.68	0.06	1.34
6	-5.72	-8.00	2.29	6.18	5.01	24433	1.37	6.73	2.71	8.43	1.89	0.31	29.46	6.41	0.07	1.27
7	-4.95	-7.49	2.54	6.51	5.30	26876	1.45	7.13	3.04	8.00	1.90	0.31	29.46	6.44	0.07	1.20
8	-4.57	-7.24	2.67	6.67	5.43	26496	1.48	7.30	3.19	7.76	1.89	0.33	30.94	6.09	0.07	1.17

Tabla A1 : Resultados experimentales para Nm = 1625 rpm y Nv = 1005 rpm.

continua

Z O N A ' A '																
EXTERIOR									MEDIO							

PUNTO	alfa 1	alfa 2	alfa 3	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1	alfa 2	alfa 3	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-40	46	3	1.02	-1.27	2.29	6.18	0.586	-33	51	9	0.76	-1.27	2.03	5.82	0.547
1	-33	43	5	2.03	-2.03	4.06	8.24	0.780	-30	48	9	2.03	-1.78	3.81	7.97	0.748
2	-30	38	4	2.41	-3.05	5.46	9.55	0.905	-23	45	11	2.03	-2.92	4.95	9.09	0.848
3	-30	36	3	2.29	-3.18	5.46	9.55	0.906	-19	49	15	2.29	-3.30	5.59	9.66	0.886
4	-30	42	6	3.18	-2.79	5.97	9.98	0.943	-22	52	15	2.92	-2.67	5.59	9.66	0.886
5	-32	46	7	3.81	-2.29	6.10	10.09	0.951	-24	54	15	3.56	-2.18	5.72	9.77	0.896
6	-33	47	7	4.57	-1.91	6.48	10.40	0.981	-26	56	15	4.32	-1.65	5.97	9.98	0.916
7	-34	50	8	5.08	-1.65	6.73	10.60	0.997	-27	59	16	4.57	-1.27	5.84	9.87	0.902
8	-34	50	8	5.33	-1.40	6.73	10.60	0.997	-28	60	16	4.83	-1.14	5.97	9.98	0.912

PUNTO	alfa 1	alfa 2	alfa 3	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1	alfa 2	alfa 3	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
8	-33	49	8	5.59	-1.65	7.24	10.99	1.034	-28	60	16	4.83	-1.14	5.97	9.98	0.912
7	-31	47	8	5.33	-2.16	7.49	11.18	1.052	-28	58	16	4.57	-1.27	5.84	9.87	0.906
6	-31	47	8	4.70	-1.91	6.60	10.50	0.988	-27	57	15	4.06	-1.52	5.59	9.66	0.886
5	-33	45	6	3.81	-2.16	5.97	9.98	0.943	-25	55	15	3.56	-2.03	5.59	9.66	0.886
4	-32	42	5	3.05	-2.67	5.72	9.77	0.924	-24	52	14	2.79	-2.54	5.33	9.44	0.870
3	-29	41	6	2.03	-3.05	5.08	9.21	0.870	-22	48	13	2.29	-2.92	5.21	9.32	0.863
2	-28	42	7	2.03	-2.92	4.95	9.09	0.857	-27	45	9	1.78	-2.67	4.45	8.61	0.808
1	-32	46	7	1.91	-2.03	3.94	8.11	0.764	-35	47	6	1.65	-1.65	3.30	7.42	0.702
0	-40	50	5	1.02	-1.02	2.03	5.82	0.551	-41	53	6	0.76	-1.02	1.78	5.45	0.515

PUNTO	alfa 1	alfa 2	alfa 3	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1	alfa 2	alfa 3	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-40	46	3	1.02	-1.27	2.29	6.18	0.586	-40	50	5	0.76	-1.14	1.91	5.64	0.534
1	-33	45	6	2.03	-2.03	4.06	8.24	0.778	-35	45	5	1.78	-1.65	3.43	7.57	0.716
2	-29	41	6	1.91	-2.79	4.70	8.86	0.837	-29	41	6	1.91	-2.67	4.57	8.74	0.825
3	-30	42	6	1.91	-3.05	4.95	9.09	0.859	-26	44	9	2.29	-3.05	5.33	9.44	0.885
4	-32	44	6	2.92	-2.54	5.46	9.55	0.902	-29	47	9	2.79	-2.79	5.59	9.66	0.906
5	-33	47	7	3.88	-2.03	5.72	9.77	0.921	-22	58	17	3.56	-2.03	5.59	9.86	0.878
6	-34	50	8	4.32	-1.65	5.97	9.98	0.939	-23	57	17	3.94	-1.65	5.59	9.66	0.878
7	-35	51	8	4.83	-1.52	6.35	10.29	0.969	-25	59	17	4.45	-1.27	5.72	9.77	0.887
8	-35	62	8	5.08	-1.14	6.22	10.19	0.959	-26	60	17	4.83	-1.14	5.97	9.98	0.907

Tabla A1 : Resultados experimentales para Nm = 1625 rpm y Nv = 1005 rpm.

continua

Z O N A ' A '								Z O N A ' B '							
I N T E R I O R								E X T E R I O R							

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-54	38	-8	-0.38	-1.14	0.76	3.57	0.336	-40	26	-7	0.51	-2.79	3.30	7.42	0.700
1	-40	32	-4	0.25	-1.78	2.03	5.82	0.552	-43	23	-10	0.76	-2.92	3.68	7.84	0.734
2	-30	28	-1	0.25	-2.79	3.05	7.13	0.678	-43	23	-10	1.40	-3.18	4.57	8.74	0.817
3	-25	25	0	-0.25	-3.18	2.92	6.98	0.663	-43	29	-7	2.03	-2.79	4.83	8.97	0.846
4	-27	33	3	0.64	-3.05	3.68	7.84	0.744	-49	31	-9	3.05	-2.16	5.21	9.32	0.875
5	-29	39	5	1.02	-2.41	3.43	7.57	0.716	-51	33	-9	4.32	-1.14	5.46	9.55	0.896
6	-31	45	7	1.52	-1.78	3.30	7.42	0.700	-54	36	-9	5.08	-0.51	5.59	9.66	0.906
7	-33	49	8	2.03	-1.52	3.66	7.70	0.725	-56	38	-9	5.84	-0.25	6.10	10.09	0.947
8	-34	50	8	2.29	-1.40	3.68	7.84	0.738	-57	39	-9	6.10	0.51	5.59	9.66	0.906

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
8	-34	50	8	2.29	-1.40	3.68	7.84	0.738	-57	39	-9	6.10	0.51	5.59	9.66	0.906
7	-33	49	8	2.03	-1.65	3.68	7.84	0.738	-55	41	-7	5.59	0.25	5.33	9.44	0.890
6	-31	43	6	1.52	-1.91	3.43	7.57	0.715	-52	38	-7	5.08	-0.76	5.84	9.87	0.931
5	-33	37	2	1.02	-2.29	3.30	7.42	0.705	-51	37	-7	4.32	-1.02	5.33	9.44	0.890
4	-32	30	-1	0.76	-2.79	3.66	7.70	0.732	-47	33	-7	3.18	-1.91	5.08	9.21	0.868
3	-33	29	-2	0.25	-3.30	3.56	7.70	0.732	-42	30	-6	2.03	-2.67	4.70	8.86	0.837
2	-30	28	-1	0.25	-2.79	3.05	7.13	0.678	-39	27	-6	1.52	-3.05	4.57	8.74	0.825
1	-44	28	-8	0.25	-1.78	2.03	5.82	0.548	-42	26	-8	1.02	-2.92	3.94	8.11	0.763
0	-59	35	-12	-0.38	-1.27	0.89	3.85	0.358	-38	26	-6	0.76	-2.67	3.43	7.57	0.715

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-59	35	-12	-0.38	-1.14	0.76	3.57	0.331	-38	26	-6	0.64	-2.67	3.30	7.42	0.702
1	-48	24	-12	0.25	-1.78	2.03	5.82	0.541	-41	25	-8	1.14	-3.18	4.32	8.49	0.799
2	-38	20	-9	0.25	-2.67	2.92	6.98	0.655	-40	24	-8	1.52	-3.43	4.95	9.09	0.856
3	-33	19	-7	0.25	-3.30	3.56	7.70	0.727	-43	31	-6	2.16	-2.79	4.95	9.09	0.859
4	-38	28	-5	0.61	-2.79	3.30	7.42	0.703	-46	34	-6	3.30	-2.03	5.33	9.44	0.892
5	-41	31	-5	0.89	-2.03	2.92	6.98	0.661	-49	37	-6	4.32	-0.51	4.83	8.97	0.848
6	-44	38	-4	1.52	-1.78	3.30	7.42	0.704	-53	41	-6	4.95	-0.38	5.33	9.44	0.892
7	-45	39	-3	2.03	-1.27	3.30	7.42	0.704	-55	41	-7	5.59	-0.13	5.72	9.77	0.921
8	-29	53	12	2.29	-1.78	4.06	8.24	0.765	-56	42	-7	6.10	0.38	5.72	9.77	0.921

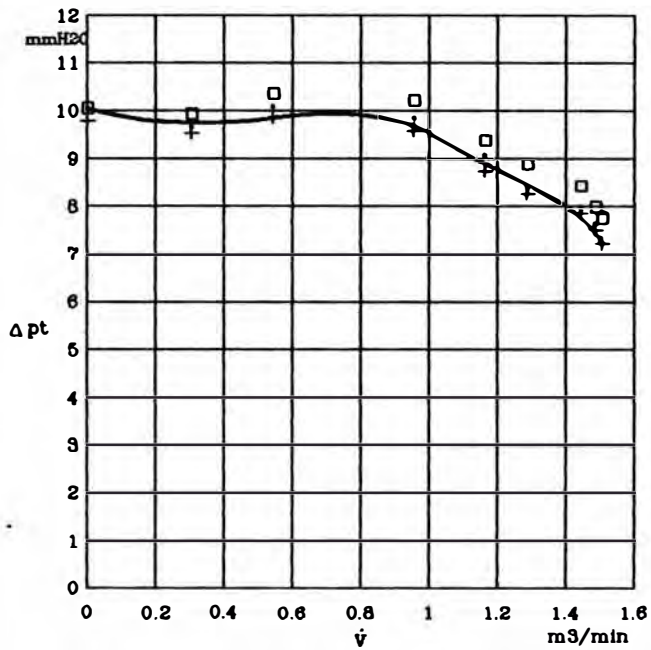
Tabla A1 : Resultados experimentales para Nm = 1625 rpm y Nv = 1005 rpm.

Z O N A • B •															
M E D I O								I N T E R I O R							

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-46	22	-12	0.64	-2.79	3.43	7.57	0.703	-30	10	-10	-0.76	-3.18	2.41	6.35	0.594
1	-43	23	-10	1.02	-2.92	3.94	8.11	0.759	-41	29	-6	-1.14	-3.30	2.16	6.00	0.567
2	-45	21	-12	1.27	-3.05	4.32	8.49	0.789	-41	25	-8	-1.11	-3.68	2.58	6.56	0.617
3	-50	24	-13	2.29	-2.79	5.08	9.21	0.853	-47	31	-8	0.51	-3.05	3.56	7.70	0.725
4	-53	29	-12	3.30	-2.03	5.33	9.44	0.877	-53	37	-8	1.65	-2.03	3.68	7.84	0.738
5	-56	34	-11	4.32	-0.76	5.08	9.21	0.859	-60	42	-9	2.54	-1.27	3.81	7.97	0.748
6	-59	37	-11	5.08	-0.25	5.33	9.44	0.880	-64	46	-9	3.18	-0.51	3.68	7.84	0.736
7	-60	38	-11	5.59	0.25	5.33	9.44	0.880	-59	41	-9	3.56	0.25	3.30	7.42	0.697
8	-61	39	-11	5.84	0.64	5.21	9.32	0.870	-64	44	-10	3.81	0.51	3.30	7.42	0.695

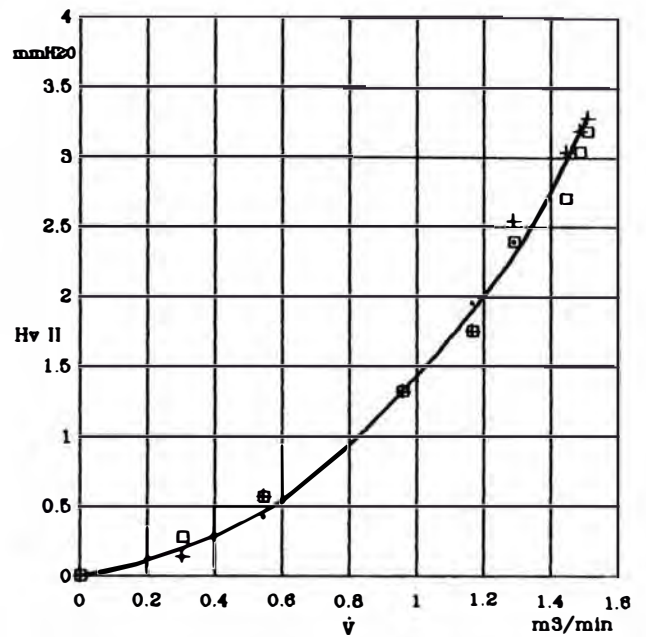
PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
8	-61	39	-11	5.84	0.64	5.21	9.32	0.870	-64	44	-10	3.81	0.51	3.30	7.42	0.695
7	-60	40	-10	5.33	0.38	4.95	9.09	0.861	-63	43	-10	3.56	0.13	3.43	7.57	0.708
6	-57	37	-10	4.95	-0.38	5.33	9.44	0.883	-57	39	-9	3.18	-0.38	3.56	7.70	0.723
5	-56	34	-11	4.06	-0.76	4.83	8.97	0.837	-54	34	-10	2.41	-1.02	3.43	7.57	0.708
4	-52	30	-11	3.05	-1.40	4.45	8.61	0.803	-55	39	-8	1.52	-1.91	3.43	7.57	0.712
3	-50	24	-13	2.03	-2.41	4.45	8.61	0.797	-48	32	-8	0.38	-2.92	3.30	7.42	0.699
2	-48	22	-13	1.27	-2.67	3.94	8.11	0.750	-45	27	-9	-0.76	-2.54	1.78	5.45	0.511
1	-48	26	-11	0.76	-2.41	3.18	7.28	0.679	-43	29	-7	-1.02	-3.05	2.03	5.82	0.549
0	-45	22	-12	0.38	-2.29	2.67	6.67	0.620	-44	30	-7	-0.51	-2.41	1.91	5.64	0.532

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-45	23	-11	0.64	-2.54	3.18	7.28	0.679	-44	30	-7	-0.51	-2.41	1.91	5.64	0.532
1	-43	23	-10	1.02	-2.67	3.68	7.84	0.734	-45	31	-7	-0.76	-2.92	2.16	6.00	0.566
2	-47	21	-13	1.27	-3.05	4.32	8.49	0.786	-45	31	-7	-0.64	-3.18	2.54	6.51	0.614
3	-51	25	-13	1.78	-2.79	4.57	8.74	0.809	-48	34	-7	0.25	-2.79	3.05	7.13	0.673
4	-52	28	-12	3.30	-1.78	5.08	9.21	0.856	-54	40	-7	1.27	-1.78	3.05	7.13	0.673
5	-55	31	-12	4.19	-1.14	5.33	9.44	0.877	-62	46	-8	2.16	-0.64	2.79	6.83	0.643
6	-57	37	-10	5.08	-0.38	5.46	9.56	0.893	-59	41	-9	2.79	-0.25	3.05	7.13	0.669
7	-58	38	-10	5.59	0.38	5.21	9.32	0.872	-63	45	-9	3.18	0.25	2.92	6.98	0.655
8	-60	40	-10	5.97	0.76	5.21	9.32	0.872	-62	44	-9	3.68	0.51	3.18	7.28	0.683



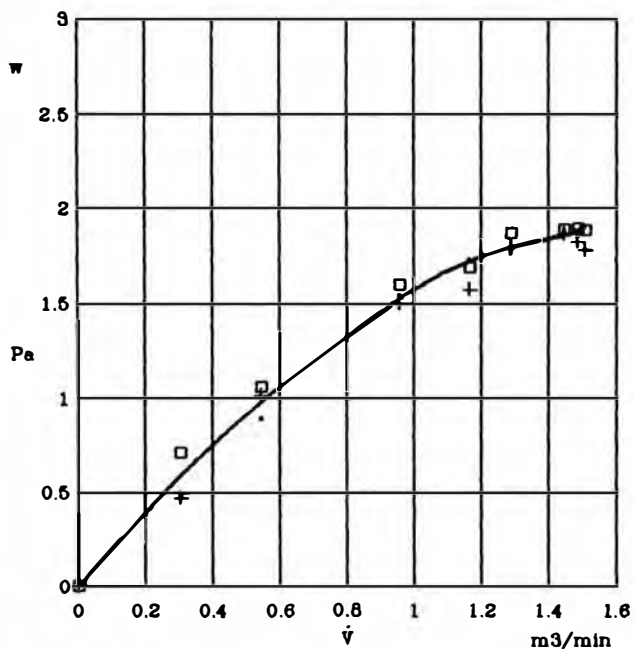
• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Altura de presión total versus caudal



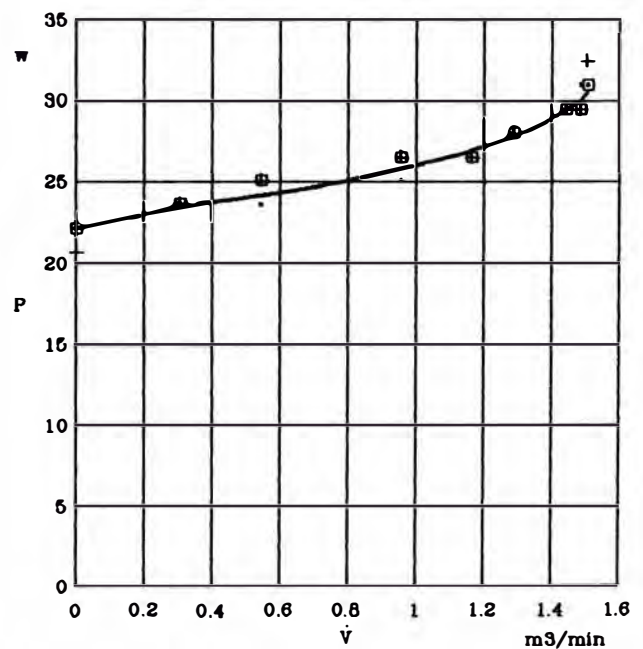
• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Altura de presión de velocidad versus caudal



• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

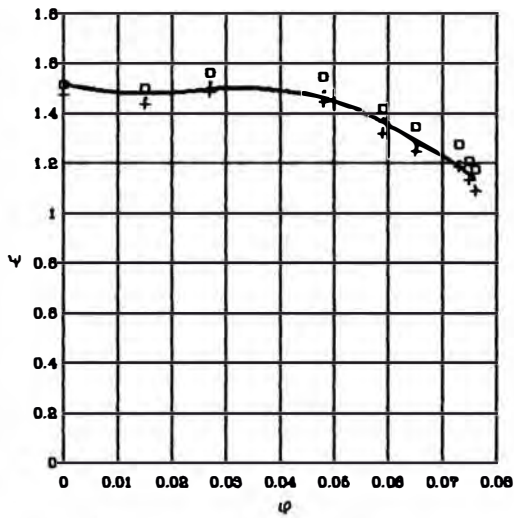
Potencia aerodinámica versus caudal



• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

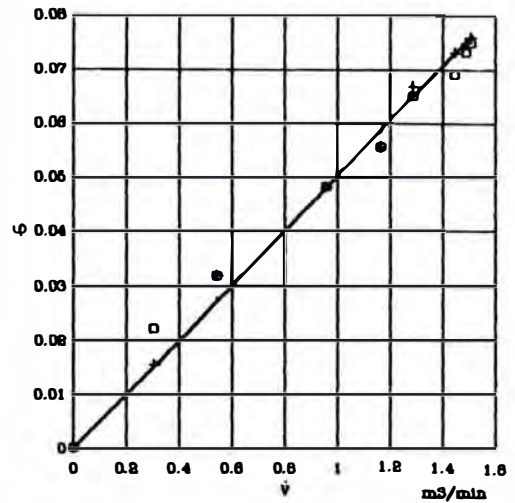
Potencia al eje versus caudal

Fig. A1 Resultados experimentales para Nm = 1625 rpm
Nv = 1005 rpm.



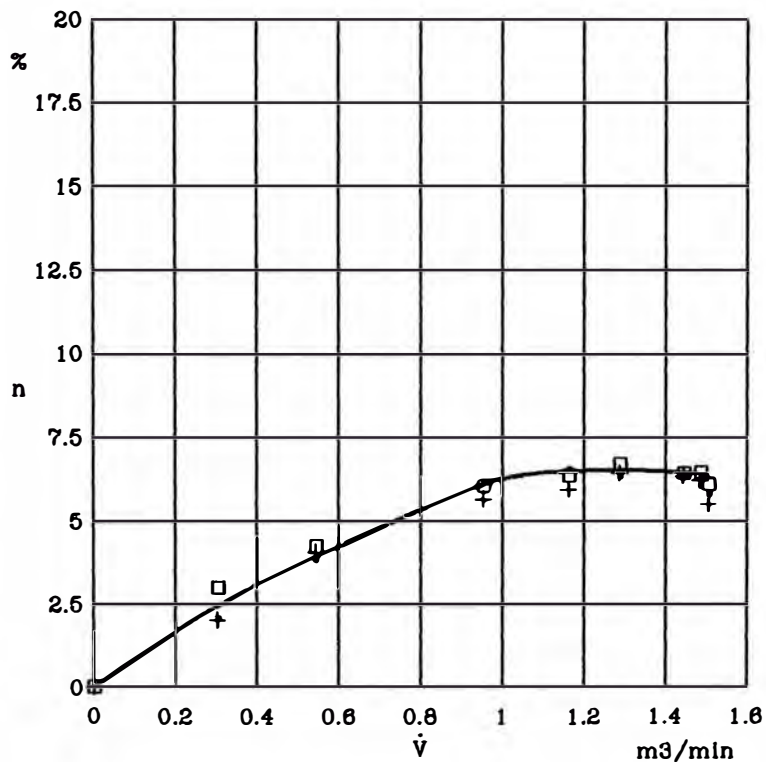
• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Cifra de presión versus cifra de caudal



• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

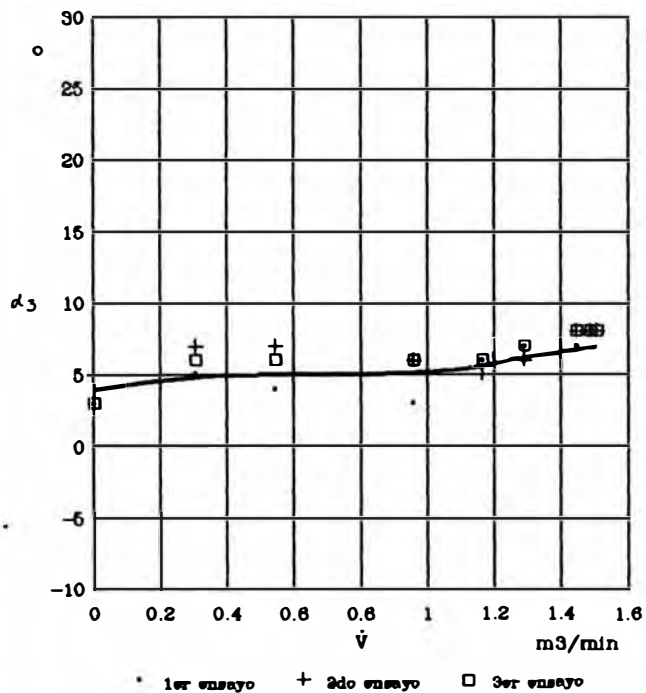
Cifra de caudal versus caudal



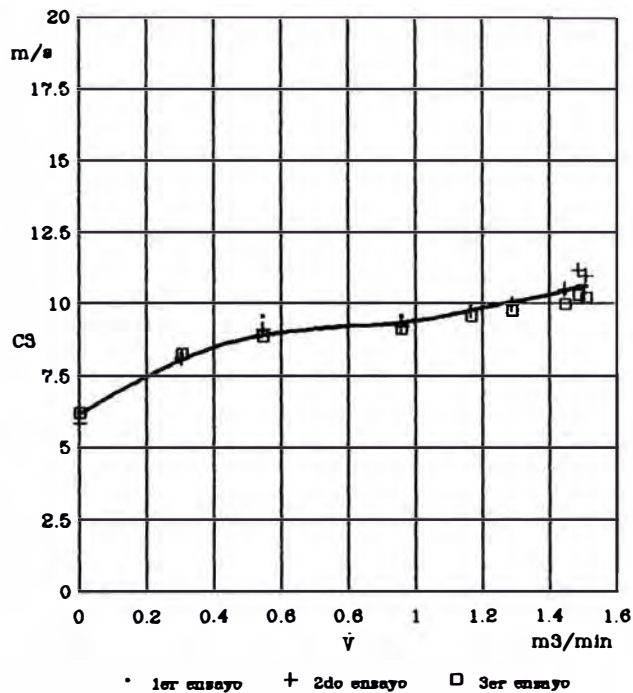
• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Eficiencia total versus caudal

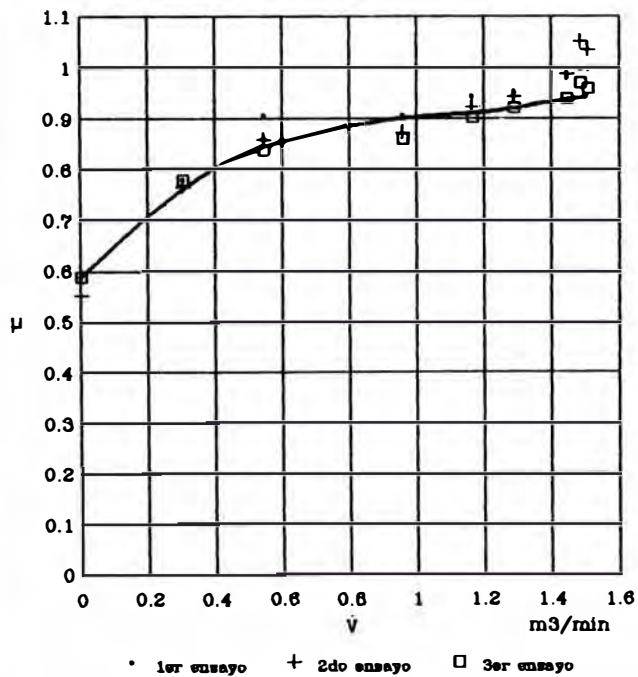
Fig. A2 Resultados experimentales para $N_m = 1625$ rpm
 $N_v = 1005$ rpm.



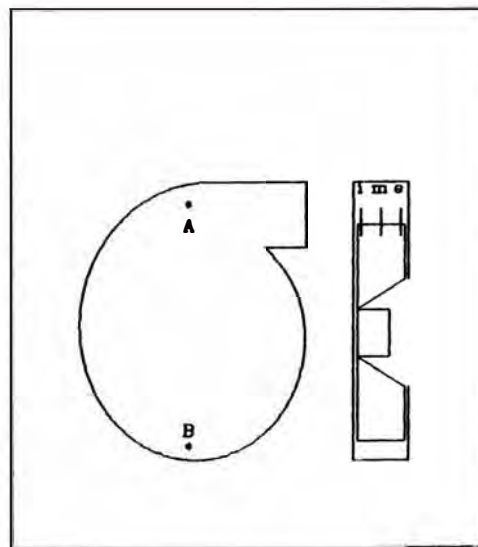
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

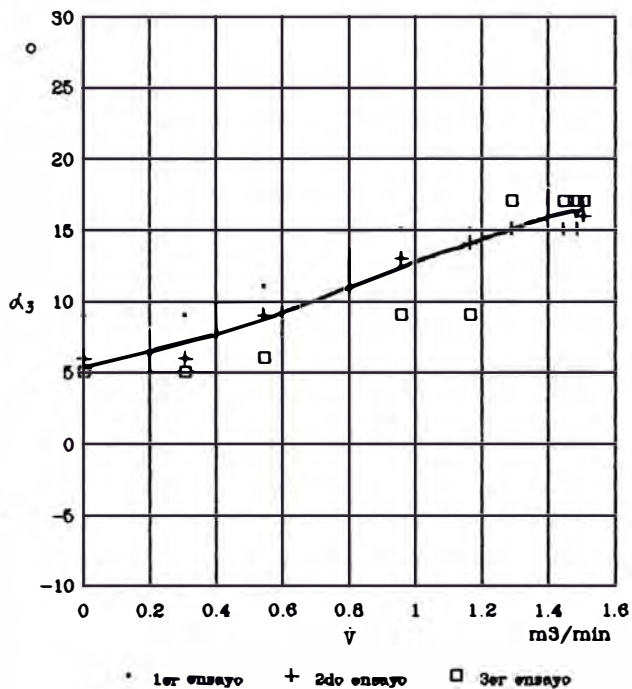


Coeficiente de resbalamiento versus caudal

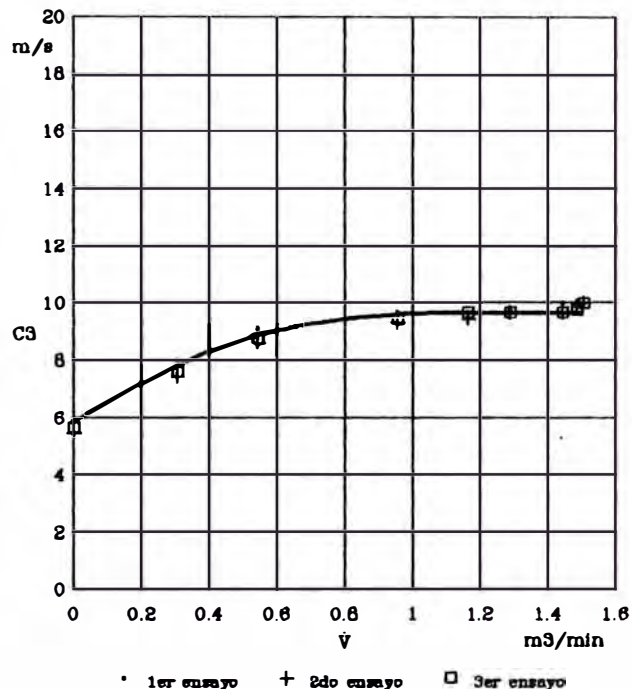


A : zona "A" B : zona "B"
i : interior m : medio e : exterior

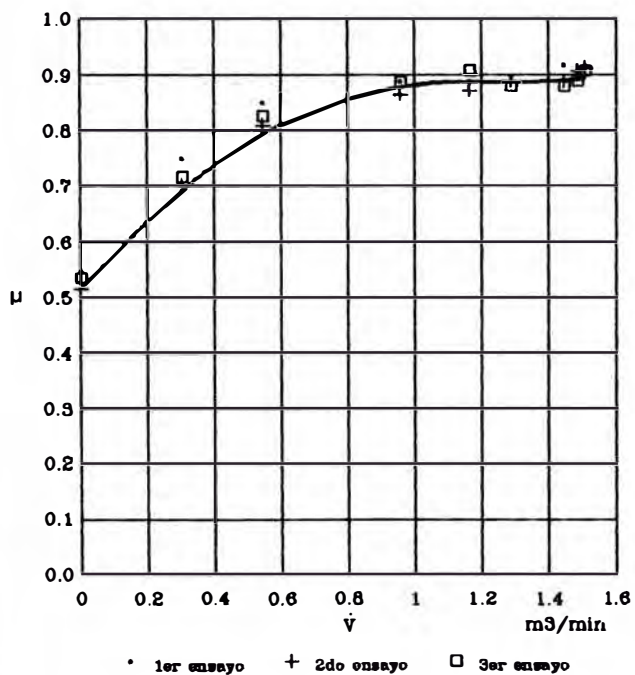
Fig. A3 : Resultados experimentales para $N_m = 1625$ rpm
 $N_v = 1005$ rpm, en la zona "A", punto exterior.



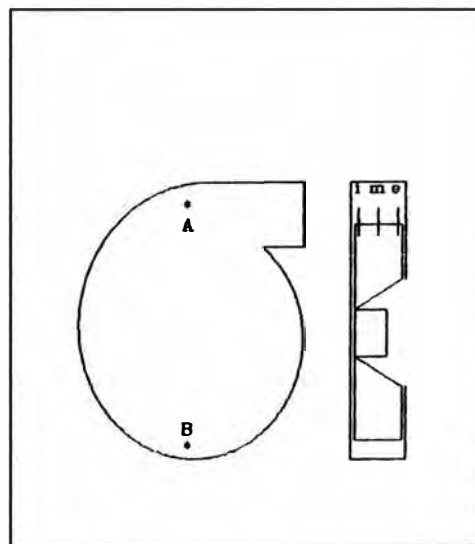
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

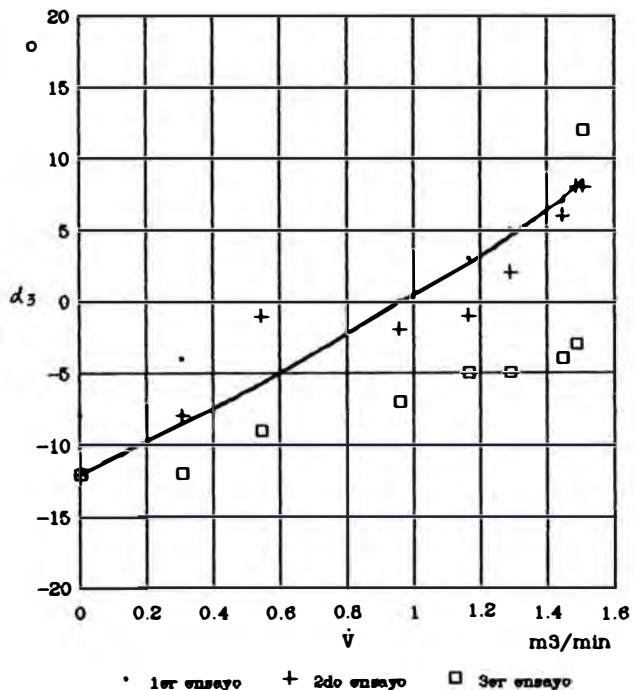


Coeficiente de resbalamiento versus caudal

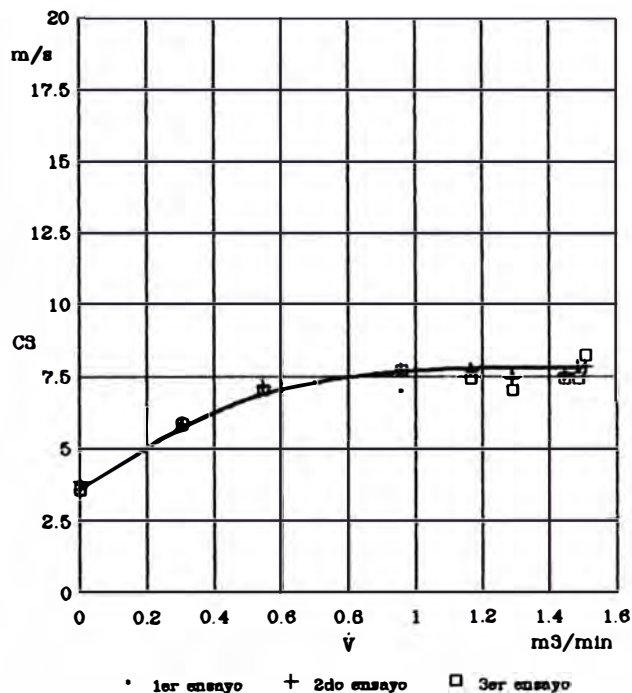


A : zona "A" B : zona "B"
 i : interior m : medio e : exterior

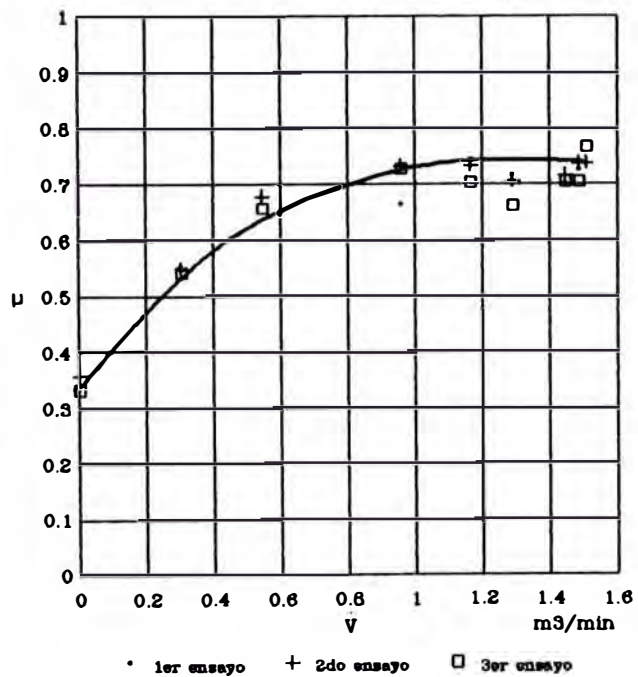
Fig. A4 : Resultados experimentales para $N_m = 1625$ rpm
 $N_v = 1005$ rpm, en la zona "A", punto medio.



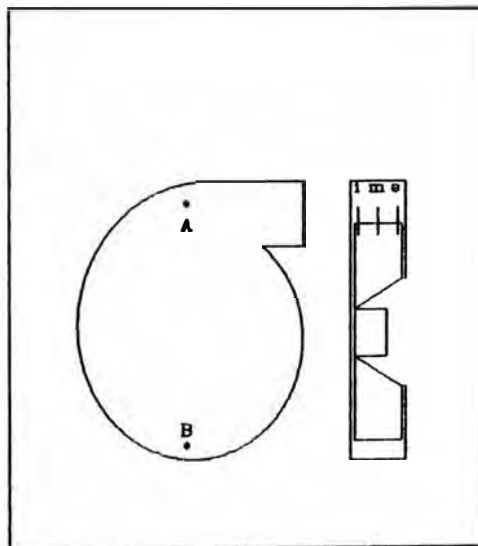
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal



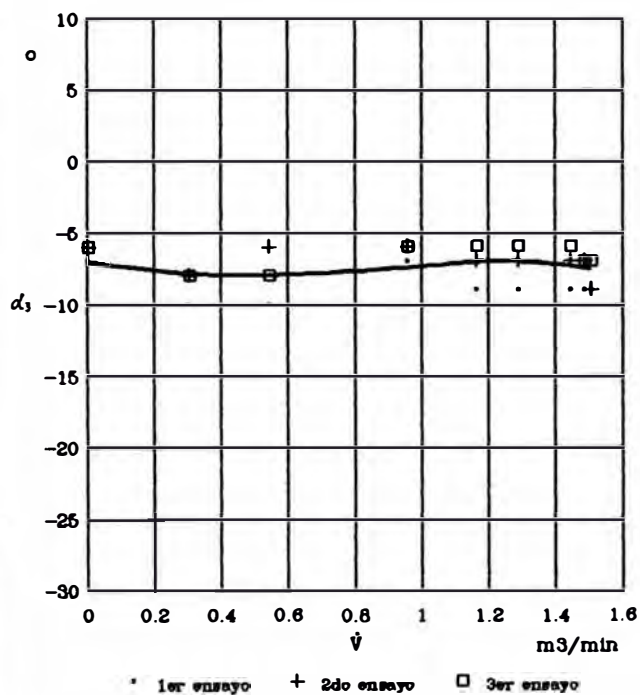
Coeficiente de resbalamiento versus caudal



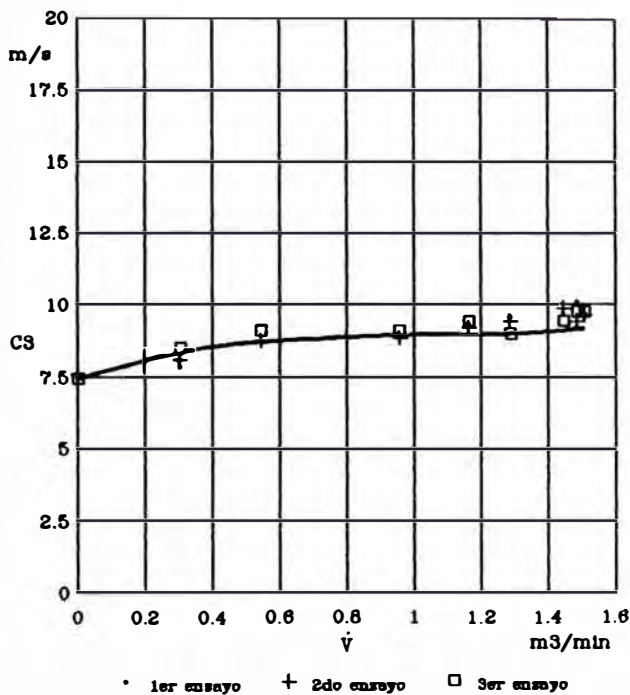
A : zona "A" B : zona "B"

i : interior m : medio e : exterior

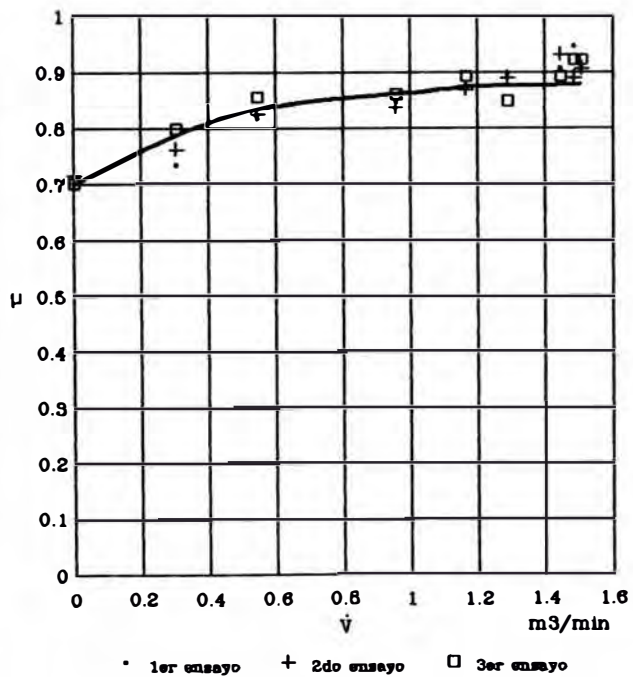
Fig. A5 : Resultados experimentales para $N_m = 1625$ rpm
 $N_v = 1005$ rpm, en la zona "A", punto interior.



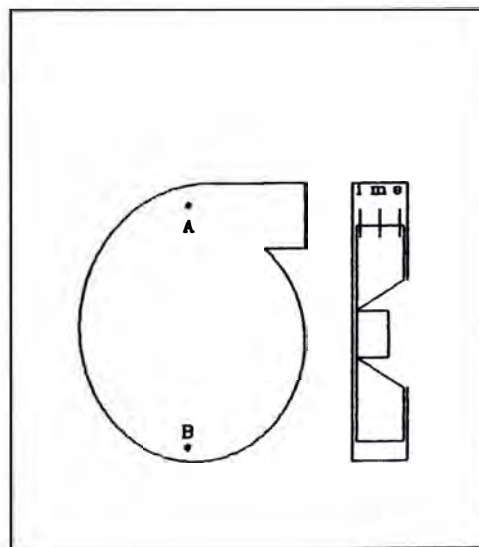
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

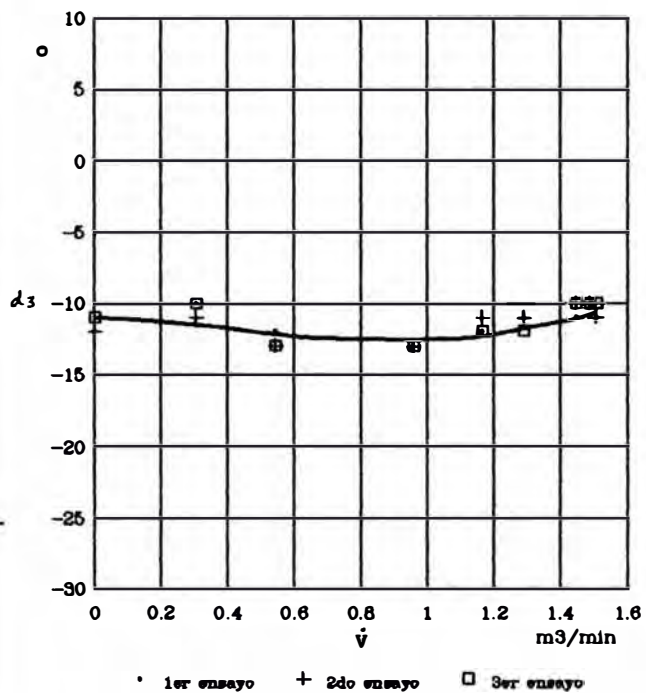


Coeficiente de resbalamiento versus caudal

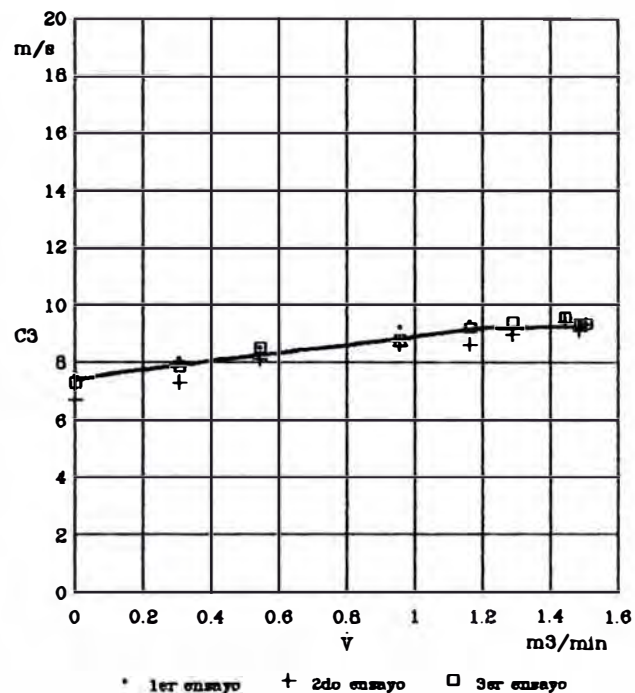


A : zona "A" B : zona "B"
i : interior m : medio e : exterior

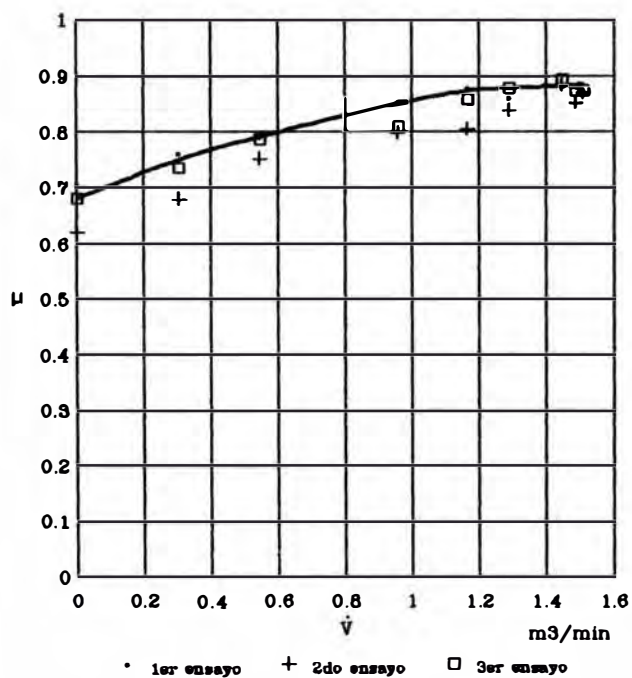
Fig. A6 : Resultados experimentales para Nm = 1625 rpm
Nv = 1005 rpm, en la zona "B", punto exterior.



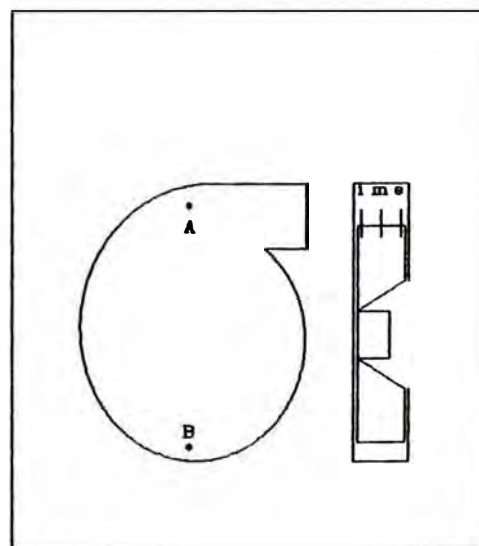
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

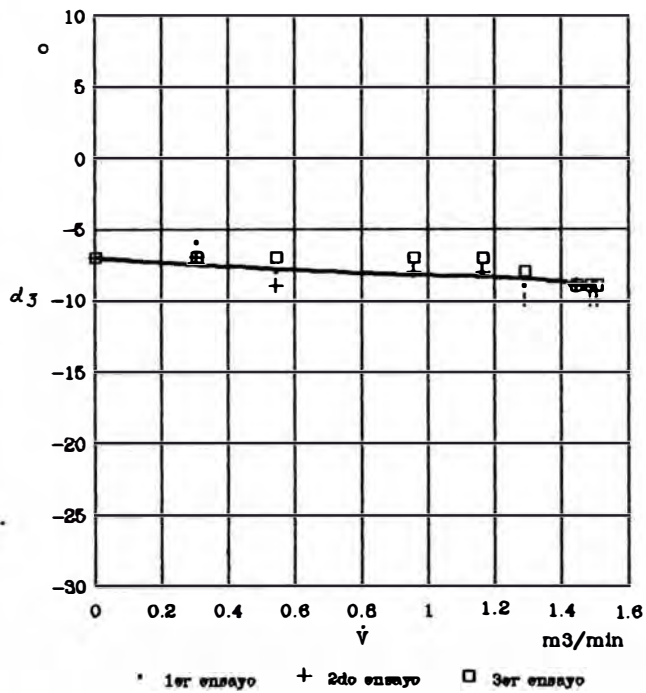


Coeficiente de resbalamiento versus caudal

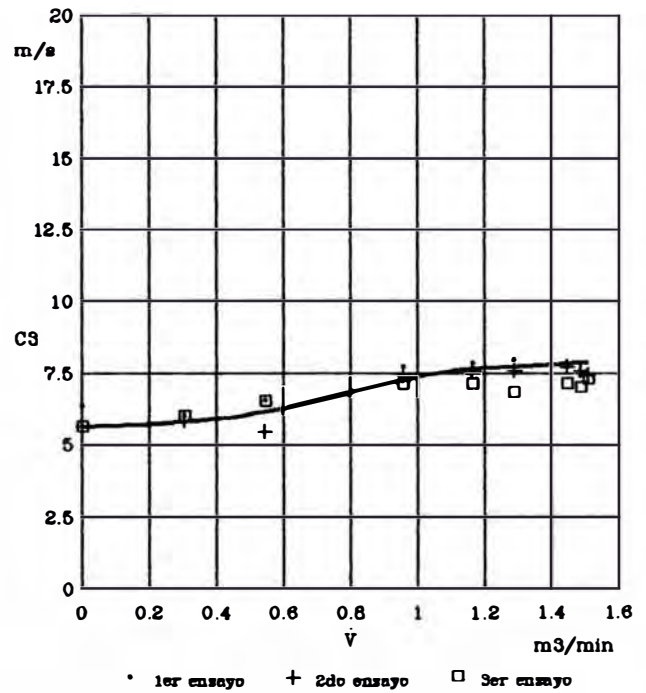


A : zona "A" B : zona "B"
i : interior m : medio e : exterior

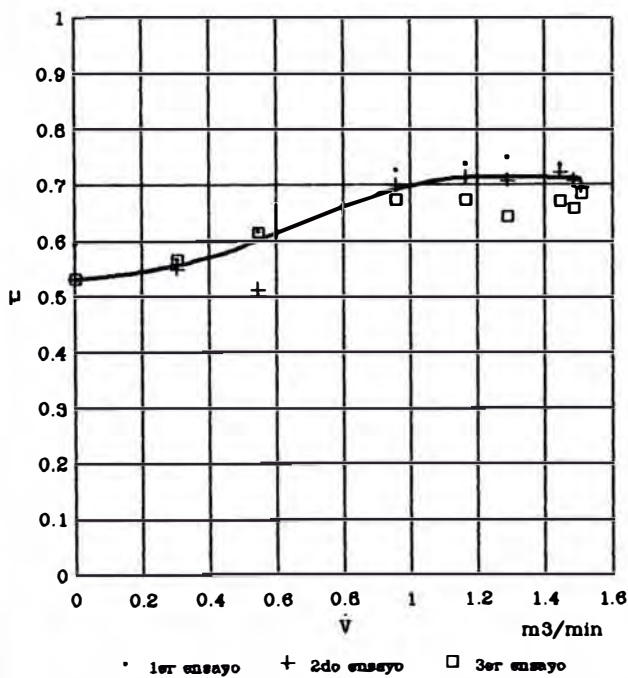
Fig. A7 : Resultados experimentales para Nm = 1625 rpm
Nv = 1005 rpm, en la zona "B", punto medio.



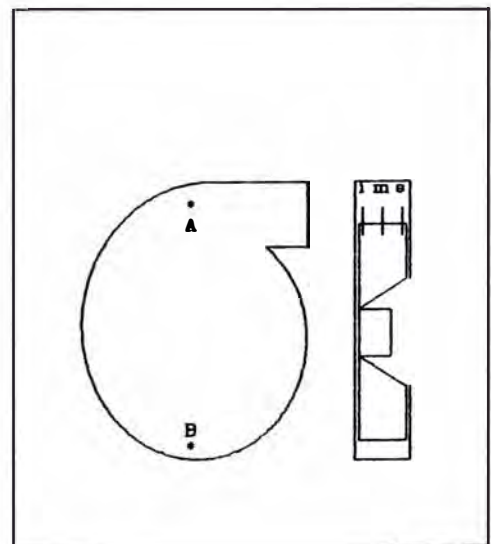
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal



Coeficiente de resbamiento versus caudal



A : zona "A" B : zona "B"
i : interior m : medio e : exterior

Fig. A8 : Resultados experimentales para Nm = 1625 rpm
Nv = 1005 rpm, en la zona "B", punto interior.

APENDICE "B"

RESULTADOS EXPERIMENTALES PARA

Nm = 1625 rpm , Nv = 1620 rpm

Tabla B1 : Resultados experimentales para Nm = 1625 rpm y Nv = 1620 rpm.

continua

PUNTO	ptI mm agua	peI mm agua	pvl mm agua	CI max m/s	CI m/s	Re flujo	V m ³ /min	CII m/s	ptII mm agua	Δpt mm agua	Pa w	F Lb	P w	η %	φ	ψ
0	-25.40	-24.13	-	--	0.00	0	0.00	0.00	0.00	26.40	0.00	0.42	39.78	0.00	0.000	1.473
1	-24.13	-24.38	0.26	2.06	1.61	7875	0.44	2.17	0.28	24.41	1.78	0.42	39.78	4.43	0.014	1.418
2	-24.00	-25.40	1.40	4.83	3.83	18714	1.05	5.15	1.59	25.59	4.39	0.44	41.25	10.65	0.033	1.484
3	-21.84	-24.77	2.92	6.98	5.68	27741	1.55	7.64	3.50	25.34	6.45	0.45	42.72	15.09	0.049	1.470
4	-18.29	-22.61	4.32	8.49	6.87	33561	1.88	9.24	5.12	23.41	7.20	0.48	45.67	15.77	0.059	1.357
6	-15.37	-20.98	6.59	9.66	7.86	38370	2.15	10.57	6.69	22.08	7.78	0.50	47.14	16.46	0.067	1.279
6	-12.83	-19.18	6.35	10.29	8.44	41182	2.31	11.34	7.71	20.53	7.76	0.53	50.09	15.48	0.072	1.191
7	-10.92	-18.03	7.11	10.80	8.90	43433	2.43	11.96	8.57	19.49	7.78	0.53	50.09	15.50	0.076	1.130
8	-10.16	-17.40	7.24	10.99	8.98	43823	2.46	12.07	8.73	18.89	7.59	0.55	51.58	14.72	0.077	1.095

PUNTO	ptI mm agua	peI mm agua	pvl mm agua	CI max m/s	CI m/s	Re flujo	V m ³ /min	CII m/s	ptII mm agua	Δpt mm agua	Pa w	F Lb	P w	η %	φ	ψ
8	-10.03	-17.53	7.49	11.18	9.13	44585	2.50	12.28	9.03	19.06	7.79	0.55	51.58	15.11	0.078	1.108
7	-11.06	-17.91	6.88	10.70	8.70	42471	2.38	11.70	8.20	19.24	7.49	0.52	48.62	15.41	0.074	1.118
6	-12.95	-19.05	6.10	10.09	8.26	40347	2.26	11.11	7.40	20.35	7.53	0.52	48.62	15.48	0.071	1.180
5	-15.24	-20.57	6.33	9.44	7.71	37847	2.11	10.37	6.44	21.68	7.48	0.50	47.14	15.87	0.068	1.257
4	-18.29	-22.35	4.06	8.24	6.65	32448	1.82	8.94	4.78	23.07	6.86	0.48	45.67	15.03	0.057	1.338
3	-21.59	-24.51	2.92	6.98	5.68	27741	1.55	7.64	3.50	25.09	6.38	0.45	42.72	14.83	0.049	1.455
2	-23.88	-25.40	1.52	5.04	4.00	19544	1.10	5.38	1.74	25.61	4.59	0.44	41.25	11.13	0.034	1.485
1	-23.75	-24.13	0.38	2.52	1.98	9682	0.54	2.67	0.43	24.17	2.15	0.42	39.78	5.39	0.017	1.402
0	-24.13	-23.37	--	-	0.00	0	0.00	0.00	0.00	24.13	0.00	0.39	36.83	0.00	0.000	1.399

PUNTO	ptI mm agua	peI mm agua	pvl mm agua	CI max m/s	CI m/s	Re flujo	V m ³ /min	CII m/s	ptII mm agua	Δpt mm agua	Pa w	F Lb	P w	η %	φ	ψ
0	-24.13	-23.37	-	-	0.00	0	0.00	0.00	0.00	24.13	0.00	0.41	38.30	0.00	0.000	1.399
1	-23.62	-23.88	0.26	2.06	1.61	7875	0.44	2.17	0.28	23.90	1.73	0.44	41.25	4.18	0.014	1.386
2	-23.75	-25.15	1.40	4.83	3.83	18714	1.05	5.15	1.59	25.34	4.36	0.45	42.72	10.18	0.033	1.470
3	-21.46	-24.51	3.05	7.13	6.71	27858	1.56	7.67	3.53	24.99	6.38	0.48	45.67	13.98	0.049	1.449
4	-17.91	-22.35	4.45	8.61	6.97	34049	1.91	9.38	5.27	23.17	7.23	0.48	45.67	15.84	0.060	1.344
5	-15.75	-20.70	4.95	9.09	7.43	36275	2.03	9.99	6.98	21.73	7.23	0.50	47.14	15.33	0.064	1.260
6	-13.72	-19.30	6.59	9.66	7.86	38370	2.15	10.57	6.69	20.40	7.18	0.52	48.62	14.77	0.067	1.183
7	-11.81	-18.16	6.35	10.29	8.44	41182	2.31	11.34	7.71	19.52	7.37	0.53	50.09	14.71	0.072	1.132
8	-11.18	-17.40	6.22	10.19	8.35	40767	2.28	11.23	7.56	18.73	7.00	0.53	50.09	13.97	0.071	1.086

Tabla B1 : Resultados experimentales para Nm = 1625 rpm y Nv = 1620 rpm.

continua

Z O N A																
E X T E R I O R									M E D I O							

PUNTO	alfa 1	alfa 2	alfa 3	pt3	pe3	pv3	C3	μ	alfa 1	alfa 2	alfa 3	pt3	pe3	pv3	C3	μ
	°	°	°	mm H2O	mm H2O	mm H2O	m/s		°	°	°	mm H2O	mm H2O	mm H2O	m/s	
0	-33	46	6.5	2.67	-3.18	5.84	9.87	0.578	-30	50	10	1.27	-2.92	4.19	8.36	0.486
1	-28	44	8.0	4.57	-5.33	9.91	12.86	0.751	-26	48	11	4.19	-4.44	8.64	12.01	0.695
2	-25	39	7.0	4.19	-7.75	11.94	14.12	0.826	-18	47	14.5	4.44	-7.11	11.56	13.89	0.793
3	-25	37	6.0	4.57	-8.26	12.83	14.63	0.858	-14	50	18	5.33	-8.26	13.59	15.06	0.844
4	-26	44	9.0	8.86	-6.86	13.72	15.13	0.881	-17	54	18.5	7.11	-7.49	14.61	15.61	0.873
5	-27	47	10.0	9.40	-5.84	15.24	15.95	0.926	-19	56	18.5	9.02	-5.84	14.86	15.75	0.880
6	-28	50	11.0	10.92	-4.70	15.62	16.15	0.934	-21	58	18.5	10.29	-4.44	14.73	15.68	0.877
7	-29	53	12.0	11.94	-3.94	15.88	16.28	0.939	-23	60	18.5	11.30	-3.30	14.61	15.61	0.873
8	-30	54	12.0	12.70	-3.30	16.00	16.34	0.942	-24	61	18.5	12.07	-3.25	16.32	15.99	0.894

PUNTO	alfa 1	alfa 2	alfa 3	pt3	pe3	pv3	C3	μ	alfa 1	alfa 2	alfa 3	pt3	pe3	pv3	C3	μ
	°	°	°	mm H2O	mm H2O	mm H2O	m/s		°	°	°	mm H2O	mm H2O	mm H2O	m/s	
8	-30	54	12	12.70	-3.30	16.00	16.34	0.942	-24	61	18.5	12.07	-3.18	15.24	15.95	0.892
7	-29	53	12	12.07	-3.81	15.88	16.28	0.939	-23	60	18.5	11.18	-3.43	14.61	15.61	0.873
6	-29	51	11	10.80	-4.95	15.75	16.21	0.938	-22	59	18.5	10.16	-4.52	14.68	15.65	0.875
5	-28	48	10	9.40	-5.59	14.99	15.82	0.918	-20	57	18.5	8.64	-5.46	14.10	15.34	0.857
4	-26	44	9	7.24	-7.11	14.35	15.48	0.901	-18	54	18	6.99	-6.35	13.34	14.92	0.836
3	-25	37	8	4.44	-8.26	12.70	14.56	0.854	-15	51	18	4.95	-7.75	12.70	14.56	0.816
2	-24	38	7	4.19	-8.00	12.19	14.27	0.835	-20	47	13.5	4.32	-6.99	11.30	13.74	0.787
1	-28	44	8	4.57	-5.59	10.16	13.02	0.760	-27	48	10.5	3.94	-4.27	8.20	11.70	0.678
0	-34	46	6	2.92	-3.56	6.48	10.40	0.610	-31	52	10.5	1.27	-2.92	4.19	8.36	0.485

PUNTO	alfa 1	alfa 2	alfa 3	pt3	pe3	pv3	C3	μ	alfa 1	alfa 2	alfa 3	pt3	pe3	pv3	C3	μ
	°	°	°	mm H2O	mm H2O	mm H2O	m/s		°	°	°	mm H2O	mm H2O	mm H2O	m/s	
0	-33	47	7.00	2.79	-3.43	6.22	10.19	0.596	-31	52	10.5	1.27	-2.92	4.19	8.36	0.485
1	-27	43	8.00	5.08	-5.59	10.67	13.34	0.779	-28	49	10.5	4.19	-4.32	8.51	11.92	0.691
2	-24	38	7.00	4.57	-8.13	12.70	14.56	0.852	-21	47	13	4.44	-6.73	11.18	13.66	0.784
3	-25	37	6.00	4.44	-8.51	12.95	14.70	0.862	-16	50	17	4.57	-7.87	12.45	14.41	0.812
4	-26	44	9.00	7.37	-7.24	14.61	15.61	0.909	-18	52	17	6.86	-6.86	13.72	15.13	0.853
5	-28	48	10.00	9.14	-5.84	14.99	15.82	0.918	-21	55	17	8.89	-5.28	14.17	15.38	0.867
6	-29	51	11.00	10.92	-4.70	15.62	15.15	0.934	-23	57	17	10.41	-4.14	14.55	15.59	0.879
7	-30	52	11.00	11.94	-3.94	15.88	16.28	0.942	-25	59	17	11.43	-3.30	14.73	15.68	0.884
8	-29	53	12.00	12.70	-3.81	16.51	16.60	0.957	-22	63	20.5	12.19	-2.79	14.99	16.82	0.873

Tabla B1 : Resultados experimentales para Nm = 1625 rpm y Nv = 1620 rpm.

continua

Z O N A ' A '									Z O N A ' B '							
I N T E R I O R									E X T E R I O R							

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-41	33	-4	-0.76	-3.18	2.41	6.35	0.373	-36	23	-6.5	2.16	-7.24	9.40	12.52	0.734
1	-31	32	0.5	-0.13	-4.52	4.39	8.56	0.505	-40	20	-10	3.05	-7.87	10.92	13.50	0.784
2	-21	27	3	-0.51	-7.24	6.73	10.60	0.624	-40	20	-10	4.06	-8.64	12.70	14.56	0.845
3	-15	26	5.5	-0.76	-9.14	8.38	11.83	0.694	-40	26	-7	5.08	-7.87	12.95	14.70	0.860
4	-19	33	7	0.64	-7.24	7.87	11.46	0.671	-45	29	-8	7.87	-5.97	13.84	15.20	0.887
5	-21	43	11	1.78	-6.97	7.75	11.37	0.658	-48	34	-7	10.54	-3.43	13.97	15.27	0.893
6	-23	49	13	3.18	-4.70	7.87	11.46	0.658	-52	38	-7	12.70	-1.65	14.35	15.48	0.905
7	-25	53	14	4.32	-3.68	8.00	11.56	0.661	-54	40	-7	13.97	0.51	13.46	14.99	0.877
8	-27	55	14	5.46	-3.18	8.64	12.01	0.687	-56	42	-7	14.73	0.89	13.84	15.20	0.889

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
8	-27	55	14	5.46	-3.18	8.64	12.01	0.687	-55	41	-7	14.73	0.76	13.97	15.27	0.893
7	-24	52	14	4.70	-4.06	8.76	12.09	0.692	-54	40	-7	13.97	-0.76	14.73	15.68	0.917
6	-23	49	13	3.43	-4.95	8.38	11.83	0.679	-51	37	-7	12.83	-1.91	14.73	15.68	0.917
5	-20	42	11	1.91	-5.97	7.87	11.46	0.663	-48	34	-7	10.67	-3.81	14.48	15.55	0.909
4	-18	33	7.5	0.89	-7.62	8.51	11.92	0.696	-45	31	-7	7.87	-5.59	13.46	14.99	0.877
3	-16	26	5	-0.89	-8.51	7.62	11.28	0.662	-39	25	-7	5.08	-7.75	12.83	14.63	0.856
2	-19	26	3.5	-0.64	-7.49	6.86	10.70	0.629	-39	22	-8.5	3.81	-8.76	12.57	14.49	0.845
1	-30	31	0.5	-0.25	-4.95	4.70	8.86	0.522	-41	21	-10	2.79	-7.11	9.91	12.86	0.746
0	-39	38	-0.5	-0.76	-2.79	2.03	5.82	0.343	-37	23	-7	2.03	-7.37	9.40	12.52	0.733

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-38	37	-0.5	-0.64	-3.05	2.41	6.35	0.374	-36	23	-6.5	2.16	-7.24	9.40	12.52	0.734
1	-31	31	0	0.51	-4.95	5.46	9.55	0.563	-40	20	-10	3.05	-7.75	10.80	13.42	0.779
2	-19	26	3.5	-0.51	-7.49	6.99	10.80	0.635	-39	21	-9	3.94	-8.76	12.70	14.56	0.848
3	-15	25	5	-0.76	-8.38	7.62	11.28	0.662	-39	25	-7	5.21	-8.00	13.21	14.85	0.859
4	-18	33	7.5	0.64	-7.49	8.13	11.65	0.681	-44	30	-7	8.00	-5.72	13.72	15.13	0.885
5	-20	41	10.5	1.91	-6.22	8.13	11.65	0.675	-47	33	-7	10.67	-3.94	14.81	15.61	0.913
6	-23	48	12.5	3.56	-4.83	8.38	11.83	0.681	-52	38	-7	12.45	-1.52	13.97	15.27	0.893
7	-26	54	14	4.83	-3.68	8.51	11.92	0.682	-54	40	-7	13.97	-0.51	14.48	15.55	0.909
8	-27	56	14.5	5.33	-3.05	8.38	11.83	0.675	-55	41	-7	14.99	0.64	14.35	15.48	0.905

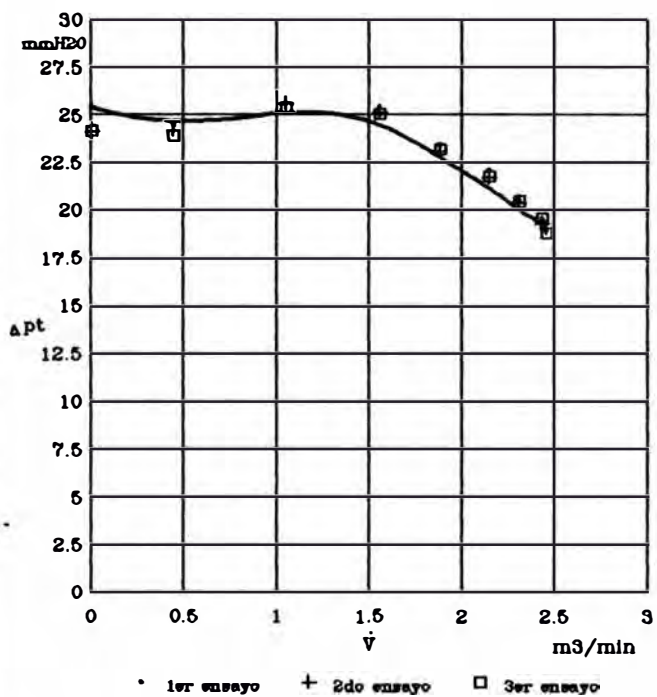
Tabla B1 : Resultados experimentales para Nm = 1625 rpm y Nv = 1620 rpm.

Z O N A • B •																
M E D I O									I N T E R I O R							

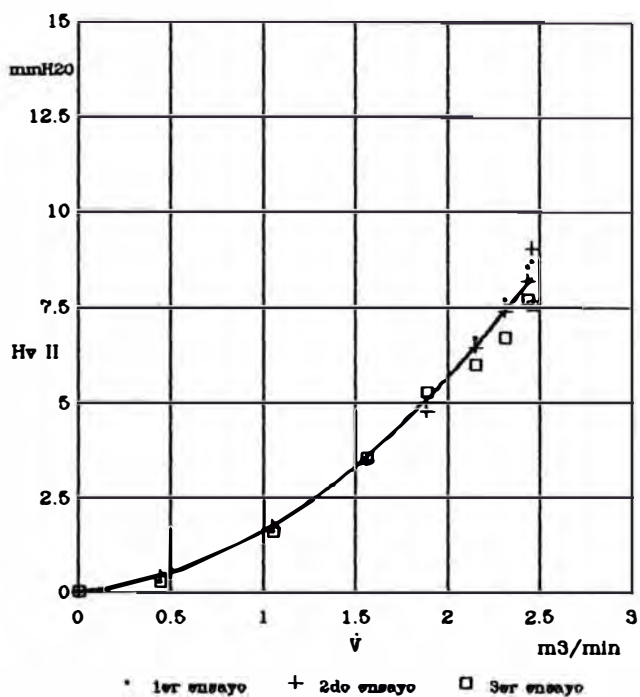
PUNTO	alfa 1	alfa 2	alfa 3	pt3	pe3	pv3	C3	μ	alfa 1	alfa 2	alfa 3	pt3	pe3	pv3	C3	μ
	°	°	°	mm H2O	mm H2O	mm H2O	m/s		°	°	°	mm H2O	mm H2O	mm H2O	m/s	
0	-42	20	-11	1.65	-6.86	8.51	11.92	0.690	-31	5	-13	-1.40	-7.49	6.10	10.09	0.579
1	-43	21	-11	2.41	-7.24	9.65	12.69	0.734	-31	23	-4	-2.67	-8.26	5.59	9.66	0.568
2	-43	19	-12	3.43	-8.51	11.94	14.12	0.814	-31	21	-5	-2.79	-9.02	6.22	10.19	0.598
3	-47	23	-12	5.59	-7.24	12.83	14.63	0.844	-30	18	-6	1.27	-8.00	9.27	12.44	0.729
4	-50	28	-11	8.76	-4.95	13.72	15.13	0.875	-41	29	-6	3.05	-5.59	8.64	12.01	0.704
5	-52	32	-10	11.18	-2.67	13.84	15.20	0.882	-50	34	-8	5.33	-2.92	8.26	11.74	0.685
6	-56	36	-10	12.95	-0.51	13.46	14.99	0.870	-55	39	-8	7.24	-1.27	8.51	11.92	0.696
7	-58	38	-10	14.22	0.25	13.97	15.27	0.886	-58	42	-8	8.13	-0.13	8.26	11.74	0.685
8	-59	41	-9	14.73	1.40	13.33	14.92	0.869	-60	44	-8	8.64	0.76	7.87	11.46	0.669

PUNTO	alfa 1	alfa 2	alfa 3	pt3	pe3	pv3	C3	μ	alfa 1	alfa 2	alfa 3	pt3	pe3	pv3	C3	μ
	°	°	°	mm H2O	mm H2O	mm H2O	m/s		°	°	°	mm H2O	mm H2O	mm H2O	m/s	
8	-59	41	-9	14.73	1.40	13.33	14.92	0.869	-60	44	-8	8.64	0.76	7.87	11.46	0.669
7	-58	40	-9	14.22	0.64	13.59	15.06	0.877	-57	43	-7	8.00	0.13	7.87	11.46	0.671
6	-56	36	-10	12.95	-0.89	13.84	15.20	0.882	-54	40	-7	7.24	-1.14	8.38	11.83	0.692
5	-53	33	-10	11.18	-2.67	13.84	15.20	0.882	-47	35	-6	5.33	-3.05	8.38	11.83	0.693
4	-48	28	-10	8.64	-4.70	13.34	14.92	0.866	-38	30	-4	3.05	-5.21	8.26	11.74	0.690
3	-47	21	-13	5.33	-7.37	12.70	14.56	0.836	-28	20	-4	0.25	-8.13	8.38	11.83	0.696
2	-43	19	-12	3.43	-8.38	11.81	14.04	0.810	-30	20	-5	-2.79	-9.27	6.48	10.40	0.611
1	-41	21	-10	2.54	-7.37	9.91	12.86	0.746	-33	23	-5	-2.92	-8.51	5.59	9.66	0.567
0	-42	20	-11	1.78	-6.73	8.51	11.92	0.690	-44	22	-11	-1.27	-7.62	6.35	10.29	0.596

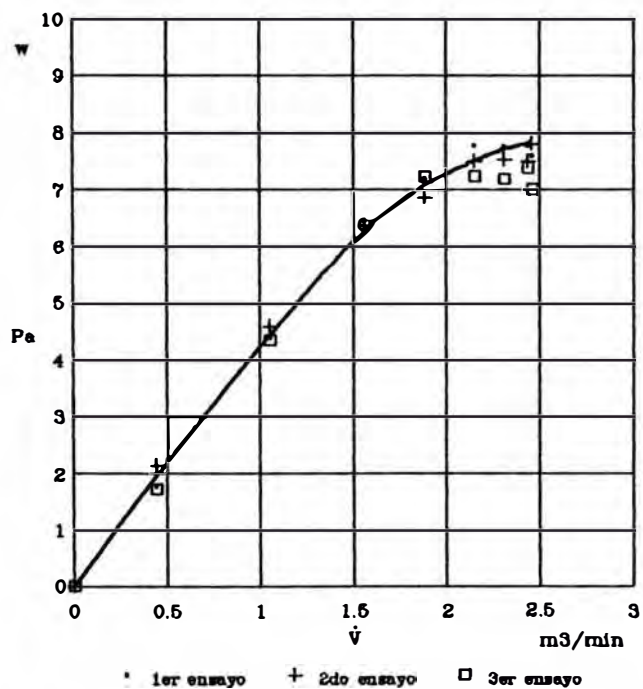
PUNTO	alfa 1	alfa 2	alfa 3	pt3	pe3	pv3	C3	μ	alfa 1	alfa 2	alfa 3	pt3	pe3	pv3	C3	μ
	°	°	°	mm H2O	mm H2O	mm H2O	m/s		°	°	°	mm H2O	mm H2O	mm H2O	m/s	
0	-40	19	-10.5	1.65	-6.86	8.51	11.92	0.691	-29	9	-10	-1.52	-7.75	6.22	10.19	0.592
1	-40	20	-10	2.79	-7.75	10.54	13.26	0.770	-31	23	-4	-2.79	-8.38	5.59	9.66	0.568
2	-42	19	-11.5	3.68	-8.51	12.19	14.27	0.824	-27	21	-3	-3.05	-9.40	6.35	10.29	0.606
3	-45	21	-12	5.72	-7.62	13.34	14.92	0.860	-24	22	-1	-0.25	-8.38	8.13	11.65	0.686
4	-49	27	-11	8.89	-5.33	14.22	15.41	0.892	-36	32	-2	3.30	-5.84	9.14	12.35	0.728
5	-52	32	-10	11.43	-2.79	14.22	15.41	0.894	-43	37	-3	5.59	-3.30	8.89	12.18	0.717
6	-54	36	-9	12.95	-1.02	13.97	15.27	0.889	-51	41	-5	7.11	-1.52	8.64	12.01	0.705
7	-57	39	-9	13.97	0.51	13.46	14.99	0.873	-64	44	-5	8.13	0.38	7.75	11.37	0.668
8	-59	41	-9	14.48	1.27	13.21	14.85	0.864	-58	48	-5	8.89	1.14	7.75	11.37	0.668



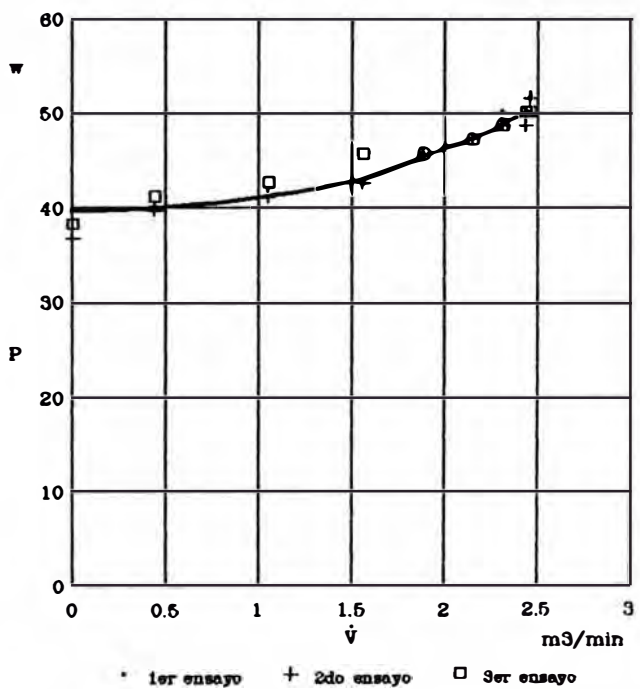
Altura de presión total versus caudal



Altura de presión de velocidad versus caudal

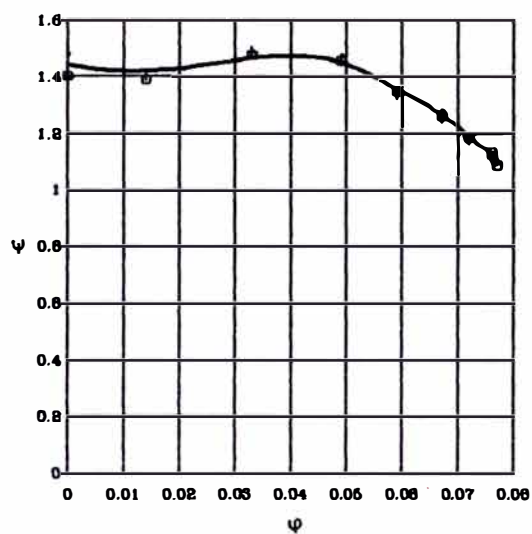


Potencia aerodinámica versus caudal



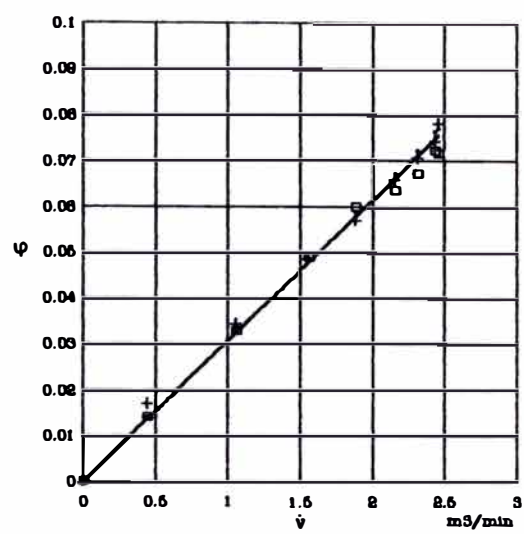
Potencia al eje versus caudal

Fig. B1 Resultados experimentales para $N_m = 1625$ rpm
 $N_v = 1620$ rpm.



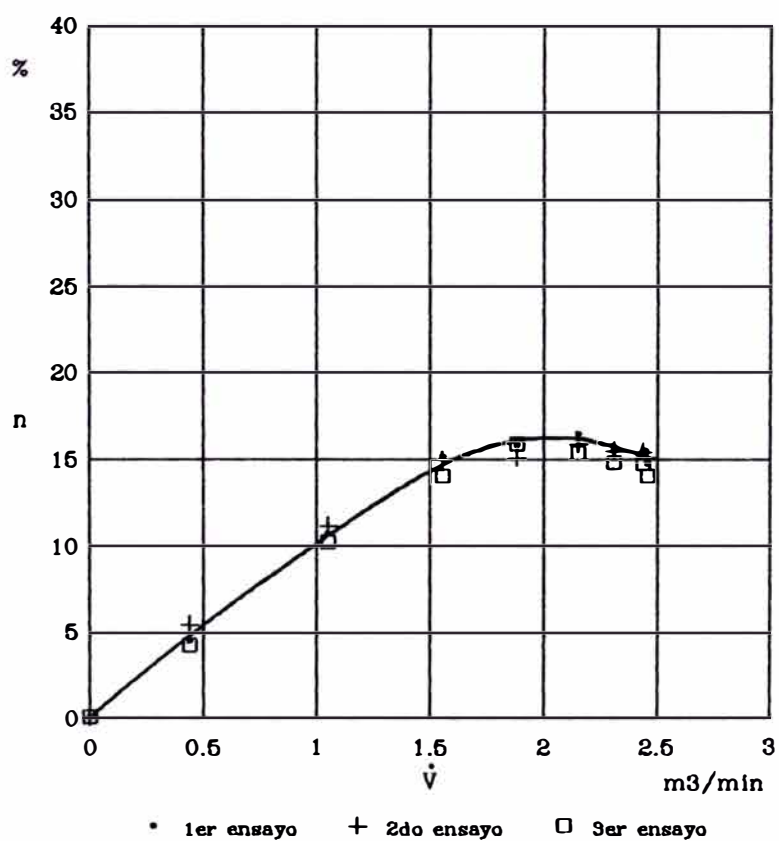
* 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Cifra de presión versus cifra de caudal



* 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

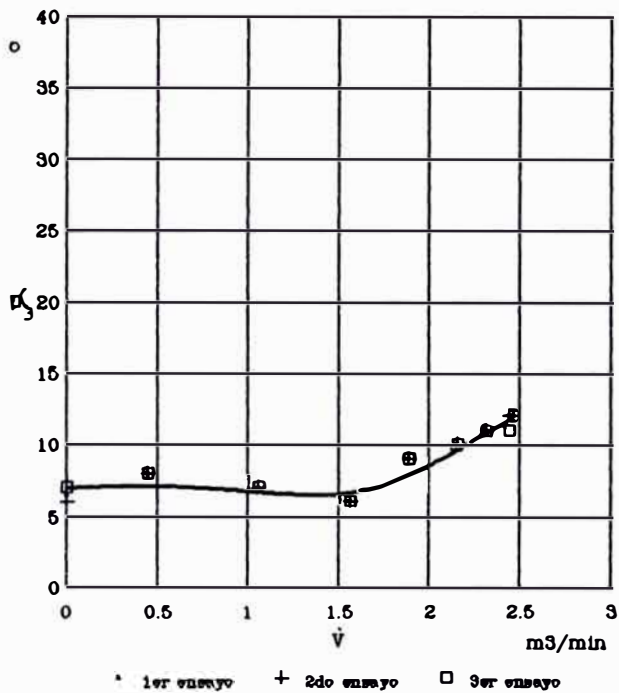
Cifra de caudal versus caudal



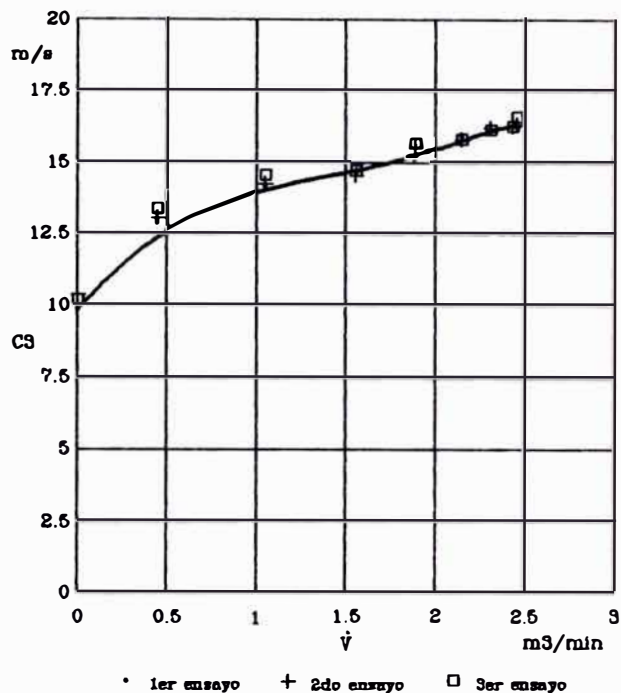
* 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Eficiencia total versus caudal

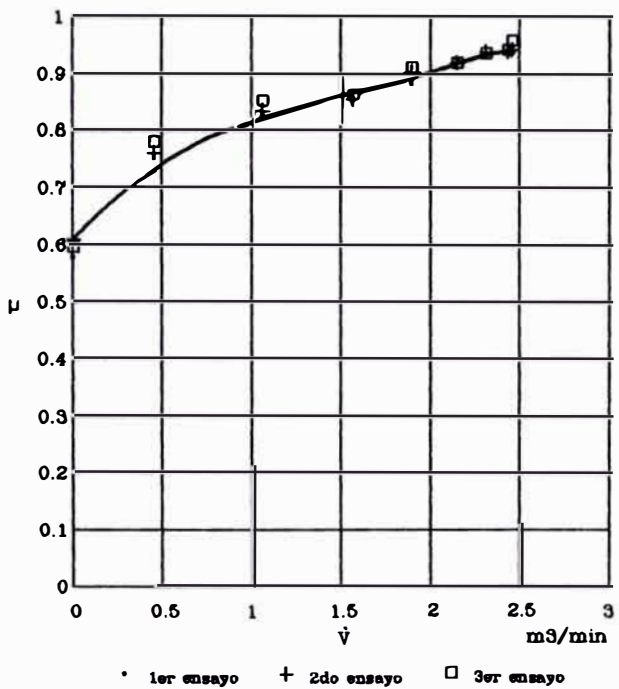
Fig. B2 Resultados experimentales para Nm 1625 rpm
Nv = 1620 rpm.



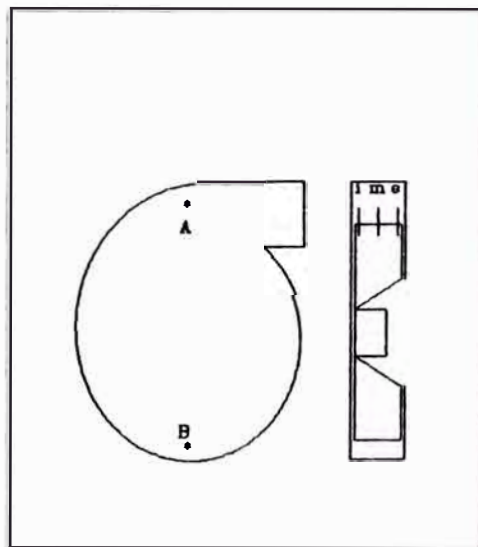
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

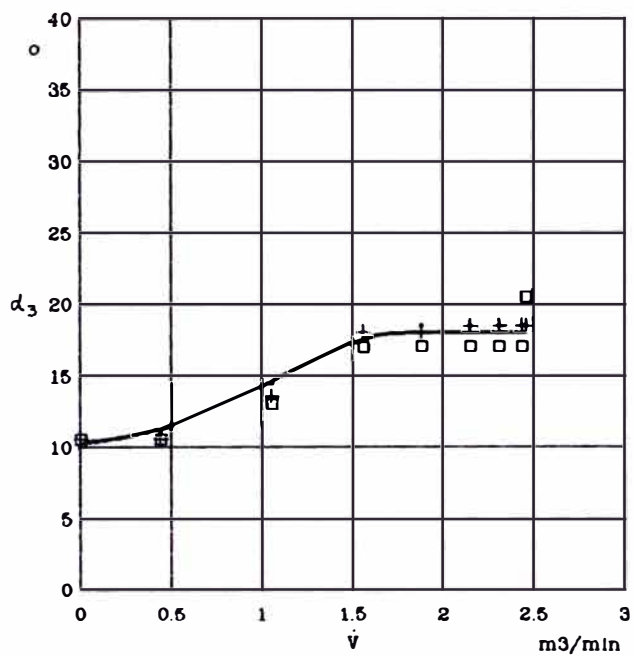


Coefficiente de resbalamiento versus caudal



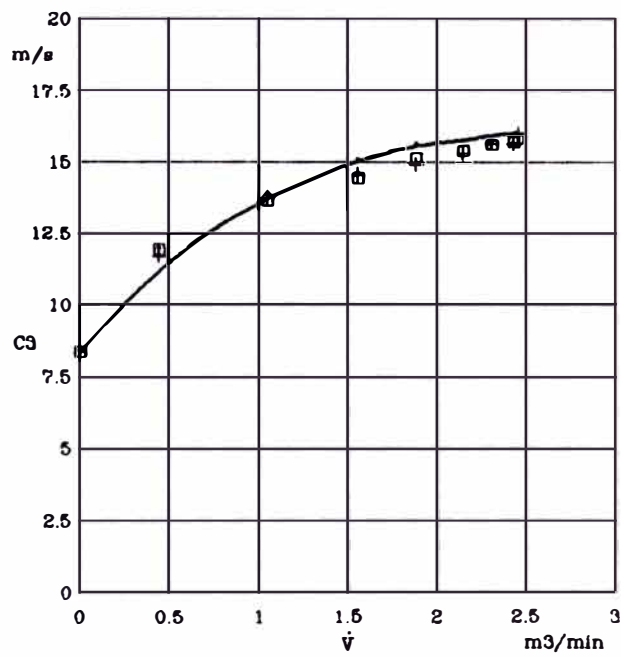
A : zona "A" B : zona "B"
i : interior m : medio e : exterior

Fig. B3: Resultados experimentales para $N_m = 1625$ rpm
 $N_v = 1620$ rpm, en la zona "A", punto exterior.



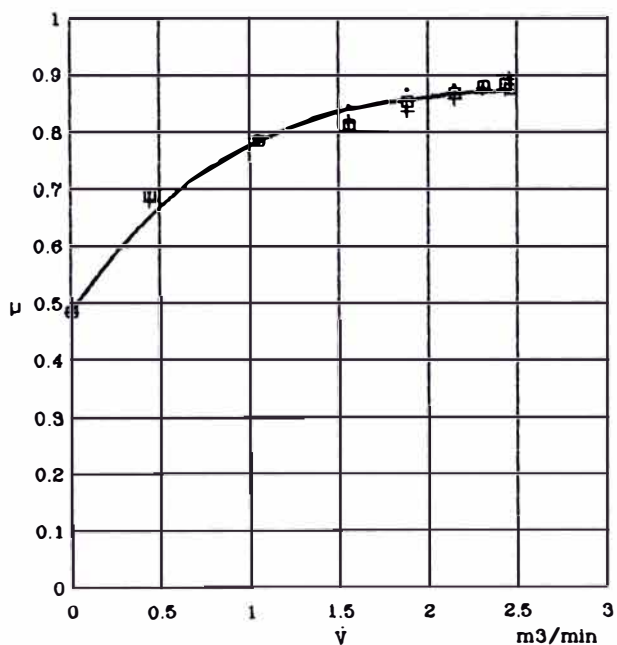
• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Angulo de salida del flujo versus caudal



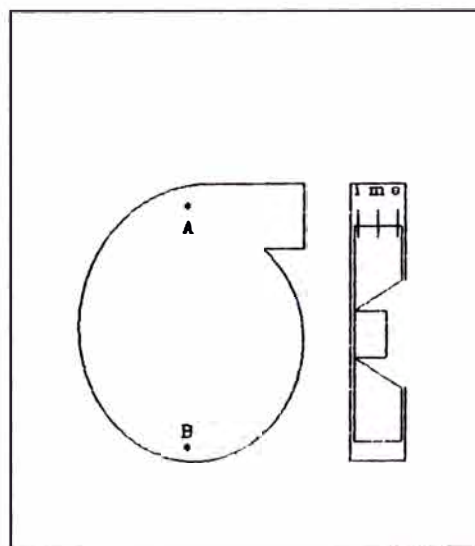
• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Velocidad de salida del flujo versus caudal



• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

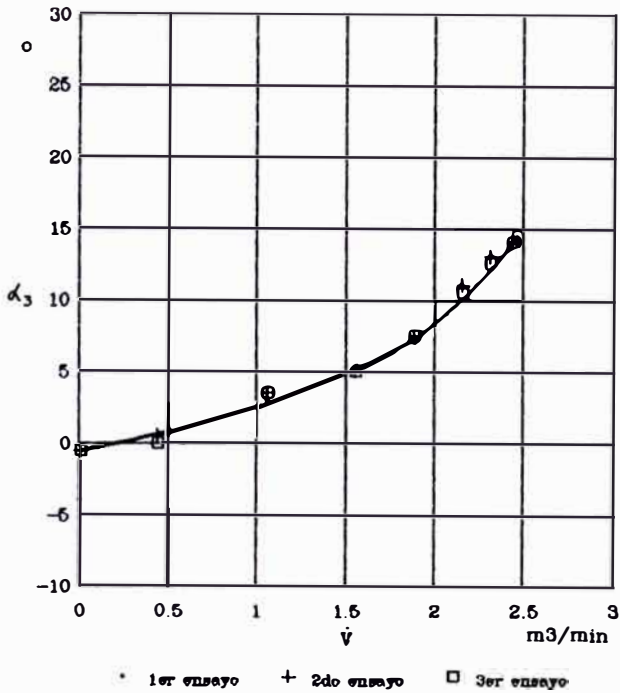
Coeficiente de resbalamiento versus caudal



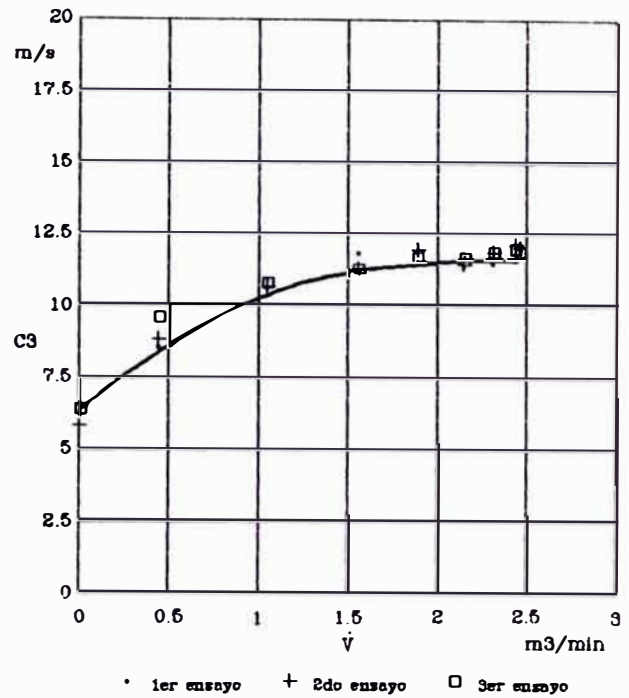
A : zona "A" B : zona "B"

i : interior m : medio e : exterior

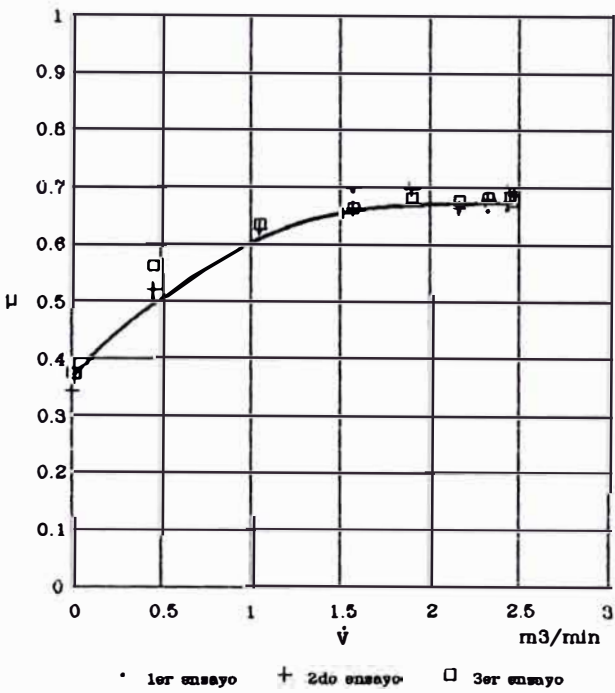
Fig. B4 : Resultados experimentales para $N_m = 1625$ rpm
 $N_v = 1620$ rpm, en la zona "A", punto medio.



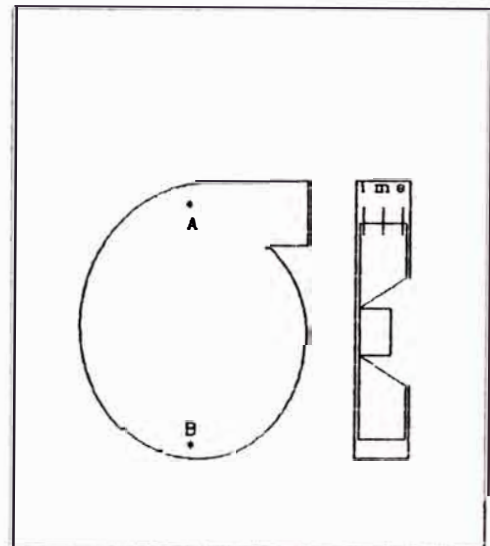
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

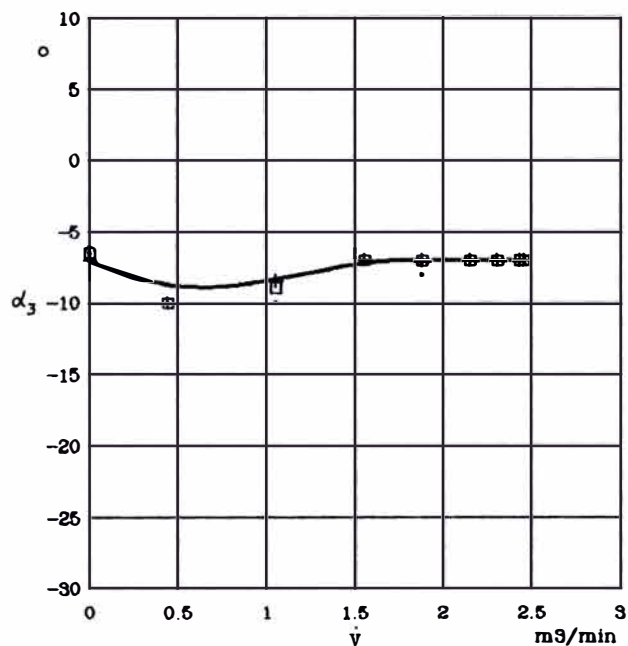


Coeficiente de resbalamiento versus caudal



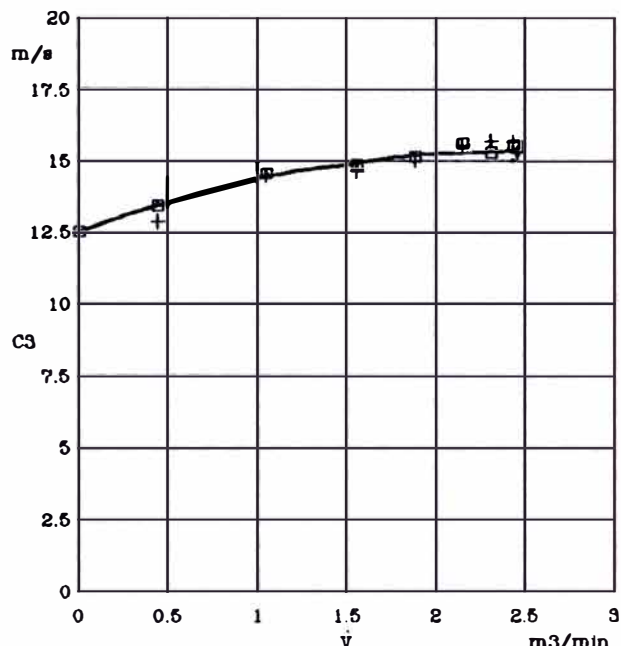
A : zona "A" B : zona "B"
 i : interior m : medio e : exterior

Fig. B5 : Resultados experimentales para $N_m = 1625$ rpm
 $N_v = 1620$ rpm, en la zona "A", punto interior.



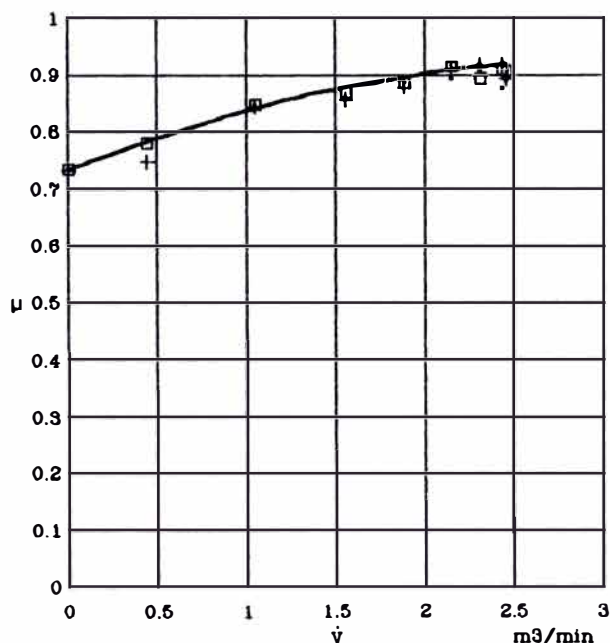
• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Angulo de salida del flujo versus caudal



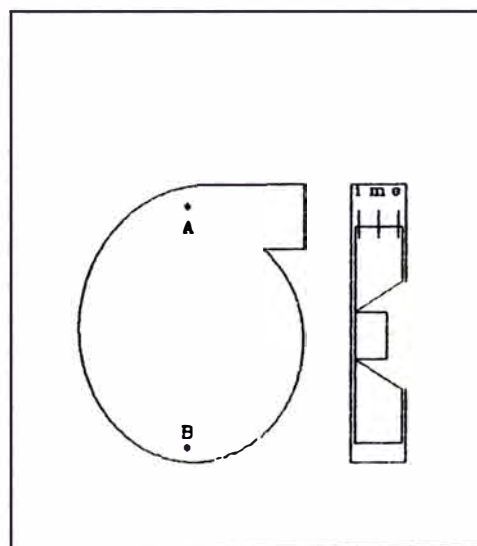
• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Velocidad de salida del flujo versus caudal



• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

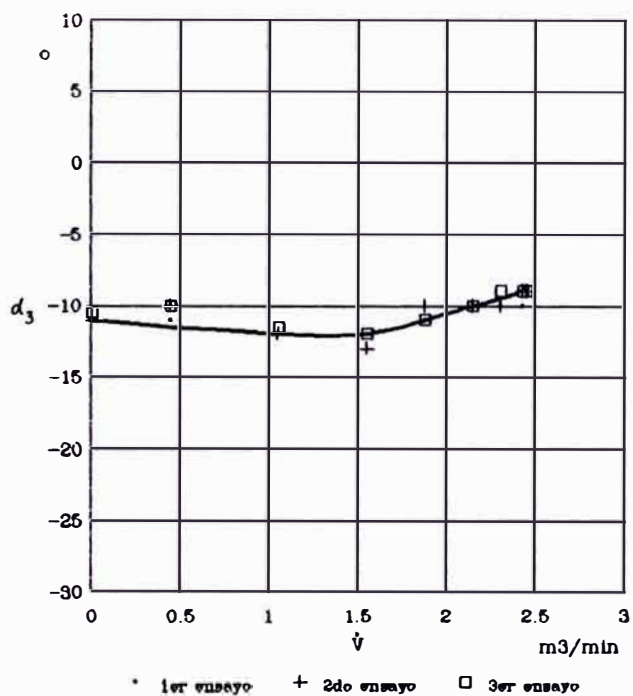
Coeficiente de resbalamiento versus caudal



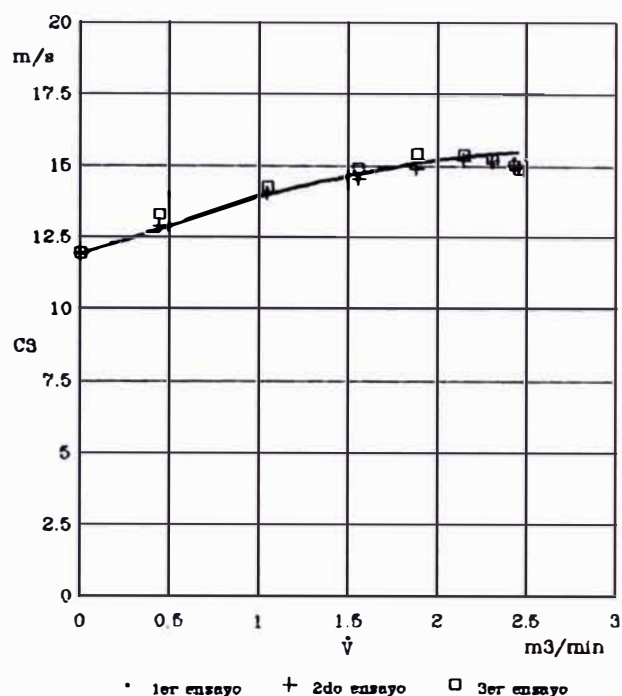
A : zona "A" B : zona "B"

i : interior m : medio e : exterior

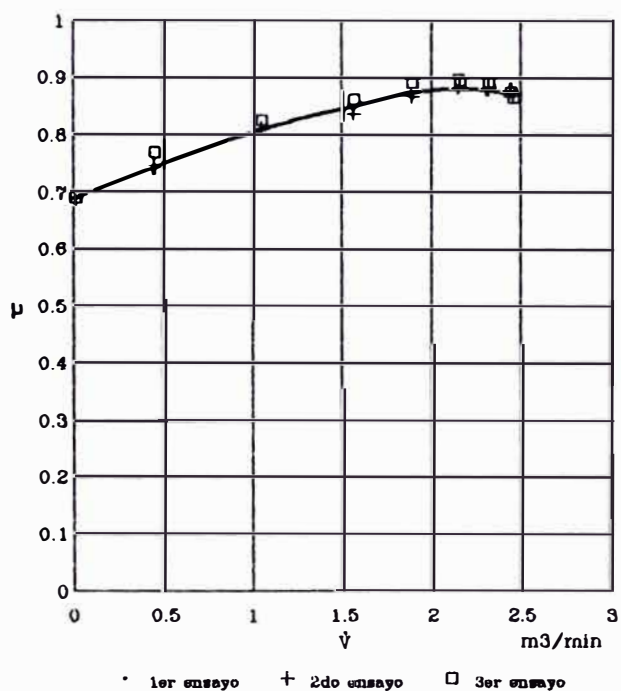
Fig. B6 : Resultados experimentales para $N_m = 1625$ rpm
 $N_v = 1620$ rpm, en la zona "B", punto exterior.



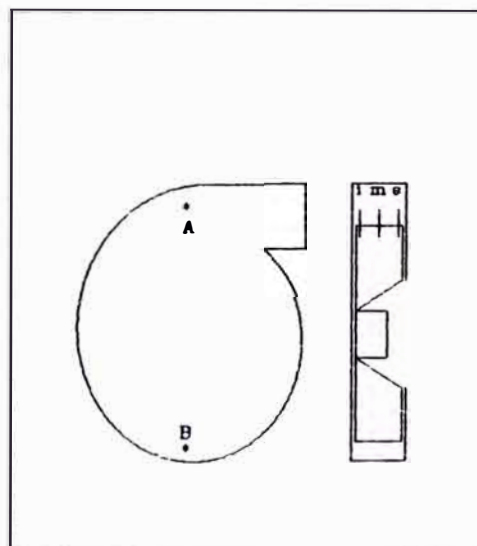
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal



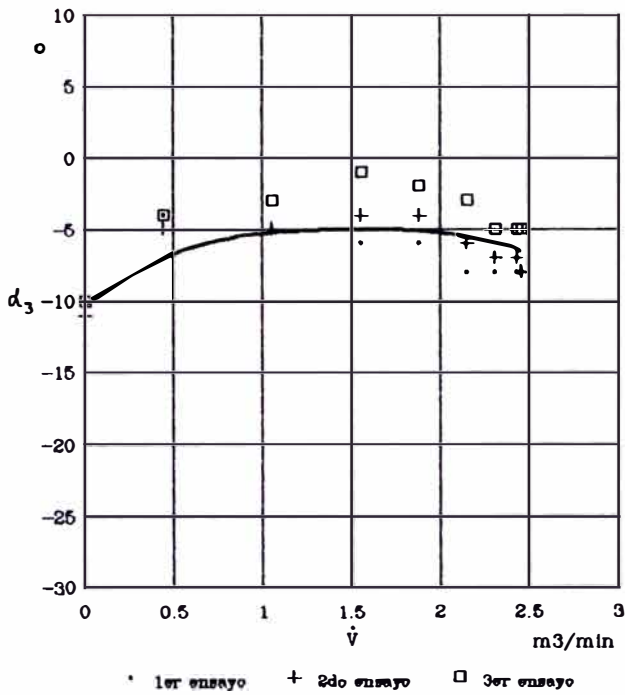
Coeficiente de resbalamiento versus caudal



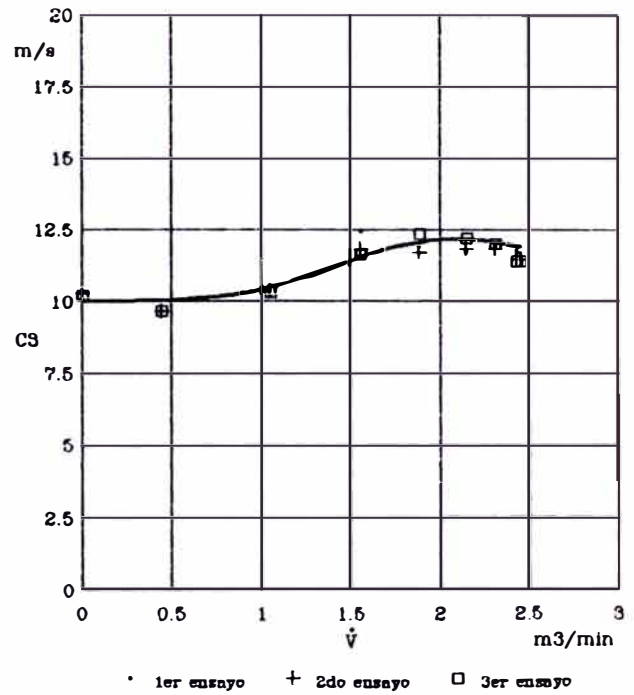
A : zona "A" B : zona "B"

i : interior m : medio e : exterior

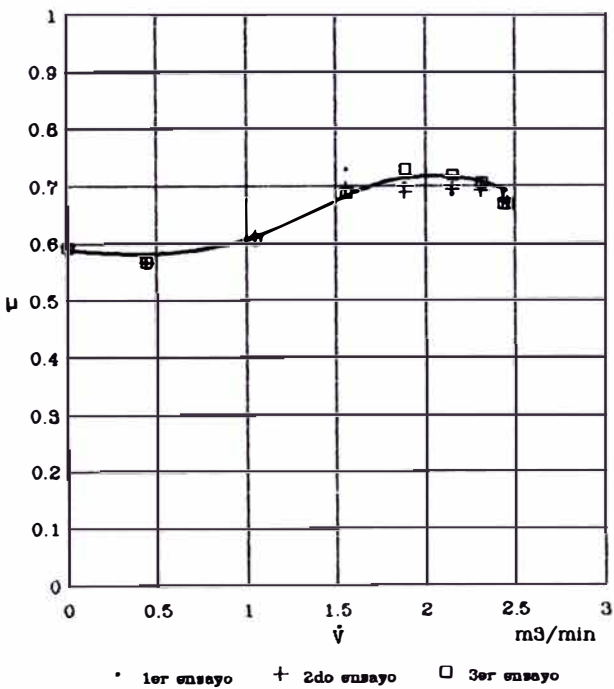
Fig. B7 : Resultados experimentales para Nm = 1625 rpm
Nv = 1620 rpm, en la zona "B", punto medio.



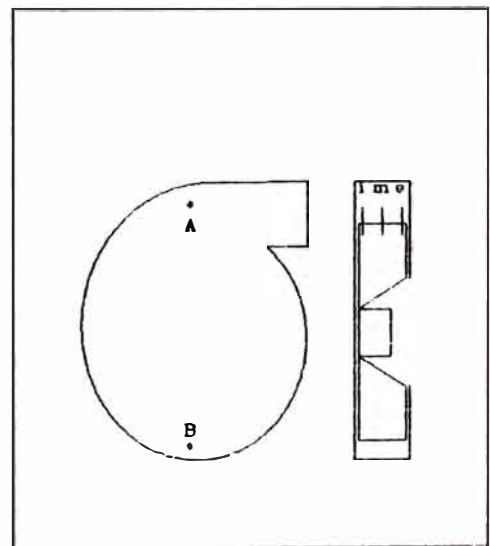
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal



Coeficiente de resbalamiento versus caudal



A : zona "A" B : zona "B"
 i : interior m : medio e : exterior

Fig. B8 : Resultados experimentales para $N_m = 1625$ rpm
 $N_v = 1620$ rpm, en la zona "B", punto interior.

APENDICE "C"

RESULTADOS EXPERIMENTALES PARA

$N_m = 3380 \text{ rpm}$, $N_v = 2090 \text{ rpm}$

Tabla C1 : Resultados experimentales para Nm = 3380 rpm y Nv = 2090 rpm.

continua

PUNTO	ptI mm agua	peI mm agua	pvl mm agua	Clmax m/s	Cl m/s	Re flujo	V m3/min	CII m/s	ptII mm agua	Δpt mm agua	Pa w	F Lb	P w	η %	φ	ψ
0	-40.64	-36.83	--	--	0.00	0	0.00	0.00	0.00	40.64	0.00	0.27	62.09	0.00	0.000	1.416
1	-38.10	-39.37	1.27	4.60	3.66	17845	1.00	4.91	1.45	39.66	6.47	0.28	55.18	11.73	0.024	1.378
2	-38.10	-40.84	2.54	6.51	5.30	25876	1.46	7.13	3.04	41.14	9.76	0.28	55.18	17.70	0.035	1.434
3	-34.29	-39.37	5.08	9.21	7.53	36739	2.06	10.12	6.13	40.42	13.62	0.30	58.22	23.39	0.050	1.408
4	-29.21	-35.56	6.35	10.29	8.44	41182	2.31	11.34	7.71	36.92	13.94	0.30	58.22	23.94	0.056	1.286
5	-24.26	-31.75	7.49	11.18	9.13	44580	2.50	12.28	9.03	33.29	13.61	0.31	61.29	22.20	0.061	1.160
6	-20.07	-29.21	9.14	12.35	10.09	49253	2.76	13.56	11.02	31.09	14.04	0.33	64.35	21.82	0.067	1.083
7	-17.02	-27.94	10.92	13.50	10.94	53417	2.99	14.71	12.96	29.98	14.68	0.34	67.41	21.78	0.073	1.045
8	-15.49	-26.67	11.18	13.66	11.07	54037	3.03	14.88	13.27	28.76	14.25	0.36	70.48	20.21	0.073	1.002

PUNTO	ptI mm agua	peI mm agua	pvl mm agua	Clmax m/s	Cl m/s	Re flujo	V m3/min	CII m/s	ptII mm agua	Δpt mm agua	Pa w	F Lb	P w	η %	φ	ψ
8	-15.24	-26.67	11.43	13.81	11.19	54843	3.06	15.05	13.67	28.81	14.43	0.36	70.48	20.48	0.074	1.004
7	-17.02	-27.94	10.92	13.50	10.94	53417	2.99	14.71	12.96	29.98	14.68	0.36	70.48	20.84	0.073	1.045
6	-19.94	-29.21	9.27	12.44	10.08	49214	2.76	13.55	11.00	30.94	13.96	0.34	67.41	20.71	0.067	1.078
5	-23.88	-31.75	7.87	11.46	9.36	46703	2.56	12.59	9.49	33.37	13.98	0.34	67.41	20.74	0.062	1.163
4	-29.21	-35.56	6.35	10.29	8.44	41182	2.31	11.34	7.71	36.92	13.94	0.33	64.35	21.66	0.056	1.286
3	-34.29	-38.10	3.81	7.97	6.43	31413	1.76	8.65	4.48	38.77	11.17	0.33	64.35	17.35	0.043	1.351
2	-38.10	-39.37	1.27	4.60	3.66	17845	1.00	4.91	1.45	39.55	6.47	0.30	58.22	11.11	0.024	1.378
1	-36.83	-38.10	1.27	4.60	3.66	17845	1.00	4.91	1.45	38.28	6.26	0.27	52.09	12.02	0.024	1.334
0	-39.37	-36.83	--	--	0.00	0	0.00	0.00	0.00	39.37	0.00	0.23	45.96	0.00	0.000	1.372

PUNTO	ptI mm agua	peI mm agua	pvl mm agua	Clmax m/s	Cl m/s	Re flujo	V m3/min	CII m/s	ptII mm agua	Δpt mm agua	Pa w	F Lb	P w	η %	φ	ψ
0	-40.64	-38.10	--	--	0.00	0	0.00	0.00	0.00	40.64	0.00	0.23	45.96	0.00	0.000	1.416
1	-38.10	-39.37	1.27	4.60	3.66	17845	1.00	4.91	1.45	39.55	6.47	0.26	49.03	13.20	0.024	1.378
2	-39.37	-41.91	2.54	6.51	5.30	25876	1.45	7.13	3.04	42.41	10.06	0.27	52.09	19.32	0.035	1.478
3	-35.56	-39.37	3.81	7.97	6.43	31413	1.76	8.65	4.48	40.04	11.53	0.28	55.16	20.91	0.043	1.395
4	-30.48	-36.83	6.35	10.29	8.44	41182	2.31	11.34	7.71	38.19	14.42	0.30	58.22	24.76	0.056	1.331
5	-24.13	-33.02	8.89	12.18	9.87	48193	2.70	13.27	10.55	34.68	15.32	0.31	61.29	25.01	0.065	1.208
6	-21.08	-30.48	9.40	12.52	10.15	49550	2.78	13.64	11.15	32.24	14.65	0.34	67.41	21.72	0.067	1.123
7	-18.29	-29.21	10.92	13.50	10.94	53417	2.99	14.71	12.96	31.25	16.31	0.36	70.48	21.72	0.073	1.089
8	-16.64	-27.94	11.30	13.74	11.13	54340	3.05	14.96	13.42	30.05	14.97	0.38	73.54	20.36	0.074	1.047

Tabla C1 : Resultados experimentales para Nm = 3380 rpm y Nv = 2090 rpm.

continua

Z O N A ' A '																
E X T E R I O R									M E D I O							

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-34	38	2	4.08	-4.95	9.02	12.27	0.660	-27	43	8	2.92	-4.95	7.87	11.46	0.519
1	-29	35	3	7.24	-8.76	16.00	16.34	0.746	-26	44	9	7.37	-8.88	14.22	15.41	0.695
2	-27	33	3	7.37	-12.46	19.81	18.18	0.830	-19	43	12	7.76	-11.30	19.05	17.83	0.797
3	-27	33	3	7.37	-13.34	20.70	18.69	0.848	-15	45	15	9.27	-12.32	21.59	18.98	0.838
4	-28	38	5	11.68	-11.30	22.99	19.59	0.892	-18	50	16	11.94	-10.80	22.73	19.48	0.856
5	-30	42	6	15.24	-8.89	24.13	20.07	0.912	-21	53	16	14.99	-8.51	23.50	19.80	0.870
6	-31	45	7	18.03	-7.11	26.15	20.49	0.929	-23	55	16	17.53	-6.35	23.88	19.96	0.877
7	-33	47	7	20.07	-6.72	25.78	20.74	0.941	-24	56	16	19.05	-4.57	23.62	19.86	0.872
8	-32	48	8	21.08	-6.46	26.54	21.05	0.952	-26	57	16	19.94	-4.32	24.26	20.12	0.884

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
8	-32	48	8	21.59	-6.97	27.56	21.45	0.970	-25	57	16	19.94	-4.32	24.26	20.12	0.884
7	-32	46	7	20.57	-8.10	26.67	21.10	0.957	-25	57	16	18.80	-5.08	23.88	19.96	0.877
6	-33	45	6	18.03	-7.11	25.15	20.49	0.931	-24	56	16	17.16	-6.48	23.62	19.86	0.872
5	-32	42	5	15.24	-9.02	24.26	20.12	0.916	-22	52	15	14.48	-8.38	22.88	19.53	0.862
4	-28	38	5	11.94	-11.30	23.24	19.70	0.896	-20	48	14	11.68	-10.29	21.97	19.15	0.849
3	-24	36	6	7.24	-12.32	19.66	18.07	0.821	-18	44	13	8.64	-12.32	20.96	18.70	0.833
2	-24	36	6	6.99	-13.08	20.07	18.30	0.832	-22	40	9	7.37	-10.80	18.16	17.41	0.786
1	-28	40	8	7.37	-8.51	16.88	16.28	0.740	-29	41	6	6.86	-6.73	13.59	15.06	0.684
0	-33	41	4	4.08	-4.95	9.02	12.27	0.559	-32	40	4	2.41	-4.57	6.99	10.80	0.492

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-34	38	2	4.08	-4.95	9.02	12.27	0.560	-27	43	8	2.92	-4.95	7.87	11.46	0.519
1	-29	35	3	7.37	-8.76	16.13	16.41	0.749	-26	44	9	7.37	-8.88	14.22	15.41	0.695
2	-27	33	3	7.24	-12.45	19.69	18.13	0.827	-19	43	12	7.75	-11.30	19.05	17.83	0.797
3	-27	33	3	7.37	-13.34	20.70	18.59	0.848	-15	45	16	9.27	-12.32	21.59	18.98	0.838
4	-28	38	5	11.68	-11.30	22.99	19.69	0.892	-18	50	16	11.94	-10.80	22.73	19.48	0.856
5	-30	42	6	15.24	-8.89	24.13	20.07	0.912	-21	53	16	14.99	-8.51	23.50	19.80	0.870
6	-31	45	7	18.03	-7.11	25.16	20.49	0.929	-23	56	16	17.53	-6.35	23.88	19.96	0.877
7	-33	47	7	20.07	-6.72	26.78	20.74	0.941	-24	56	16	19.05	-4.57	23.62	19.86	0.872
8	-32	48	8	21.08	-6.46	26.64	21.05	0.952	-25	57	16	19.94	-4.32	24.26	20.12	0.884

Tabla C1 : Resultados experimentales para Nm = 3380 rpm y Nv = 2090 rpm.

continua

Z O N A ' A '	Z O N A ' B '
I N T E R I O R	E X T E R I O R

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-36	20	-8	-0.78	-4.83	4.06	8.24	0.373	-34	20	-7	3.05	-11.05	14.10	15.34	0.696
1	-32	22	-6	1.02	-7.62	8.64	12.01	0.546	-39	19	-10	4.45	-11.81	16.26	16.47	0.741
2	-23	19	-2	0.51	-11.88	12.19	14.27	0.651	-38	20	-9	5.84	-13.72	19.56	18.07	0.815
3	-19	17	-1	-0.38	-13.84	13.46	14.99	0.685	-38	24	-7	8.00	-12.45	20.45	18.47	0.838
4	-23	25	1	2.03	-11.68	13.72	15.13	0.691	-43	29	-7	13.21	-8.38	21.59	18.98	0.861
5	-26	32	3	3.58	-9.27	12.83	14.63	0.668	-47	33	-7	17.27	-4.83	22.10	19.20	0.871
6	-28	38	5	5.84	-7.49	13.34	14.92	0.679	-60	38	-7	21.08	-1.91	22.99	19.59	0.888
7	-31	43	6	7.62	-5.84	13.46	14.99	0.681	-53	39	-7	23.88	0.38	23.50	19.80	0.898
8	-32	46	7	8.89	-5.21	14.10	15.34	0.696	-55	41	-7	26.15	1.78	23.37	19.75	0.896

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
8	-32	46	7	8.89	-5.21	14.10	15.34	0.696	-55	39	-8	25.15	1.78	23.37	19.75	0.894
7	-31	43	8	7.87	-5.46	13.34	14.92	0.678	-52	38	-7	23.88	1.52	22.35	19.31	0.876
6	-29	37	4	5.84	-7.49	13.34	14.92	0.680	-52	38	-7	21.08	-1.91	22.99	19.59	0.888
5	-30	28	-1	3.56	-9.40	12.95	14.70	0.672	-47	33	-7	17.53	-5.21	22.73	19.48	0.883
4	-29	21	-4	2.29	-11.56	13.84	15.20	0.693	-43	29	-7	13.21	-8.64	21.84	19.09	0.866
3	-19	21	1	0.51	-13.46	13.97	15.27	0.698	-39	25	-7	8.26	-11.30	19.56	18.07	0.819
2	-24	18	-3	0.51	-11.43	11.94	14.12	0.644	-36	20	-8	6.84	-14.22	20.07	18.30	0.828
1	-35	13	-11	1.02	-7.49	8.51	11.92	0.534	-36	20	-8	4.32	-12.19	16.51	16.60	0.751
0	-42	14	-14	-0.76	-4.83	4.06	8.24	0.365	-31	21	-5	3.05	-10.92	13.97	15.27	0.695

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-36	20	-8	-0.76	-8.89	8.13	11.65	0.527	-32	22	-5	3.30	-11.56	14.86	15.75	0.717
1	-40	16	-12	1.02	-7.49	8.51	11.92	0.533	-36	22	-7	4.83	-11.94	16.76	16.73	0.759
2	-31	11	-10	0.51	-11.43	11.94	14.12	0.635	-36	22	-7	6.10	-13.84	19.94	18.24	0.827
3	-28	10	-9	0.13	-13.97	14.10	15.34	0.692	-39	27	-6	8.38	-12.45	20.83	18.64	0.847
4	-34	18	-8	2.29	-11.30	13.59	15.06	0.681	-42	30	-6	13.72	-9.65	23.37	19.75	0.897
5	-38	22	-8	3.58	-8.76	12.32	14.34	0.649	-47	36	-8	17.53	-4.83	22.35	19.31	0.878
6	-40	30	-5	6.35	-7.11	13.46	14.99	0.682	-49	37	-6	21.34	-1.14	22.48	19.37	0.880
7	-42	32	-5	8.38	-5.72	14.10	15.34	0.698	-53	39	-7	23.88	0.64	23.24	19.70	0.893
8	-30	48	9	9.40	-4.95	14.35	15.48	0.698	-53	39	-7	25.15	1.65	23.50	19.80	0.898

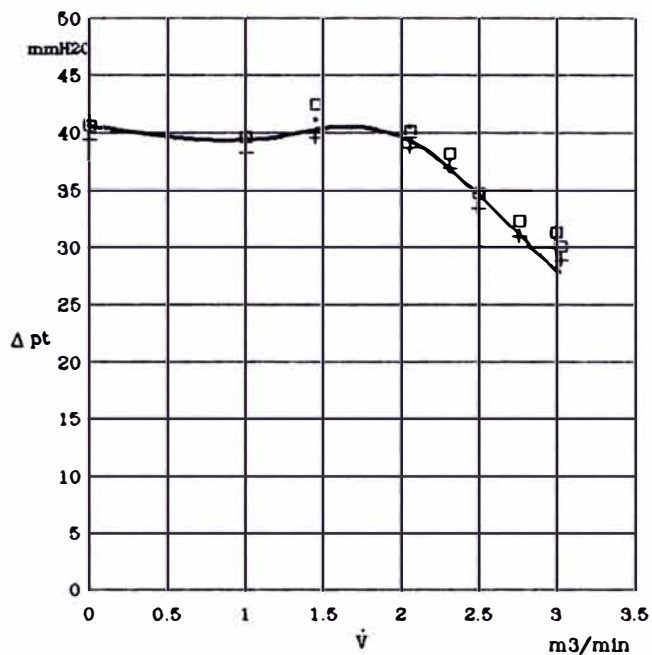
Tabla C1 : Resultados experimentales para Nm = 3380 rpm y Nv = 2090 rpm.

Z O N A								' B '							
M E D I O								I N T E R I O R							

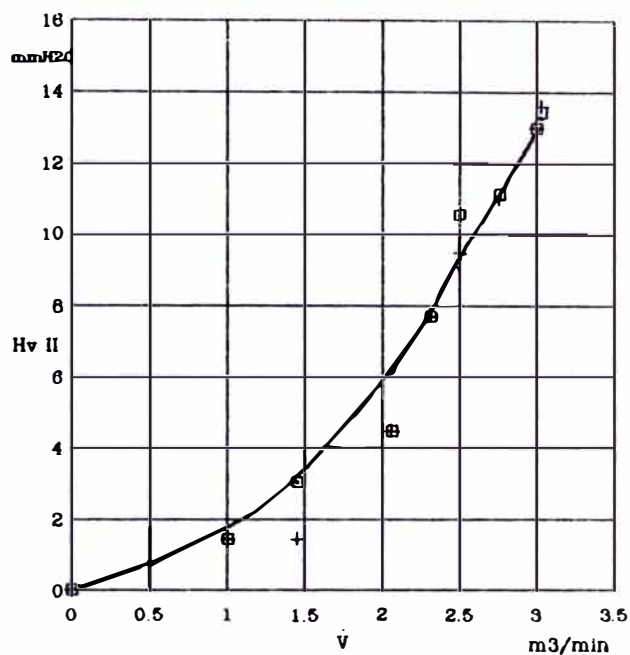
PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-40	16	-12	2.54	-10.80	13.34	14.92	0.667	-19	11	-4	-3.30	-11.94	8.64	12.01	0.547
1	-39	17	-11	4.06	-11.81	15.88	16.28	0.730	-22	10	-6	-4.19	-13.46	9.27	12.44	0.565
2	-40	16	-12	5.33	-12.57	17.91	17.29	0.773	-21	7	-7	-4.06	-14.99	10.92	13.50	0.612
3	-46	22	-12	8.64	-11.94	20.57	18.53	0.828	-36	20	-8	1.52	-13.08	14.61	15.61	0.706
4	-50	26	-12	13.97	-7.37	21.34	18.87	0.843	-44	28	-8	6.35	-8.89	15.24	15.95	0.722
5	-53	31	-11	18.29	-3.43	21.72	19.04	0.854	-51	33	-9	10.16	-4.57	14.73	15.68	0.708
6	-56	34	-11	21.34	-0.51	21.84	19.09	0.856	-57	39	-9	12.45	-2.41	14.85	15.75	0.711
7	-57	35	-11	23.11	1.40	21.72	19.04	0.854	-58	38	-10	14.99	1.65	13.34	14.92	0.671
8	-60	38	-11	23.75	2.67	21.08	18.76	0.841	-60	40	-10	15.62	2.54	13.08	14.78	0.665

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
8	-60	38	-11	23.75	2.67	21.08	18.76	0.841	-60	40	-10	15.62	2.54	13.08	14.78	0.665
7	-59	37	-11	22.86	2.03	20.83	18.64	0.836	-57	37	-10	14.73	2.03	12.70	14.56	0.655
6	-56	34	-11	20.70	-1.14	21.84	19.09	0.856	-54	34	-10	13.08	-0.64	13.72	15.13	0.681
5	-54	32	-11	17.78	-3.94	21.72	19.04	0.854	-54	36	-9	10.67	-3.68	14.35	15.48	0.698
4	-50	26	-12	13.72	-7.87	21.59	18.98	0.848	-46	30	-8	6.60	-8.00	14.61	15.61	0.706
3	-45	19	-13	8.38	-10.30	19.18	17.89	0.796	-36	20	-8	1.27	-12.45	13.72	15.13	0.685
2	-41	15	-13	5.08	-12.32	17.40	17.04	0.759	-22	10	-6	-4.06	-14.10	10.03	12.94	0.588
1	-41	15	-13	3.81	-10.67	14.48	15.55	0.692	-22	10	-6	-4.19	-12.95	8.76	12.09	0.550
0	-41	15	-13	2.29	-10.92	13.21	14.85	0.661	-32	12	-10	-2.54	-11.68	9.14	12.35	0.556

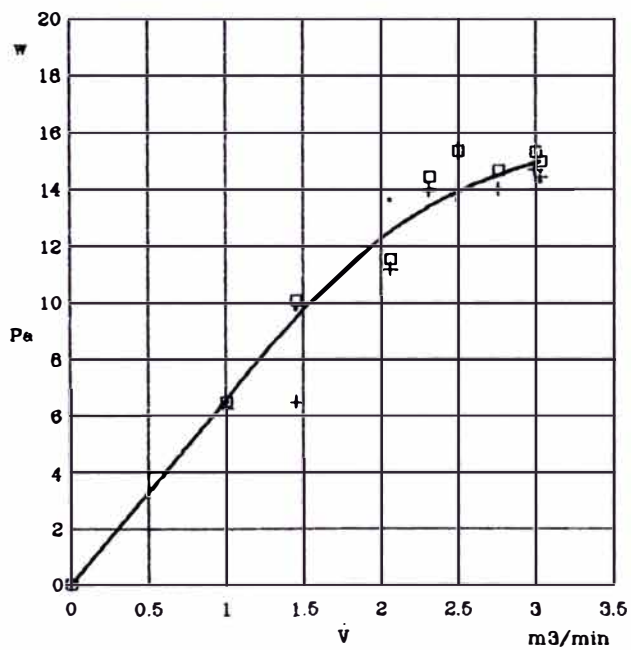
PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-39	15	-12	2.54	-10.80	13.34	14.92	0.667	-32	12	-10	-2.54	-11.68	9.14	12.35	0.556
1	-39	17	-11	3.81	-11.30	15.11	15.88	0.712	-22	10	-6	-3.81	-12.83	9.02	12.27	0.557
2	-42	16	-13	5.33	-13.34	18.67	17.65	0.786	-21	9	-6	-3.68	-14.35	10.67	13.34	0.606
3	-45	19	-13	8.64	-11.05	19.69	18.13	0.807	-36	22	-7	0.76	-11.94	12.70	14.56	0.660
4	-49	25	-12	13.97	-7.87	21.84	19.09	0.853	-45	29	-8	6.10	-8.13	14.22	15.41	0.697
5	-53	29	-12	18.16	-4.19	22.35	19.31	0.863	-51	35	-8	9.40	-4.45	13.84	15.20	0.688
6	-54	32	-11	21.08	-0.76	21.84	19.09	0.856	-58	40	-9	12.19	-0.76	12.95	14.70	0.664
7	-58	36	-11	23.37	1.52	21.84	19.09	0.856	-62	42	-10	14.22	1.02	13.21	14.85	0.668
8	-59	37	-11	23.88	2.41	21.46	18.93	0.849	-64	44	-10	15.24	1.52	13.72	15.13	0.681



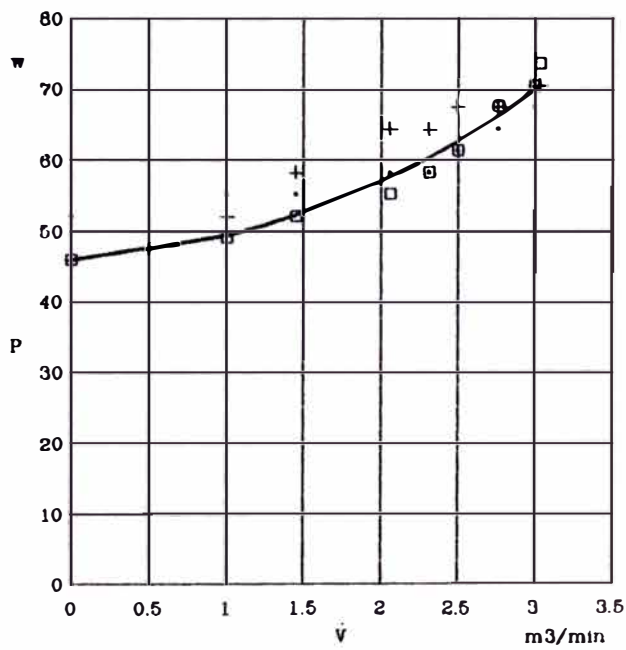
Altura de presión total versus caudal



Altura de presión de velocidad versus caudal

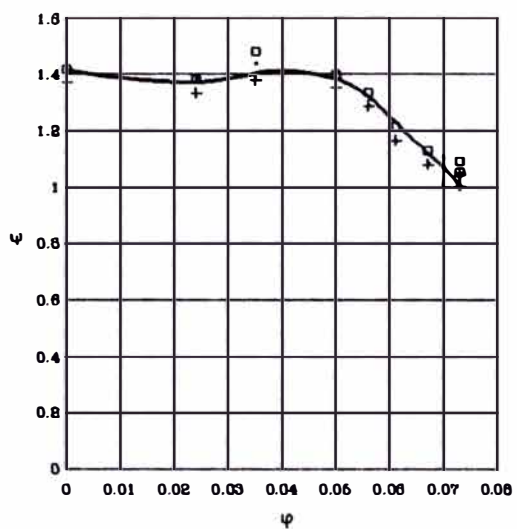


Potencia aerodinámica versus caudal



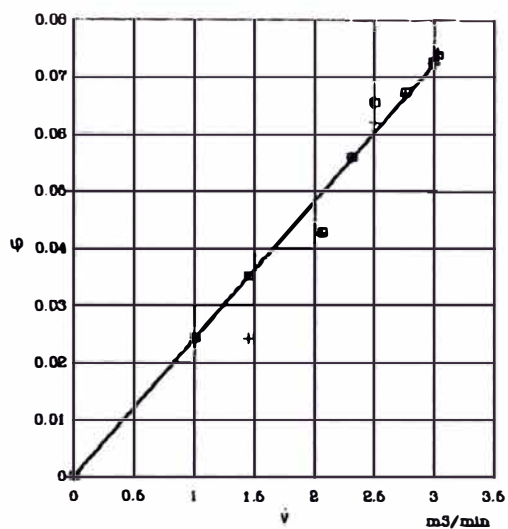
Potencia al eje versus caudal

Fig. C1 Resultados experimentales para Nm 3380 rpm
Nv = 2090 rpm.



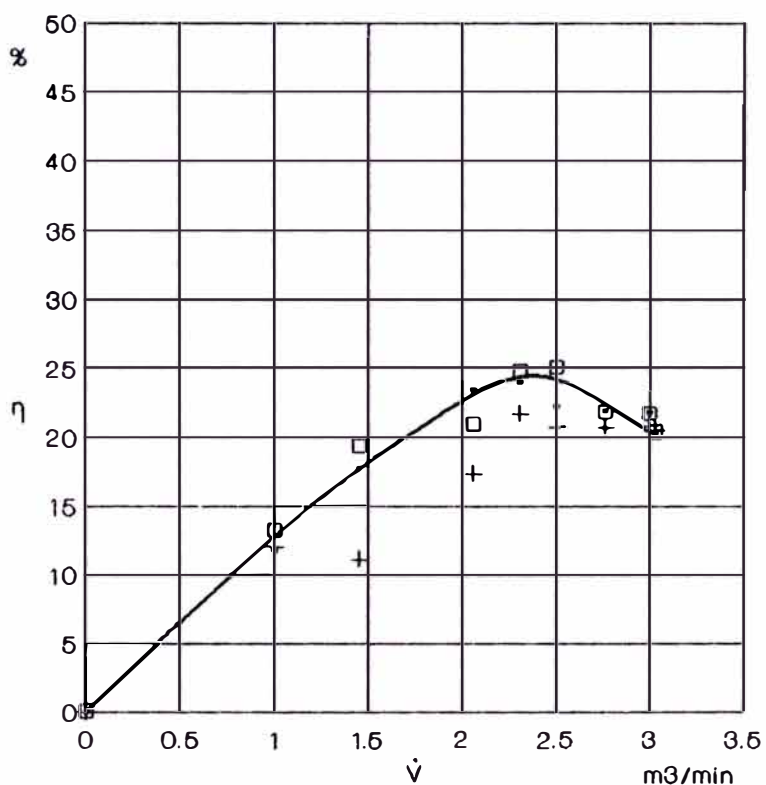
• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Cifra de presión versus cifra de caudal



• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

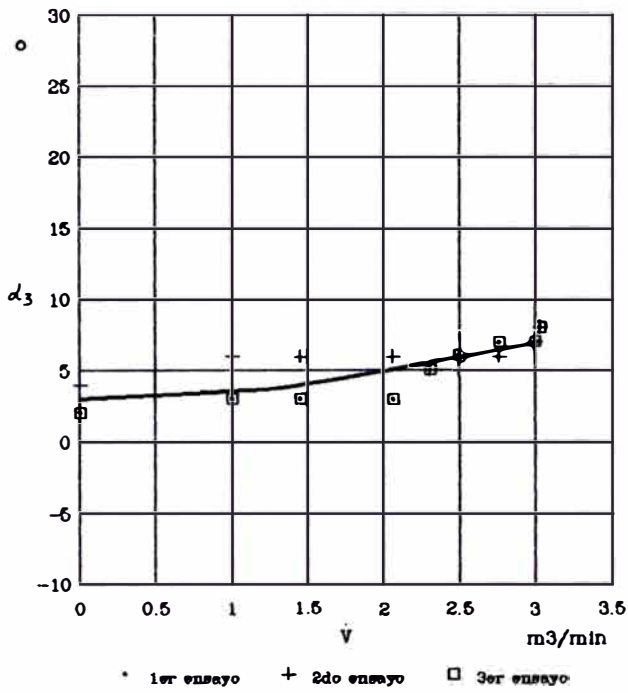
Cifra de caudal versus caudal



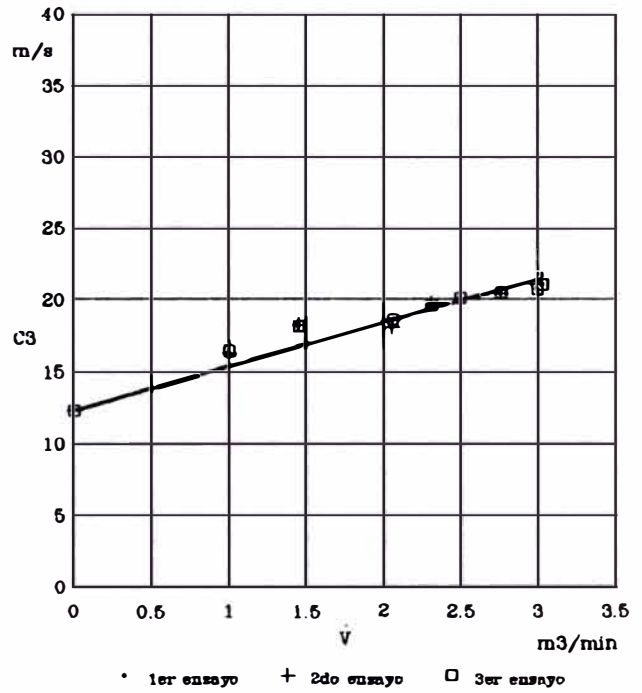
• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Eficiencia total versus caudal

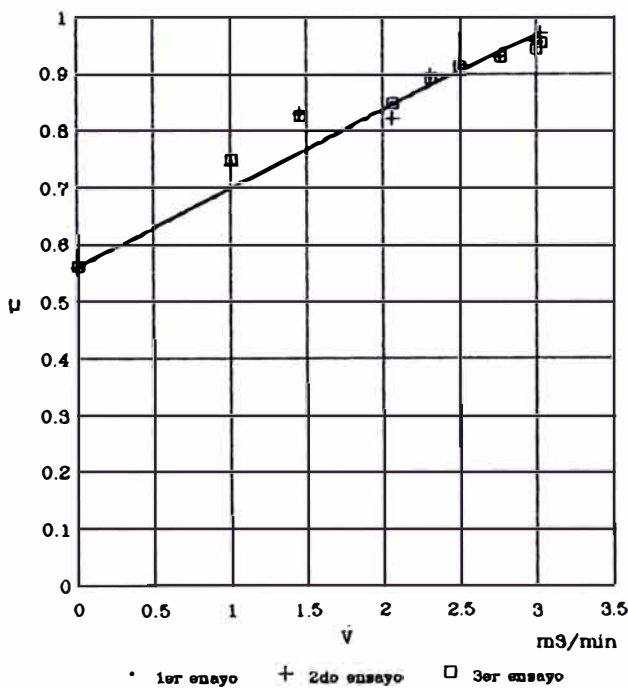
Fig. C2 Resultados experimentales para $N_m = 3380$ rpm
 $N_v = 2090$ rpm.



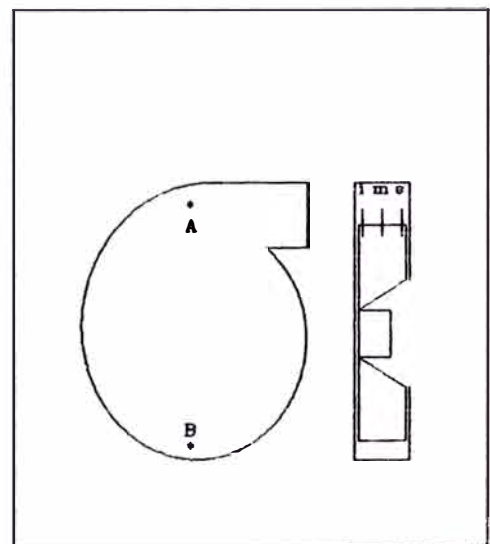
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

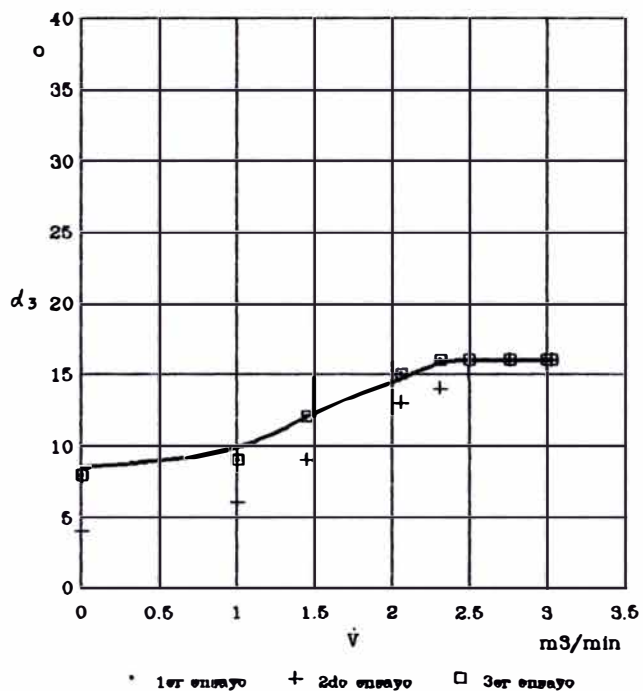


Coefficiente de resbalamiento versus caudal

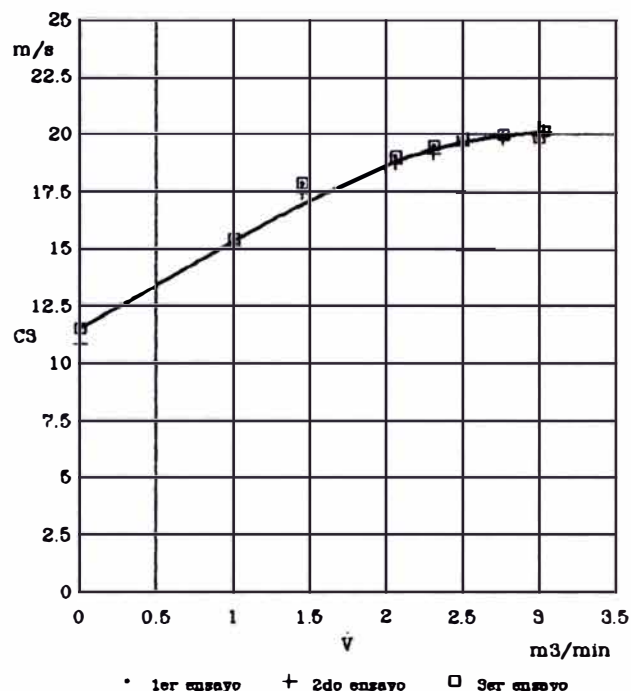


A : zona "A" B : zona "B"
 i : interior m : medio e : exterior

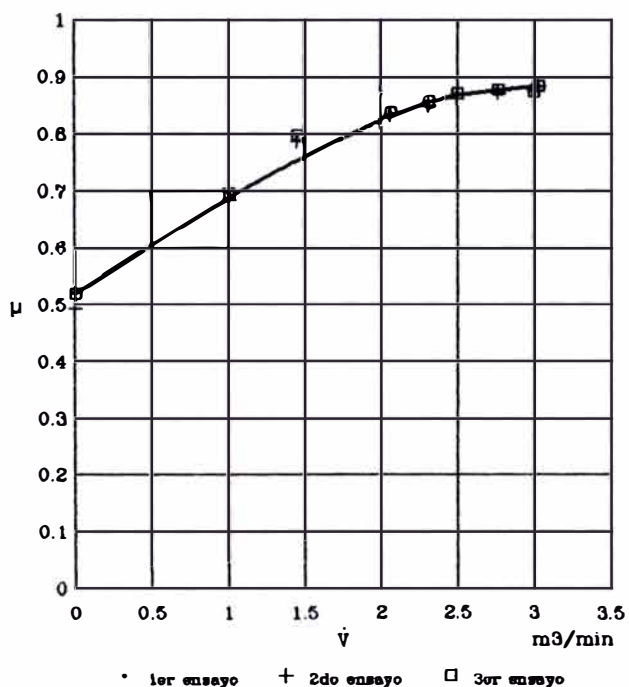
Fig. C3 : Resultados experimentales para $N_m = 3380$ rpm
 $N_v = 2090$ rpm, en la zona "A", punto exterior.



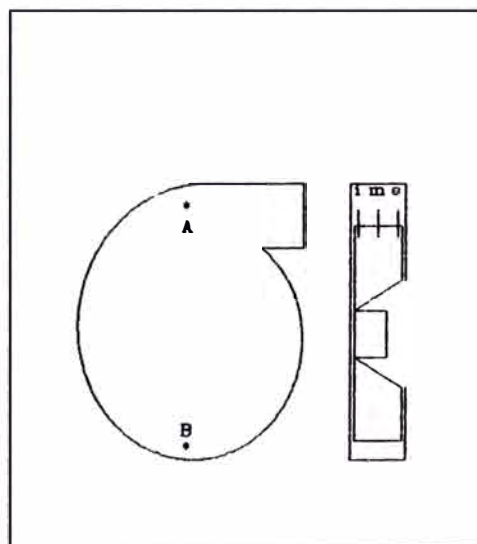
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

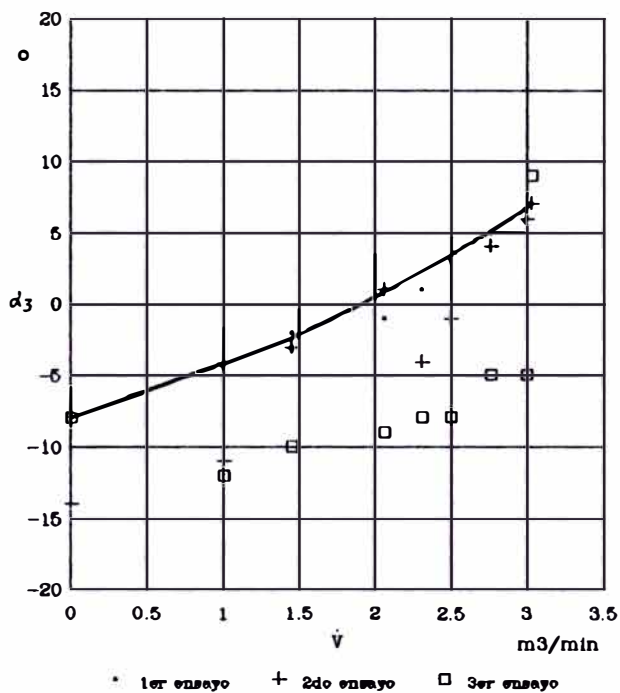


Coeficiente de resbalamiento versus caudal

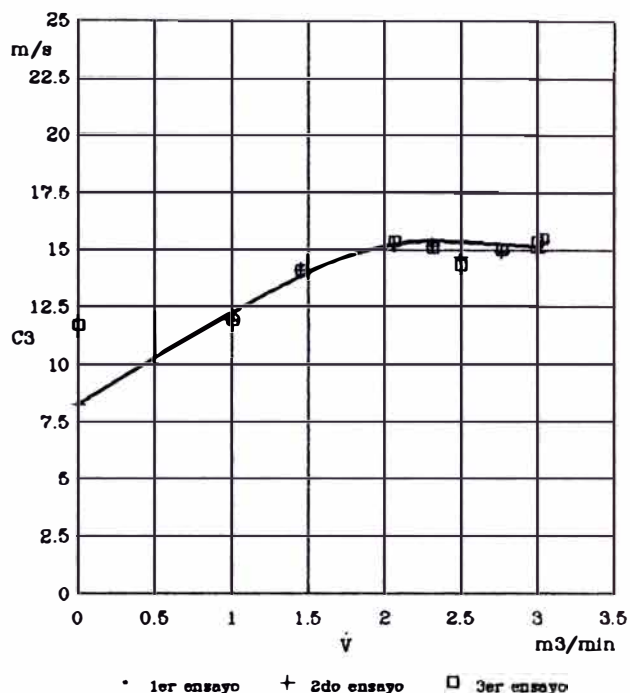


A : zona "A" B : zona "B"
i : interior m : medio e : exterior

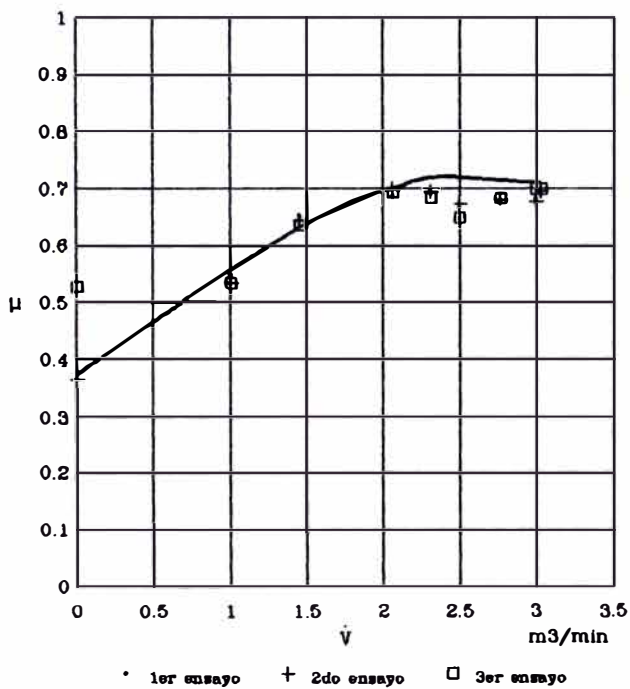
Fig. C4 : Resultados experimentales para Nm = 3380 rpm
Nv = 2090 rpm, en la zona "A", punto medio.



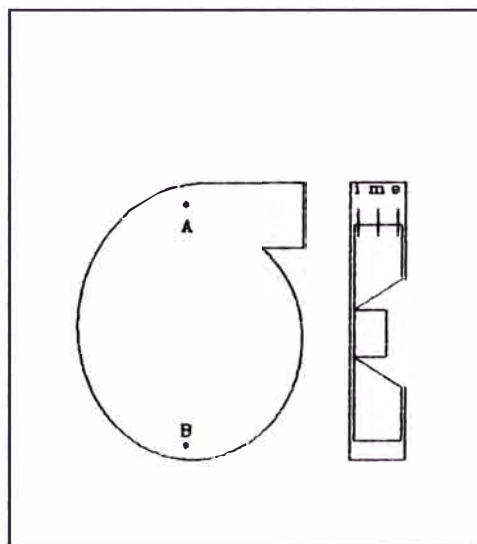
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

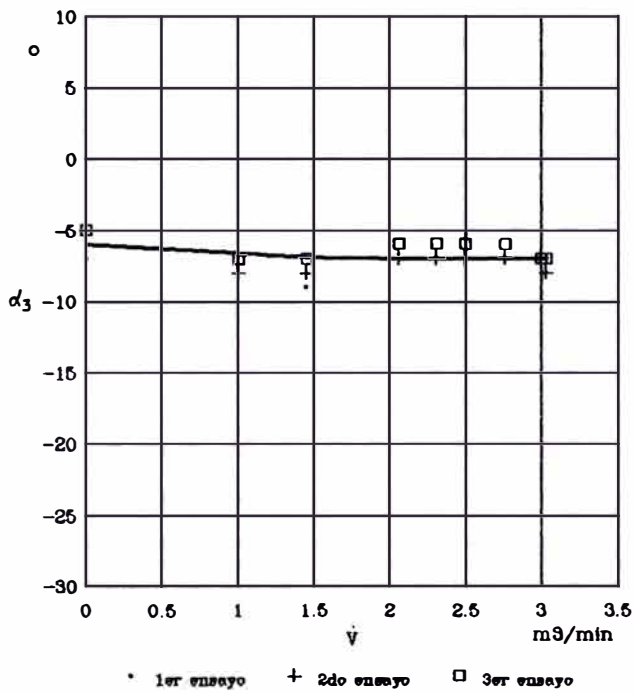


Coefficiente de resbalamiento versus caudal

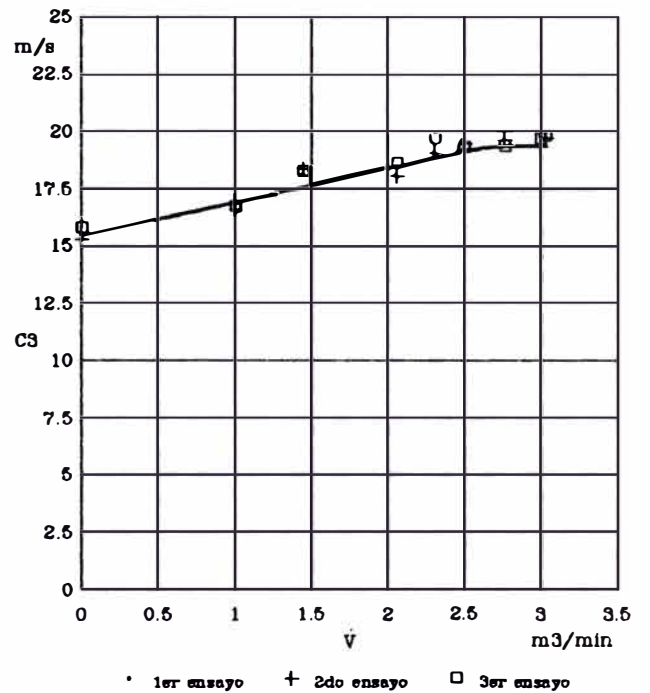


A : zona "A" B : zona "B"
 i : Interior m : medio e : exterior

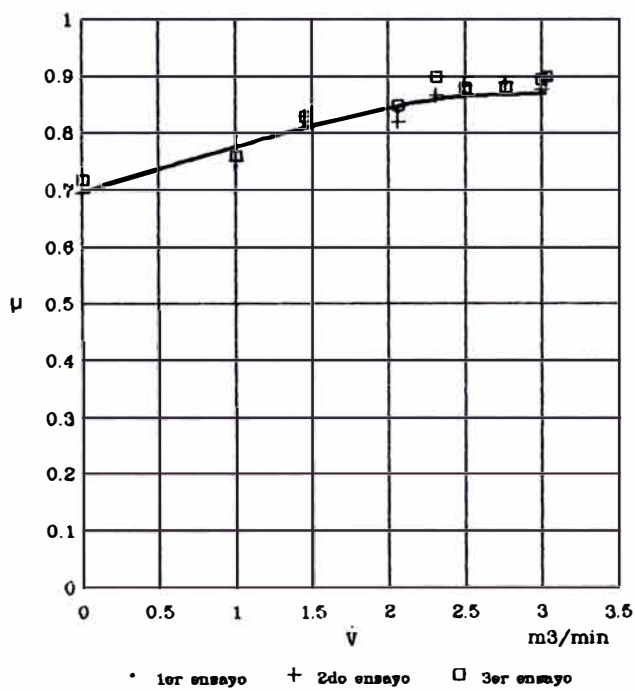
Fig. C5 : Resultados experimentales para Nm = 3380 rpm
 Nv = 2090 rpm, en la zona "A", punto interior.



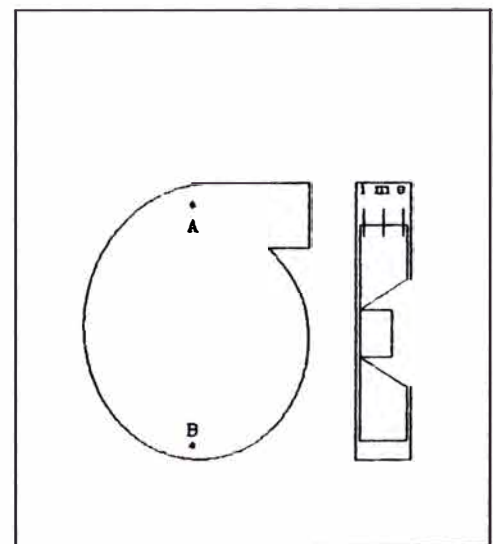
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

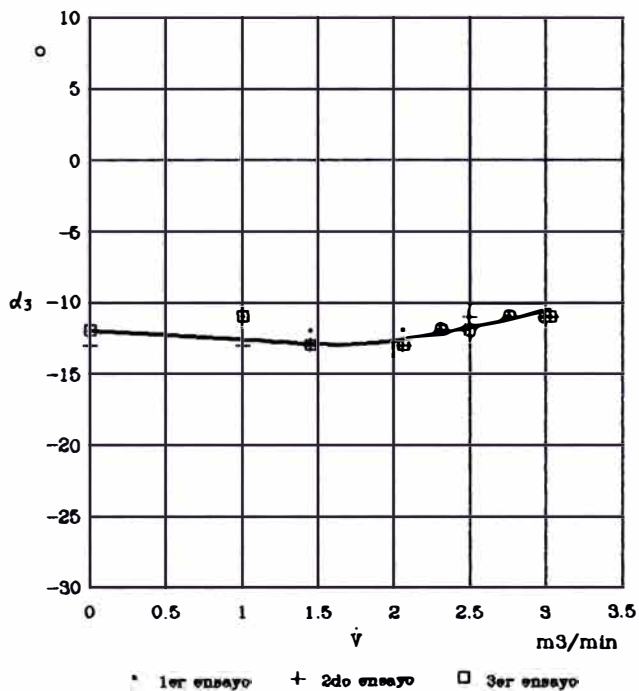


Coefficiente de resbamiento versus caudal

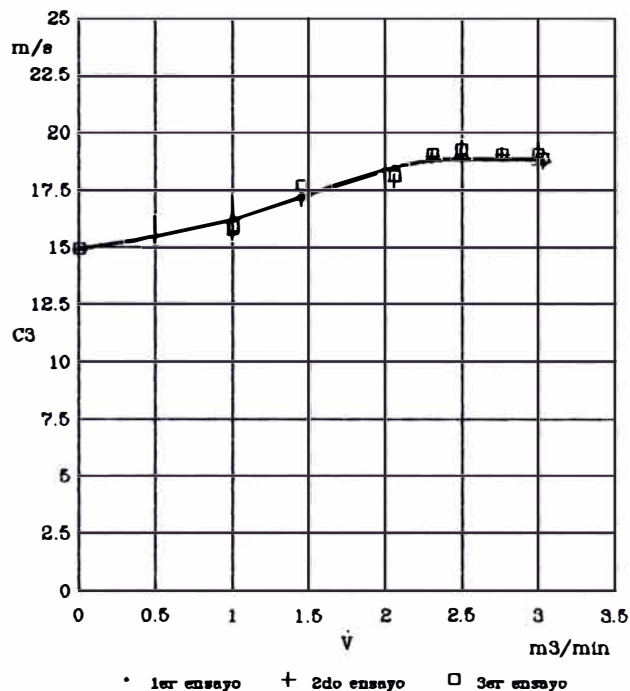


A : zona "A" B : zona "B"
i : interior m : medio e : exterior

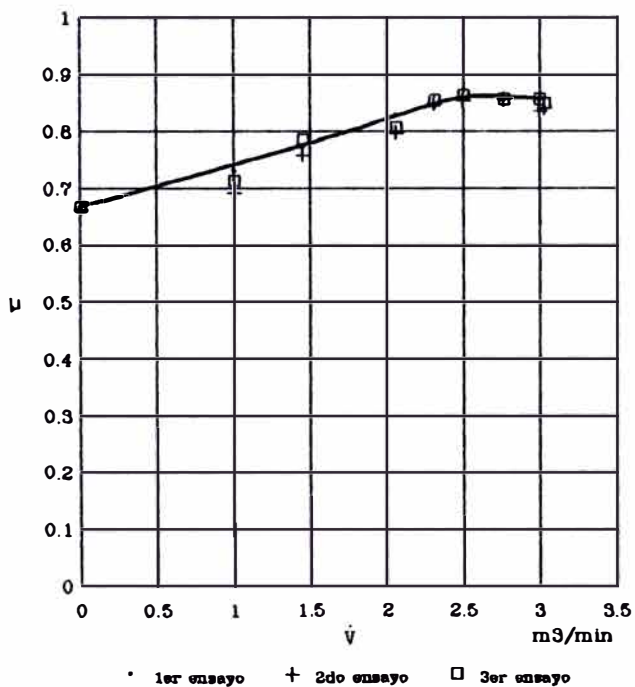
Fig. C6 : Resultados experimentales para Nm = 3380 rpm
Nv = 2090 rpm, en la zona "B", punto exterior.



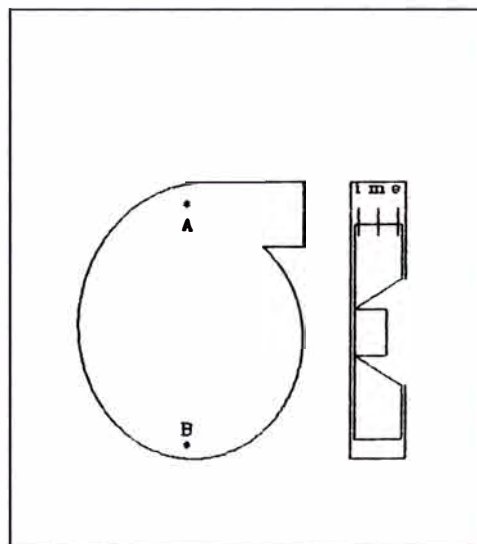
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

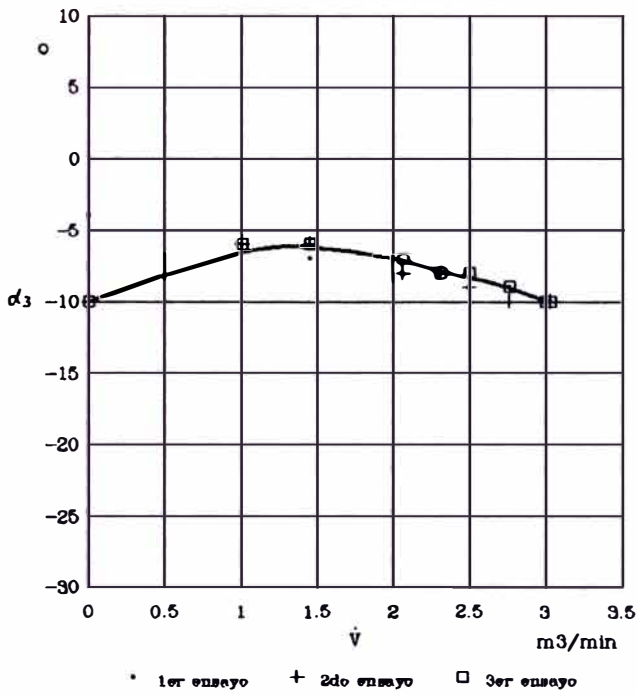


Coefficiente de resbalamiento versus caudal

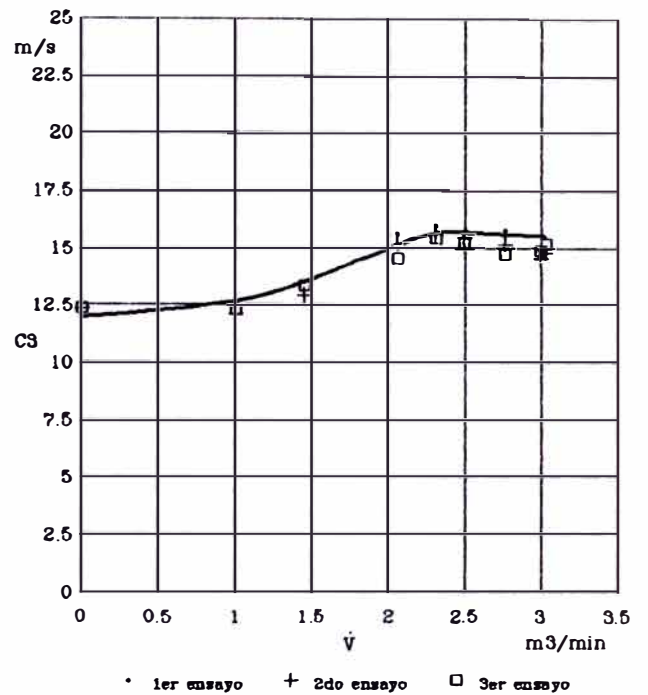


A : zona "A" B : zona "B"
 l : interior m : medio e : exterior

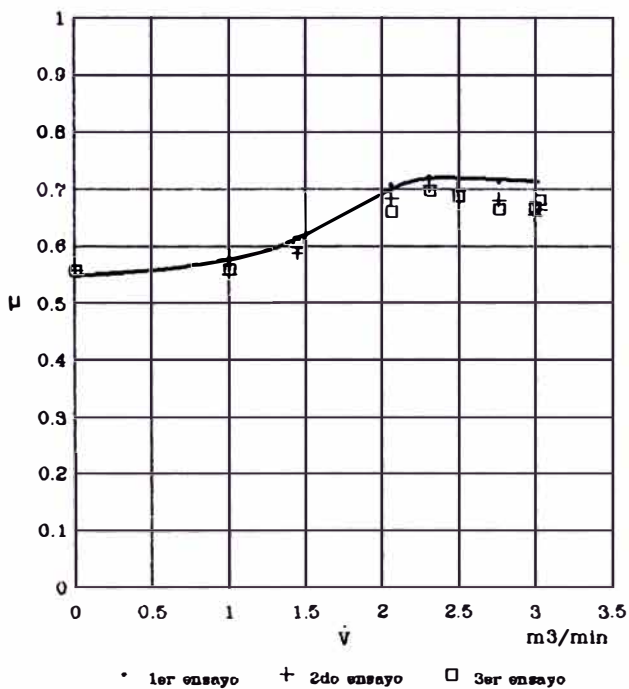
Fig. C7 : Resultados experimentales para Nm = 3380 rpm
 Nv = 2090 rpm, en la zona "B", punto medio.



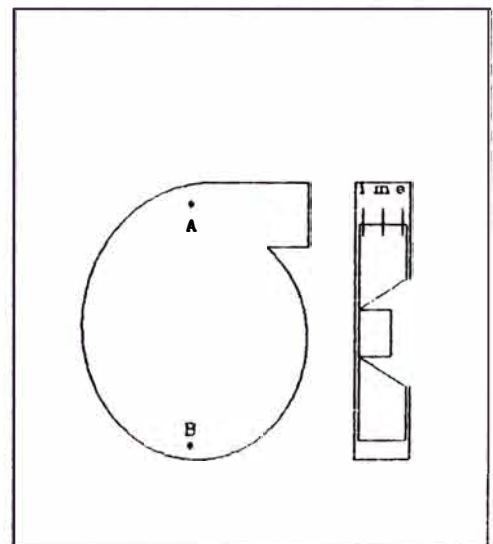
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal



Coeficiente de resbalamiento versus caudal



A : zona "A" B : zona "B"
 i : interior m : medio e : exterior

Fig. C8 : Resultados experimentales para $N_m = 3380$ rpm
 $N_v = 2090$ rpm, en la zona "B", punto interior.

APENDICE "D"

RESULTADOS EXPERIMENTALES PARA

Nm = 3380 rpm , Nv = 3350 rpm

Tabla D1 : Resultados experimentales para Nm = 3380 rpm y Nv = 3350 rpm.

continua

PUNTO	ptI mm agua	peI mm agua	pvl mm agua	CI max m/s	CI m/s	Re flujo	V̇ m ³ /min	CII m/s	ptII mm agua	Δpt mm agua	Pa w	F Lb	P w	η %	φ	ψ
0	-101.60	-93.98	-	-	0.00	0	0.00	0.00	0.00	101.60	0.00	0.67	131.76	0.00	0.000	1.378
1	-95.25	-97.79	2.54	6.51	3.66	17845	1.00	4.91	1.45	96.70	16.82	0.78	153.21	10.33	0.015	1.311
2	-95.25	-101.60	6.35	10.29	7.53	36739	2.06	10.12	6.13	101.38	34.15	0.80	156.28	21.85	0.031	1.375
3	-86.36	-97.79	11.43	13.81	11.19	54643	3.06	15.05	13.57	99.93	50.06	0.88	171.60	29.17	0.046	1.355
4	-73.66	-88.90	15.24	15.95	12.96	63260	3.55	17.42	18.18	91.84	53.27	0.94	183.86	28.97	0.054	1.246
5	-82.23	-81.28	19.05	17.83	14.63	71448	4.00	19.67	23.19	85.42	55.96	0.98	193.05	28.99	0.061	1.159
6	-50.80	-74.93	24.13	20.07	16.30	79581	4.46	21.91	28.77	79.57	58.06	1.00	196.12	29.61	0.067	1.079
7	-44.45	-69.85	25.40	20.59	17.21	84024	4.71	23.14	32.08	76.53	58.95	1.00	198.12	30.06	0.071	1.038
8	-40.64	-67.31	26.67	21.10	17.64	86099	4.83	23.71	33.68	74.32	58.67	1.02	199.18	29.45	0.073	1.008

PUNTO	ptI mm agua	peI mm agua	pvl mm agua	CI max m/s	CI m/s	Re flujo	V̇ m ³ /min	CII m/s	ptII mm agua	Δpt mm agua	Pa w	F Lb	P w	η %	φ	ψ
8	-40.64	-67.31	26.67	21.10	17.64	86099	4.83	23.71	33.68	74.32	58.67	1.00	196.12	29.92	0.073	1.008
7	-44.45	-69.85	25.40	20.59	17.21	84024	4.71	23.14	32.08	76.53	58.95	0.98	193.05	30.54	0.071	1.038
6	-52.07	-74.93	22.86	19.53	16.30	79581	4.46	21.91	28.77	80.84	58.99	0.97	189.99	31.05	0.067	1.096
5	-82.23	-81.28	19.05	17.83	14.63	71448	4.00	19.67	23.19	85.42	55.96	0.95	186.92	29.94	0.061	1.159
4	-73.66	-88.90	15.24	15.95	12.96	63260	3.55	17.42	18.18	91.84	53.27	0.94	183.86	28.97	0.054	1.246
3	-86.36	-97.79	11.43	13.81	11.19	54643	3.06	15.05	13.57	99.93	50.06	0.86	168.54	29.70	0.046	1.355
2	-95.25	-100.33	5.08	9.21	7.53	36739	2.06	10.12	6.13	101.38	34.15	0.78	153.21	22.29	0.031	1.375
1	-95.25	-96.52	1.27	4.60	3.66	17845	1.00	4.91	1.45	96.70	15.82	0.70	137.89	11.47	0.015	1.311
0	-100.33	-93.98	--	--	0.00	0	0.00	0.00	0.00	100.33	0.00	0.61	119.51	0.00	0.000	1.361

PUNTO	ptI mm agua	peI mm agua	pvl mm agua	CI max m/s	CI m/s	Re flujo	V̇ m ³ /min	CII m/s	ptII mm agua	Δpt mm agua	Pa w	F Lb	P w	η %	φ	ψ
0	-100.33	-93.98	-	-	0.00	0	0.00	0.00	0.00	100.33	0.00	0.61	119.51	0.00	0.000	1.361
1	-93.98	-95.25	1.27	4.60	3.66	17845	1.00	4.91	1.45	95.43	15.61	0.69	134.83	11.58	0.015	1.294
2	-95.25	-100.33	5.08	9.21	7.53	36739	2.06	10.12	6.13	101.38	34.15	0.75	147.09	23.22	0.031	1.375
3	-86.36	-97.79	11.43	13.81	11.19	54643	3.06	15.05	13.57	99.93	50.06	0.81	159.34	31.42	0.046	1.355
4	-73.66	-88.90	15.24	15.95	12.96	63260	3.55	17.42	18.18	91.84	53.27	0.84	165.47	32.19	0.054	1.246
5	-82.23	-81.28	19.05	17.83	14.63	71448	4.00	19.67	23.19	85.42	55.96	0.91	177.73	31.48	0.061	1.159
6	-52.07	-74.93	22.86	19.53	16.30	79581	4.46	21.91	28.77	80.84	58.99	0.95	186.92	31.66	0.067	1.096
7	-44.45	-69.85	25.40	20.59	17.21	84024	4.71	23.14	32.08	76.53	58.95	0.97	189.99	31.03	0.071	1.038
8	-40.64	-67.31	26.67	21.10	17.64	86099	4.83	23.71	33.68	74.32	58.67	1.00	196.12	29.92	0.073	1.008

Tabla D1 : Resultados experimentales para Nm = 3380 rpm y Nv = 3350 rpm.

continua

Z O N A																
E X T E R I O R									M E D I O							

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-27	41	7	9.91	-13.97	23.88	19.96	0.565	-15	36	10.5	5.08	-13.72	18.80	17.71	0.496
1	-25	39	7	16.38	-23.37	39.75	25.76	0.729	-19	41	11	15.49	-19.43	34.93	24.14	0.676
2	-21	33	8	14.48	-33.02	47.50	28.16	0.798	-13	42	14.5	17.02	-31.24	48.28	28.38	0.783
3	-21	33	6	15.75	-34.29	50.04	28.90	0.819	-9	45	18	19.43	-33.78	53.21	29.80	0.808
4	-23	41	9	26.67	-29.21	65.88	30.54	0.860	-12	50	19	27.94	-28.70	58.84	30.75	0.829
5	-25	45	10	36.83	-24.00	60.83	31.86	0.895	-15	53	19	34.29	-22.86	57.15	30.88	0.832
6	-26	48	11	43.18	-18.67	61.85	32.13	0.899	-18	56	19	41.91	-17.02	58.93	31.36	0.845
7	-27	51	12	49.53	-15.88	65.41	33.04	0.921	-20	58	19	46.99	-14.22	61.21	31.96	0.862
8	-28	52	12	62.07	-13.59	65.66	33.10	0.923	-21	59	19	49.53	-11.43	60.96	31.90	0.860

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
8	-28	52	12	52.07	-13.59	65.66	33.10	0.923	-21	58	18.5	49.53	-11.13	60.66	31.82	0.860
7	-27	51	12	49.63	-15.49	65.02	32.94	0.919	-20	57	18.5	46.99	-13.84	60.83	31.86	0.861
6	-27	49	11	44.45	-19.56	64.01	32.69	0.915	-19	56	18.5	41.91	-17.91	59.82	31.60	0.854
5	-25	45	10	36.83	-23.75	60.58	31.80	0.893	-16	53	18.5	35.56	-22.10	57.66	31.02	0.839
4	-23	41	9	27.94	-29.21	57.15	30.88	0.870	-14	50	18	29.21	-28.70	57.91	31.09	0.843
3	-21	33	8	16.00	-34.29	50.29	28.97	0.821	-10	46	18	19.43	-33.02	52.45	29.59	0.802
2	-21	33	8	13.97	-34.29	48.26	28.38	0.805	-13	42	14.5	16.26	-30.48	46.74	27.93	0.771
1	-23	35	8	16.26	-22.86	39.12	25.55	0.724	-20	42	11	14.99	-18.54	33.53	23.66	0.662
0	-27	39	8	9.91	-13.84	23.75	19.91	0.564	-21	36	7.5	5.33	-12.70	18.03	17.35	0.490

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-27	37	5	9.91	-12.95	22.86	19.53	0.555	-21	36	7.5	5.08	-12.70	17.78	17.23	0.487
1	-23	35	8	17.02	-23.11	40.13	25.88	0.734	-20	41	10.5	15.49	-18.80	34.29	23.92	0.671
2	-21	33	8	14.22	-34.29	48.51	28.46	0.807	-14	42	14	16.26	-29.21	45.47	27.55	0.762
3	-22	34	8	16.51	-35.56	52.07	29.48	0.836	-11	45	17	19.30	-33.02	52.32	29.55	0.806
4	-23	41	9	27.94	-29.97	57.91	31.09	0.875	-13	47	17	29.21	-29.21	58.42	31.23	0.851
5	-25	45	10	36.83	-24.13	60.96	31.90	0.895	-18	52	17	35.56	-22.10	57.86	31.02	0.846
6	-27	49	11	44.45	-19.56	64.01	32.69	0.915	-20	54	17	41.91	-16.76	58.67	31.29	0.853
7	-28	50	11	49.63	-16.00	65.63	33.07	0.925	-18	60	21	46.99	-12.95	59.94	31.63	0.842
8	-28	52	12	53.34	-13.97	67.31	33.52	0.935	-19	61	21	49.63	-10.64	60.07	31.66	0.843

Tabla D1 : Resultados experimentales para Nm = 3380 rpm y Nv = 3350 rpm.

continua

Z O N A ' A '	Z O N A ' B '
I N T E R I O R	E X T E R I O R

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-24	23	-0.5	-1.91	-12.32	10.41	13.18	0.376	-32	18	-7	7.87	-29.21	37.08	24.88	0.704
1	-23	23	0	1.14	-19.69	20.83	18.64	0.531	-37	17	-10	12.45	-31.75	44.20	27.16	0.762
2	-13	20	3.5	-1.14	-29.21	28.07	21.64	0.616	-35	18	-8.5	14.48	-34.29	48.77	28.53	0.804
3	-9	18	4.5	-2.41	-35.05	32.64	23.34	0.663	-36	23	-6.5	20.32	-31.75	52.07	29.48	0.835
4	-13	27	7	2.41	-29.97	32.39	23.25	0.658	-41	27	-7	31.75	-24.13	55.88	30.54	0.864
5	-16	35	9.5	6.35	-24.61	30.86	22.70	0.638	-46	32	-7	41.91	-14.35	56.26	30.64	0.867
6	-19	43	12	12.70	-19.05	31.75	23.02	0.642	-60	34	-8	50.80	-6.60	57.40	30.95	0.874
7	-23	49	13	18.54	-14.73	33.27	23.57	0.655	-52	36	-8	57.15	-1.91	59.06	31.40	0.886
8	-23	51	14	22.10	-13.21	35.31	24.28	0.671	-64	38	-8	60.96	2.16	58.80	31.33	0.884

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
8	-23	51	14	22.10	-13.21	35.31	24.28	0.671	-64	38	-8	59.69	1.14	58.55	31.26	0.882
7	-22	49	13.5	18.42	-15.24	33.66	23.70	0.657	-62	36	-8	58.42	-1.40	59.82	31.60	0.892
6	-19	44	12.5	13.08	-20.19	33.27	23.57	0.656	-50	34	-8	50.80	-6.99	57.79	31.06	0.877
5	-16	35	9.5	7.24	-25.15	32.39	23.25	0.654	-45	31	-7	41.91	-15.49	57.40	30.95	0.876
4	-14	26	6	2.79	-30.48	33.27	23.57	0.668	-41	27	-7	31.75	-23.50	55.25	30.37	0.859
3	-8	19	5.5	-1.91	-35.56	33.65	23.70	0.672	-37	23	-7	20.07	-33.02	53.09	29.77	0.842
2	-13	20	3.5	-1.40	-31.24	29.85	22.32	0.635	-35	18	-8.5	14.22	-35.56	49.78	28.83	0.813
1	-23	24	0.5	1.40	-20.57	21.97	19.15	0.546	-37	18	-9.5	11.94	-30.48	42.42	26.61	0.748
0	-8	8	0	-2.16	-12.83	10.67	13.34	0.380	-31	19	-6	7.87	-30.48	38.35	25.30	0.717

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-23	25	1	-1.78	-12.57	10.80	13.42	0.383	-31	19	-6	7.87	-29.21	37.08	24.88	0.705
1	-23	23	0	1.27	-20.07	21.34	18.87	0.538	-36	18	-9	12.45	-31.75	44.20	27.16	0.765
2	-12	20	4	-1.14	-31.24	30.10	22.41	0.637	-35	18	-8.5	14.48	-36.83	51.31	29.26	0.825
3	-9	18	4.5	-1.91	-34.29	32.39	23.25	0.661	-37	23	-7	20.07	-33.02	53.09	29.77	0.842
4	-13	26	6.5	2.64	-31.12	33.66	23.70	0.671	-41	27	-7	31.75	-22.86	54.61	30.19	0.854
5	-16	35	9.5	7.11	-25.40	32.61	23.29	0.655	-45	31	-7	40.64	-15.24	55.88	30.54	0.864
6	-19	43	12	13.46	-19.30	32.77	23.39	0.652	-49	35	-7	49.53	-7.87	57.40	30.95	0.876
7	-22	50	14	19.05	-16.00	35.05	24.19	0.669	-51	37	-7	57.15	-1.65	58.80	31.33	0.886
8	-24	52	14	23.11	-13.72	36.83	24.79	0.686	-64	38	-8	69.69	2.54	57.15	30.88	0.872

Tabla D1 : Resultados experimentales para Nm = 3380 rpm y Nv = 3350 rpm.

Z O N A • B •																
M E D I O									I N T E R I O R							

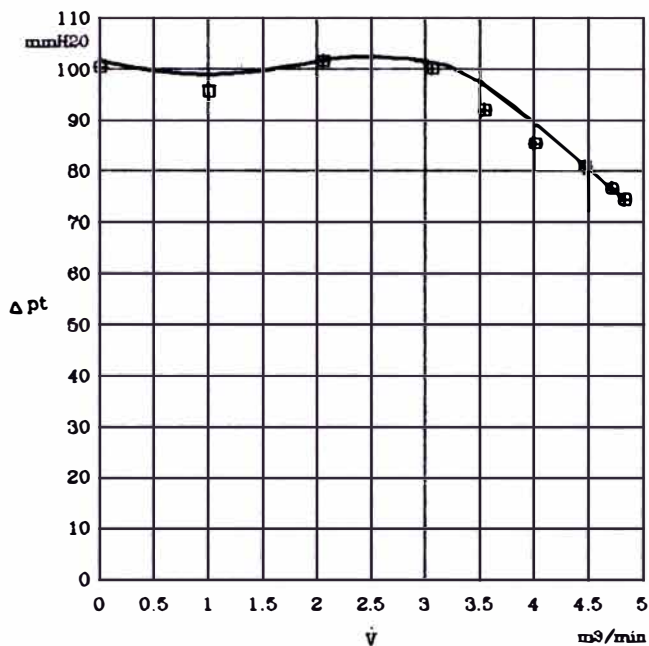
PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-37	13	-12	6.35	-29.21	35.56	24.36	0.679	-32	8	-12	-7.62	-31.75	24.13	20.07	0.560
1	-38	14	-12	10.16	-31.24	41.40	26.29	0.733	-15	7	-4	-11.30	-35.56	24.26	20.12	0.572
2	-40	16	-12	13.21	-33.02	46.23	27.78	0.774	-18	10	-4	-12.32	-38.10	25.78	20.74	0.590
3	-43	19	-12	21.46	-30.48	51.94	29.44	0.821	-23	11	-6	-0.51	-34.29	33.78	23.75	0.673
4	-47	25	-11	34.29	-20.57	54.86	30.26	0.847	-33	21	-6	12.19	-23.60	35.69	24.41	0.692
5	-51	29	-11	45.72	-11.68	57.40	30.95	0.866	-42	30	-6	21.34	-13.21	34.54	24.01	0.681
6	-53	33	-10	54.61	-3.18	57.78	31.06	0.872	-48	36	-6	27.94	-5.59	33.53	23.66	0.671
7	-55	37	-9	58.42	2.79	55.63	30.47	0.858	-52	40	-6	34.29	-0.38	34.67	24.06	0.682
8	-56	38	-9	62.23	5.33	56.90	30.82	0.868	-56	42	-7	36.83	2.54	34.29	23.92	0.677

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
8	-56	38	-9	62.23	5.33	56.90	30.82	0.868	-56	42	-7	36.83	2.54	34.29	23.92	0.677
7	-55	37	-9	59.69	2.67	57.02	30.85	0.869	-53	41	-6	33.02	0.76	32.26	23.20	0.658
6	-52	34	-9	53.34	-3.05	56.39	30.68	0.864	-48	36	-6	29.21	-6.10	35.31	24.28	0.688
5	-50	30	-10	45.72	-12.57	58.29	31.19	0.876	-41	31	-5	21.08	-13.97	35.05	24.19	0.687
4	-46	26	-10	35.56	-20.83	56.39	30.68	0.861	-34	26	-4	12.19	-25.40	37.59	25.05	0.712
3	-42	18	-12	21.34	-30.48	51.82	29.41	0.820	-20	12	-4	-0.51	-35.56	35.05	24.19	0.688
2	-40	16	-12	12.95	-34.29	47.24	28.08	0.783	-19	11	-4	-12.45	-39.37	26.92	21.20	0.603
1	-37	17	-10	9.78	-29.21	38.99	25.51	0.716	-22	14	-4	-11.18	-34.29	23.11	19.64	0.559
0	-37	15	-11	6.35	-27.94	34.29	23.92	0.669	-32	16	-8	-7.62	-31.75	24.13	20.07	0.566

PUNTO	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ	alfa 1 °	alfa 2 °	alfa 3 °	pt3 mm H2O	pe3 mm H2O	pv3 mm H2O	C3 m/s	μ
0	-36	14	-11	6.35	-27.94	34.29	23.92	0.669	-27	11	-8	-9.65	-33.02	23.37	19.75	0.557
1	-37	17	-10	10.16	-30.48	40.64	26.04	0.731	-19	17	-1	-11.18	-35.56	24.38	20.17	0.575
2	-39	15	-12	13.46	-35.56	49.02	28.60	0.798	-17	13	-2	-12.45	-38.10	25.65	20.69	0.589
3	-42	18	-12	21.59	-31.75	53.34	29.84	0.832	-17	15	-1	-0.76	-35.56	34.80	24.10	0.687
4	-47	25	-11	35.56	-21.84	57.40	30.95	0.866	-30	28	-1	12.45	-24.51	36.96	24.84	0.708
5	-50	30	-10	45.72	-12.19	57.91	31.09	0.873	-40	34	-3	21.69	-14.48	36.07	24.54	0.698
6	-52	34	-9	53.34	-4.57	57.91	31.09	0.875	-46	39	-3	29.21	-8.48	35.69	24.41	0.695
7	-55	37	-9	58.42	2.79	55.63	30.47	0.858	-50	42	-4	34.29	-1.65	35.94	24.49	0.696
8	-56	40	-8	60.96	5.08	55.88	30.64	0.862	-53	45	-4	35.56	3.18	32.39	23.25	0.661

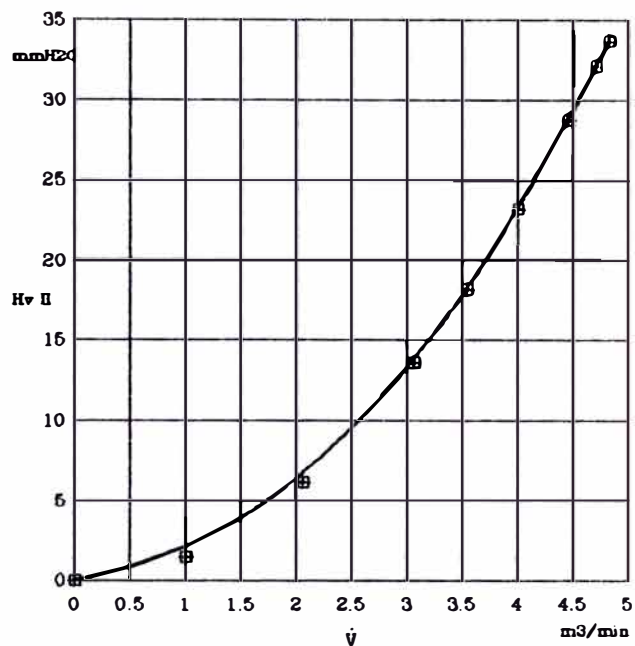
APENDICE "E"

PROMEDIOS DE LA VARIACION DE
PARAMETROS A LO ANCHO DEL ALABE



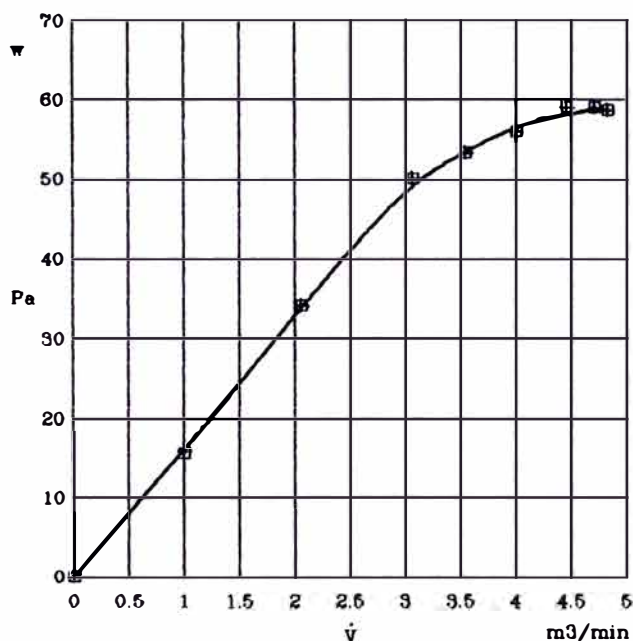
• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Altura de presión total versus caudal



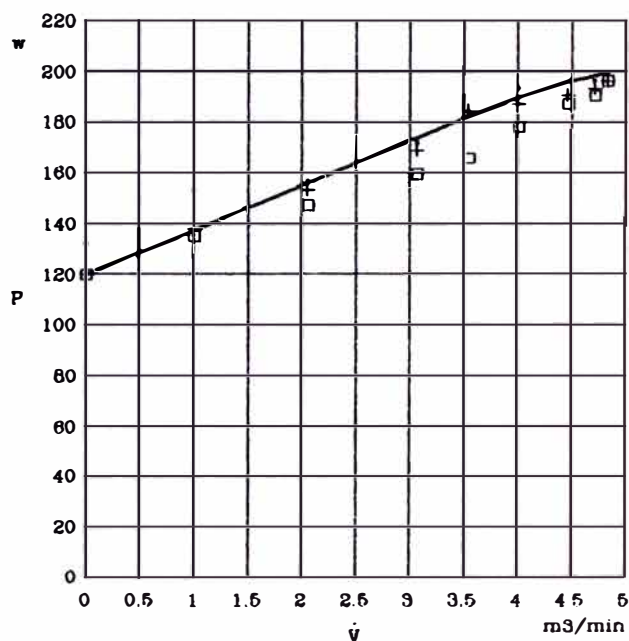
• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Altura de presión de velocidad versus caudal



• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

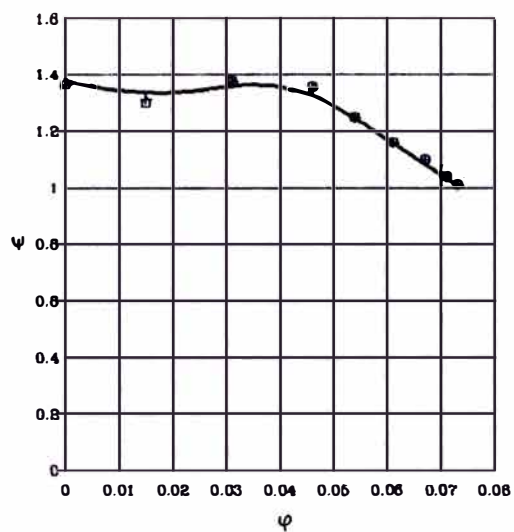
Potencia aerodinámica versus caudal



• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

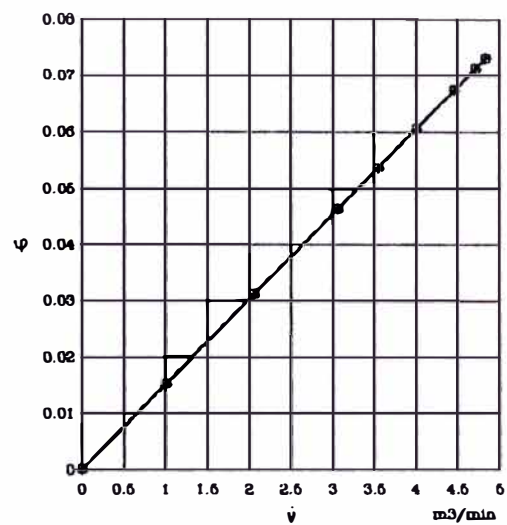
Potencia al eje versus caudal

Fig. D1 Resultados experimentales para $N_m = 3380$ rpm
 $N_v = 3350$ rpm.



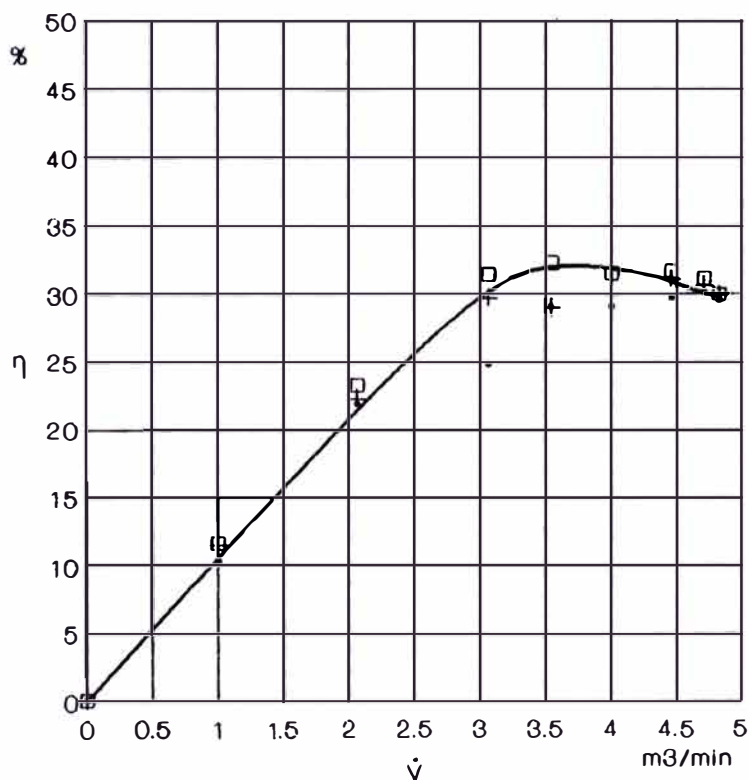
• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Cifra de presión versus cifra de caudal



• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

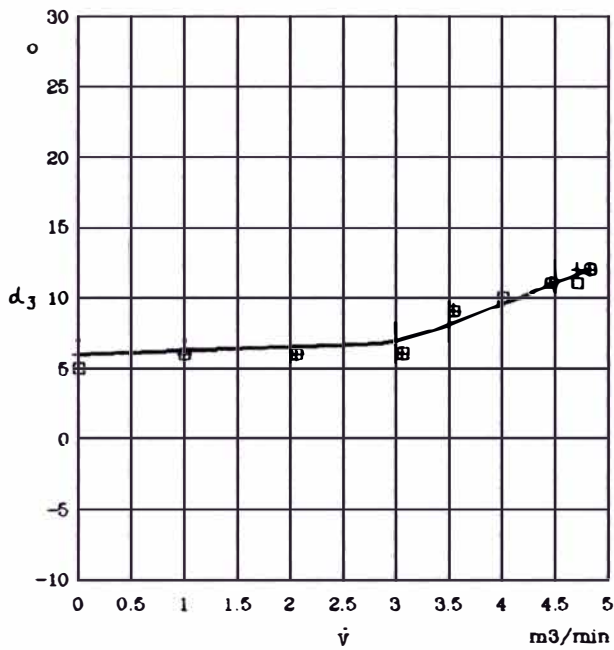
Cifra de caudal versus caudal



• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

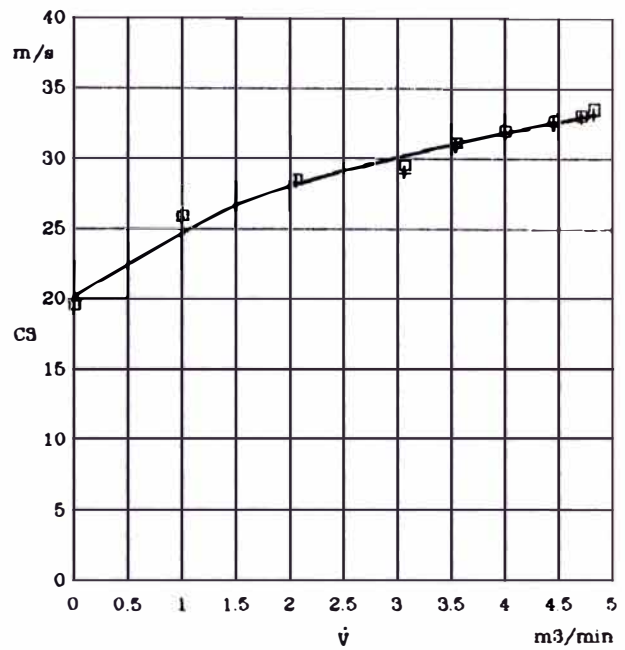
Eficiencia total versus caudal

Fig. D2 Resultados experimentales para Nm 3380 rpm
Nv = 3350 rpm.



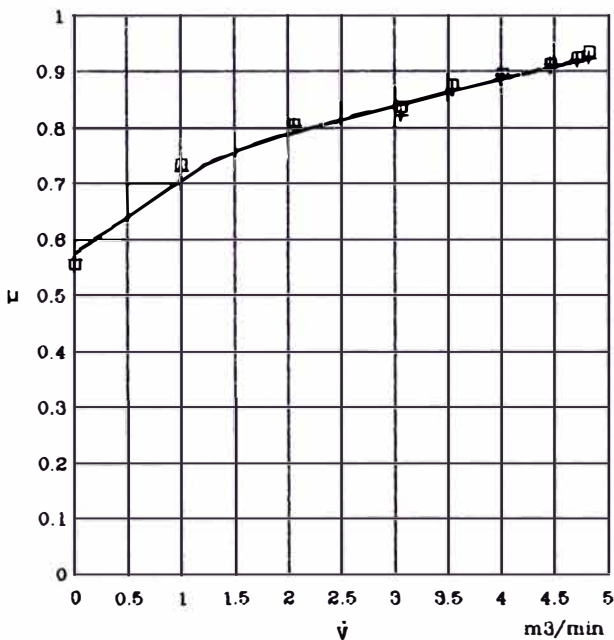
* 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Angulo de salida del flujo versus caudal



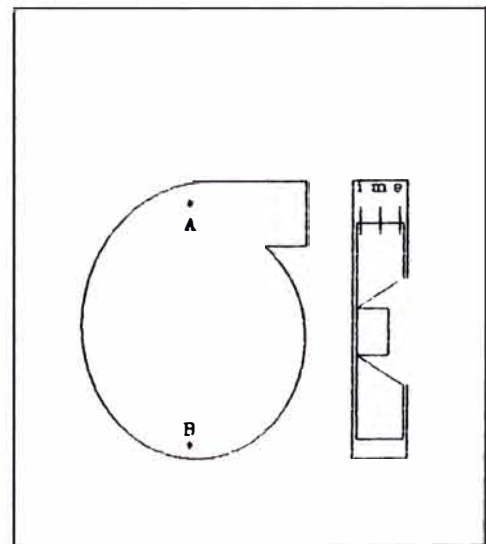
* 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Velocidad de salida del flujo versus caudal



* 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

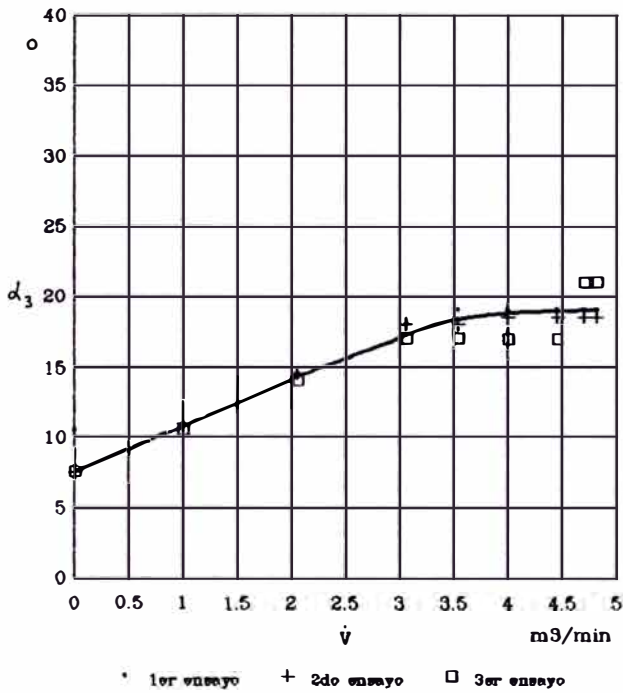
Coeficiente de resbalmiento versus caudal



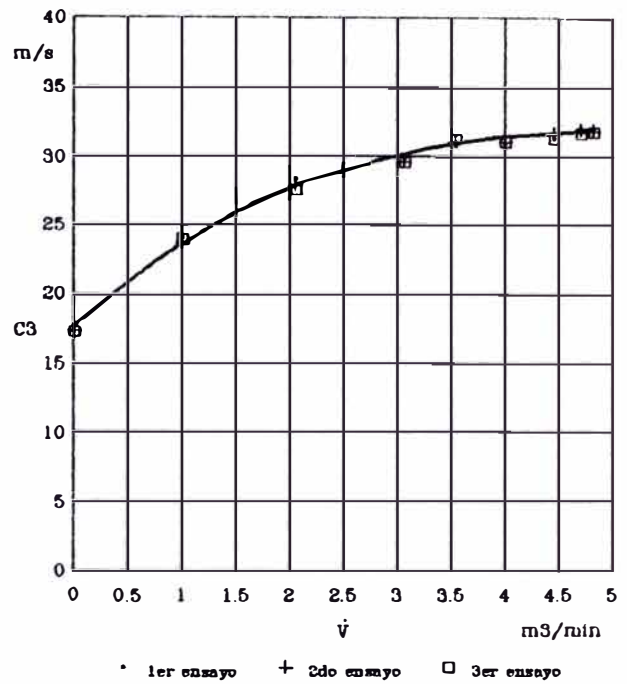
A : zona "A" B : zona "B"

i : interior m : medio e : exterior

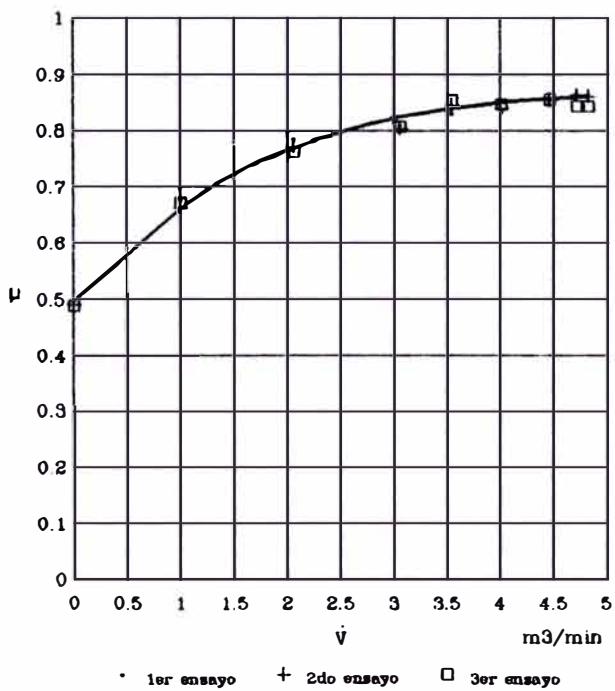
Fig. D3 : Resultados experimentales para $N_m = 3380$ rpm
 $N_v = 3350$ rpm, en la zona "A", punto exterior.



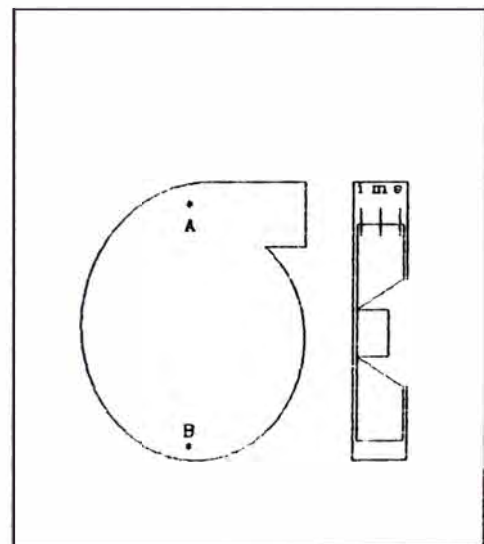
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

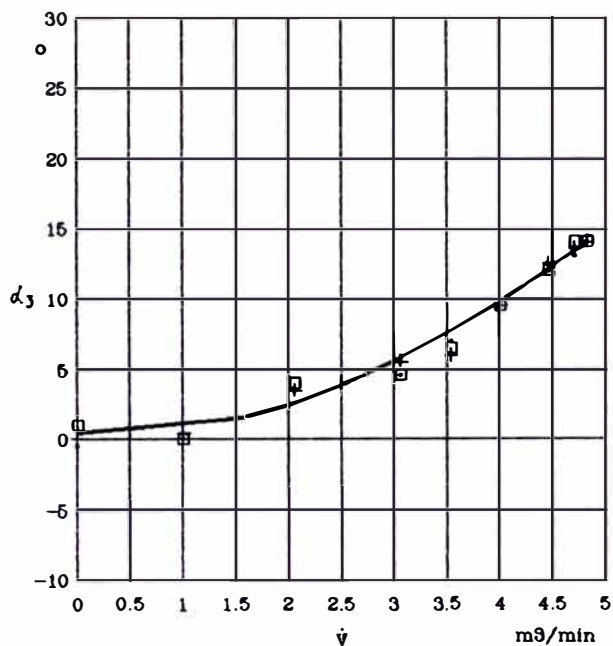


Coeficiente de resbalamiento versus caudal



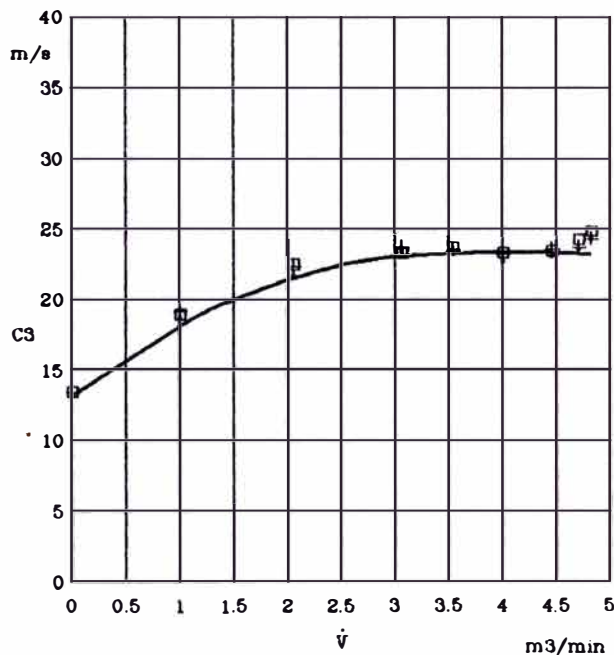
A : zona "A" B : zona "B"
i : interior m : medio e : exterior

Fig. D4 : Resultados experimentales para $N_m = 3380$ rpm
 $N_v = 3350$ rpm, en la zona "A", punto medio.



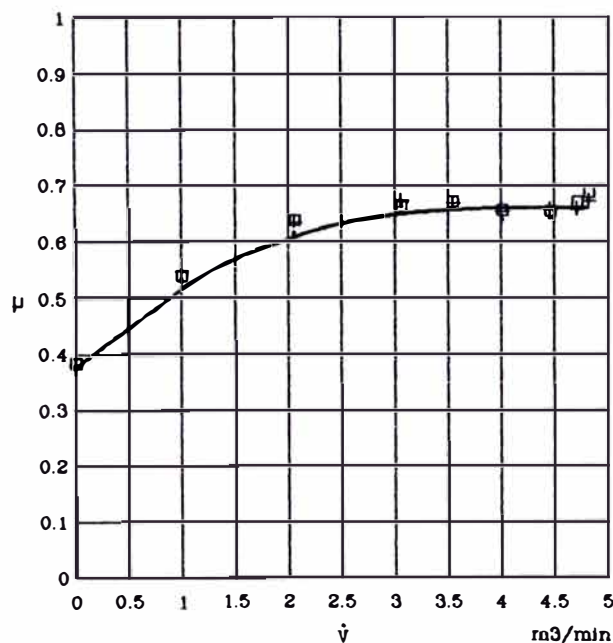
• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Angulo de salida del flujo versus caudal



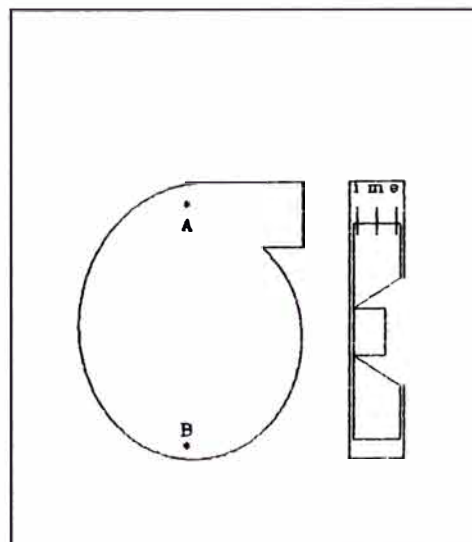
• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Velocidad de salida del flujo versus caudal



• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

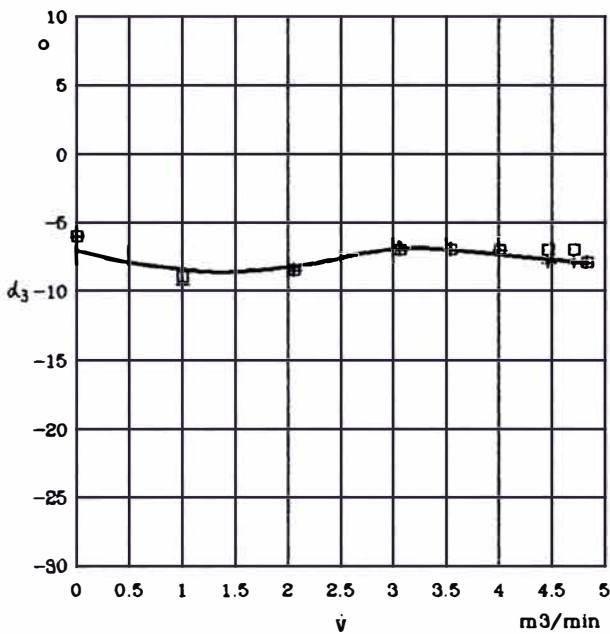
Coeficiente de resbalamiento versus caudal



A : zona "A" B : zona "B"

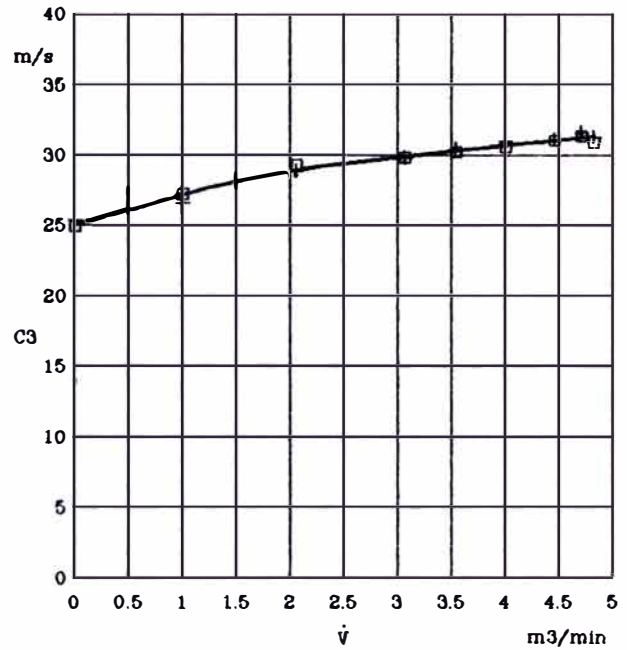
i : interior m : medio e : exterior

Fig. D5 : Resultados experimentales para $N_m = 3380$ rpm
 $N_v = 3350$ rpm, en la zona "A", punto interior.



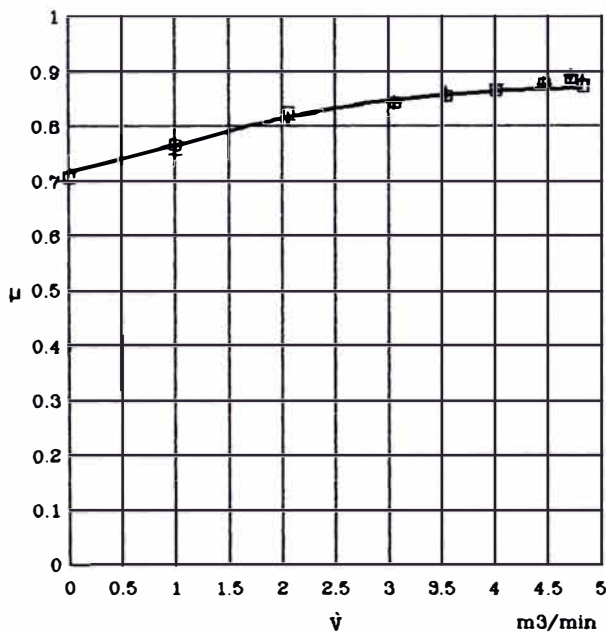
• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Angulo de salida del flujo versus caudal



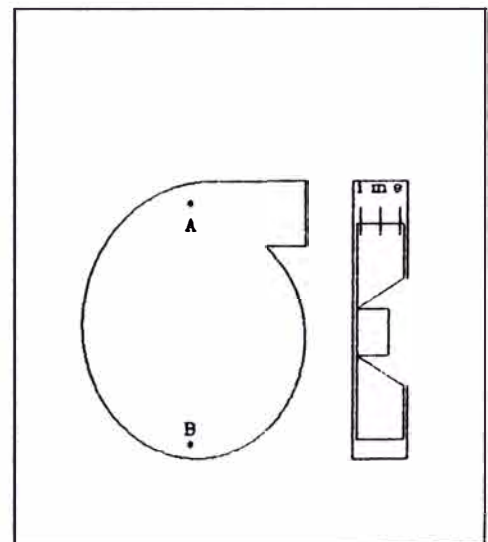
• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

Velocidad de salida del flujo versus caudal



• 1er ensayo + 2do ensayo □ 3er ensayo

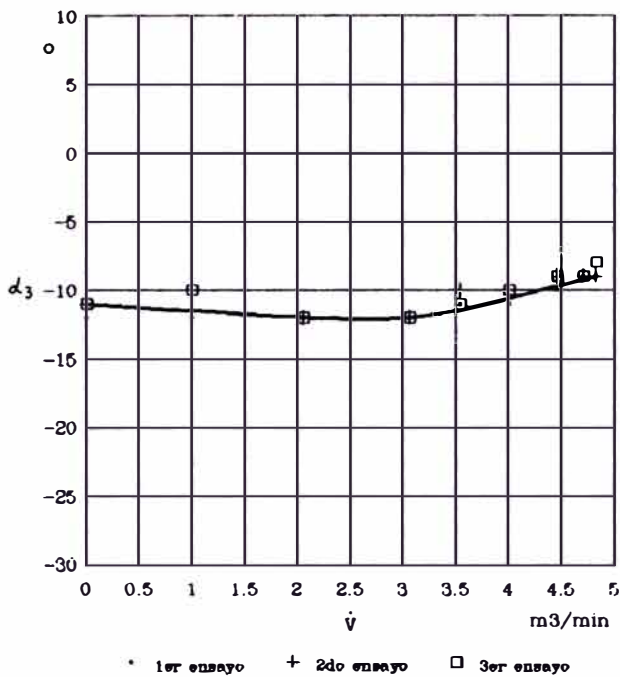
Coefficiente de resbalamiento versus caudal



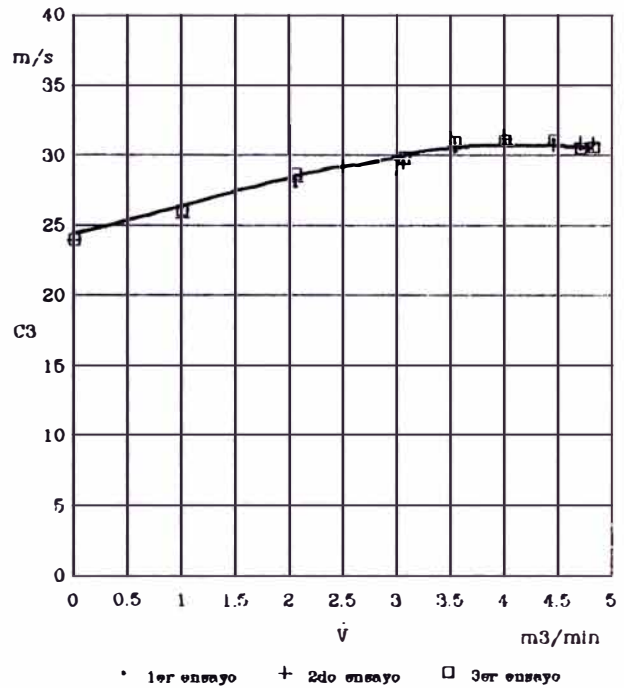
A : zona "A" B : zona "B"

i : interior m : medio e : exterior

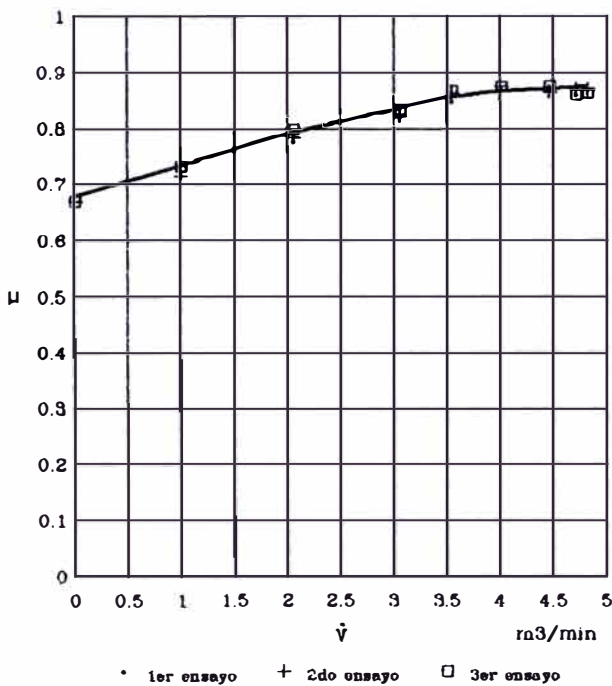
Fig. D6 : Resultados experimentales para Nm = 3380 rpm
Nv = 3350 rpm, en la zona "B", punto exterior.



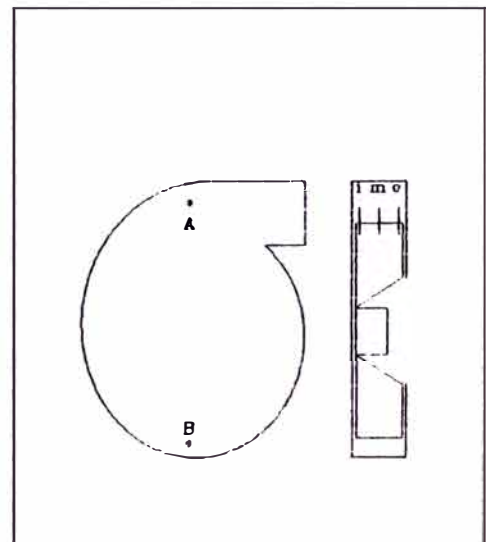
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal

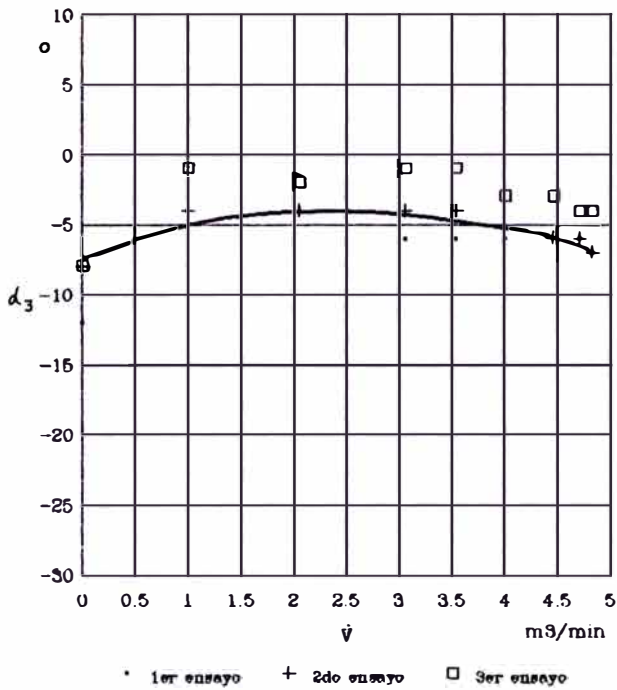


Coeficiente de resbalamiento versus caudal

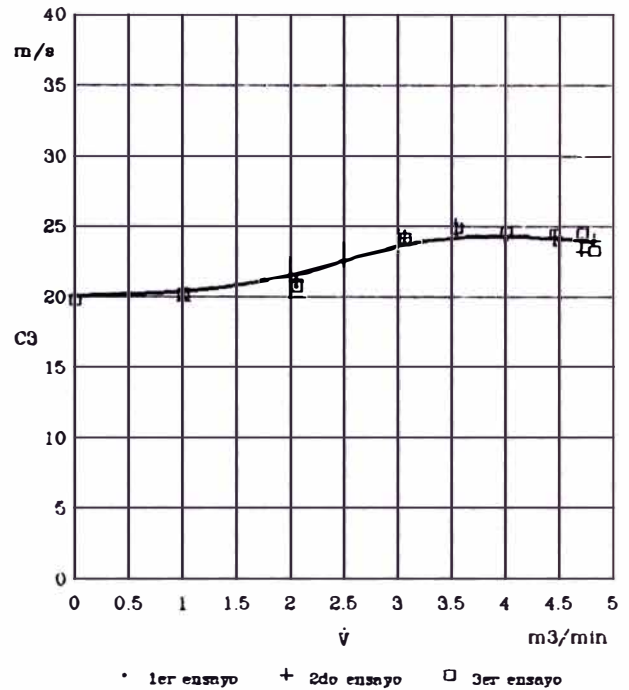


A : zona "A" B : zona "B"
i : interior m : medio e : exterior

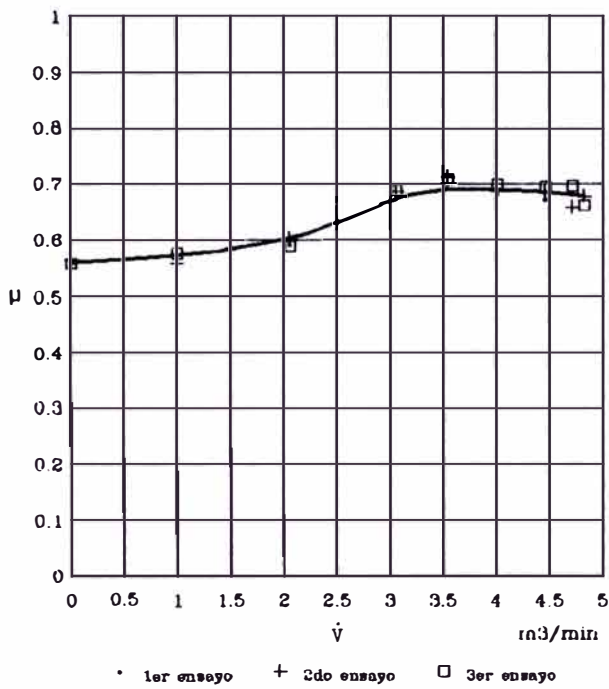
Fig. D7 : Resultados experimentales para $N_m = 3380$ rpm
 $N_v = 3350$ rpm, en la zona "B", punto medio.



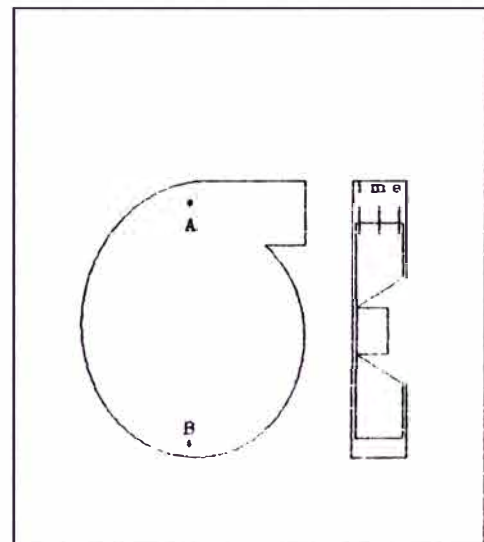
Angulo de salida del flujo versus caudal



Velocidad de salida del flujo versus caudal



Coeficiente de resbalamiento versus caudal



A : zona "A" B : zona "B"
 i : interior m : medio e : exterior

Fig. D8 : Resultados experimentales para $N_m = 3380$ rpm
 $N_v = 3350$ rpm, en la zona "B", punto interior.

APENDICE "E"

PROMEDIOS DE LA VARIACION DE
PARAMETROS A LO ANCHO DEL ALABE

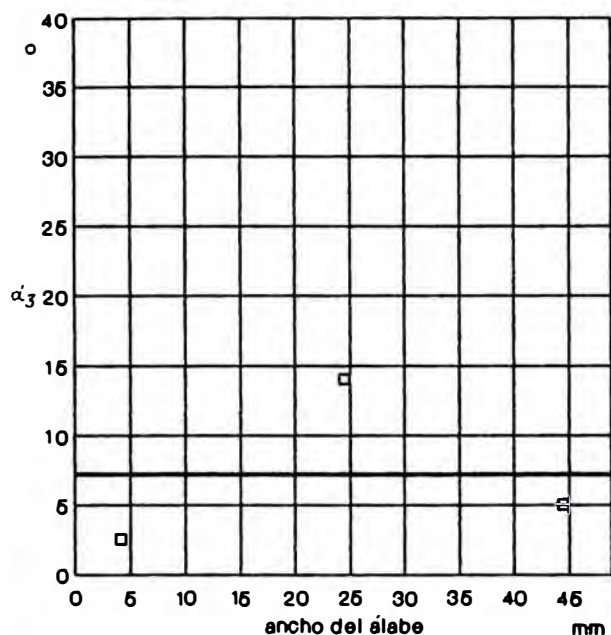
Tabla E1 : Resultados promedios finales obtenidos gráficamente para máxima eficiencia

Z O N A " A "	Z O N A " B "
---------------	---------------

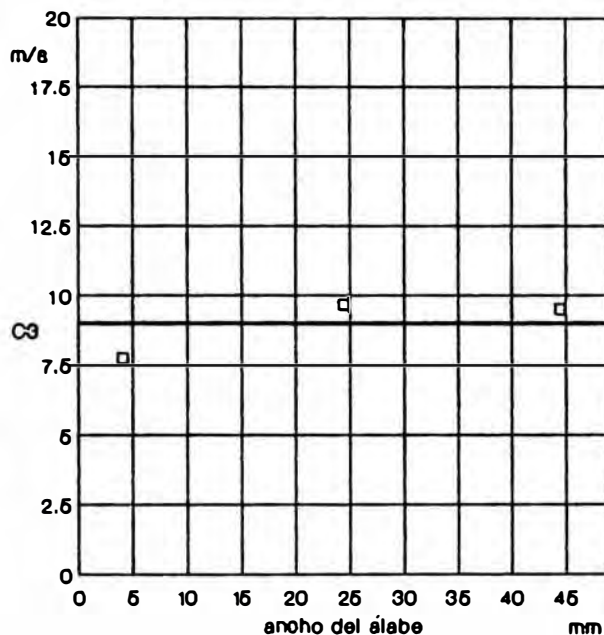
N m r.p.m.	N v r.p.m.	alfa 3			alfa 3 °	alfa 3			alfa 3 °
		exterior	medio	interior		exterior	medio	interior	
1625	1005	5.0	14.0	2.5	7.2	7.0	12.0	8.0	9.0
1625	1620	7.0	18.0	7.5	10.8	7.0	12.0	5.0	8.0
3380	2090	6.0	16.0	2.0	8.0	7.0	12.0	8.5	9.2
3380	3350	11.0	18.0	8.0	12.3	7.0	12.0	6.0	8.3

N m r.p.m.	N v r.p.m.	C 3			C 3 m/s	C 3			C 3 m/s
		exterior	medio	interior		exterior	medio	interior	
1625	1005	9.51	9.67	7.72	9.00	9.10	9.39	7.50	8.75
1625	1620	15.10	15.43	11.39	14.00	15.10	15.00	12.32	14.00
3380	2090	19.72	19.60	15.33	18.50	18.92	18.98	15.90	18.00
3380	3350	31.50	31.60	22.96	28.70	30.60	30.85	24.26	28.50

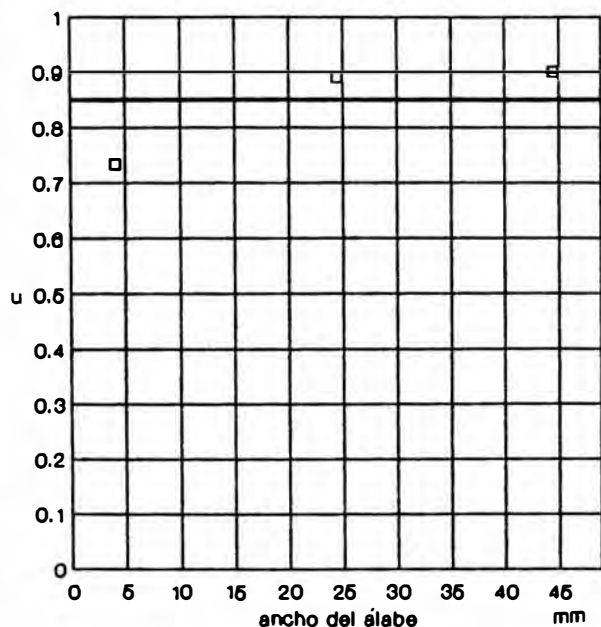
N m r.p.m.	N v r.p.m.	μ			μ	μ			μ
		exterior	medio	interior		exterior	medio	interior	
1625	1005	0.900	0.891	0.733	0.850	0.858	0.873	0.706	0.800
1625	1620	0.883	0.865	0.666	0.800	0.883	0.865	0.723	0.830
3380	2090	0.896	0.861	0.700	0.815	0.858	0.848	0.718	0.805
3380	3350	0.881	0.842	0.648	0.780	0.866	0.860	0.688	0.800



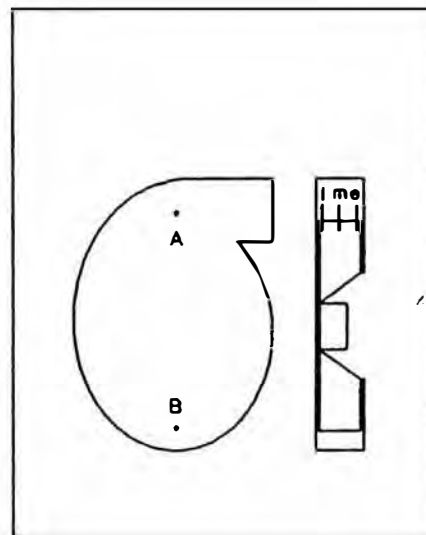
Variación del ángulo de salida del flujo a lo ancho del álabe.



Variación de la velocidad de salida del flujo a lo ancho del álabe.

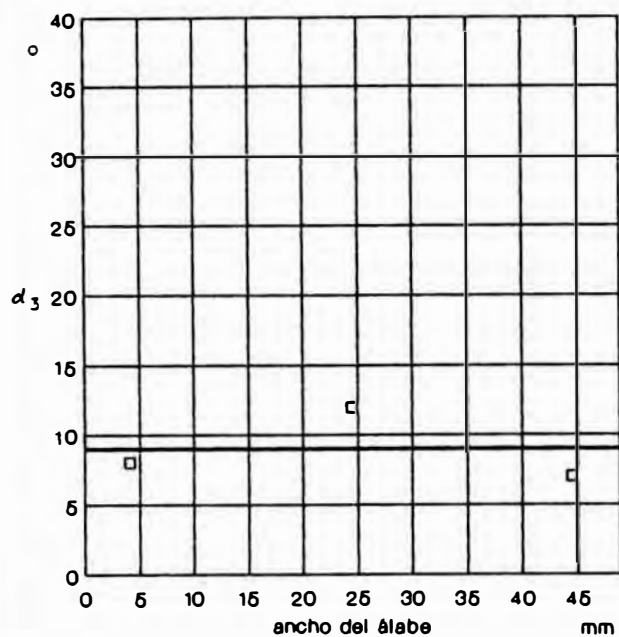


Variación del coeficiente de reabalamiento a lo ancho del álabe.

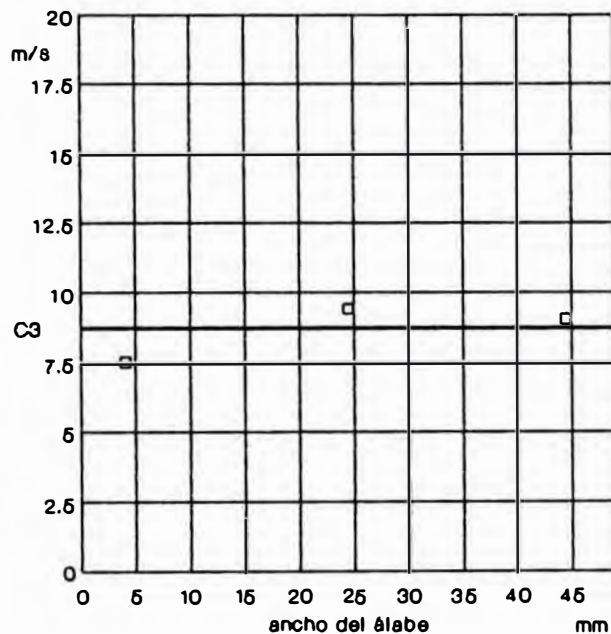


A : zona "A" B : zona "B"
l : interior m : medio e : exterior

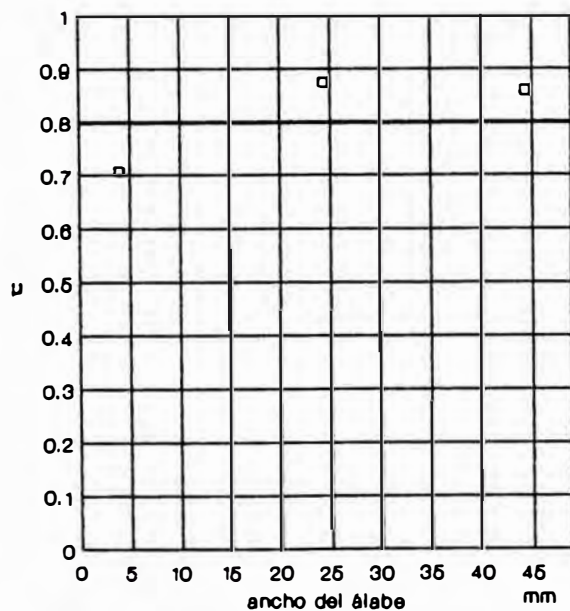
Fig. E1 : Promedios de la variación de parámetros a lo ancho del álabe en la zona "A" para $N_m = 1625$ rpm y $N_v = 1005$ rpm



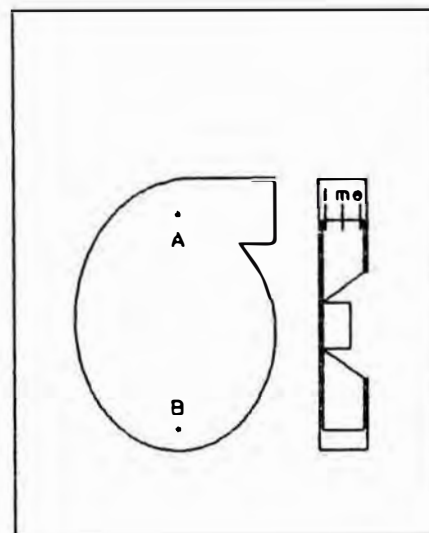
Variación del ángulo de salida del flujo a lo ancho del álabe



Variación de la velocidad de salida del flujo a lo ancho del álabe



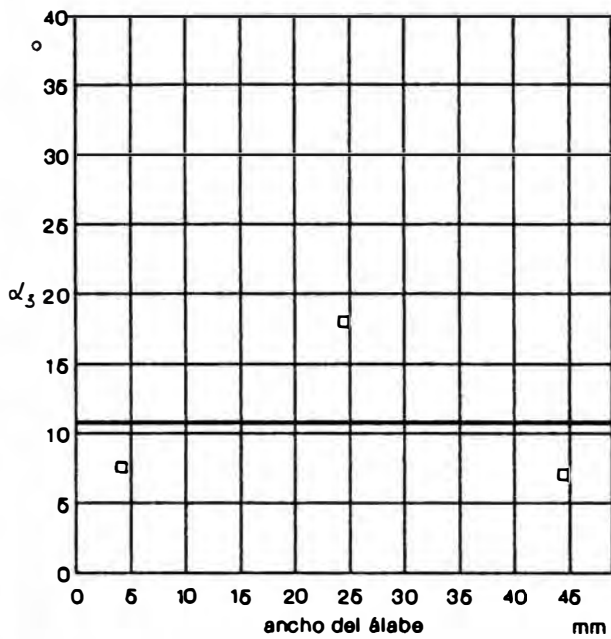
Variación del coeficiente de resbalamiento a lo ancho del álabe



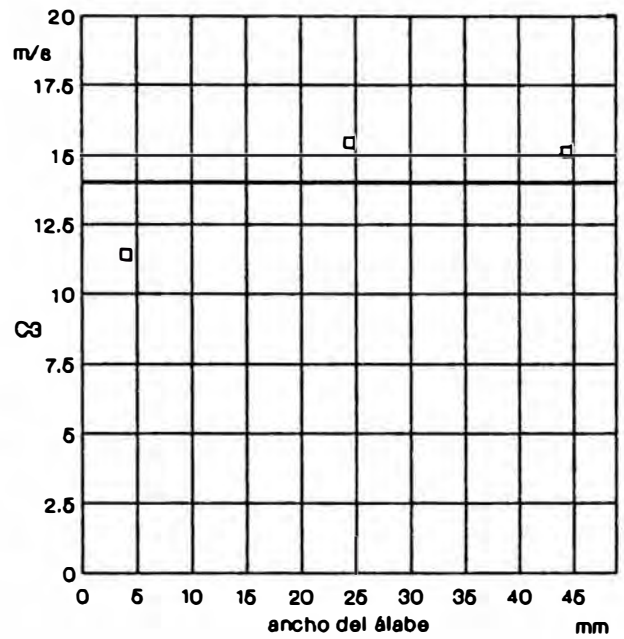
A : zona "A" B : zona "B"

l : Interior m : medio e : exterior

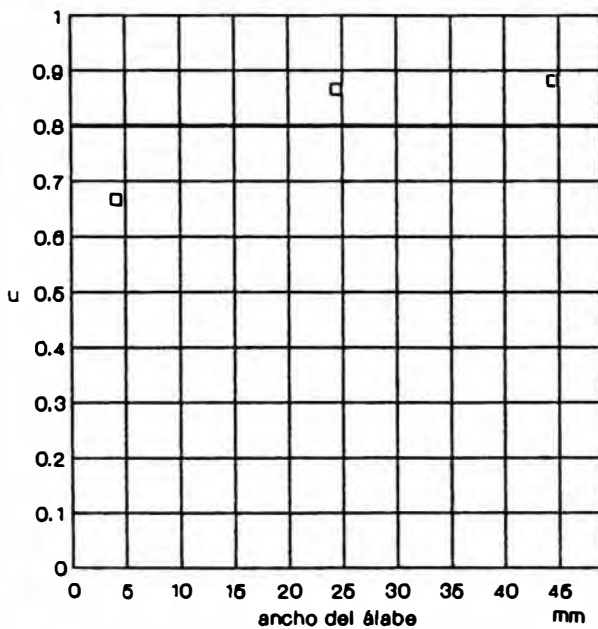
Fig. E2 : Promedios de la variación de parámetros a lo ancho del álabe en la zona "B" para $N_m = 1625$ rpm y $N_v = 1005$ rpm



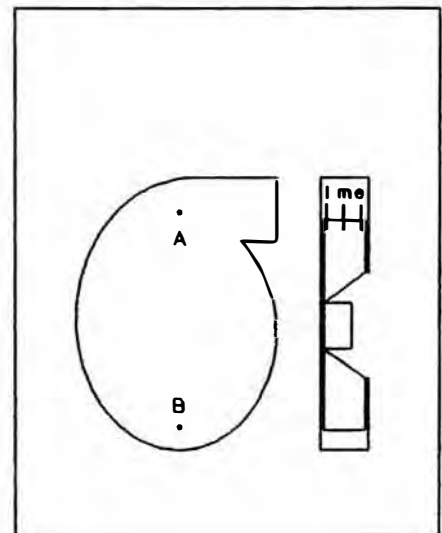
Variación del ángulo de salida del flujo a lo ancho del álabe



Variación de la velocidad de salida del flujo a lo ancho del álabe



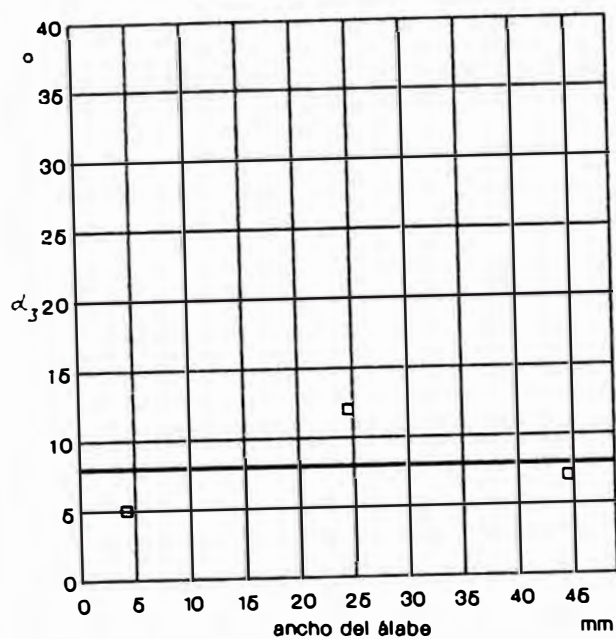
Variación del coeficiente de resbalamiento a lo ancho del álabe



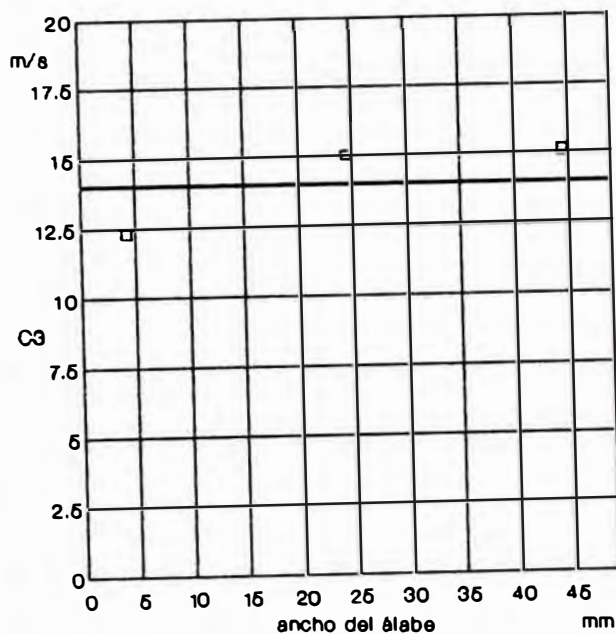
A : zona "A" B : zona "B"

l : interior m : medio e : exterior

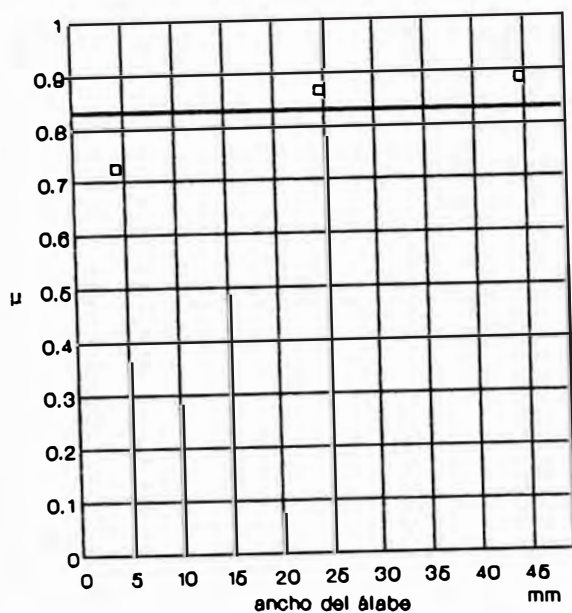
Fig. E3 : Promedios de la variación de parámetros a lo ancho del álabe en la zona "A" para $N_m = 1625$ rpm y $N_v = 1620$ rpm



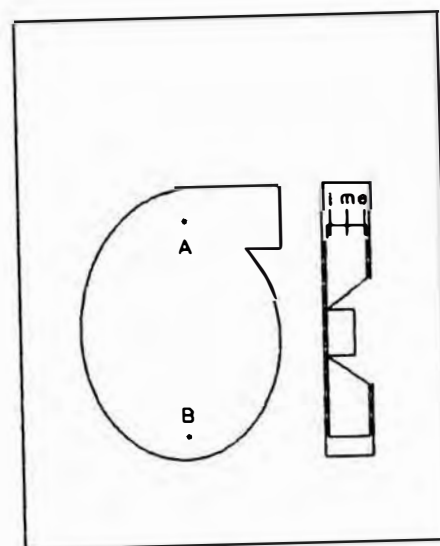
Variación del ángulo de salida del flujo a lo ancho del álabe



Variación de la velocidad de salida del flujo a lo ancho del álabe

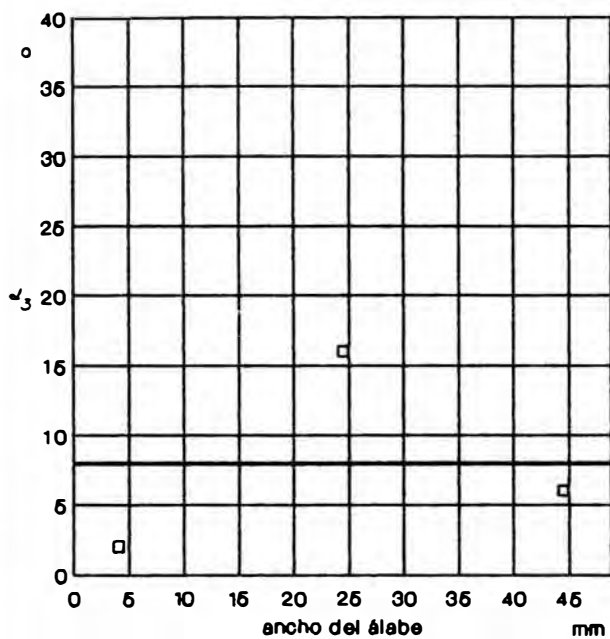


Variación del coeficiente de resbalamiento a lo ancho del álabe

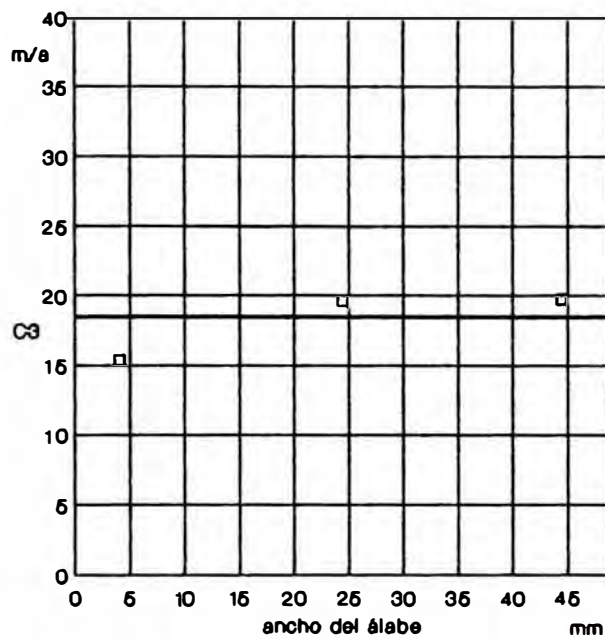


A : zona "A" B : zona "B"
i : interior m : medio e : exterior

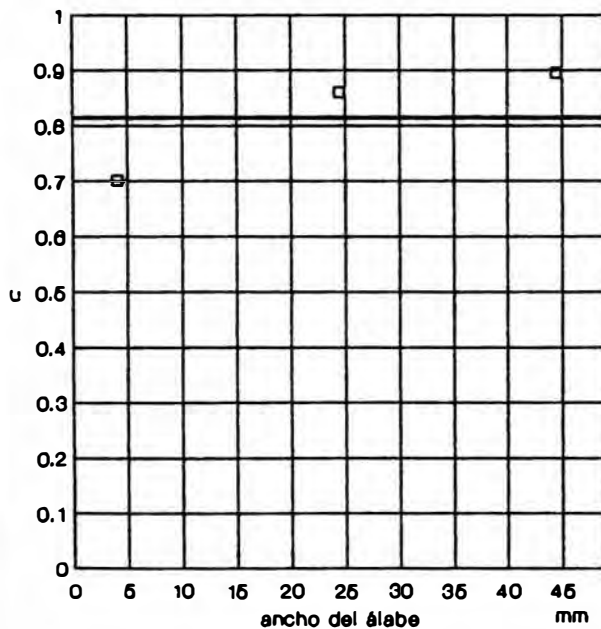
Fig. E4 : Promedios de la variación de parámetros a lo ancho del álabe en la zona "B" para $N_m = 1625$ rpm y $N_v = 1620$ rpm



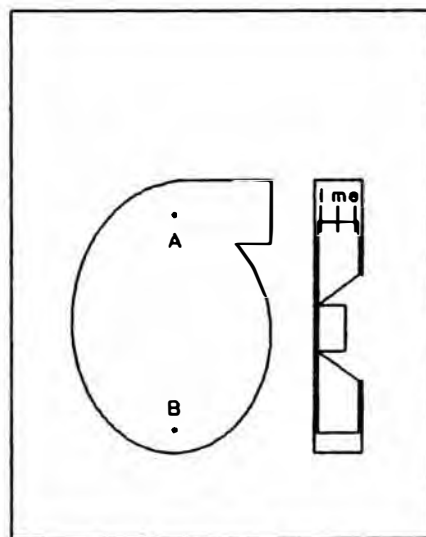
Variación del ángulo de salida del flujo a lo ancho del álabe



Variación de la velocidad de salida del flujo a lo ancho del álabe

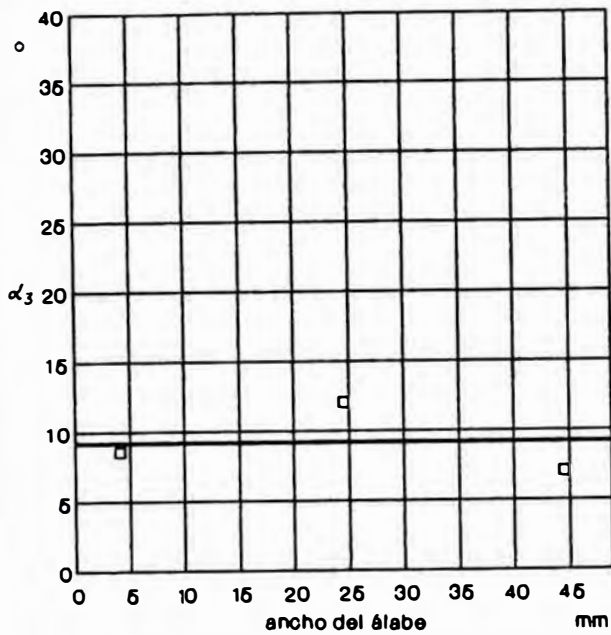


Variación del coeficiente de resbalamiento a lo ancho del álabe

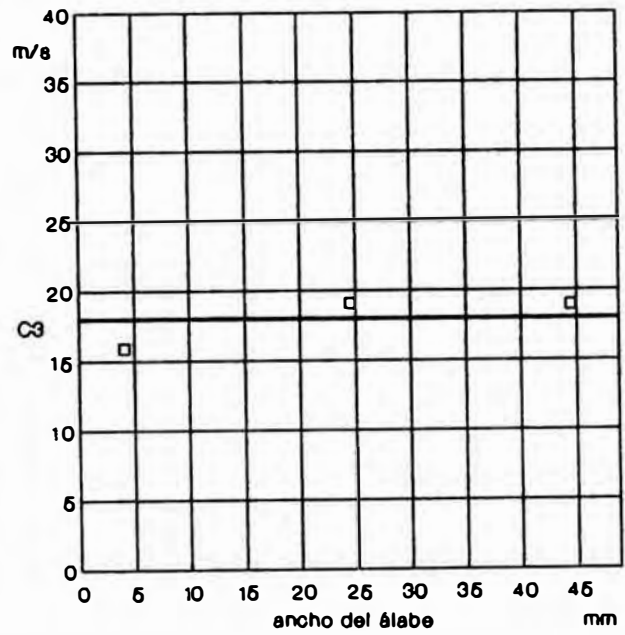


A : zona "A" B : zona "B"
 l : interior m : medio e : exterior

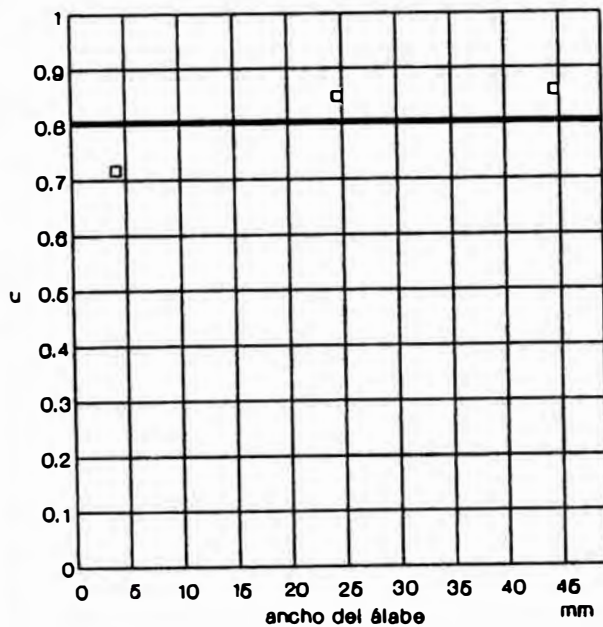
Fig. E5 : Promedios de la variación de parámetros a lo ancho del álabe en la zona "A" para $N_m = 3380$ rpm y $N_v = 2090$ rpm



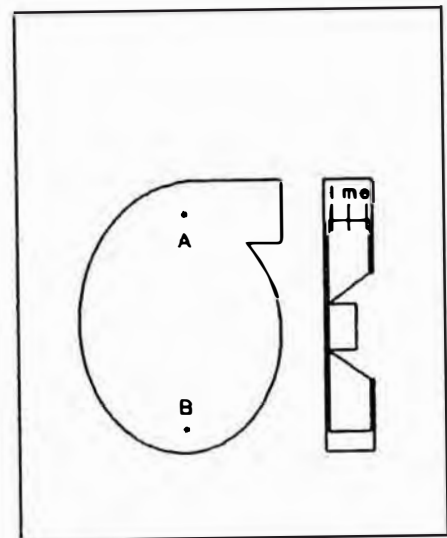
Variación del ángulo de salida del flujo a lo ancho del álabe



Variación de la velocidad de salida del flujo a lo ancho del álabe

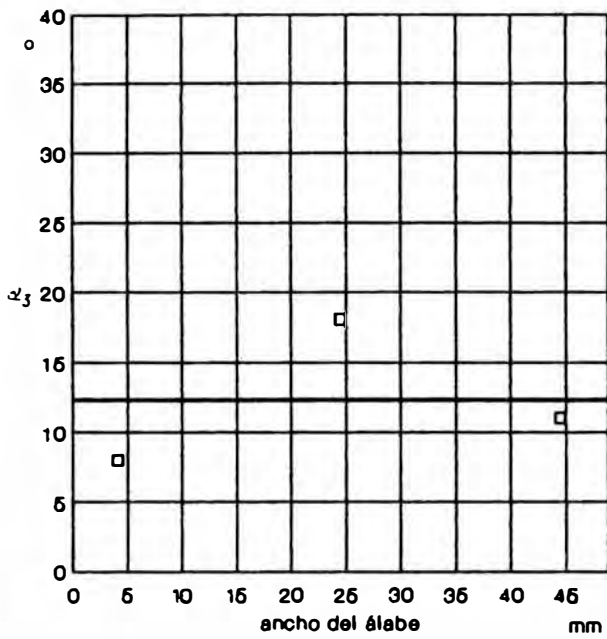


Variación del coeficiente de resbalamiento a lo ancho del álabe

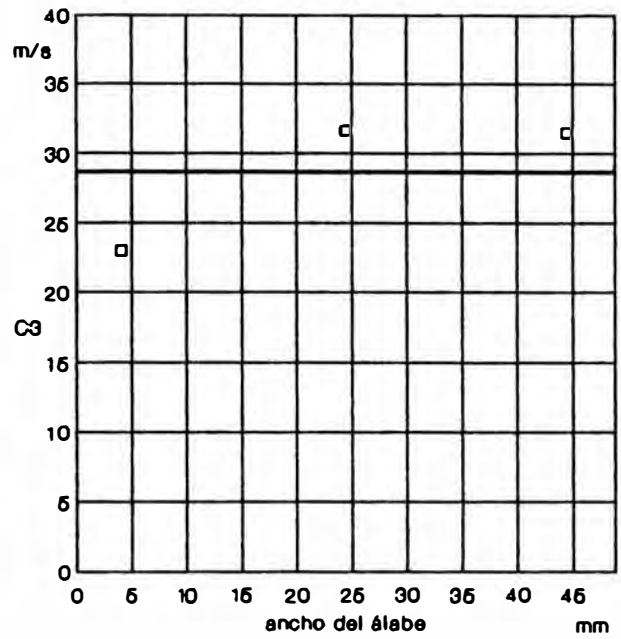


A : zona "A" B : zona "B"
i : interior m : medio e : exterior

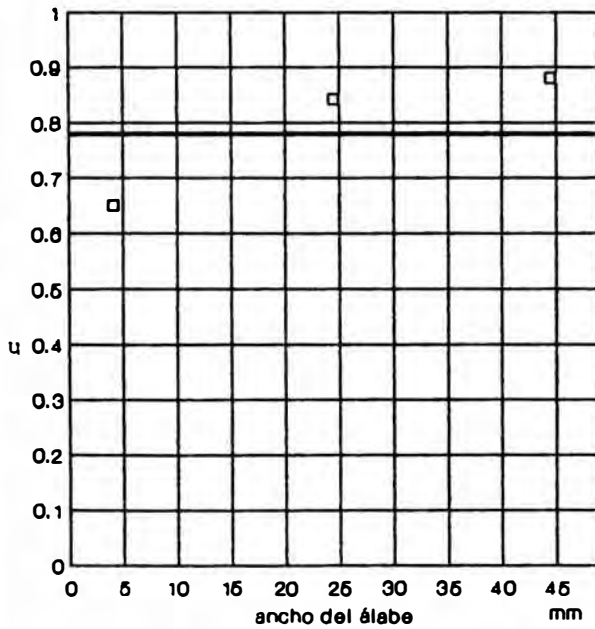
Fig. E6 : Promedios de la variación de parámetros a lo ancho del álabe en la zona "B" para $N_m = 3380$ rpm y $N_v = 2090$ rpm



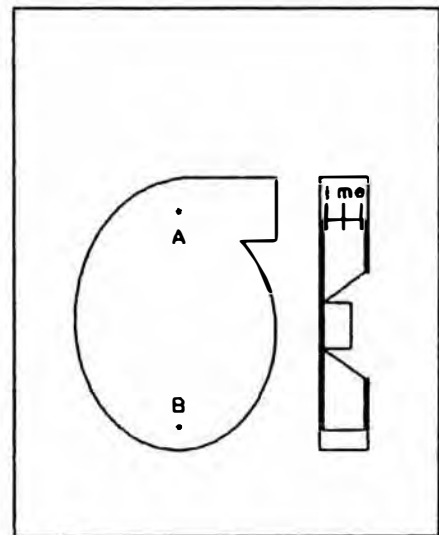
Variación del ángulo de salida del flujo a lo ancho del álabe



Variación de la velocidad de salida del flujo a lo ancho del álabe

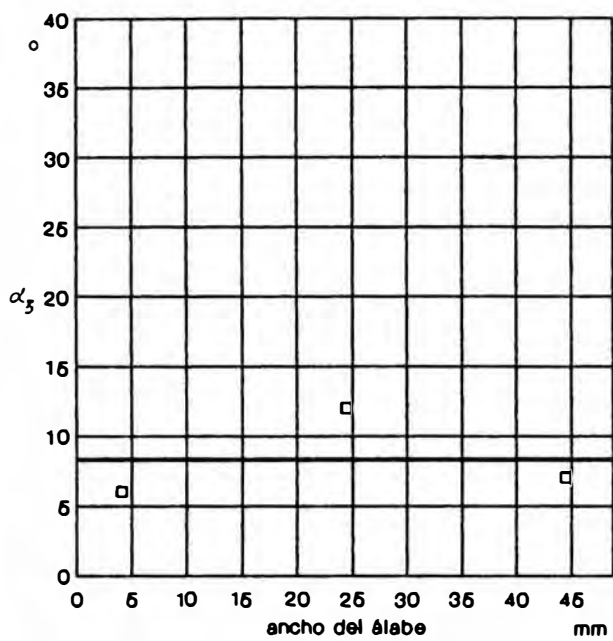


Variación del coeficiente de resbalamiento a lo ancho del álabe

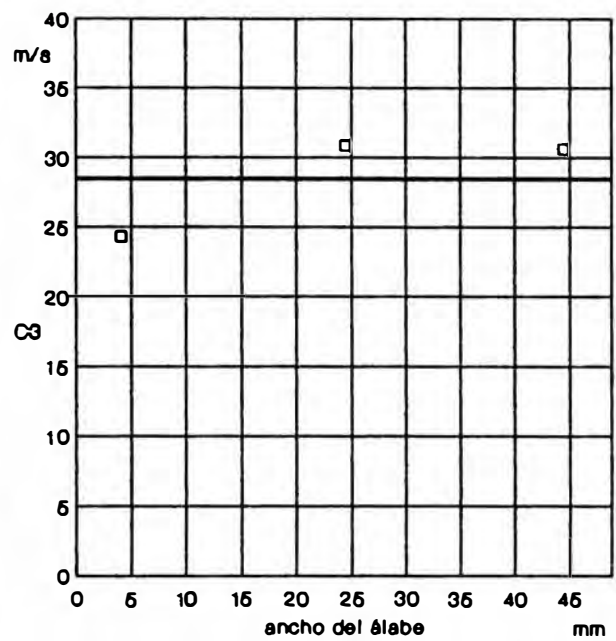


A : zona "A" B : zona "B"
i : Interior m : medio e : exterior

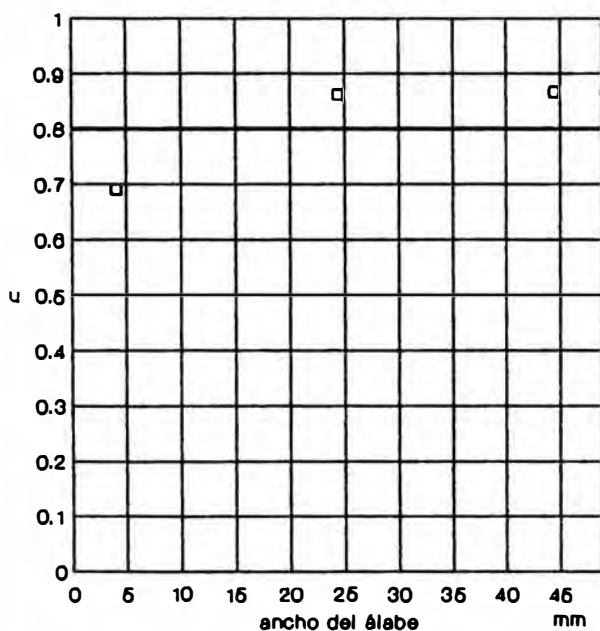
Fig. E7 : Promedios de la variación de parámetros a lo ancho del álabe en la zona "A" para $N_m = 3380$ rpm y $N_v = 3350$ rpm



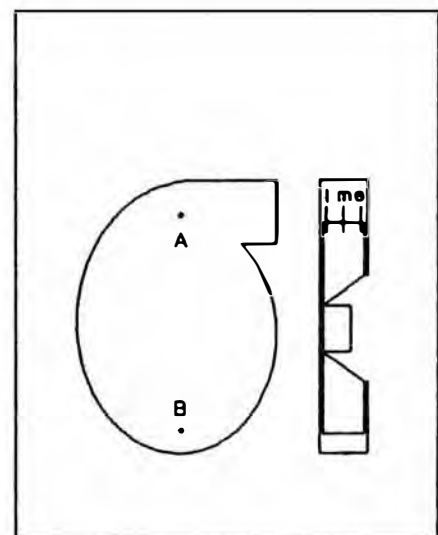
Variación del ángulo de salida del flujo a lo ancho del álabe



Variación de la velocidad de salida del flujo a lo ancho del álabe

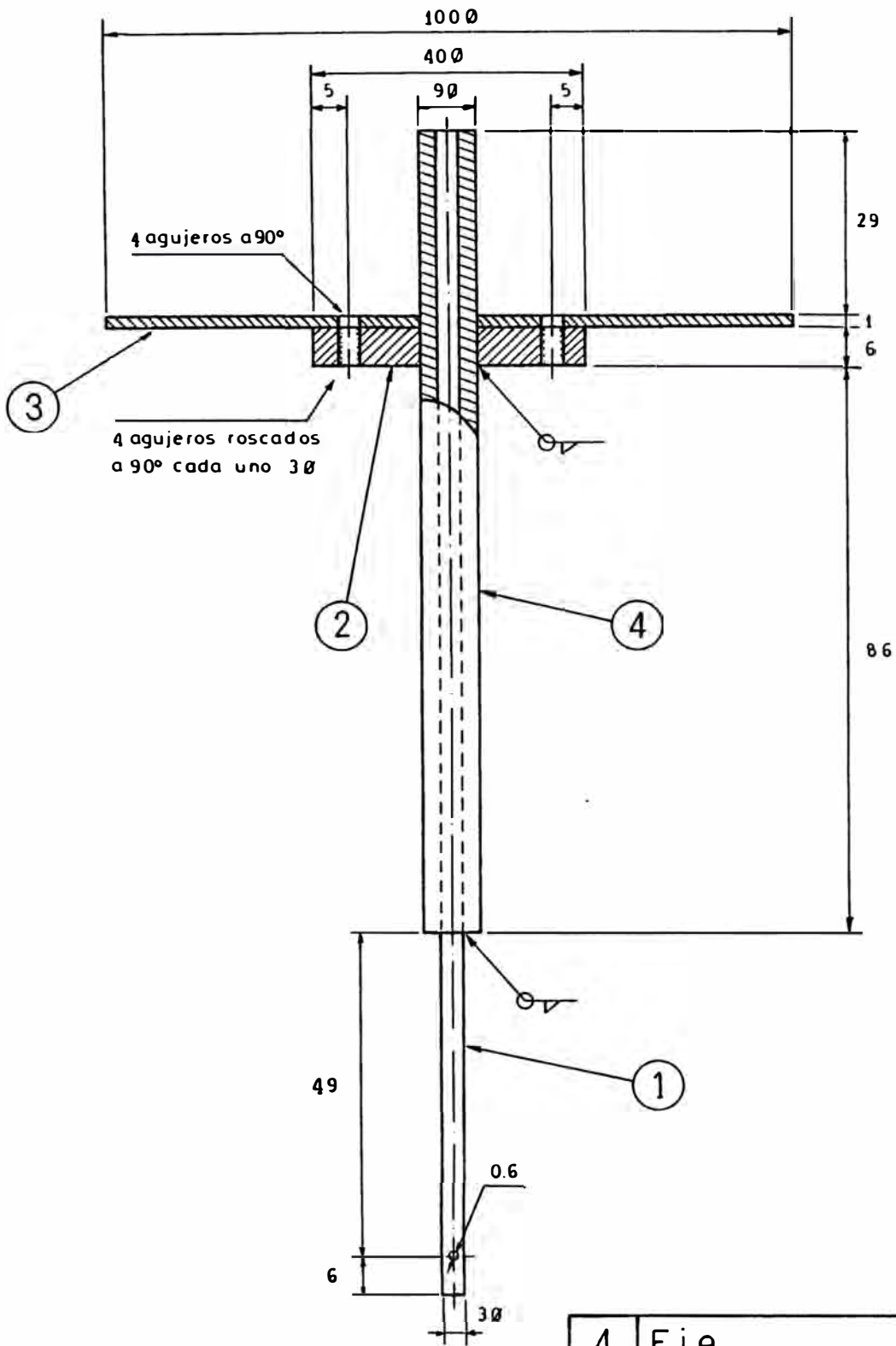


Variación del coeficiente de resbalamiento a lo ancho del álabe



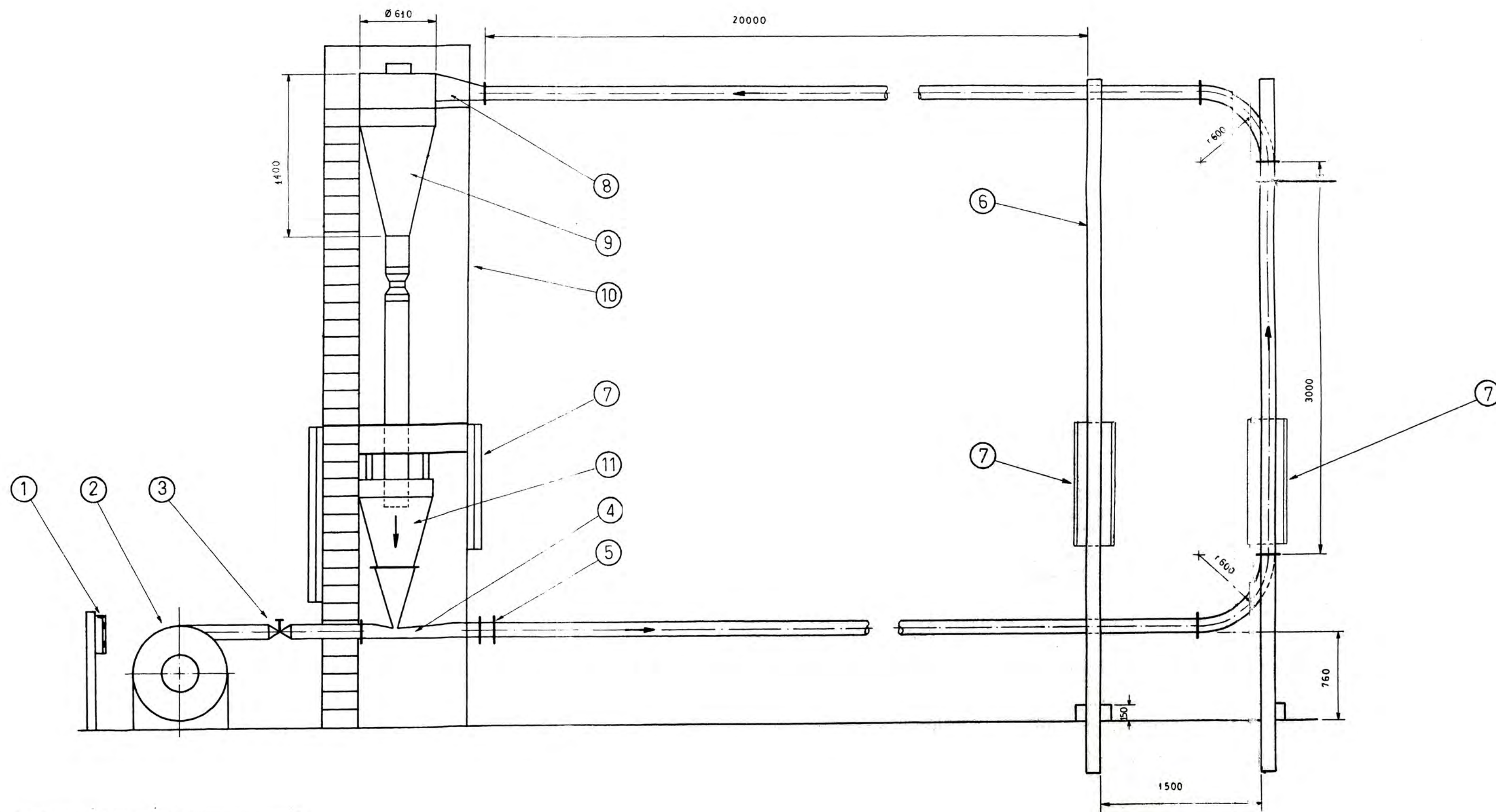
A : zona "A" B : zona "B"
l : interior m : medio e : exterior

Fig. E8 : Promedios de la variación de parámetros a lo ancho del álabe en la zona "B" para $N_m = 3380$ rpm y $N_v = 3350$ rpm



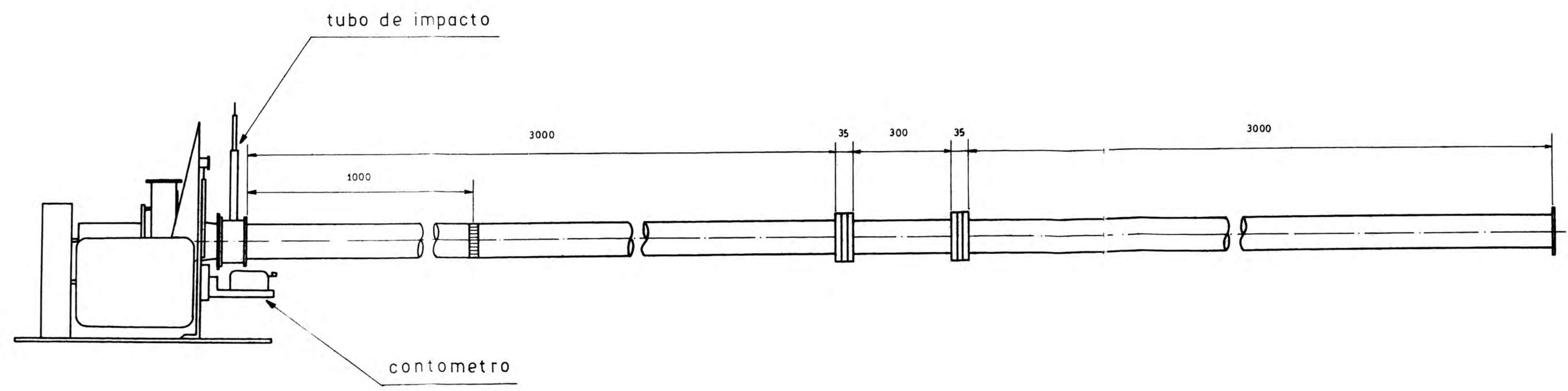
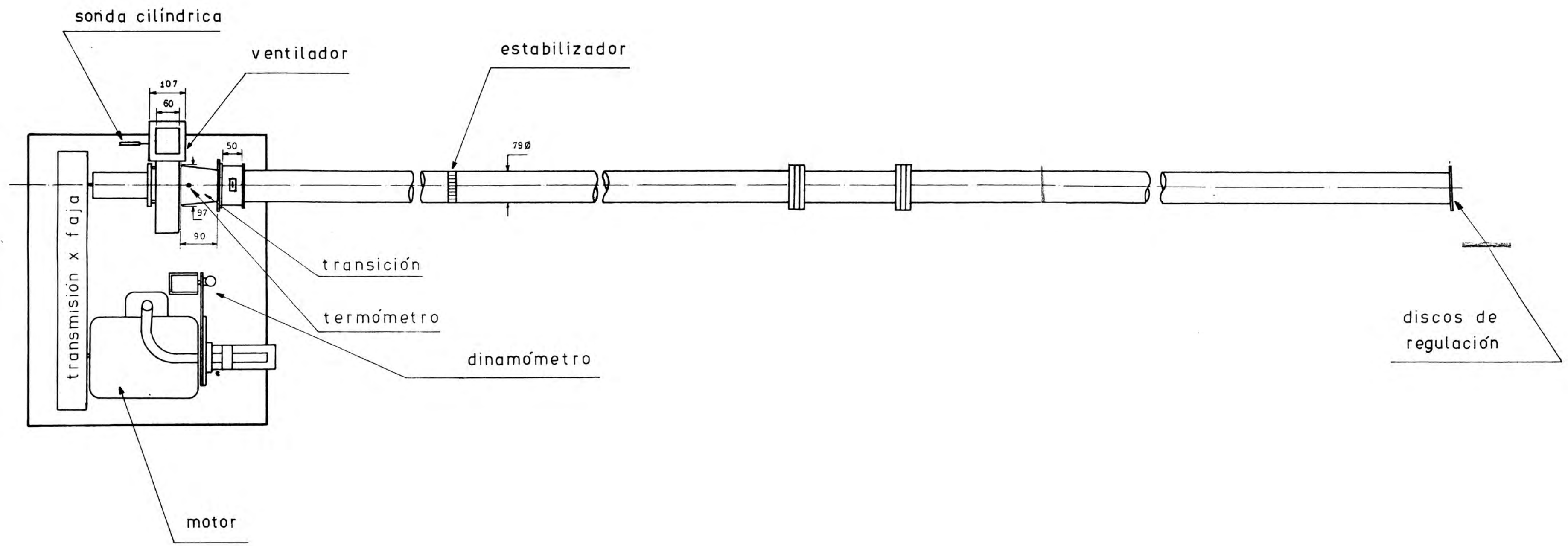
Nota: Todas las dimensiones en mm.

4	Eje	Bronce
3	Transportador	Latón
2	Disco	Fe
1	Sonda	Latón
Nº	Descripción	Material
Sonda Cilindrica		ESC
Dibujado por: J.O.P.		
Fecha: Dic. 92		
		1/1

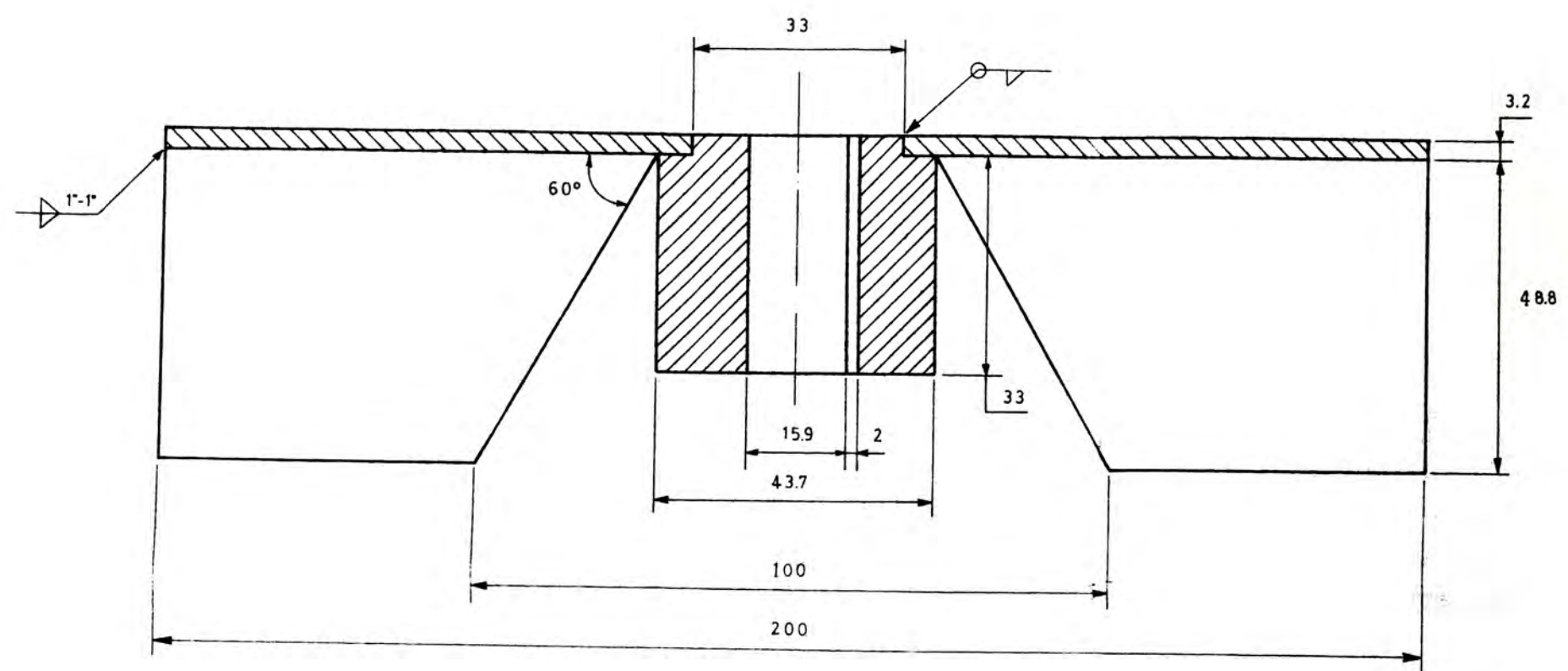


11	Tolva
10	Torre de soporte
9	Ciclón separador
8	Transición
7	Banco de presión
6	Poste de madera
5	Transición
4	Venturi
3	Valvula
2	Ventilador
1	Control de mando
Nº	Descripción

Banco de Ensayo para Transporte Neumático	
Dibujado por: J.O.P.	ESC.
Fecha: Diciembre 92	1/30

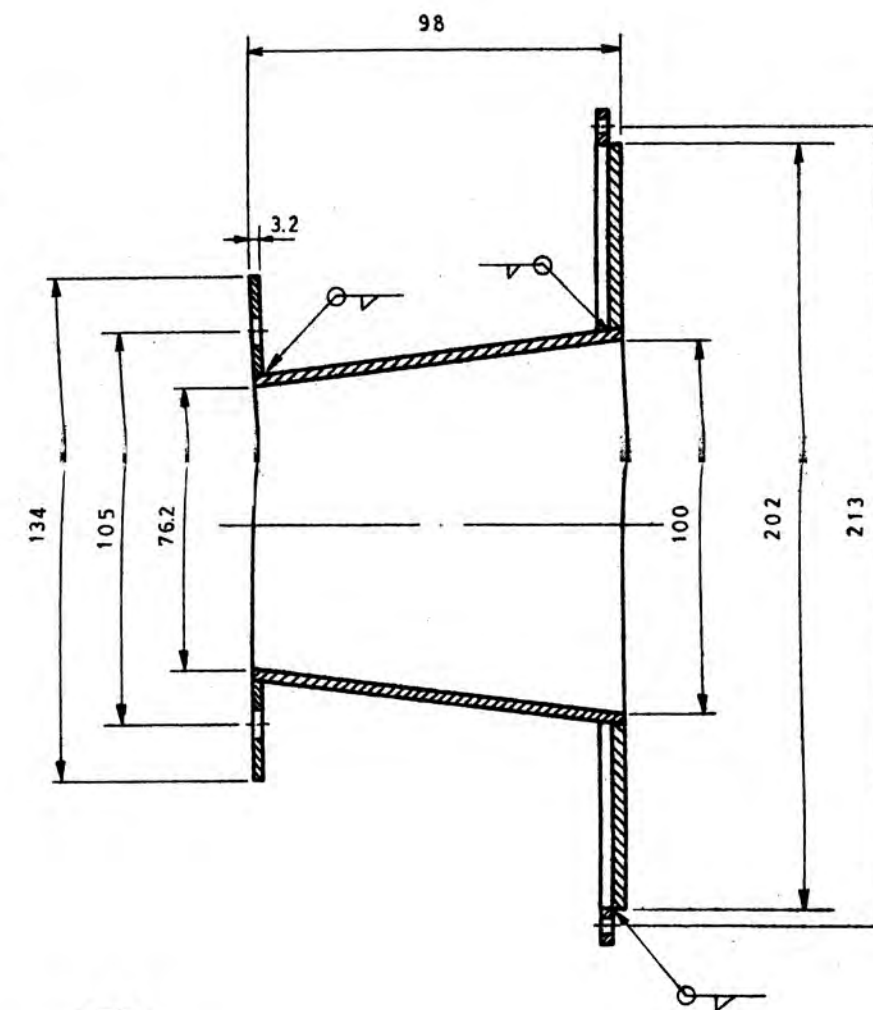
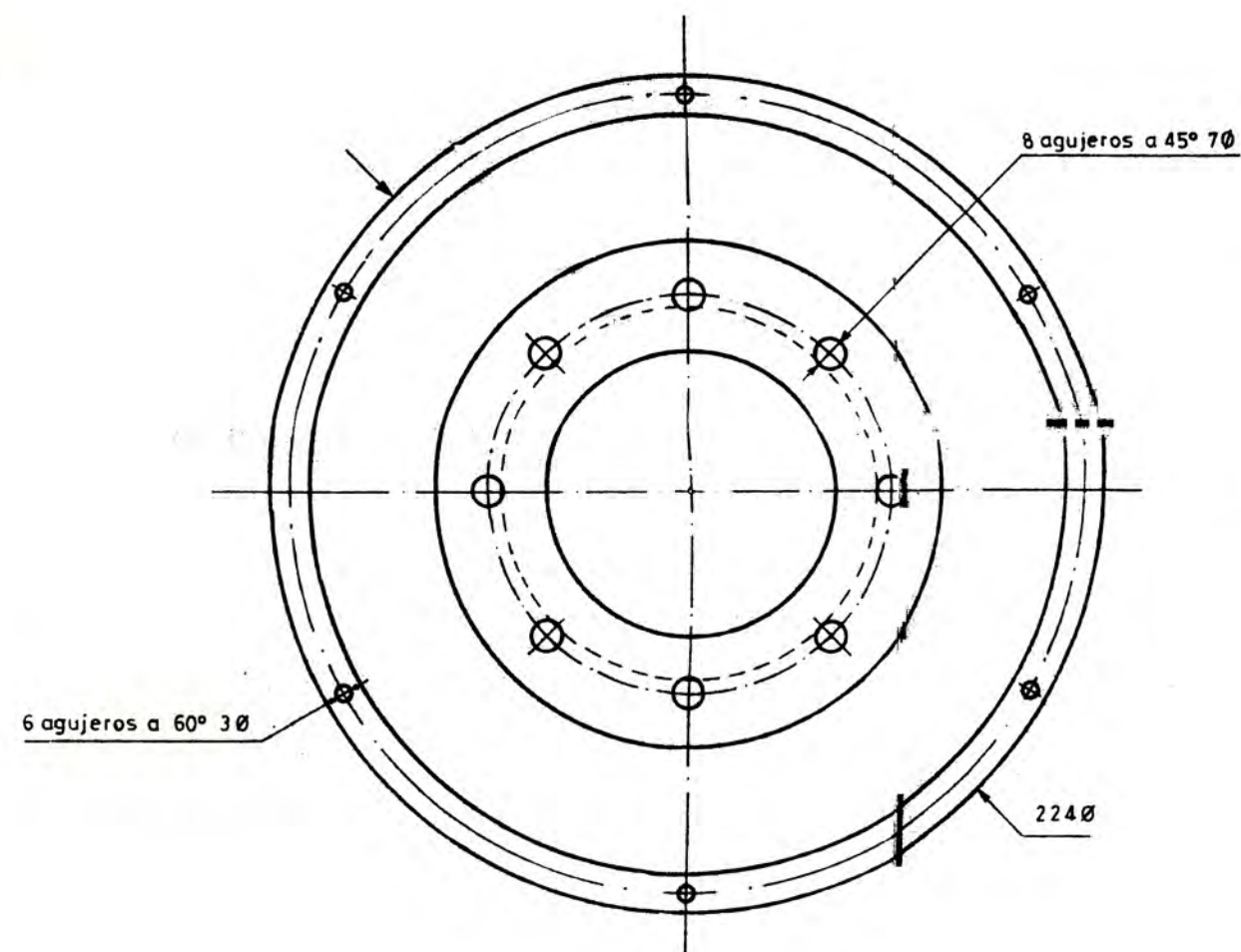


Banco de Ensayos	ESC
Dibujado por J.O.P.	
Fecha Diciembre 92	1/8



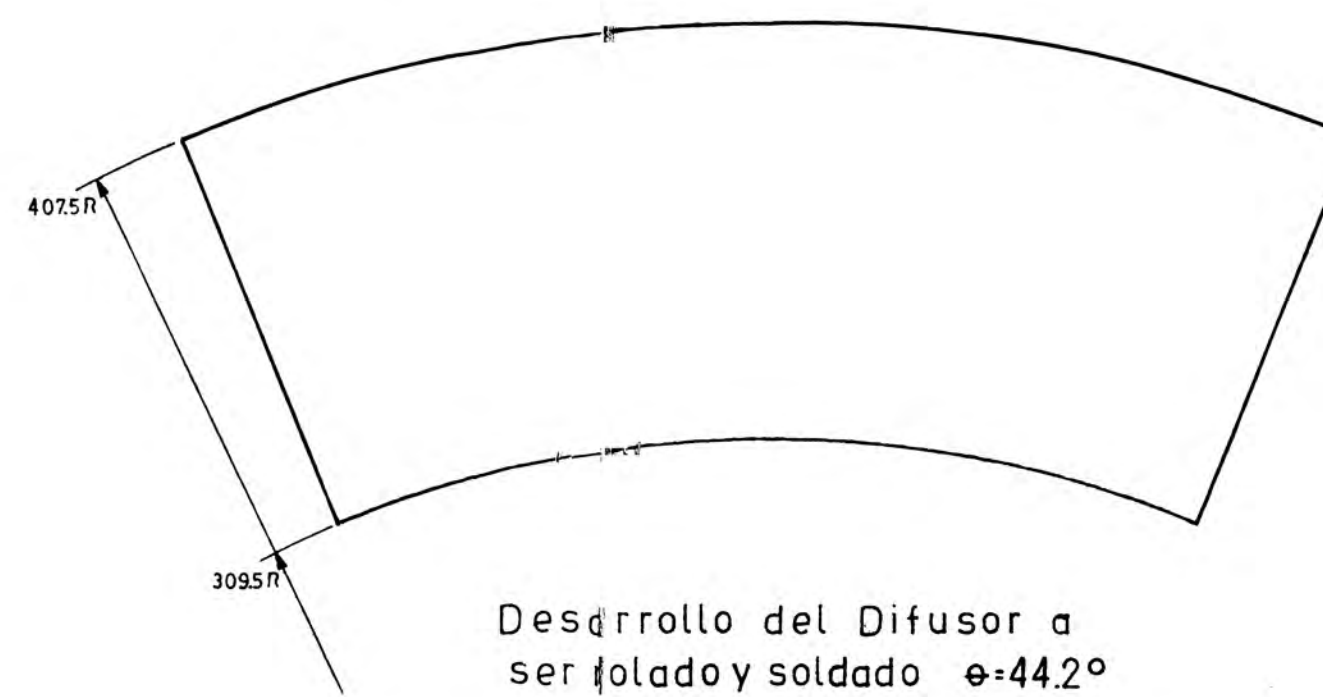
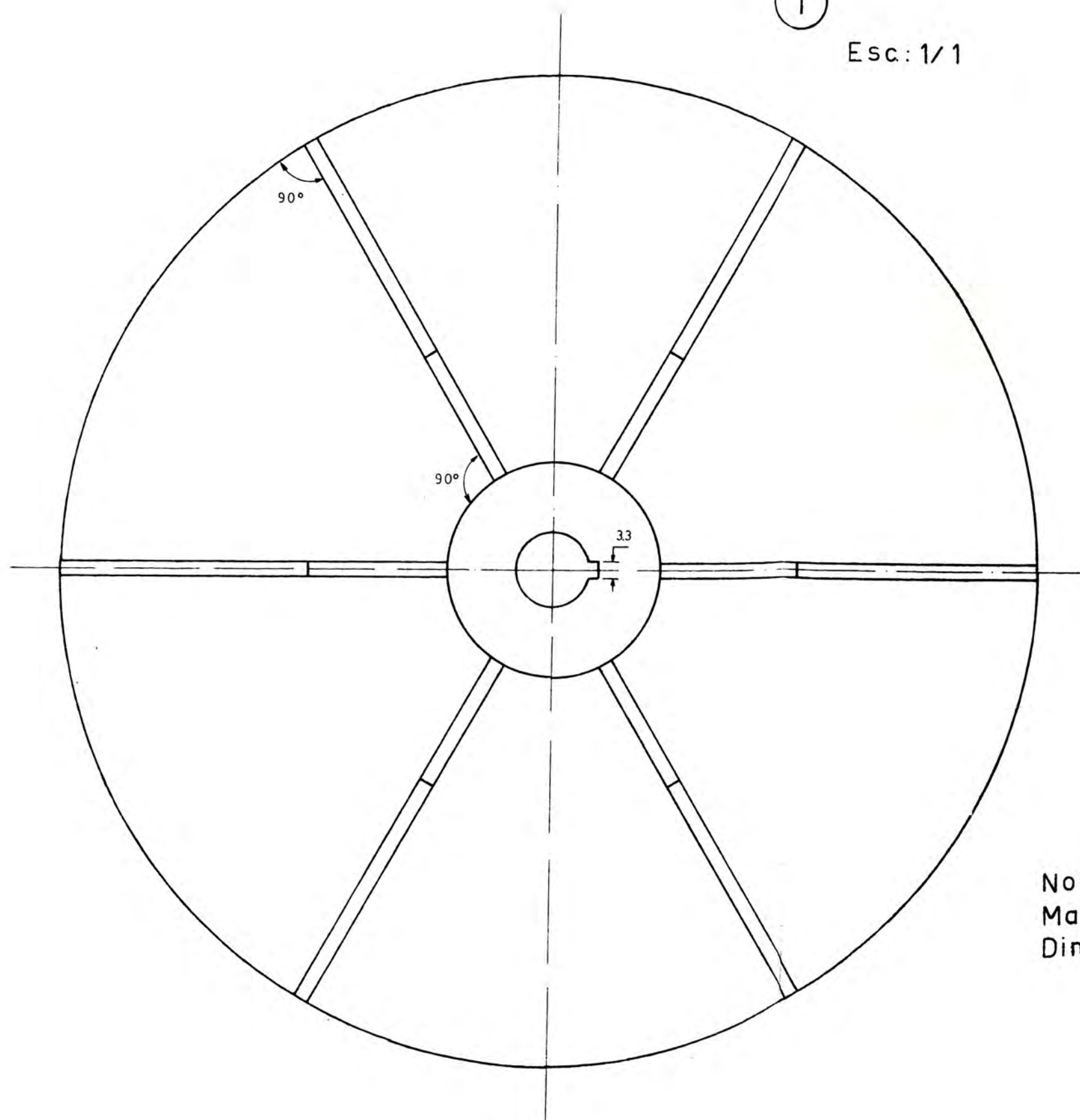
1

Esc: 1/1



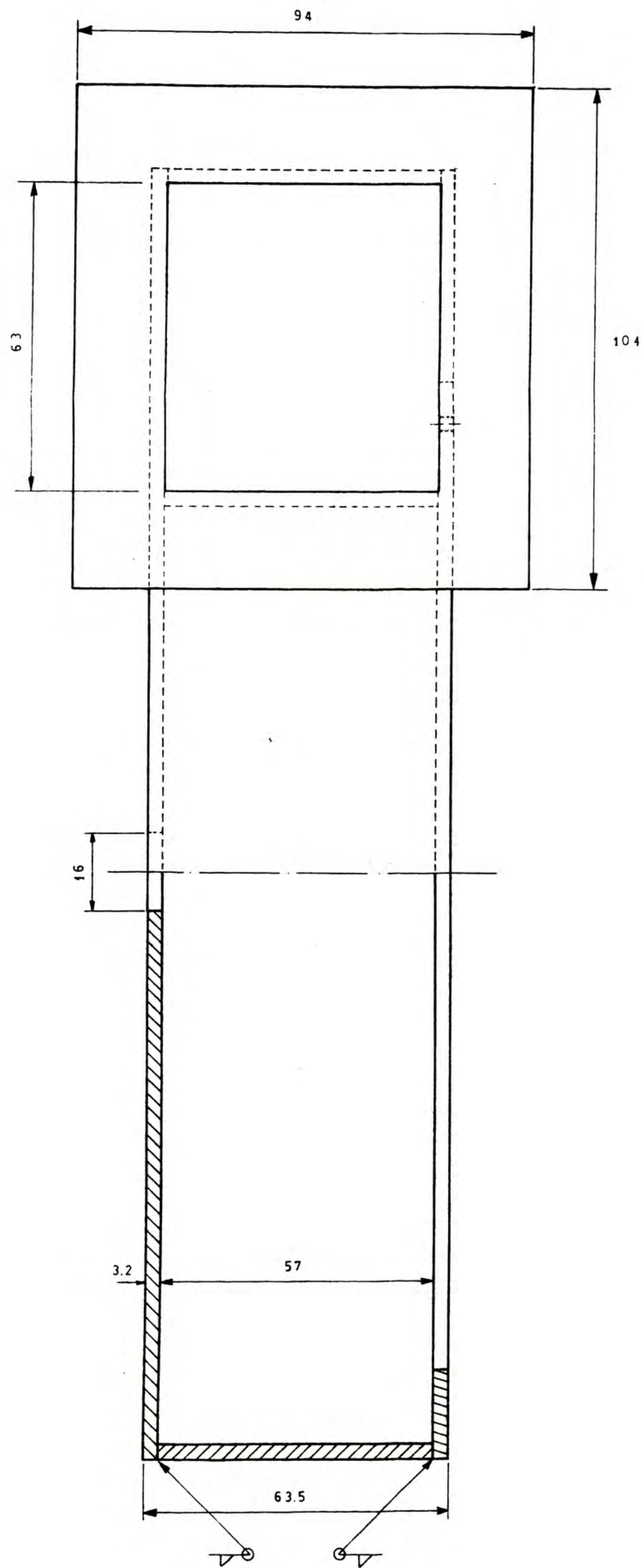
2

Esc: 1/2

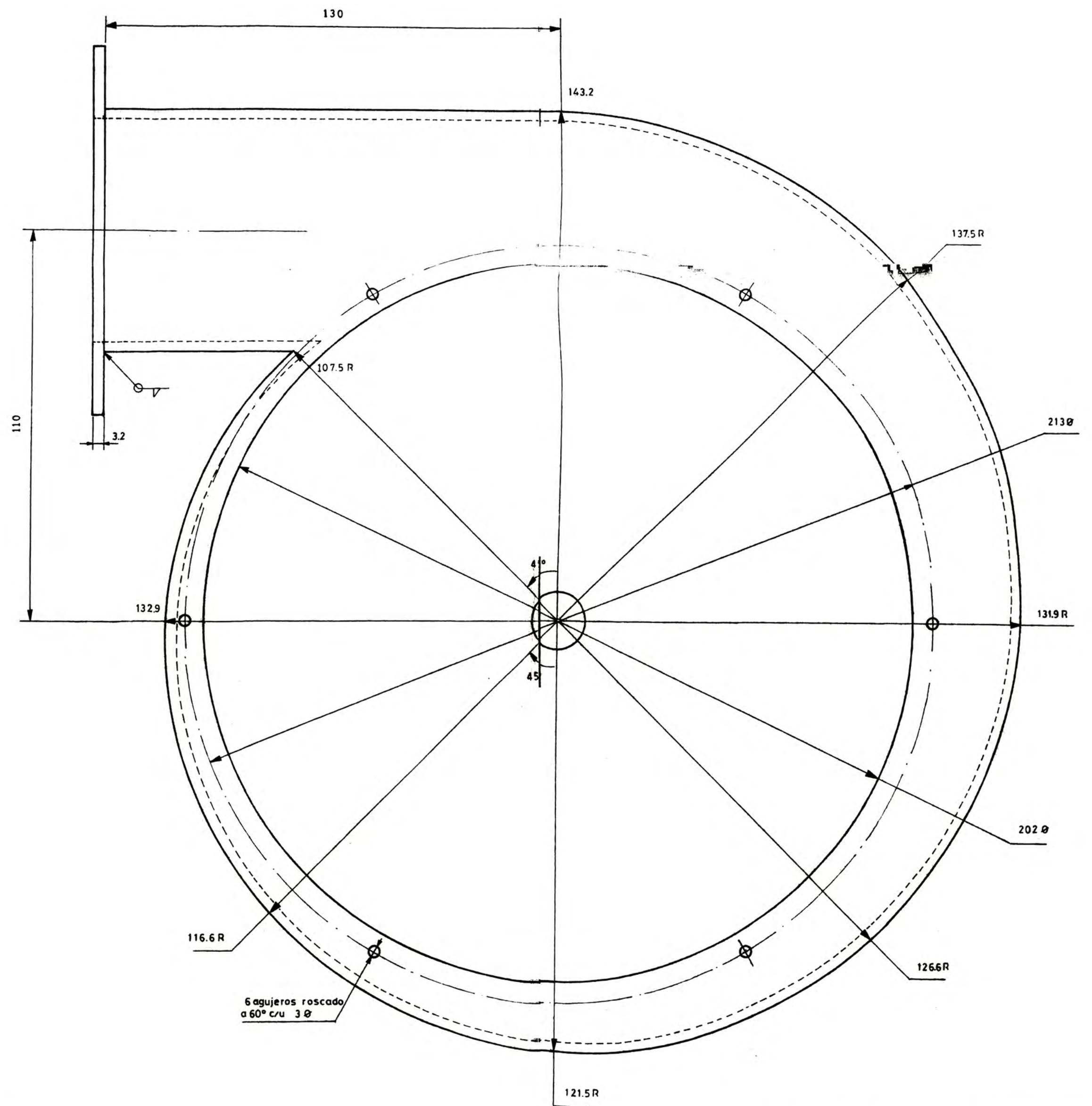


Nota:
Material: P 1/8" Fe.
Dimensiones en mm.

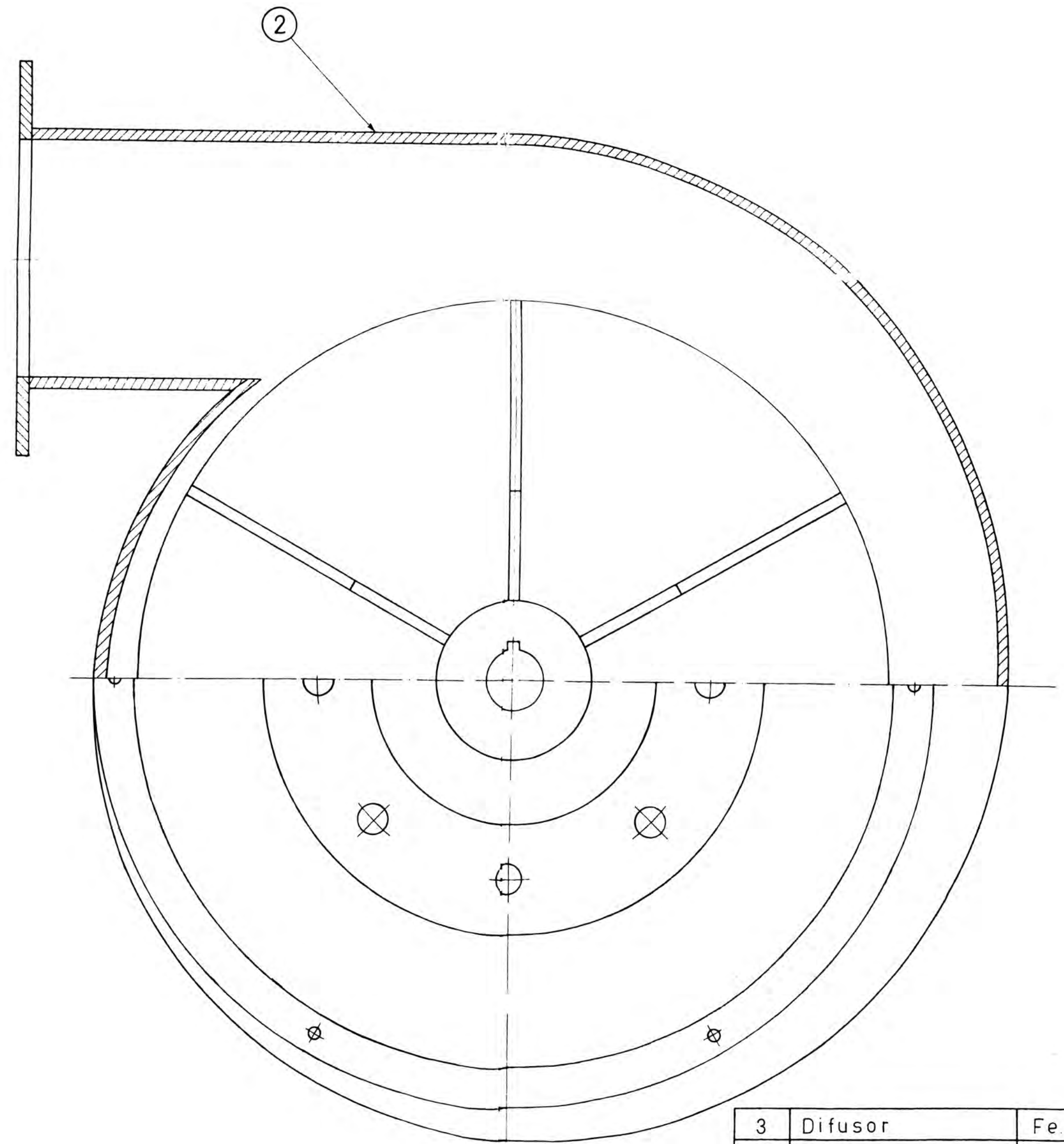
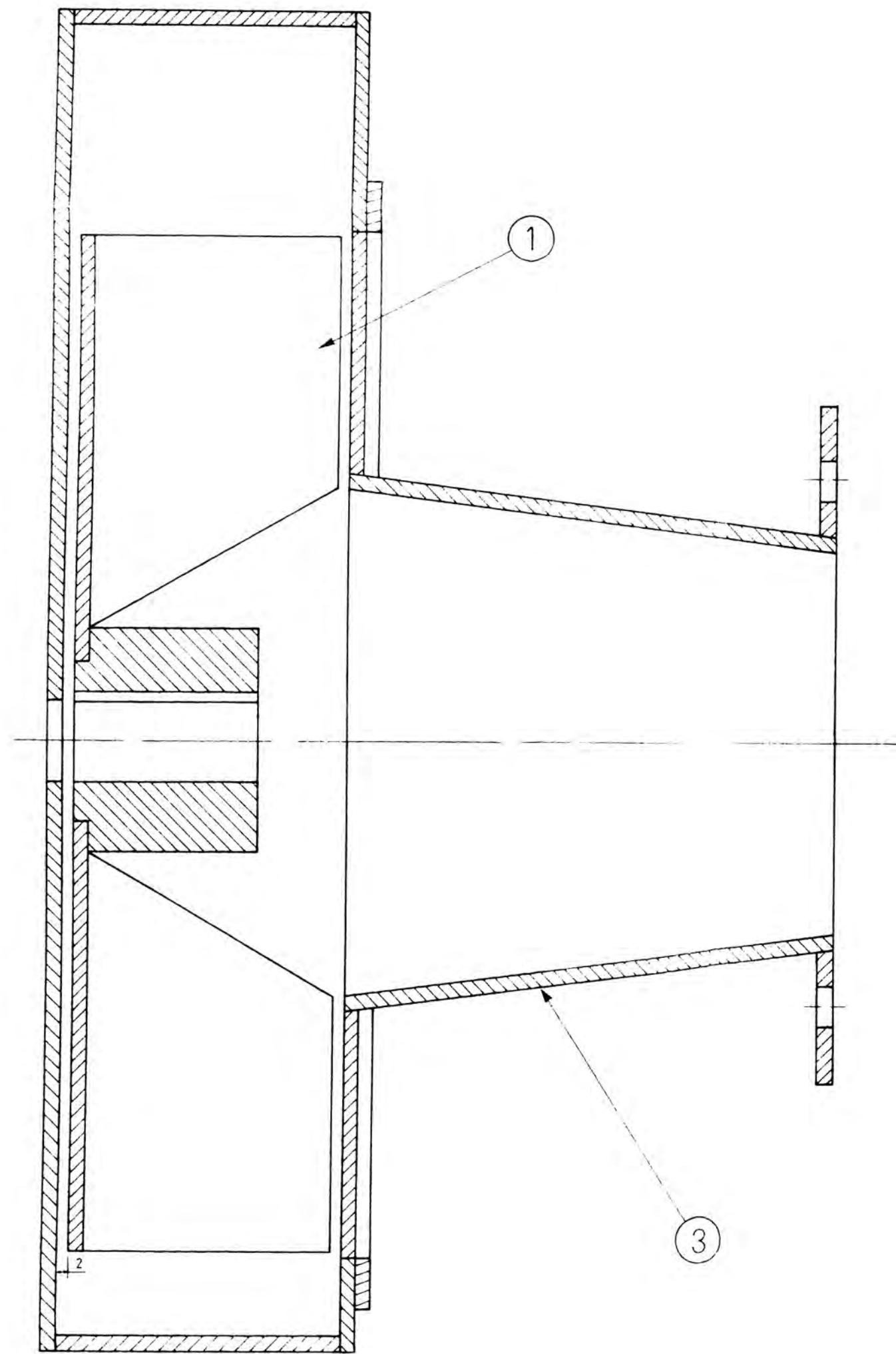
2	Difusor	Fe.
1	Rodete	Fe.
Nº	Descripcion	Material
FACULTAD ING. MECANICA U.N.I.		
Dibujado por: J.O.P.		ESC
Fecha: Diciembre 92		Ind.
RODETE Y DIFUSOR		



Nota:
 Material : P 1/8" Fe.
 Dimensiones en mm.



FACULTAD ING. MECANICA U.N.I.	
E S P I R A L	
Dibujado por: J.O.P.	ESC
Fecha: Diciembre 92	1/1



3	Difusor	Fe.
2	Espiral	Fe
1	Rodete	Fe
Nº	Descripcion	Material

FACULTAD ING.MECANICA U.N.I.

Ensamble del Ventilador ESC

Dibujado por J.O.P.

Fecha: Diciembre 92 1/1