



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50<sup>th</sup> anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



**TOGETHER**  
*for a sustainable future*

## DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

## FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

## CONTACT

Please contact [publications@unido.org](mailto:publications@unido.org) for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at [www.unido.org](http://www.unido.org)

34p.  
tables  
graphs  
diagrams

**Serie "Pequeñas Centrales Hidroeléctricas", Núm. 5**

**RESUMEN  
DEL  
MANUAL TÉCNICO DE LA OLADE SOBRE  
DISEÑOS TÍPICOS Y FABRICACIÓN DE  
EQUIPOS Y MAQUINARIA PARA PEQUEÑAS  
CENTRALES HIDROELÉCTRICAS**

*Preparado en colaboración con la  
Organización Latinoamericana de Energía (OLADE)*



**ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS  
PARA EL DESARROLLO INDUSTRIAL**

Viena, 1991

El material contenido en la presente publicación puede citarse o reproducirse con entera libertad siempre que se mencione su origen y se remita a la secretaria un ejemplar de la publicación en que figure la cita o la reproducción.

El presente documento es una traducción no oficial de un texto que no ha pasado por los servicios de edición.

ID/SER.N/5  
ISSN 0258-3372

## Preámbulo

El presente resumen técnico ha sido preparado dentro del marco de publicaciones de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI) concernientes a la Serie de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas. Este resumen proporciona información sobre el propósito principal del Manual de Diseño y Fabricación Típica de Equipos y Maquinarias para Pequeñas Centrales Hidroeléctricas preparado por la Organización Latino Americana de Energía (OLADE) en cooperación con UNIDO.

El Manual presenta lineamientos, para el diseño de turbinas, así como también proporciona especificaciones normalizadas que toman en consideración el marco industrial y las características del mercado potencial de los países en vías de desarrollo. Su contenido responde a la necesidad de proveer y propagar la base tecnológica requerida para producir y utilizar los equipos de pequeñas centrales hidroeléctricas para varios tipos de turbinas y de reguladores de velocidad.

El Manual está compuesto de seis volúmenes. Los primeros tres volúmenes se ocupan del diseño, estandarización y fabricación de turbinas para caídas medianas y bajas como sigue:

- Volumen I • Turbinas Michell-Banki
- Volumen II • Turbinas Pelton
- Volumen III • Turbinas Axiales (tubulares)

Los últimos tres volúmenes se ocupan del diseño, estandarización y construcción de reguladores de velocidad de los tipos principales:

- Volumen IV • Reguladores Oleomecánicos de Velocidad
- Volumen V • Reguladores de Velocidad Eléctricos-Electrónicos con Control Positivo de Flujo
- Volumen VI • Reguladores de Velocidad Eléctricos-Electrónicos con Disipación de Carga

Los vastos conocimientos y experiencia específica ganada por OLADE en los países en desarrollo, ha hecho posible el desarrollar una tecnología que es apropiada para la fabricación de pequeñas centrales hidroeléctricas y de promover un desarrollo independiente de recursos

y potencial energético en esos países. Las actividades de OLADE y sus programas en este contexto tienen la finalidad de facilitar el desarrollo de pequeñas centrales hidroeléctricas en los aspectos concernientes a la apreciación de recursos, desarrollo y planeamiento, diseño e ingeniería. OLADE proporciona además sugerencias para el diseño de esquemas institucionales, entrenamiento con respecto a la operación de centrales, al mantenimiento, a la transferencia de experiencia en lo concerniente a la adquisición de tecnología y de equipos, al diseño y a la fabricación en los países en vías de desarrollo.

Con la finalidad de crear conciencia sobre esta importante tecnología y de facilitar la aplicación apropiada del manual, se ha acordado de preparar un resumen técnico y de distribuirlo en los países en vías de desarrollo.

Se espera que este resumen técnico sirva de referencia a los ingenieros y profesionales que se ocupan del diseño y fabricación de equipos para pequeñas centrales hidroeléctricas y a las organizaciones que tienen que ver con el diseño, la realización y la operación de pequeñas centrales hidroeléctricas y de los equipos para la regulación de velocidad, en dichos países, a que se familiaricen con la finalidad y el propósito de este manual y de sus áreas de aplicación, y que genere un particular interés en sus potenciales usuarios.

El resumen técnico se encuentra disponible en los idiomas Inglés, Francés y Español. Solicitudes de copias adicionales del resumen técnico, así como de volúmenes individuales o del juego completo de este comprensivo manual pueden ser solicitados a la siguiente dirección:

**Basic Technology Unit  
Industrial Technology Promotion Division  
Department for Industrial Promotion, Consultations  
and Technology  
United Nations Industrial Development Organization  
UNIDO  
Vienna International Centre  
P.O. Box 300  
A-1400 Vienna  
Austria**

## **INTRODUCCION GENERAL**

En las respectivas introducciones de los 6 volúmenes, OLADE, con razón hace incapié en la importancia del desarrollo hidroenergético en Latino América, siendo obvio que situaciones similares existen en Africa y en Asia, con países que tienen situaciones favorables para el desarrollo incremental de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas. La tecnología requerida es conocida, se ha ganado experiencia en un cierto número de plantas existentes, el potencial de ingeniería para los proyectos está disponible y se ha desarrollado ya la capacidad de fabricación y de construcción. Sin embargo, la aplicación del arriba mencionado conocimiento ha sido lento y los costos de instalación han sido altos. Recientemente se ha comenzado a reconocer el valor de la estandarización, como un factor esencial para asegurar el desarrollo de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (SiHP) y de su éxito técnico y económico.

Los 6 volúmenes se ocupan principalmente de dos partes importantes para el desarrollo de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas, a saber:

- a) Las turbinas del tipo Michell-Banki, Pelton, y de Flujo Axial,
- b) Reguladores de velocidad de las turbinas

En aras de la claridad y de la brevedad, los comentarios siguientes no siguen una secuencia de capítulo por capítulo de los volúmenes de OLADE. Ellos son dados, tanto para las turbinas así como para los reguladores de velocidad en el siguiente orden:

- Comentarios generales
- Diseño
- Estandarización
- Fabricación
- Comentarios adicionales

Los comentarios que se dan a continuación, se refieren primero a las turbinas, y luego a los reguladores de velocidad.

## I. TURBINAS

### A. Comentarios Generales

Los 3 volúmenes tratan tres tipos de turbinas a ser utilizadas con más frecuencia en la práctica, es decir, las turbinas Michell-Banki, las Pelton y las de Flujo Axial. El documento de OLADE no incluye las turbinas del tipo Francis.

Se debe mencionar que con la finalidad de contar con una estandarización que satisfaga las necesidades, es esencial que para un rango de caídas y caudales a ser usados, se elija un solo tipo de turbina estandarizada; la cantidad de turbinas estandarizadas al momento es numerosa, con la finalidad de presentar al proyectista una variedad mayor para elegir.

### B. Diseño

Debido a la voluminosa cantidad de documentación presentada, la diferencia que OLADE hace en los documentos concernientes a los diseños hidráulicos, de detalle y mecánicos puede aparecer a primera vista poco clara. Sin embargo, tomándolos en conjunto con los capítulos de diseño antes mencionados, estos intentan darle a los ingenieros de planeamiento y de diseño, así como a los fabricantes, algunas de las herramientas por ellos requeridas para poder realizar el diseño y desarrollo de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas. No todo lo que se requiere ha podido ser dado ni puede ser dado a pesar de la cuantiosa cantidad de información presentada, como por ejemplo los planos de fabricación en talleres. Por otro lado, probablemente se ha incluido más material del que en realidad se requiere, en particular en lo que concierne cálculos de detalle y en cierto grado también en lo que concierne a consideraciones teóricas de cálculo.

De particular interés es la parte de los informes que tienen que ver con ejemplos de carácter práctico, -ya volveremos a eso más tarde- del cual se hace uso en la información, cálculos y recomendaciones hechas en los primeros capítulos.

Las Tablas 1 y 2 presentan un listado de información de diseño dada como sigue:

**TABLA 1**

<b>Diseño Hidráulico</b>		
<b>Turbinas Michell-Banki</b>	<b>Turbinas Pelton</b>	<b>Turbinas Axiales</b>
<p>Diagramas de velocidad Geometría del inyector Geometría del rodete Geometría de la carcasa</p>	<p>Diagramas de velocidad Geometría del inyector Diseño del inyector Geometría del rodete</p>	<p>Información general Ecuaciones básicas Diagramas de velocidad con:  <ul style="list-style-type: none"> <li>• dimensiones básicas del rodete</li> <li>• perfil de los álabes móviles</li> <li>• perfil de los álabes de distribución</li> </ul>                     Potencia y eficiencia Dimensionamiento de la carcasa y del rodete</p>

**TABLA 2**

<b>Diseño de Detalle</b>		
<b>Turbinas Michell-Banki</b>	<b>Turbinas Pelton</b>	<b>Turbinas Axiales</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño del inyector y cálculos</li> <li>• Eje del inyector y diseño de los álabes guía</li> <li>• Diseño del rodete y cálculos</li> <li>• Diseño del eje y cálculos</li> <li>• Diseño de los cojinetes y cálculos</li> <li>• Diseño del mecanismo de regulación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño del inyector y cálculos</li> <li>• Diseño del rodete y cálculos</li> <li>• Eje del inyector y cálculos</li> <li>• Diseño de los cojinetes</li> <li>• Diseño del mecanismo de regulación</li> <li>• Diseño estructural de la base y de la carcasa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aspectos generales</li> <li>• Cálculo del espesor de la carcasa</li> <li>• Esfuerzos en los álabes de regulación y cálculos</li> <li>• Esfuerzos en los álabes del rodete y cálculos                             <ul style="list-style-type: none"> <li>a) determ. de fuerzas</li> <li>b) determ. de esfuerzos</li> </ul> </li> <li>• Diseño del eje de la turbina</li> <li>• Selección de cojinetes</li> <li>• Momento de inercia de la turbina</li> </ul>



El describir con mayor detalle los conceptos de OLADE presentados en las Tablas 1 y 2 sería ir demasiado lejos. Sin embargo los datos presentados son suficientes para permitir el cálculo de un ejemplo numérico para cada tipo de turbinas de las mencionadas anteriormente. Esos ejemplos se refieren a:

- Turbina Michell-Banki de 200 kW
- Turbina Pelton de 500 kW
- Turbina de Flujo Axial de 700 kW

Se ha incluido una selección de ilustraciones representativas concernientes a los equipos arriba mencionados que han sido tomados de los Informes (Ver el Anexo 1):

- a) Turbina Michell-Banki: Figs. 1/34, 2/34, 3/34, 4/34, 5/34, 6/34, y 10/34, (Planos)  
Fig. 15-1 (Diagrama)
- b) Turbina Pelton: Figs. 2/18, 3/18, 4/18, 7/18, 10/18, y 13/18, (Planos)  
Figs. 16 y 17 (Diagramas)
- c) Turbina de Flujo Axial: Figs. IT 01 01 & TT 06 01,  
Fig. 24 (Diagrama)  
Table No. 11 (Dimensiones)

### C. Estandarización

Estandarización es uno, y quizás el único, de los factores cruciales que afectan el futuro éxito de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas. Sin una estandarización el costo de las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas resulta prohibitivo en la mayor parte de los casos. La parte del informe de OLADE concerniente a la estandarización se concentra por lo general en la fabricación. Se dirige principalmente a los fabricantes, quienes, como es ya bien conocido, han sido reacios a participar en cualquier esfuerzo conducente a una estandarización. Los diseños y la fabricación hechos a medida, se adaptan más a sus preferencias.

Por otro lado, es evidente que algunas de las consideraciones de fabricación contenidas en el informe de OLADE ayudarán a los fabricantes locales a producir algunas de las componentes -partes simples al principio- tal como veremos posteriormente en el capítulo concerniente a la fabricación (ver la Sección D mas abajo).

Por otro lado, se tiene aparentemente la impresión de que para aquellos que tienen que ver más con la estandarización, sería esencial el realizar un esfuerzo serio para reducir el número de unidades "estandard" de las que se mencionan en el informe.

Efectivamente, la Fig 15 del Volumen I indica 6 "zonas" en las cuales se tienen 6 diferentes diámetros de rodetes aplicables a las turbinas **Michell-Banki**. Se ha propuesto rodetes de 20, 30, 40, 50, 60, y 70 cm de diámetro.

Para los tipos **Pelton** , las Figs 16 & 17 indican 8 tamaños "estandardizados" diferentes, en los cuales se hace además la distinción entre la maquinaria que moviliza los generadores mediante correas o engranajes o bien directamente para una velocidad de rotación de 600 RPM.

Se sugiere que la transmisión por medio de correas o engranajes, sea seleccionada como el sistema más adaptable

La Fig. 24 indica el número y el rango de aplicación para las **Turbinas de Flujo Axial**. Se presentan 8 tipos diferentes dentro del rango de potencia de 100 a 500 kW. La Tabla 11 es muy útil, en ella se indican las dimensiones y el tipo de turbina.

#### **D. Fabricación**

Los informes presentados en los Volúmenes I, II y III manifiestan con razón las dificultades inherentes a la fabricación si es que no se dispone de los conocimientos técnicos necesarios. Ellos también dan énfasis a la necesidad de disponer de talleres que estén razonablemente bien equipados. Por ejemplo, no siempre se dispone de facilidades para el moldeado, la soldadura, y el galvanizado y tratamiento superficial.

Se presenta información muy útil para los tres tipos de unidades, tales como: los materiales a usar, los estandards, el equipo de

fabricación y los procedimientos a usar, etc. También las empaquetaduras, la lubricación y el montaje es debidamente comentado.

Se indican las partes en las cuales es necesario usar aleaciones resistentes a la corrosión.

Además, se menciona los asuntos relacionados con los laboratorios y con las facilidades para pruebas y ensayos, en los cuales, por ejemplo, se dá énfasis a las pruebas de calidad del agua disponible.

Se presenta una lista de estandares aplicables.

Divertido pero también útil es el comentario hecho bajo el título:

"Que es lo que no hay que hacer, en una instalación adecuada" !

### E. Comentarios Adicionales

Tal como mencionado anteriormente, los tres primeros volúmenes de OLADE incluyen en detalle la elaboración de un ejemplo numérico de un tipo práctico de turbina. Esto es probablemente la parte más importante, porque la elaboración hecha paso por paso, haciendo uso práctico de ciertos cálculos teóricos y de datos de diseño disponibles de los capítulos anteriores da una ayuda efectiva para la determinación de las dimensiones principales para turbinas de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas. El procedimiento anterior debe por lo menos permitirle al Ingeniero Proyectista de una Central Hidroeléctrica Pequeña de poder controlar sus propios cálculos y suposiciones; en adición, se hace referencia a útil información de fabricación. Tal como por ejemplo, la parte relativa a los cálculos de los álabes de las turbinas de Flujo Axial, el cual es reproducido en parte en el Anexo 2.

Al final de cada uno de los respectivos Volúmenes, se encuentra incluida una colección de planos aplicables a los tres tipos de turbinas anteriormente mencionados, algunos de los cuales han sido igualmente mencionados en el § 2. A pesar de que llevan la marca "Detalle", para su uso con el propósito de la fabricación, no es aún suficiente, dejando un margen libre para que sea completado por el proyectista. Muestras de algunos de esos planos para "fabricación" se incluyen en el anexo 1:

- a) para las turbinas Michell-Banki : Fig. 10/34
  - b) para las turbinas Pelton : Figs 7/18, 10/18, y  
13/18 (aguja del inyector)
  - c) para las turbinas de Flujo Axial: Fig. TT 01/01
- (solo unos pocos planos de "fabricación" han sido incluidos para este último tipo de turbina).

## II. DISEÑO DE REGULADORES L<sub>2</sub> VELOCIDAD

### A. Comentarios Generales

Los volúmenes IV, V y VI que se ocupan de la regulación de velocidad, representan un considerable esfuerzo realizado en lo que concierne a este evento que tiene gran importancia técnica para la operación de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas. Es claro que, en áreas en las cuales el personal experimentado para la operación sea escaso, es de primordial importancia que se disponga de una regulación de velocidad confiable. Sin embargo, es igualmente importante que sea simple de operar y, que si se presentan dificultades, se disponga de remedios de fácil aplicación. Bajo las circunstancias anteriormente mencionadas, la cantidad de información presentada en los 3 informes de OLADE serán hasta cierto punto una ayuda para las organizaciones que tienen que ver con el diseño, la realización y la operación de equipos de regulación de velocidad de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas

Debido a la amplia gama de datos, se sobre entiende que la información se duplique en cierto modo un poco en los tres volúmenes con la finalidad de facilitar su comprensión.

Con relación a los reguladores, se puede uno preguntar si para el costo relativamente pequeño del equipo de regulación de velocidad para una planta en comparación al costo total de la planta, no sería más recomendable -y además más económico- en ciertos casos el comprar éste de uno de los fabricantes confiables de esos equipos.

### B. Diseño

Los diseños principales de los equipos de regulación de velocidad comentados en los tres volúmenes son:

- a) Regulación de velocidad oleomecánica, (Volumen IV);
- b) Regulación de velocidad eléctrica/electrónica y reguladores de velocidad con control positivo de carga, (Volumen V);
- c) Regulación de velocidad eléctrica/electrónica con disipación de carga (Volumen VI).

La Tabla 3 a continuación resume la información dada en relación a los tres tipos de equipos de regulación de velocidad.

**TABLA 3**

<b>Equipos de Regulación de Velocidad</b>		
<b>Reguladores Oleomecánicos</b>	<b>Regulador Eléctrico/ Electrónico con control positivo de carga</b>	<b>Regulador Eléctrico/ Electrónico con disipación de carga</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Nociones generales</li><li>• Diseño funcional</li><li>• Cálculos mecánicos y diseño del regulador</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Descripción general y tipos</li><li>• Diseño funcional</li><li>• Control de partes mecánicas</li><li>• Partes electrónicas</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Descripción general</li><li>• Diseño funcional</li></ul>

Los tres volúmenes van al detalle en lo que se refiere al funcionamiento y características de los reguladores, su cálculo, y su diseño. Algunos de los componentes de los reguladores se muestran en detalle. Se presentan y describen también modelos matemáticos.

### **C. Estandarización**

La estandarización debería permitir el diseño, la construcción, la instalación y la operación de un número pequeño pero adecuado de reguladores de velocidad<sup>(1)</sup> para los tres tipos de turbinas considerados en los Volúmenes I, II y III. Sus específicas aplicaciones a un tamaño y tipo de turbinas y/o su modo de operación son sin embargo, poco claros, probablemente debido a la gran cantidad de detalles presentados.

Las tres componentes básicas de los reguladores se indican como:

<sup>1</sup>Nota: Se tiene la creencia generalizada que en la mayor parte de los casos se debe de dar preferencia a la regulación oleomecánica en el desarrollo de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas.

- a) El procesor de información, común a todos los regulado es estandarizados de velocidad
- b) La parte eléctrica, que consiste de los circuitos de potencia o de los circuitos del gatillo electrónico
- c) Los servomotores piloto e hidráulico, que son altamente dependientes del tipo y potencia producida por las turbinas

En el caso de una regulación con disipación de carga, la parte c) del Volumen VI incluye consideraciones principalmente relativas a resistencias de carga.

Tal como ya mencionado en la introducción a este capítulo (Comentarios Generales) la regulación de velocidad, y su estandarización, podría ser simplificada por los usuarios con la finalidad de facilitar la selección, el diseño y la operación de los equipos de regulación. Dentro del gran número de equipos de regulación sugeridos, sería esencial el seleccionar solo unos cuantos tipos que se puedan adaptar sin dificultad. La meta debería ser el tener no más de 4 ó 5 equipos de regulación por tipo de turbina así como ha sido detallado en los capítulos I, II y III. Sin embargo está claro que ésta estandarización sólo podrá ser aplicada parcialmente a las partes mecánicas que transmiten los impulsos de regulación a la turbina.

#### **D. Fabricación**

Los Volúmenes IV, V, y VI prevén la fabricación local de componentes, tales como: tacómetros, válvulas piloto, servo-motores, bombas, amortiguadores, pistones, consolas, etc., además de las componentes eléctricas y las electrónicas. Aunque esta fabricación pueda considerarse en algunos países privilegiados, se ha expresado ya el punto de vista de que estos equipos deberían de ser adquiridas como unidades en firmas especializadas. Sin embargo, es claro que si la estandarización de solamente unos cuantos tipos de equipos de regulación pudiera hacerse posible, sería pertinente el investigar cuales son las componentes que pueden ser fabricadas localmente; quizás estas partes podrían ser abastecidas desde solamente uno o dos países. Además la fabricación local de ciertas partes mecánicas sencillas como palancas, válvulas, y carcasas podría ser pertinente.

### **E. Comentarios Adicionales**

Para los primeros dos tipos de reguladores (Volumenes IV y V) se presenta en los anexos de dichos volúmenes un ejemplo de como se debe de diseñar y calcular un regulador de velocidad.

En los respectivos apéndices se encuentran además planos detallados.

Se incluye también:

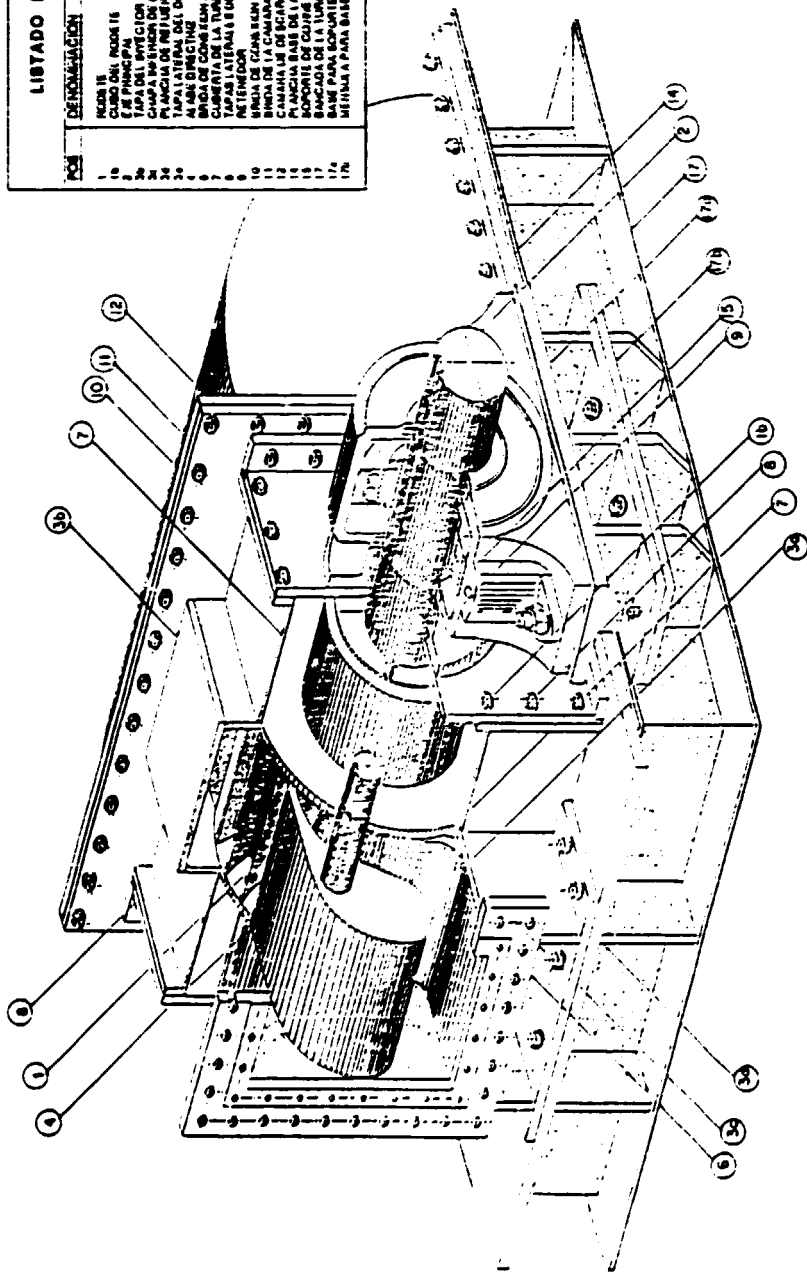
- a) programas de simulación
- b) programas de cálculo con ordenadores



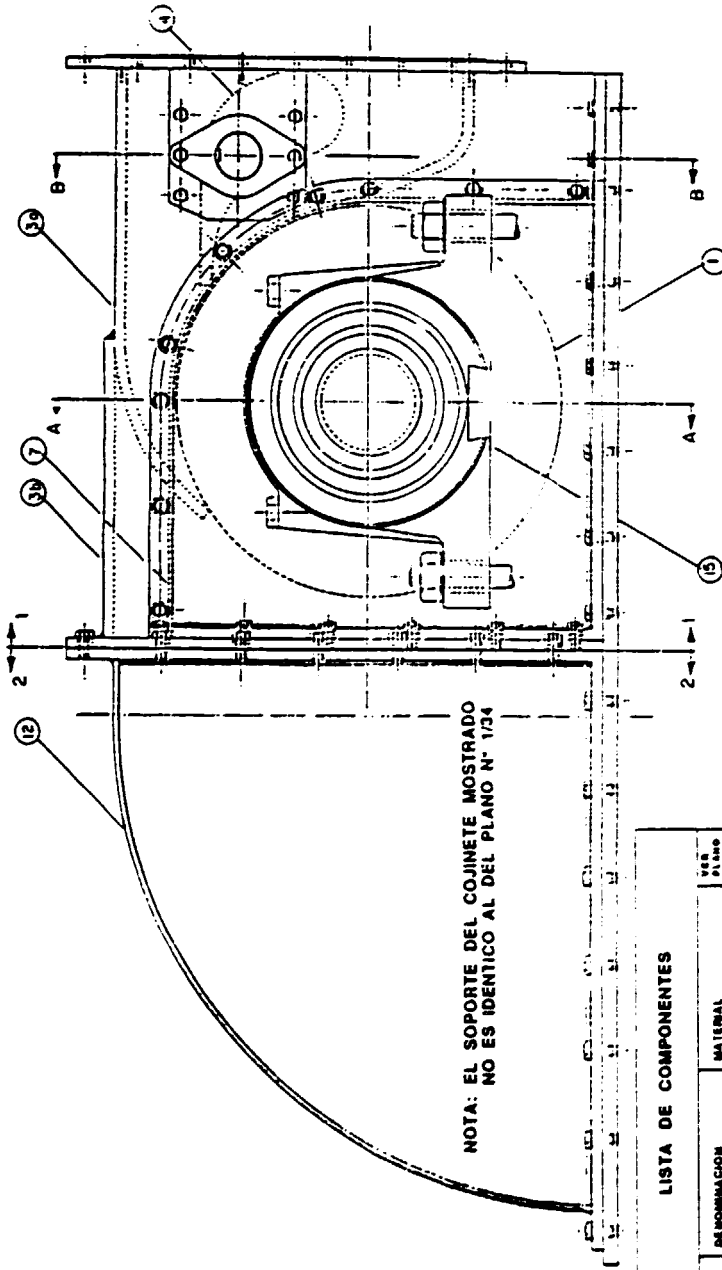
## **Anexo 1**

### **DISEÑOS TECNICOS CUADROS Y ESTADÍSTICAS**

POS.	DE NOMENCLACION
1	PODA 15
2	CUBO DEL MOTOR 15
3	PLACA DE FONDO 15
4	TAPA DEL INYECTOR
5	CHAPA INYECTOR DE LA CAJA DE ADMISION
6	PLANCHAS DE INTUBADO DE LA CAJA DE ADMISION
7	APARATOS DE REGULACION DEL INYECTOR
8	ANILLO DE COMBUSTION A LA TURBINA
9	CUBIERTA DE LA TURBINA
10	TAPAS LATERALES DE LA TURBINA
11	REINTEGRO
12	REINTEGRO EN LA CAMARA DE LA M. ANCHA
13	BARRA DE LA CAMARA DE DESCARGA
14	CAMARA DE DESCARGA
15	PLANCHAS BASE DE LA TURBINA
16	REINTEGRO DE LA TURBINA
17	BASE PARA SOPORTE DE LA CAJITA 15
17A	REINTEGRO PARA LA CAJITA 15
17B	MEMBRANA PARA BASE DE SOPORTE DE LA CAJITA 15



ISOMETRIA Y DETALLES  
TURBINA DE FLUJO CRUZADO (MICHELL-BANKI)



NOTA: EL SOPORTE DEL COJINETE MOSTRADO  
NO ES IDENTICO AL DEL PLANO N° 1/34

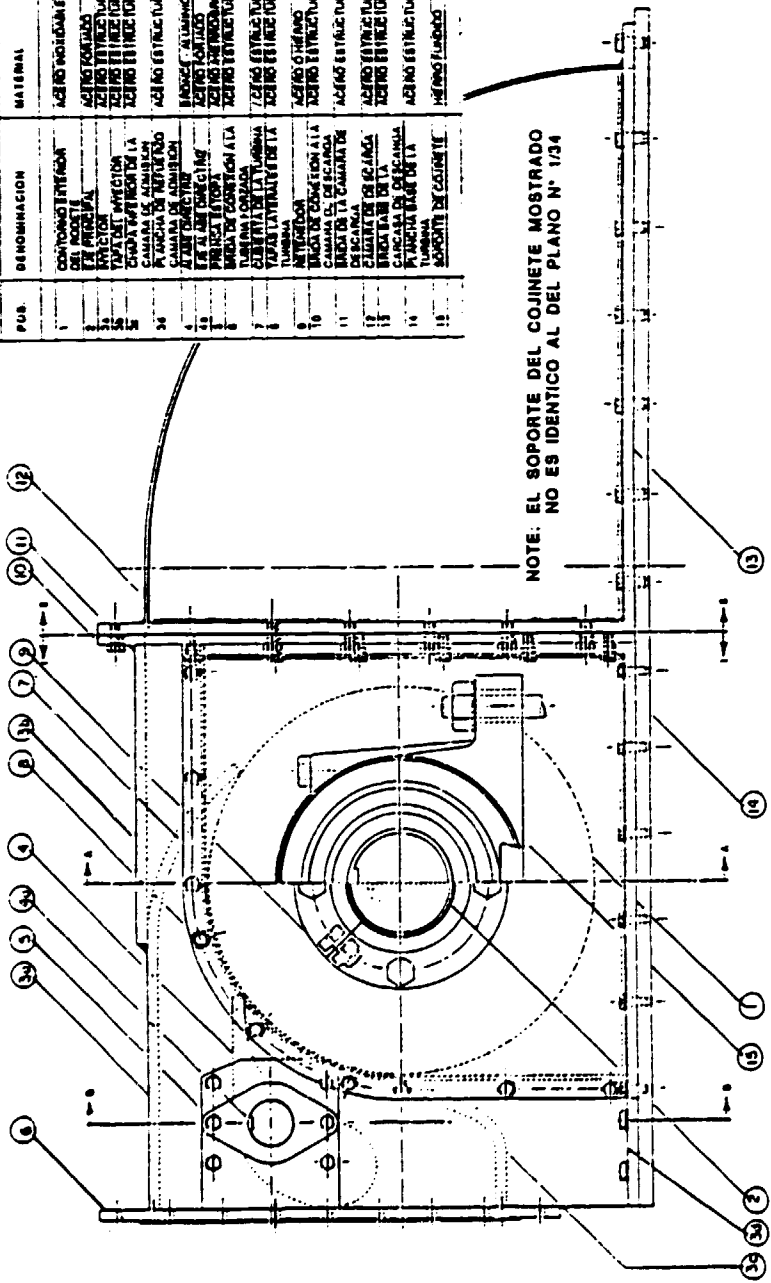
LISTA DE COMPONENTES

POS	DE NOMINACION	MATERIAL	VER PLANO
1	CONTORNADO DEL SOPORTE	ACERO INOXIDABLE	8
2	INYECCION	ACERO INOXIDABLE	8
3	PARA DEL INYECCION	ACERO INOXIDABLE	8
4	ALMOCORNO	BRONCE	13
5	ALMOCORNO	BRONCE	13
6	ALMOCORNO	ACERO INOXIDABLE	8
7	ALMOCORNO	ACERO INOXIDABLE	8
8	SOPORTE DEL COJINETE	BRONCE	13

ENSAMBLAJE FINAL DE LA TURBINA  
ELEVACION LATERAL IZQUIERDA

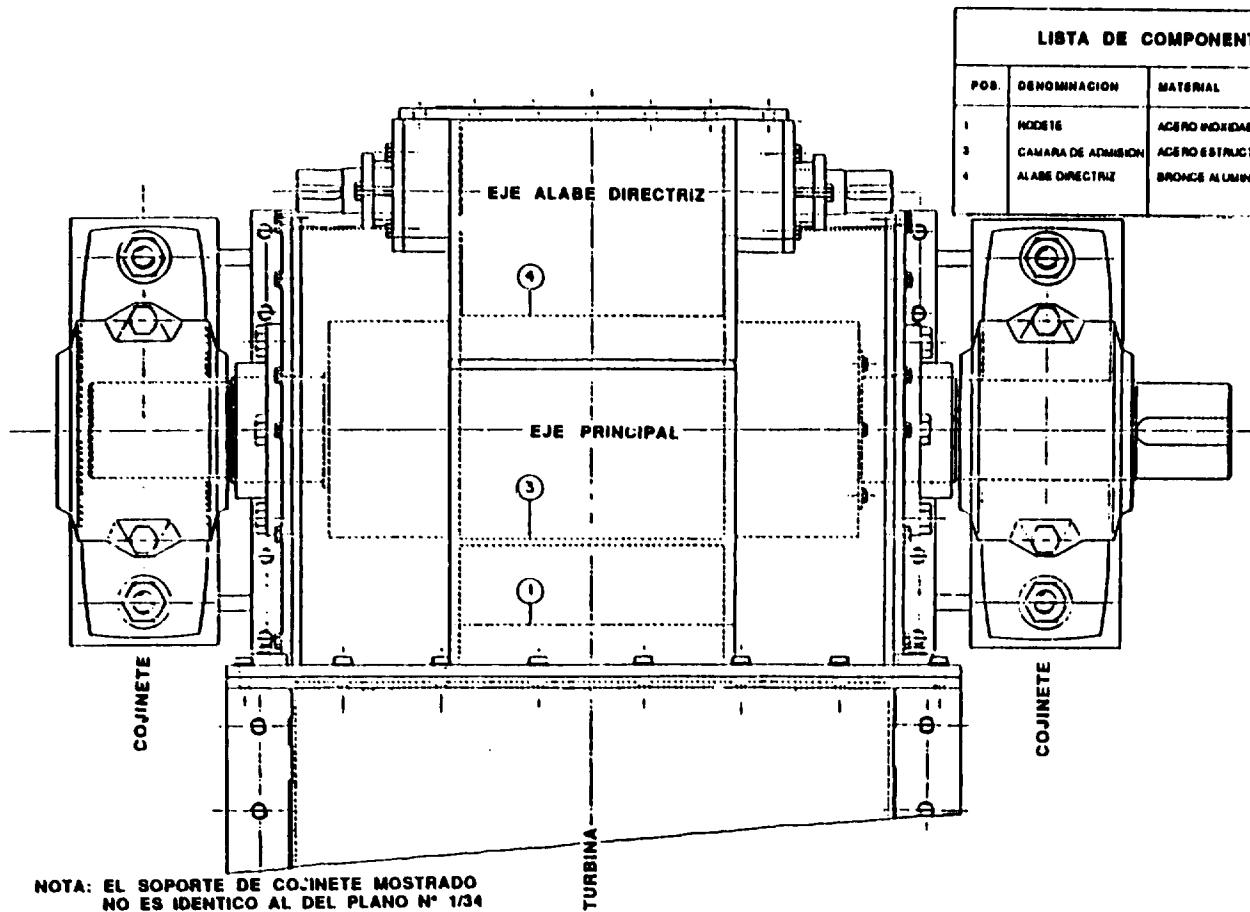
LISTA DE COMPONENTES

PUB.	DENOMINACION	MATERIAL	VES	PLANO N°
1	CONTOMO ENTRENADO DEL COJINETE	ACERO INOXIDABLE	6	
2	PLANCHAS DE LA CARRILERA	ACERO INOXIDABLE	18	
3	PLANCHAS DE LA CARRILERA	ACERO INOXIDABLE	18	
4	PLANCHAS DE LA CARRILERA	ACERO INOXIDABLE	18	
5	PLANCHAS DE LA CARRILERA	ACERO INOXIDABLE	18	
6	CAMARA DE ADMISION	ACERO INOXIDABLE	18	
7	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
8	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
9	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
10	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
11	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
12	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
13	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
14	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
15	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
16	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
17	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
18	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
19	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
20	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
21	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
22	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
23	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
24	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
25	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
26	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
27	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
28	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
29	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
30	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	
31	ALABE DIRECTOR	ACERO INOXIDABLE	18	



NOTE: EL SOPORTE DEL COJINETE MOSTRADO NO ES IDENTICO AL DEL PLANO N° 1/34

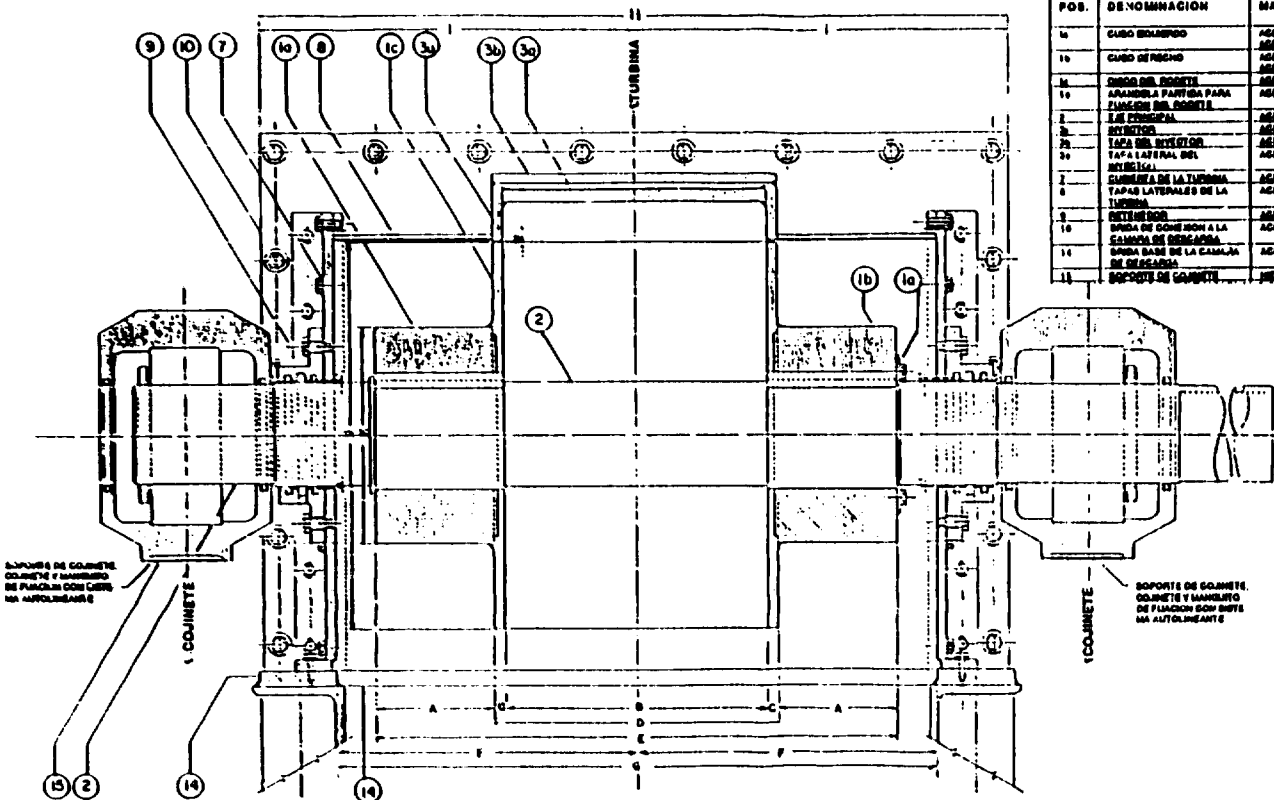
ENSAMBLAJE FINAL DE LA TURBINA  
ELEVACION LATERAL DERECHA



LISTA DE COMPONENTES			
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	SEE PLANO N°
1	RODILES	ACERO INOXIDABLE	6
2	CAMARA DE ADMISION	ACERO ESTRUCTURAL	12
4	ALABE DIRECTRIZ	BRONCE ALUMINIO	13

NOTA: EL SOPORTE DE COJINETE MOSTRADO NO ES IDENTICO AL DEL PLANO N° 1/34

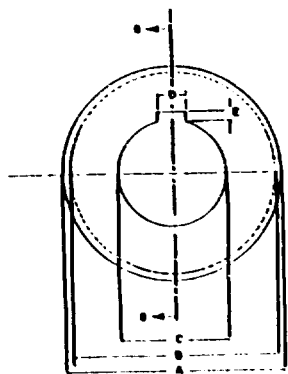
ENSAMBLAJE FINAL DE LA TURBINA  
VISTA DE PLANTA



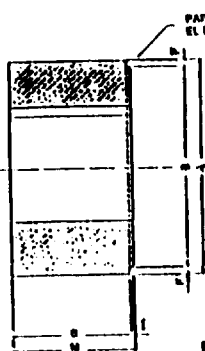
SECTION "A-A" - VISTA DEL RODETE,  
EJE PRINCIPAL, RETENEDOR Y CARCASA

LISTA DE COMPONENTES			
POS.	DENOMINACION	MATERIAL	VÉR PLANO
1a	CUSCO EXTERNO	ACERO FORJADO O ACERO INOXIDABLE	10
1b	CUSCO INTERNO	ACERO FORJADO O ACERO INOXIDABLE	10
1c	ANILLO DEL COJINETE	ACERO INOXIDABLE	8
1d	ARMADILLO PARTIDA PARA FUNCIÓN DEL COJINETE	ACERO INOXIDABLE	10
2	EL EJE PRINCIPAL	ACERO FORJADO	11
3a	RETENEDOR	ACERO ESTRUCTURAL	16
3b	TAPA DEL ROTOR	ACERO ESTRUCTURAL	17
3c	TAPA LATERAL DEL RODETE	ACERO ESTRUCTURAL	17
4	SUPORTE DE LA TURBINA	ACERO ESTRUCTURAL	21
5	TAPAS LATERALES DE LA TURBINA	ACERO ESTRUCTURAL	24
6	RETENEDOR	ACERO O INOXIDABLE	22
7	OPERA DE CONEXION A LA CAMARA DE DESCARGA	ACERO ESTRUCTURAL	26
8	OPERA DE LA CAMARA DE DESCARGA	ACERO ESTRUCTURAL	26
9	SOPORTE DE COJINETE	ACERO FORJADO	20



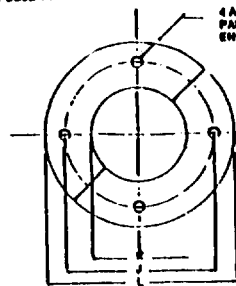


**PIEZA N.º 1a - CUBO IZQUIERDO**  
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE  
O ACERO FORJADO



**SECCION "G-G"**

PARA EMPOTRAR EN  
EL DISCO Y SOLDAR

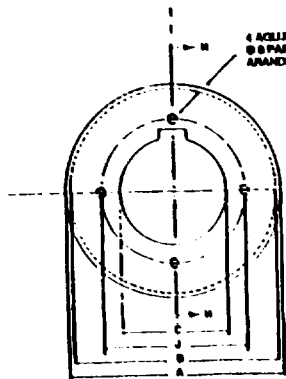


4 AGUJEROS PASANTES Ø 10  
PARA TODAS LAS ARANDELAS  
EN TODAS LAS TURBINAS

NOTA:

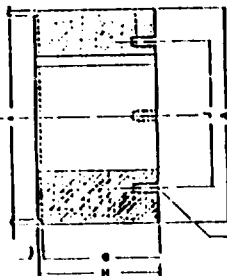
PARA TODOS LOS CASOS  
EL ESPESOR DE LA ARANDELA  
DELA BERA DE 8 mm

**PIEZA N.º 1c - ARANDELA PARTIDA PARA  
FIJACION DEL RODETE EN  
EL EJE PRINCIPAL**  
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE



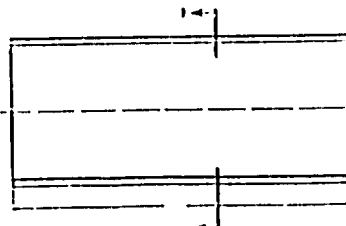
**PIEZA N.º 1b - CUBO DERECHO**  
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE  
O ACERO FORJADO

4 AGUJEROS ROSCADOS  
Ø 8 PARA FIJACION DE LA  
ARANDELA PARTIDA



**SECCION "H-H"**

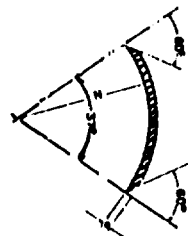
4 AGUJEROS ROSCADOS  
Ø 8 PARA TODOS LOS CURSOS  
DE TODAS LAS TURBINAS



**PIEZA N.º 1d**  
- VISTA DEL ALABE DEL RODETE  
MATERIAL: ACERO INOXIDABLE

NOTA:

EN TODOS LOS CASOS DEBERIAN  
LOS RODETS EN 24 ALABES  
AUNQUE SEAN DE DIAMETRO  
DIFERENTE



**SECCION "I-I"**

**DESPIECE DEL RODETE**

**VOLUMEN I - PLANO N.º 10/34**



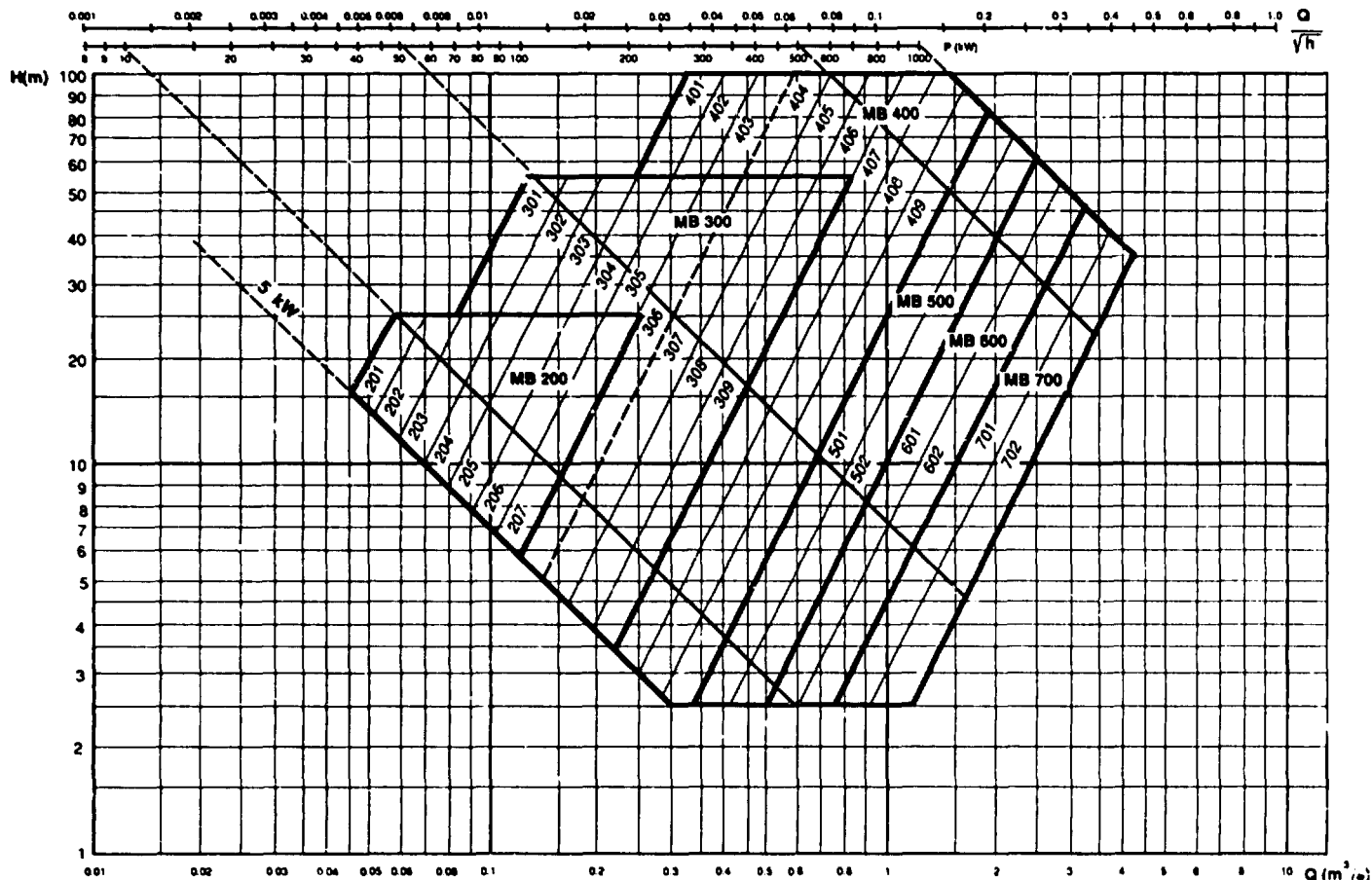
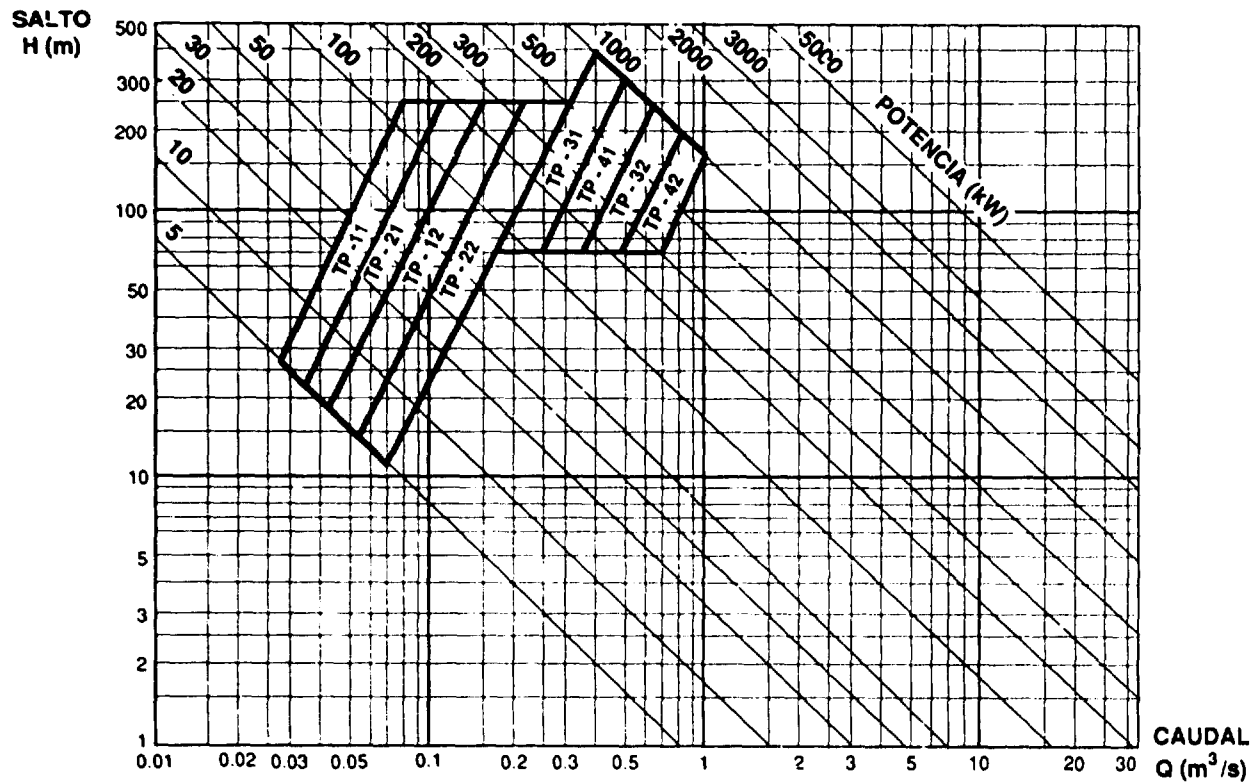
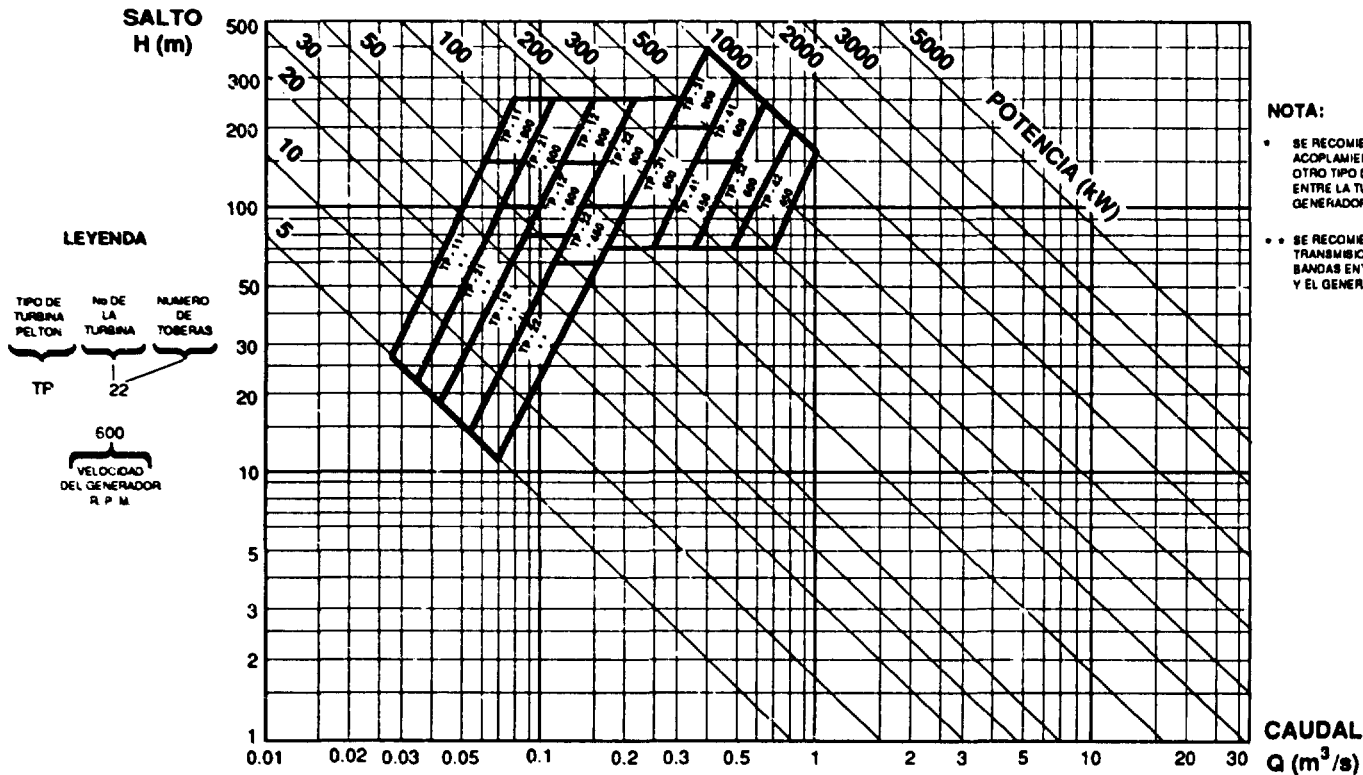


FIGURA 15 - 1  
ESTANDARIZACION DE TURBINAS MICHELL BANKI SEGUN CRITERIOS HIDRAULICOS Y MECANICOS



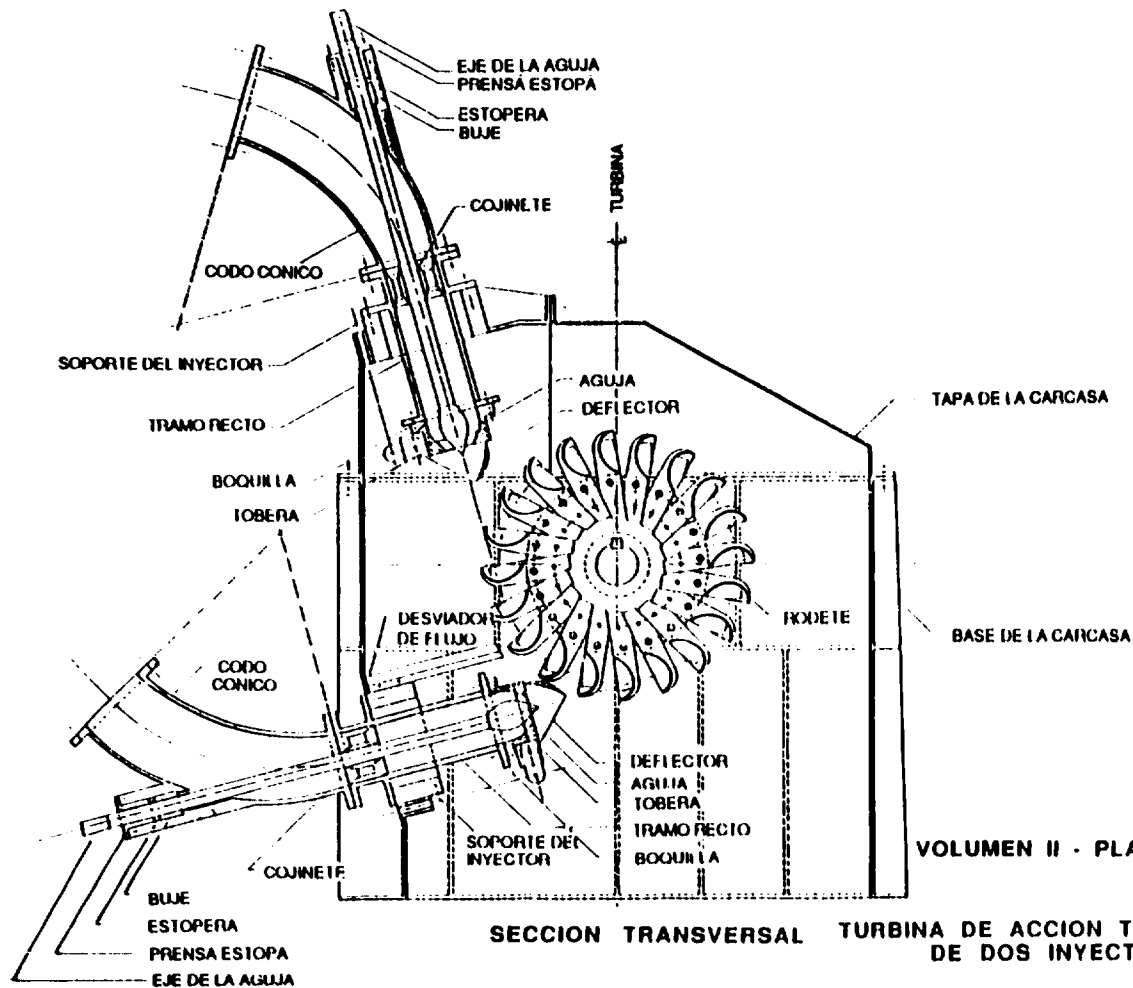
EJEMPLO DE ESTANDARIZACION DE TURBINAS PELTON CONSIDERANDO TRANSMISION POR BANDAS O ENGRANAJES

Figura No. 16



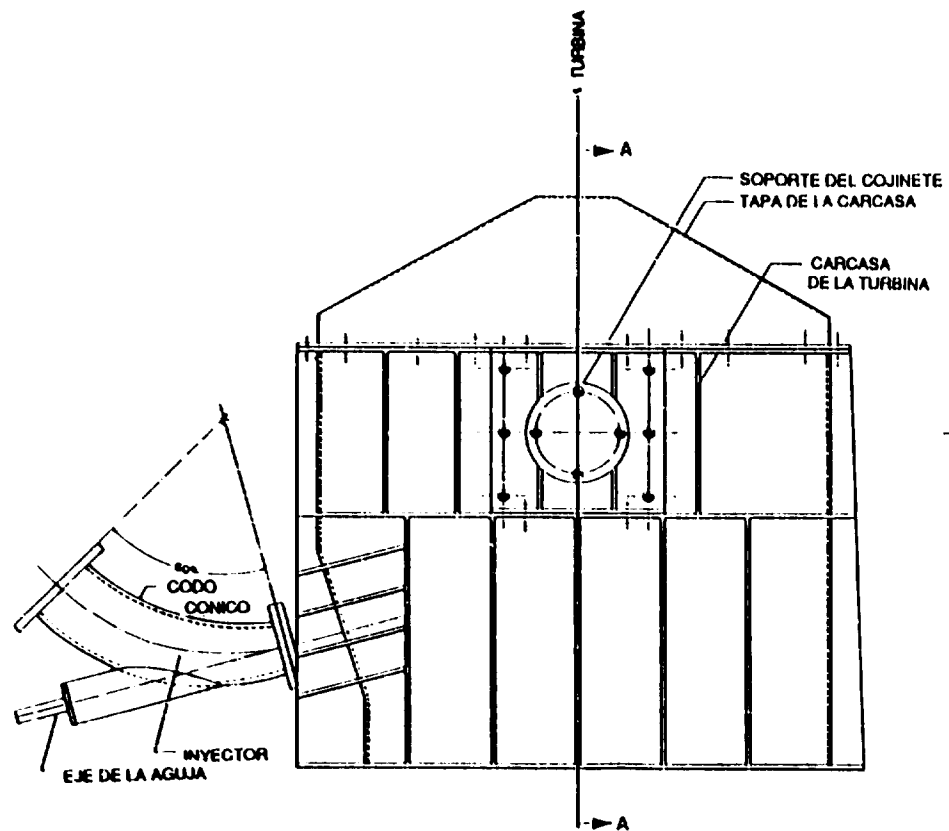
**EJEMPLO DE ESTANDARIZACION DE TURBINAS PELTON CONSIDERANDO ACOPLAMIENTO DIRECTO**

**Figura No. 17**

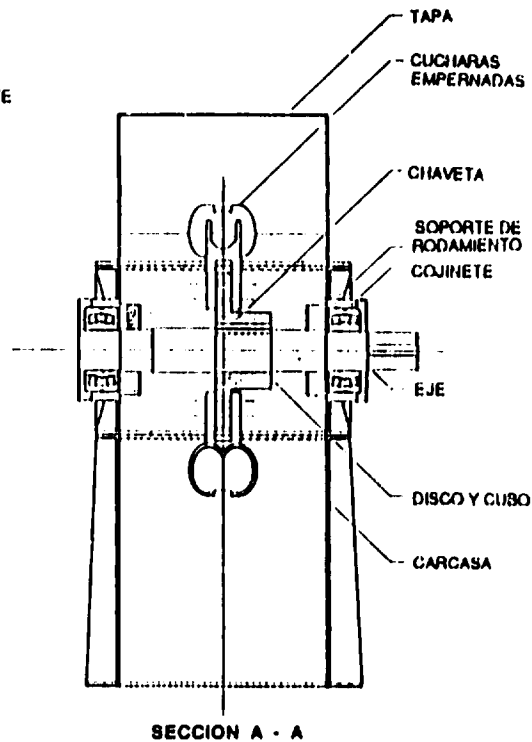


SECCION TRANSVERSAL TURBINA DE ACCION TRANSVERSAL DE DOS INYECTORES

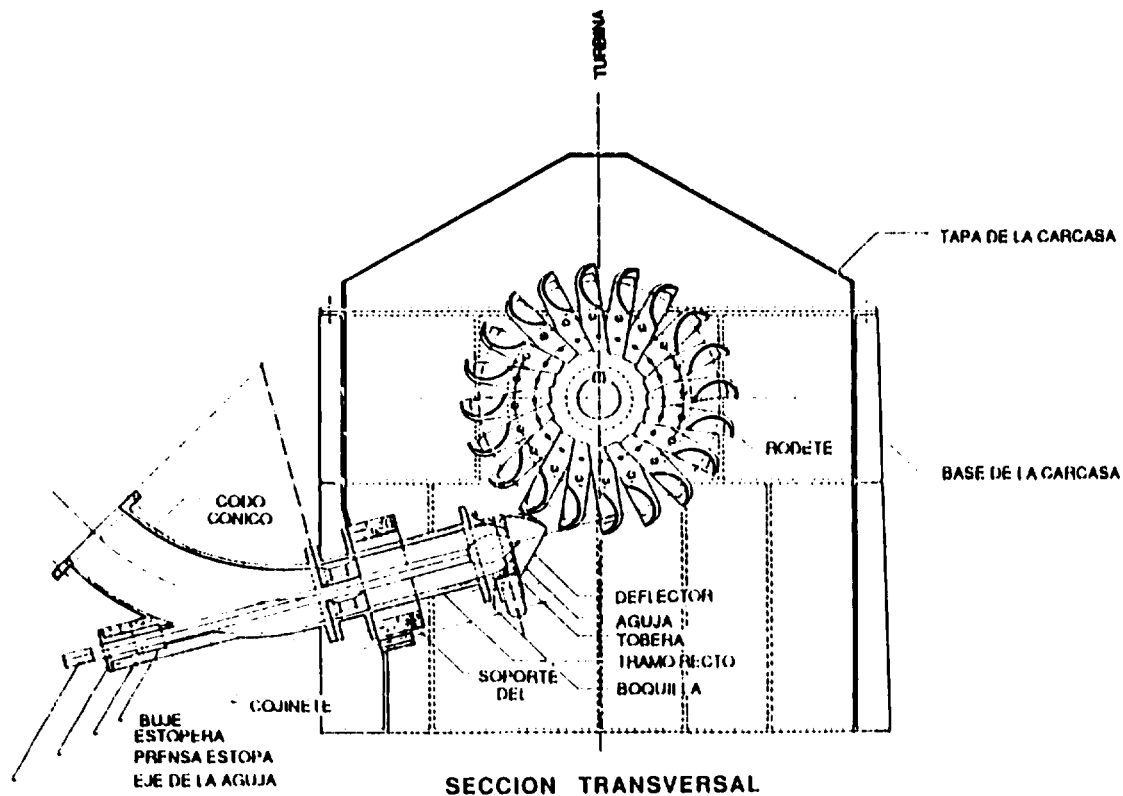
VOLUMEN II - PLANO N° 2/18



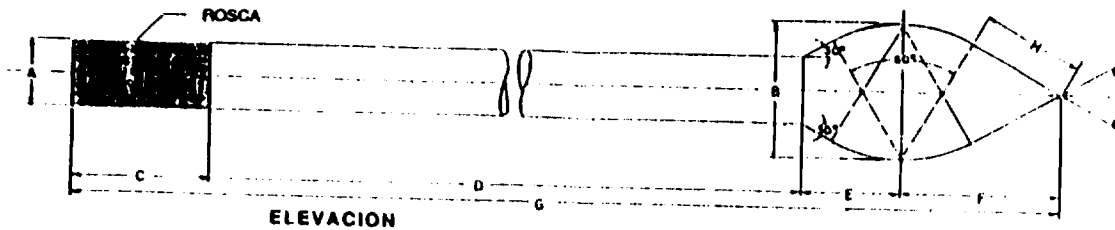
TURBINA DE UN SOLO INYECTOR



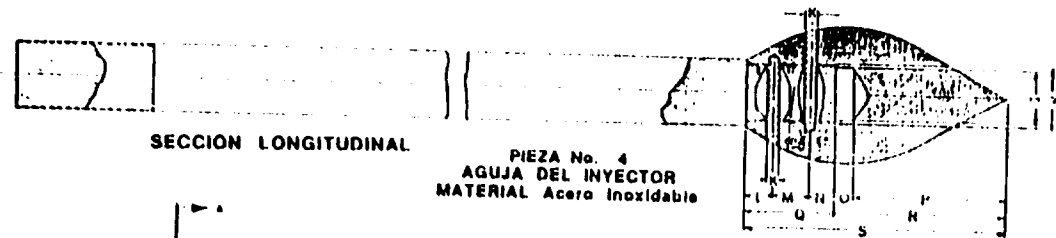
SECCION A - A



**TURBINA DE ACCION TANGENCIAL DE UN INYECTOR**

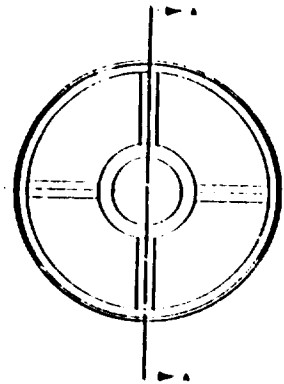


ELEVACION

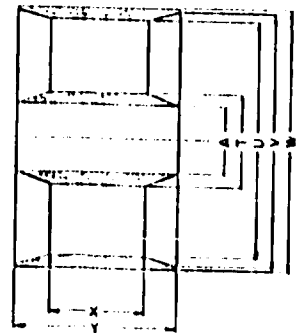


SECCION LONGITUDINAL

PIEZA No. 4  
AGUJA DEL INYECTOR  
MATERIAL Acero inoxidable



VISTA FRONTAL



SECCION A - A

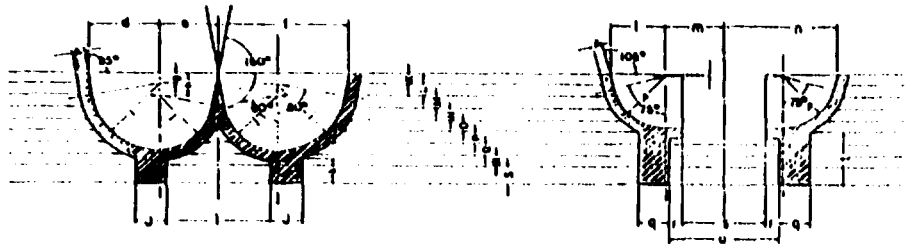
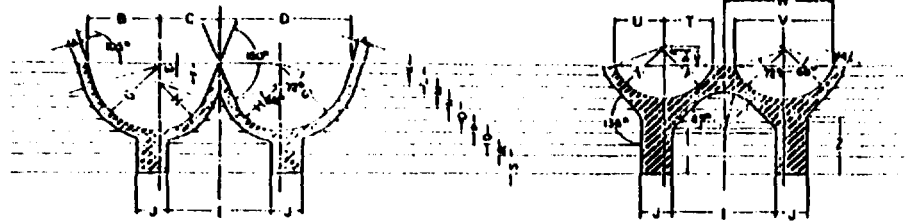
PIEZA No. 5  
BUJE DE LA AGUJA  
MATERIAL Bronce

TABLA DE DIMENSIONES (mm)

SÍMBOLO	TIPO DE TURBINA					
	10001	10002	10003	10004	10005	10006
1	28	34	38	42	46	50
2	28	34	38	42	46	50
3	28	34	38	42	46	50
4	28	34	38	42	46	50
5	28	34	38	42	46	50
6	28	34	38	42	46	50
7	28	34	38	42	46	50
8	28	34	38	42	46	50
9	28	34	38	42	46	50
10	28	34	38	42	46	50
11	28	34	38	42	46	50
12	28	34	38	42	46	50
13	28	34	38	42	46	50
14	28	34	38	42	46	50
15	28	34	38	42	46	50
16	28	34	38	42	46	50
17	28	34	38	42	46	50
18	28	34	38	42	46	50
19	28	34	38	42	46	50
20	28	34	38	42	46	50
21	28	34	38	42	46	50
22	28	34	38	42	46	50
23	28	34	38	42	46	50
24	28	34	38	42	46	50
25	28	34	38	42	46	50
26	28	34	38	42	46	50
27	28	34	38	42	46	50
28	28	34	38	42	46	50
29	28	34	38	42	46	50
30	28	34	38	42	46	50
31	28	34	38	42	46	50
32	28	34	38	42	46	50
33	28	34	38	42	46	50
34	28	34	38	42	46	50
35	28	34	38	42	46	50
36	28	34	38	42	46	50
37	28	34	38	42	46	50
38	28	34	38	42	46	50
39	28	34	38	42	46	50
40	28	34	38	42	46	50
41	28	34	38	42	46	50
42	28	34	38	42	46	50
43	28	34	38	42	46	50
44	28	34	38	42	46	50
45	28	34	38	42	46	50
46	28	34	38	42	46	50
47	28	34	38	42	46	50
48	28	34	38	42	46	50
49	28	34	38	42	46	50
50	28	34	38	42	46	50



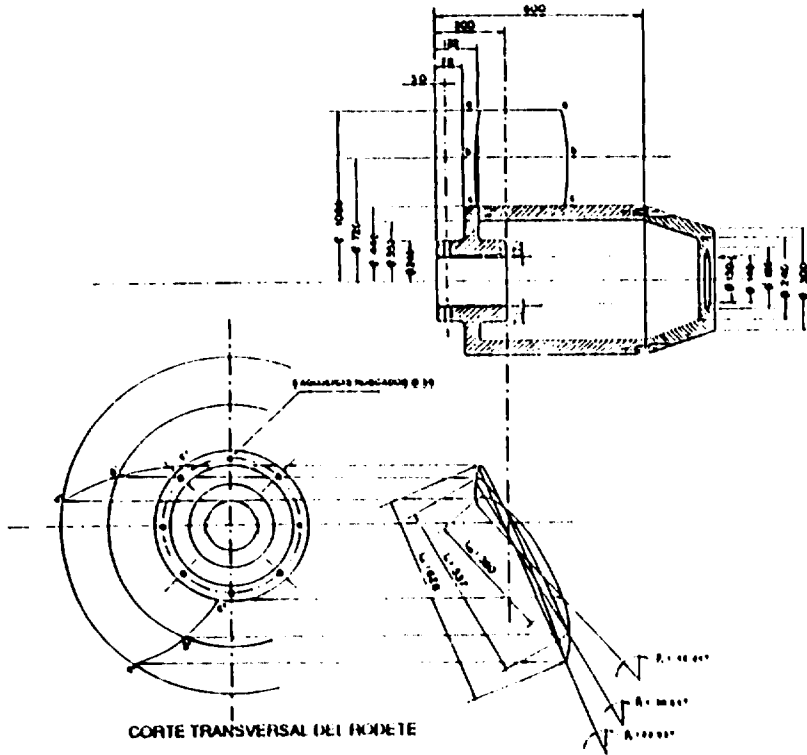




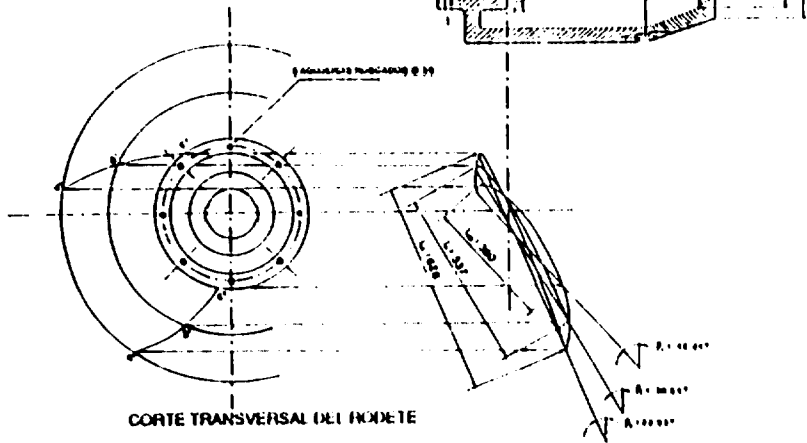
SECCIONES DE LA CUCHARA EMPERNADA  
MOSTRADA EN EL PLANO

TABLA DE DIMENSIONES (mm)				
TIPO DE TURBINA	TIPO DE TURBINA			
	1000	1000	1000	1000
A	80	80	80	80
B	410	475	410	475
C	340	440	340	440
D	750	805	770	825
E	10	10	10	10
F	120	110	120	110
G	350	340	350	340
H	260	250	260	250
I	180	200	180	200
J	60	70	60	70
K	40	40	40	40
L	40	40	40	40
M	40	40	40	40
N	40	40	40	40
O	40	40	40	40
P	40	40	40	40
Q	40	40	40	40
R	40	40	40	40
S	40	40	40	40
T	40	40	40	40
U	40	40	40	40
V	40	40	40	40
W	40	40	40	40
X	40	40	40	40
Y	40	40	40	40
Z	40	40	40	40
aa	40	40	40	40
bb	40	40	40	40
cc	40	40	40	40
dd	40	40	40	40
ee	40	40	40	40
ff	40	40	40	40
gg	40	40	40	40
hh	40	40	40	40
ii	40	40	40	40
jj	40	40	40	40
kk	40	40	40	40
ll	40	40	40	40
mm	40	40	40	40
nn	40	40	40	40
oo	40	40	40	40
pp	40	40	40	40
qq	40	40	40	40
rr	40	40	40	40
ss	40	40	40	40
tt	40	40	40	40
uu	40	40	40	40
vv	40	40	40	40
ww	40	40	40	40
xx	40	40	40	40
yy	40	40	40	40
zz	40	40	40	40

CORTE AXIAL DEL RODETE



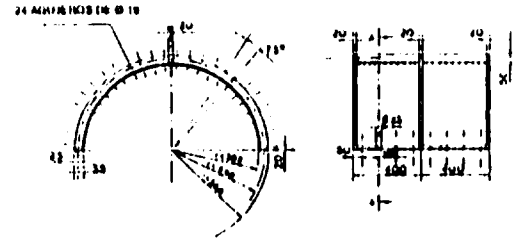
CORTE TRANSVERSAL DEL RODETE

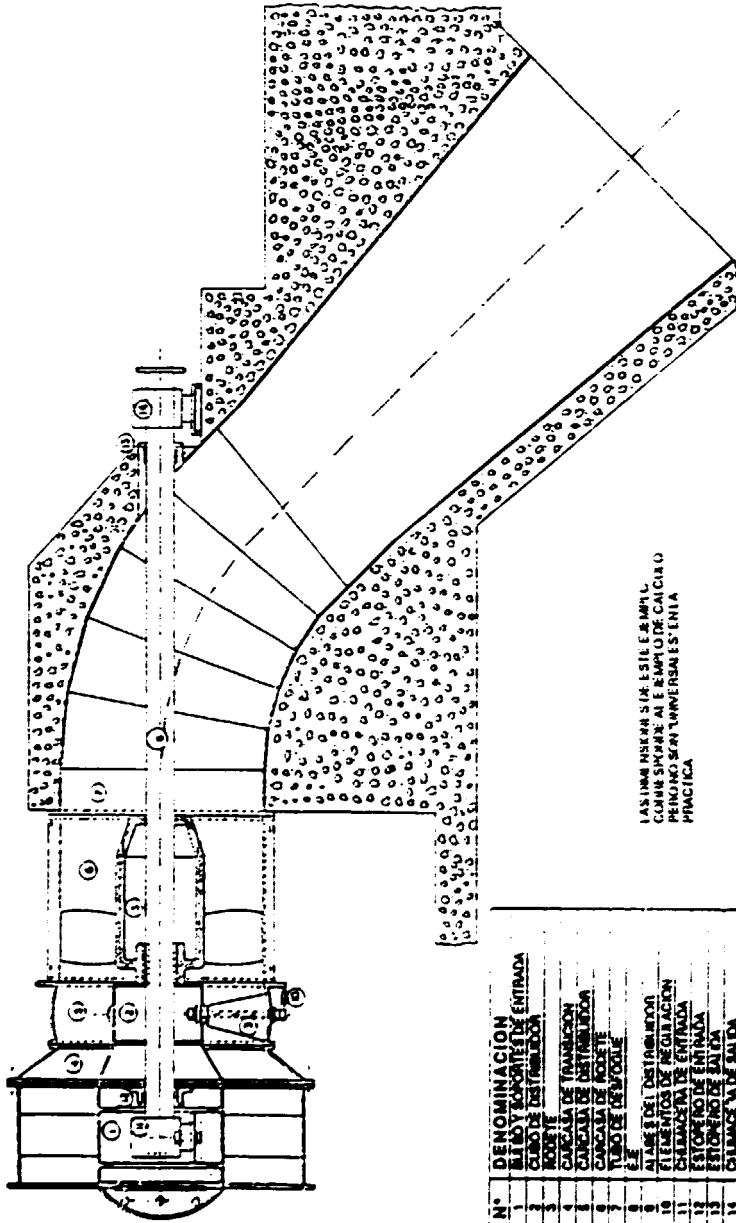


DESARROLLO CILINDRICO DEL ALABE

RODETE Y CARCASA DEL RODETE  
TURBINAS DE FLUJO AXIAL

CARCASA DEL RODETE





LAS LINEAS INTERIORS SON ESTILO E. B. M. P. L.  
 COMO SIEMPRE AL E. B. M. P. L. DE CALICRO  
 PEQUEÑO SIN TUBERIAS EN LA  
 PRÁCTICA

N.º	DENOMINACION
1	ALAMBRE DE LA ENTRADA
2	ALAMBRE DE LA ENTRADA
3	ALAMBRE DE LA ENTRADA
4	ALAMBRE DE LA ENTRADA
5	ALAMBRE DE LA ENTRADA
6	ALAMBRE DE LA ENTRADA
7	ALAMBRE DE LA ENTRADA
8	ALAMBRE DE LA ENTRADA
9	ALAMBRE DE LA ENTRADA
10	ALAMBRE DE LA ENTRADA
11	ALAMBRE DE LA ENTRADA
12	ALAMBRE DE LA ENTRADA
13	ALAMBRE DE LA ENTRADA
14	ALAMBRE DE LA SALIDA

CORTE LONGITUDINAL DE LA TURBINA TUBULAR

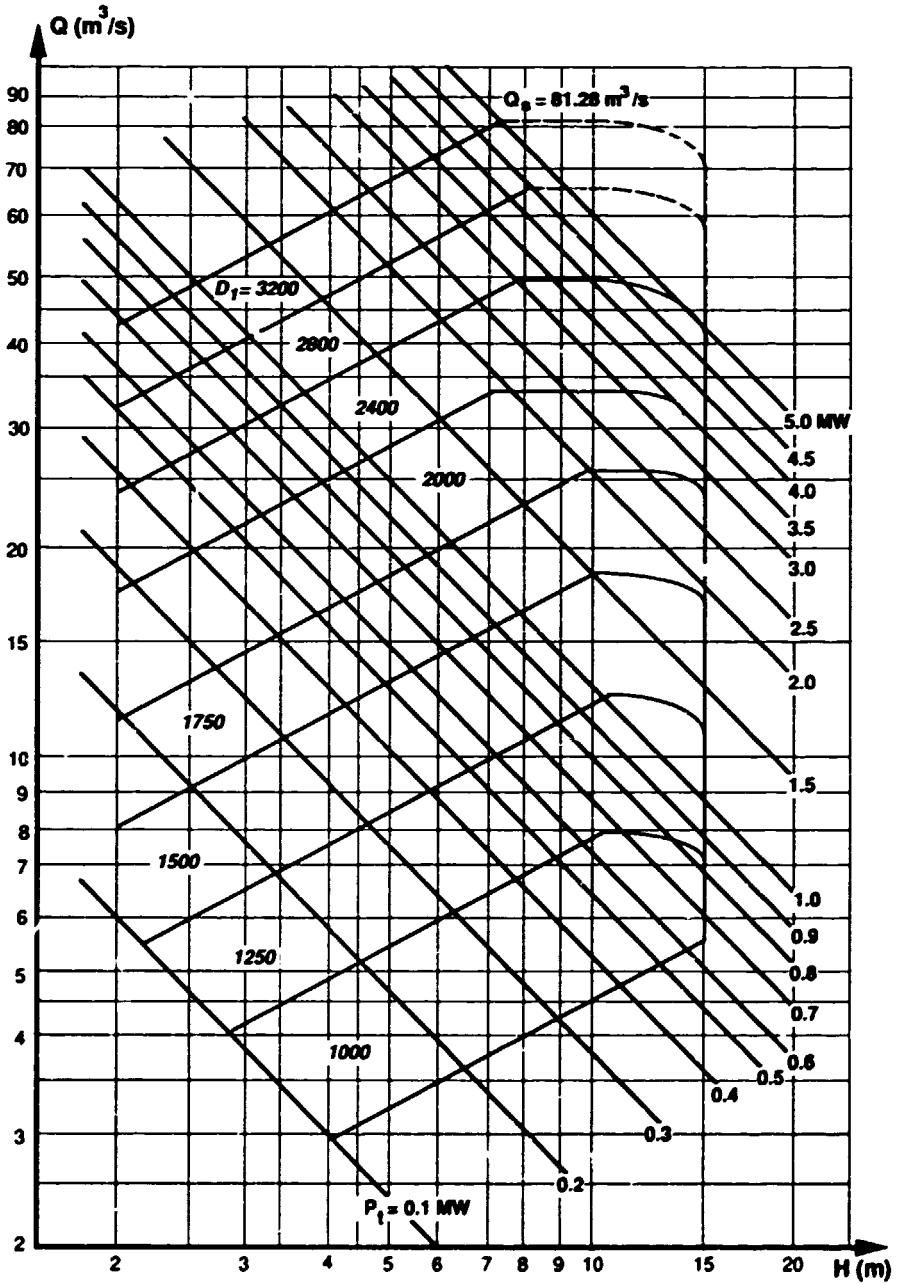


FIG. 24. Diagrama de Selección de Turbinas Tubulares

**TABLA No. 11**  
**DIMENSIONES BASICAS DE LAS TURBINAS TUBULARES**  
**NORMALIZADAS**

Diámetro D <sub>1</sub> (mm)	1000	1250	1500	1750	2000	2400	2800	3200
CONCEPTO								
Diám. Bocatoma	1000	1250	1500	1750	2000	2400	2800	3200
Largo Bocatoma	2000	2500	3000	3500	4000	4800	5600	6400
Largo Distribuidor	1700	2130	2550	2980	3400	4080	4760	5440
Largo Rodete	600	750	900	1050	1200	1440	1680	1920
Largo Desfogue	5000	6250	7000	8750	10000	12000	14000	16000
Fondo Desfogue	3000	3750	4500	5200	6000	7200	8400	9400
Longitud Eje	3000	3750	4500	5200	6000	7200	8400	9400
Largo Carcasa	5800	7250	8700	10150	11600	13920	16240	18560

## ANEXO 2

### Selección del Perfil de los Alabes del Rodete (Plano No. TT-00-01)

[Ejemplo (Volumen III, page 63 No. 2.4 de la versión en Español)]

El número de los álabes de acuerdo a la Tabla No. 1, \*) debe estar entre 3 y 4. Se ha elegido cuatro álabes porque la turbina deberá trabajar con una caída nominal de 14 m. Para álabes fundidos es conveniente el perfil de la serie Gottingen No. 622, 623, 624 y 625. Se selecciona al No. 624 de mediano espesor, cuyas características son las siguientes:

$$y_{\max} = 16\% L$$

$$\varepsilon = 0.012 + 0.052 (y_{\max} / L) \quad (42)$$

Valor inicial de  $C_L = 2 \pi \sin (\alpha + \delta')$ , en donde  $\delta' = \beta_c - \beta_0$ .

Para la selección media y la periferia el perfil ha sido adelgazado en un 60% y en un 80% del espesor del perfil del cubo.

**Dimensiones del perfil Gottingen 624 (%L)**

X	0	5	10	15	20	30	40	50	60	80	95	100
$Y_0$	4.00	10.4 0	12.8 5	14.3 5	15.3 0	16.0 0	15.4 0	14.0 5	12.0 0	6.60	2.00	0.50
$Y_u$	4.00	0.95	0.40	0.15	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
$\bar{Y}$	4.00	5.68	6.63	7.25	7.68	8.00	7.70	7.03	6.00	3.30	1.00	0.20

Los valores de  $\bar{Y}$  representan las ordenadas de la línea media del perfil. Uniendo los puntos inicial y final de la línea media se traza la cuerda del perfil que forma un ángulo  $\Theta$  con el eje de las abscisas. Igualmente uniendo el punto medio y el punto final de la línea media se forma el ángulo  $\Theta'$  entre el eje y la probable dirección del eje nulo. Finalmente, el ángulo  $\alpha'$  comprendido entre la tangente de salida y el eje de las abscisas puede ser calculado empleando la ordenada del punto localizado en el 95% L.

**ANEXO No. 2**  
**Selección del Perfil de los Alabes del Rodete**  
 (Plano No. TT-00-01)

De manera que:

$$\theta = \beta_e - \beta_c = \text{arc tan } (4.00/100) = 2.29^\circ$$

$$\theta' = \beta_e - \beta_c = \text{arc tan } (7.03/50) = 8.00^\circ$$

$$\alpha' = \beta_e - \beta_2 = \text{arc tan } (1/5) = 11.31^\circ$$

Una vez conocidos los ángulos  $\alpha$  y  $\delta'$  es posible determinar el valor de la potencia  $Z$  en cada sección del rodete, para lo cual se debe observar el siguiente proceso:

- Estimación preliminar del valor de  $C_L$ .
- Evaluación del coeficiente  $\epsilon$  sobre la base de remplazar ( $y_{max} / L$ )
- Evaluación del factor  $K_\lambda$  sobre la base de los valores  $\epsilon$  y  $\beta_m$ .
- Cálculo del producto ( $\sigma \cdot K_L$ ) a partir de la Fórmula No. 27
- Evaluación de los factores del producto ( $\sigma \cdot K_L$ ) dados por el gráfico No. 11 para cada valor de  $\beta_0$ .
- Obtención del valor final de  $C_L$  con el valor de ( $\sigma \cdot K_L$ ) reemplazado en la fórmula 27.
- Cálculo del valor del coeficiente  $C_i$  con la fórmula 38.
- Verificación del valor de  $\sigma$  con la fórmula 37.
- Verificación del valor de  $\psi$  con la fórmula 40.
- Verificación de la eficiencia del rodete con la fórmula 45.
- Verificación de la eficiencia hidráulica de la turbina con la fórmula 47 cuando  $\eta_d = 80\%$ .
- Determinación del paso  $t$  y de la longitud de la cuerda  $L$ .

Nota \*)

**TABLA No. 1**  
**VALORES CARACTERISTICOS DE LAS**  
**TURBINAS HIDRAULICAS AXIALES**

Carga (H), en m	5	20	40	50	60	70
No. de Alabes	3	4	5	6	8	10
( $D_0/D_1$ )	0.3	0.4	0.5	0.55	0.6	0.7
$n_s$ (aprox.)	860	700	500	350	300	250