

## Accesorios de turbinas

El elemento principal de toda turbina hidráulica (o máquina generatriz) es el rodete mismo. Los más populares en la actualidad son: Pelton (de impulso), Francis y Kaplan (estos últimos, de reacción). Sin embargo, el rodete por sí solo no puede hacer mucho, requiere de ciertos accesorios, ya sea para la distribución, direccionamiento, control etc. Del fluido que trabaje con él. A continuación presentaremos al menos esquemáticamente, algunos de estos dispositivos hidráulicos.

- **INYECTOR:** Este dispositivo se utiliza en las turbinas Pelton. Consiste en una boquilla o tobera, terminal de una conducción forzada. Este accesorio lanza el fluido chorro. Es el equivalente al distribuidor (otro accesorio el cual citaremos después). Se puede utilizar más de un inyector dependiendo del diseño, colocación, carga y gasto del rodete Pelton.

Este dispositivo contiene una aguja de cierre, cuyo movimiento disminuye o aumenta la apertura de la boquilla y con esto el caudal. Se puede construir de acero al níquel, esmerilada y pulida para reducir el rozamiento. El movimiento de esta aguja se logra mediante un mecanismo de control, el cual se muestra a continuación.

Cabe señalar que el inyector cuenta con un *deflector* el cual desvía al chorro. Esto es muy útil en los casos en el cual ocurra una falla en el generador. Esta falla se traduce en una violenta aceleración de la turbina, pudiendo ésta entrar en resonancia y destruirse. El deflector desviaría el chorro, ayudando así a disminuir la velocidad del rodete. En la página posterior se puede ver un esquema del inyector, y su colocación para diversos montajes y combinaciones de la turbina Pelton.

- **CARACOL:** Se utiliza en las Kaplan y Francis. Su función es la de conducir el agua a través de un ducto de sección circular la cual se va reduciendo uniformemente conforme se vaya perdiendo el flujo, y así se mantiene una velocidad constante de entrada al siguiente elemento, *el distribuidor*. Su forma es el motivo de su nombre. En páginas posteriores se encuentra una fotografía de un caracol.
- **DISTRIBUIDOR:** Se le conoce como paletas directrices giratorias o de Fink. En él la regulación se efectúa, por la variación de sección de las cámaras del distribuidor, mediante giros de los álabes directrices (de hierro o acero fundido), los cuales van montados en espigas y hacen de ejes con bielas de accionamiento, que las conducen y van unidas, por un extremo, a pernos de las paletas, y por el otro, a una corona exterior o anillo, que puede deslizarse sobre la corona, y accionado por ejes con sus palancas y tirantes, consiguiendo por rotación el giro simultáneo de todas las paletas, arrastradas por las bielas, y cerrando o abriendo el espacio entre paletas para dejar pasar menos o más cantidad de agua (caudal). A continuación presentaremos una clasificación de estos dispositivos, según la disposición de los ejes de giro de los álabes directrices:

- Cilíndrico: si los ejes de giro se encuentran en la superficie de un cilindro cuyo eje coincide con el eje de la máquina y el flujo en el distribuidor carece de componente axial. Los diagramas presentados corresponden a este tipo.
- Axial: Si los ejes de giro se encuentran en un plano transversal al eje de la máquina y el flujo en el distribuidor carece de componente radial (en centrales en que el flujo es axial no solo en el rodete, sino a la entrada de la turbina: Grupo bulbo).
- Cónico: Si los ejes de giro se encuentran en una superficie cónica.

- **QUICIOS, RANGUAS O SUSPENSIONES:** son disposiciones de apoyo de los árboles de las turbinas y una de las partes más importantes de las mismas. El cálculo de las suspensiones, que soportan cargas muy considerables, entra de lleno en la Resistencia de Materiales. Desechados los sumergidos, hoy se emplean

los quicios anulares sencillos, con cojinetes de bolas y cojinetes de presión. Las figuras a continuación presentan dos suspensiones modernas.

• **TUBO DE ASPIRACIÓN:** La misión del tubo de aspiración o difusor de las turbinas a reacción tiene como misión:

- Recuperar la altura comprendida entre la salida del rodete y el nivel del agua en él socas.
- Recuperar la mayor parte posible de la energía cinética a la salida del rodete.

La tubería de enlace con la turbina, es decir, el tubo de aspiración, debe tener sección suficiente y de forma tal que permita la máxima recuperación de la energía cinética del agua a la salida del rodete, factor sumamente importante en las turbinas Francis, hélice y Kaplan, en las que dicha energía aumenta con el incremento de la velocidad específica. De otro modo, el rendimiento sería muy bajo.

Para calcular el tubo de aspiración habrá que determinar previamente la altura, desde la sección inmediata al rodete hasta la superficie del agua del canal de descarga, que ha de ser compatible con el valor máximo de  $P_a$ , de la presión admisible a la salida del rodete; es decir, hay que hallar el grado máximo de vacío posible para evitar que se corte la columna de agua en el tubo de aspiración y conseguir además que no se produzcan los fenómenos de cavitación y de contragolpe de ariete.

Cuando la altura de aspiración disponible es reducida, no podrá conseguirse la recuperación deseada de la energía cinética por no ser posible dar al tubo la longitud necesaria para ir disminuyendo paulatinamente la velocidad de salida del tubo; en este caso se ha de recurrir a tubos de aspiración acodados de la longitud necesaria en el cual se realice la recuperación de la velocidad que se convierte en presión, por cuanto el codo tiene sección igual a la entrada y a la salida del mismo.

Muchas veces estos tubos requieren ser fabricados en el macizo de la fundación, y como el agua puede tener en ellos velocidades muy importantes, es aconsejable proveerlos de un revestimiento metálico en las partes en las que la velocidad sea superior a 5 m/seg. Es preciso tener en cuenta que para caudales importantes la velocidades pueden alcanzar los 10 y 12 m/seg.

No es posible decir de antemano cual de los tipos de tubos de aspiración representados se acomoda mejor a determinada turbina. La experiencia prueba que una misma turbina con diferentes tubos de aspiración puede tener diferentes rendimientos y que solamente a base de ensayos en modelo reducido se puede establecer con seguridad la forma más conveniente. Aunque, desde luego, la forma del tubo de aspiración lógicamente debe ser conforme con los principios que rigen a un difusor de buen rendimiento. aunque el tubo recto cónico de sección circular resulta teóricamente el más aconsejable, sin embargo, en muchos casos, por motivos de excavación y sobre todo para ganar potencia en turbinas grandes, se hace uso del tubo acodado, normalmente a 90°. En la figura a continuación b) se presenta en esquema un tubo de aspiración acodado típico. La sección es circular en el origen, en la parte que se conecta con la turbina; cambia a la forma elíptica en el codo y termina en la descarga de sección rectangular. En la sección elíptica y en la rectangular el eje mayor es horizontal, en la parte acodada lleva generalmente  $P$  paletas directoras que favorecen el escurrimiento. La divergencia progresiva del tubo requiere un cuidadoso estudio, a fin de evitar la separación del fluido de los contornos, dando lugar a turbulencias que incrementan notablemente las pérdidas de energía. Para la parte tronco cónica el ángulo en el vértice del cono no debe pasar de 10° aunque la falta de espacio obliga a veces ha aumentarlo. A la salida del difusor la energía cinética residual debe ser mínima habitualmente 0.5 a 1 por 100 de la carga neta.

Otro tipo de tubo de aspiración es el que se encuentra en la figura a continuación en forma de cono recto abocardado a la salida y con otro elemento cónico en la segunda mitad, que define con el cono principal un área de paso anular en esa zona. El ensanchamiento final del área permite reducir la longitud del tubo de desfogue. La sección anular creada por los dos conos coaxiales favorecen la difusión reduciéndose las pérdidas de recirculación del agua debido a las componentes tangenciales de la velocidad del agua a la salida

del rotor.