

BREVE HISTORIA DE LAS TURBINAS HIDRÁULICAS

Por Roberto Córdova

profesor de mecánica, depto. de ciencias energéticas y fluidicas

No se sabe con exactitud quién, dónde o hace cuanto tiempo se aprovechó por primera vez la fuerza y energía que posee una corriente de agua, aunque parece probable que la inspiración haya venido de otro uso más antiguo del agua: la irrigación. Eran empleados diversos medios en los tiempos antiguos para elevar el agua de los ríos a una altura mayor que la de sus márgenes, de donde correría por canales y zanjas a los campos. Uno de éstos era la rueda persa o *saqia* que es una rueda grande montada en un eje horizontal con cucharas en su periferia. Estas ruedas pueden verse todavía trabajando en Egipto, acopladas a engranes y movidas por un búfalo, burro o camello.

Alguien debe haber notado, hace mucho tiempo, que cuando se desenganchaba la bestia, la corriente tendía a hacer girar la rueda en dirección opuesta, concibiendo así la idea revolucionaria de que la corriente de agua tiene energía y por lo tanto podía hacer trabajo. De todas maneras, las ruedas hidráulicas primitivas no eran diferentes de la *saqia* y se conectaban con un mecanismo semejante, a una piedra de molino. Seguramente el inventor se regocijó al hacerse la idea de que evitaría muchas molestias en la molienda de granos, aunque probablemente no vislumbró el alcance que traería a las generaciones posteriores. La primera alusión literaria al invento, hecha por *Antipater de Tesalónica*, data

de los años 80 a.C. y dice, quitando la afectación lírica: “Dejad vuestra labor vosotras doncellas que trabajáis en el molino... porque *Ceres* ha ordenado a las ninfas del agua que hagan vuestra tarea”.

Los romanos conocían y usaban las ruedas hidráulicas como una fuente de fuerza mecánica, y la historia recoge el nombre de *Vitruvius* como el ingeniero que llevó a cabo tal modificación. Se cree que las guarniciones del muro Adriano, tenían unos cuantas ruedas hidráulicas para mover molinos de trigo; pero quizás porque contaban con abundantes esclavos, los romanos no explotaron la energía de la corriente de agua extensamente. En su imperio, el trigo se molía generalmente en molinos de mano, algunos de los cuales se han encontrado en los sitios donde existieron colonias romanas en Inglaterra.

Fueron los sajones los que popularizaron su uso en la gran Bretaña. Las evidencias más antiguas encontradas en documentos, son las de una concesión dada por el rey *Ethelbert de Kent*, tiene la fecha de 762 d.C. La costumbre se difundió rápidamente. En aquella época el oficio del constructor de molinos era viajar por todo el país construyendo molinos nuevos y atendiendo a los que necesitaban reparaciones y era una ocupación importante antes de la conquista de los normandos. Están registrados más de 5000 molinos en el censo de 1086.

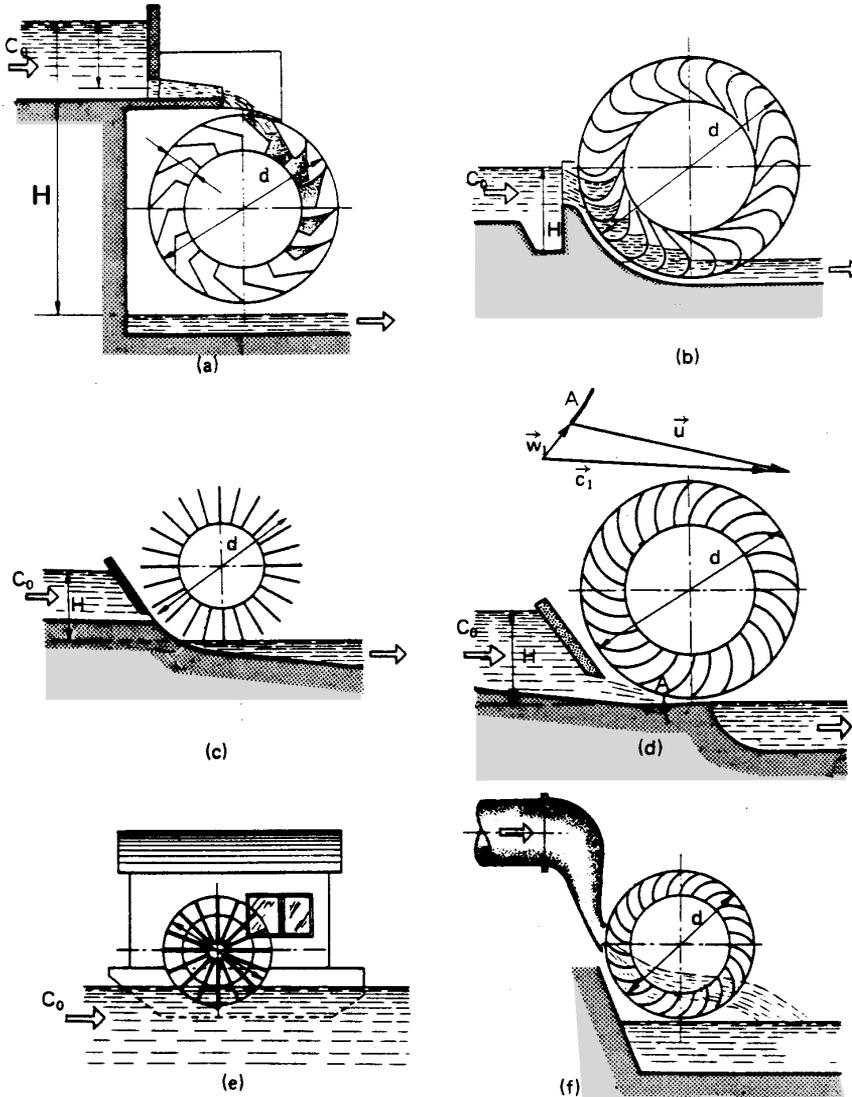


Figura 1. Diferentes tipos de ruedas hidráulicas: a) alimentación superior (rueda gravitatoria pura) b) alimentación lateral; c) de paletas planas; d) de impulsión inferior; e) paletas de alimentación inferior; f) turbina Banki

Las ruedas hidráulicas comunes que obran principalmente por el peso del agua, por ser las más elementales y obvias fueron

también las primeras turbinas que construyó el hombre. Las primeras ruedas hidráulicas se construyeron posiblemente

en Asia, China y la India, hace unos 2200 años; de Asia pasaron a Egipto y desde allí a Europa (unos 600 años después que en Asia) y América. *Leonardo Da Vinci*, *Galileo* y *Descartes*, entre otros, realizaron estudios teóricos y matemáticos sobre las ruedas hidráulicas. Mención especial merece el francés *Parent* (1666-1716) físico y matemático de París y miembro de la Real Academia de Ciencias, estudia por vez primera el funcionamiento de las ruedas hidráulicas,

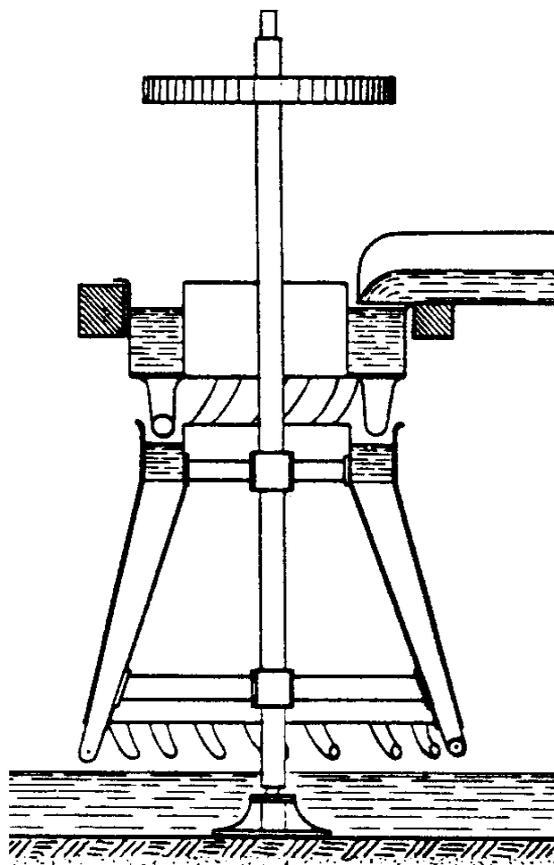


Figura 2. Turbina hidráulica propuesta por Euler

y genialmente prevé que existe una relación óptima entre la velocidad de la rueda y la velocidad de la corriente de agua. Las mejoras hechas a las ruedas comunes dieron como resultado la construcción de las ruedas de impulso y de reacción las cuales presentan la ventaja de aprovechar la energía cinética y, por lo tanto, ser de menor tamaño.

Las figuras siguientes presentan los tipos principales de ruedas hidráulicas y en ellas se puede notar su evolución en el uso, no sólo de la energía gravitacional sino también de la variación de la cantidad de movimientos (principio de Euler), constituyéndose así estas ruedas en las precursoras de las modernas turbinas hidráulicas.

El uso de la energía hidráulica no es nada nuevo y se remonta a más de 2000 años atrás, pero se desarrolló lentamente durante espacio de 18 siglos, debido al inconveniente de que las instalaciones deberían situarse junto a los ríos; mientras que las máquinas de vapor se podían instalar en cualquier lado.

Al evolucionar la tecnología de la transmisión eléctrica, está permitió el gran desarrollo de las plantas hidroeléctricas y por consiguiente, de las turbinas hidráulicas. En este nuevo esquema de transformación de energías: energía hidráulica \leftrightarrow energía eléctrica \leftrightarrow energía mecánica, las ruedas hidráulicas-debido en gran parte a que en ellas el agua entra y actúa únicamente en parte de la circunferencia no así en

las turbinas en las cuales el agua lo hace en toda la circunferencia - tienen dos desventajas fundamentales: rendimiento bajo y velocidad de rotación muy lenta (4 a 10 rpm). Las turbinas hidráulicas nacieron para superar estas desventajas, y su evolución ha sido el aumento cada vez mayor de la velocidad de rotación y de su eficiencia con el fin de conseguir potencias específicas más altas, lo que permite generación eléctrica a más bajo costo.

El estudio de las turbomáquinas hidráulicas como ciencia no se crea hasta que *Euler* en 1754 publica su famosa memoria de Berlín sobre maquinaria hidráulica, en la que expone su teoría de las máquinas de reacción: "*Théorie plus compléte des machines qui sont mises en mouvement par la reaction de l' eau*"¹. En esta memoria desarrolla Euler por vez primera la ecuación fundamental de las turbomáquinas, deducidas igualando el par a la variación de la cantidad de movimiento del fluido en su paso por el rotor. En la figura 2 puede verse un dibujo de la turbina hidráulica ideada por Euler.

Posteriormente el ingeniero francés *Claude Burdin* (1790- 1873), profesor de la escuela de minas de Saint Etienne, en su célebre memoria de la academia de Ciencias desarrolla la teoría "*des turbines hydrauliques ou machines rotatoire á grande vitesse*"² acuña por vez primera la palabra "*turbina*" para el vocabulario

técnico. La palabra turbina viene del latín *turbo- inem*, que significa rotación o giro.

Burdin fue un ingeniero teórico; pero su discípulo *Fourneyron* (1802-1867) fue un ingeniero práctico, y logró en 1827 construir la primera turbina hidráulica experimental digna de tal nombre; más aún a lo largo de su vida, *Fourneyron* construirá un centenar más de turbinas hidráulicas para diferentes partes del mundo. Esta turbina que tuvo un éxito clamoroso, porque era capaz de explotar saltos mayores que los explotables con las antiguas ruedas hidráulicas, era radial centrífuga, de inyección total, y escape libre; aunque *Fourneyron* previó también el tubo de aspiración, cuyo estudio realizó él mismo.

Desde 1837 las turbinas hidráulicas de *Henschel* y *Jonval* compiten con las de *Fourneyron*. Otras turbinas hidráulicas anteriores al siglo XX fueron la de *Fontaine*, y sobre todo la desarrollada en 1851 por *Girard*, que era de acción de inyección total y que alcanzó una notable difusión en Europa.

Los tipos mencionados no son los únicos, y, aunque algunas de estas turbinas han logrado sobrevivir y aún siguen en funcionamiento, han dejado de construirse por las razones siguientes:

- 1) rendimiento bajo sobre todo en cargas parciales de (70-75% a plena carga hasta 50-55% a 50% de la carga).
- 2) velocidad de giro muy reducida, y, como consecuencia,
- 3) potencia por unidad muy baja.

En 1891 la central de Niágara causó sensación con una potencia instalada de

¹ Nota del editor: "Teoría más completa de máquinas que son puestas en movimiento por la reacción del agua"

² Nota del editor: "Teoría de turbinas hidráulicas o máquinas rotatorias a gran velocidad"

1470 kW. A comienzos del siglo XX aparecen las turbinas hidráulicas de gran velocidad y gran rendimiento, únicas que se construyen en la actualidad.

A grandes rasgos se puede resumir así el desarrollo de las turbinas hidráulicas:

- * El siglo XVIII es el siglo de su gestación.
- * El siglo XIX el de su nacimiento (en este siglo nacieron en América las Turbinas *Pelton* y las Turbinas *Francis*).
- * El siglo XX el de su desarrollo.

A principios de este siglo aparecen las turbinas hidráulicas de gran velocidad.

- 1905 – en USA existen turbinas hidráulicas de 7360 kW girando a 250 rpm (turbinas Francis gemelas),
- 1915- creación de la Turbina Kaplan,
- 1918- la turbina Banki
- 1914- la turbina Turgo
- 1950- la turbina Deriaz
- 1970- la turbina Bulbo

Las turbinas hidráulicas, como ha podido notarse, son máquinas cuyo desarrollo no pertenece a las últimas décadas. Hace más de 2000 años que el hombre hace uso de ellas y poco más de un siglo que las principales casas constructoras de Europa, Asia y América realizan un esfuerzo sistemático con el objeto de perfeccionarlas. Su evolución no ha terminado sino por el contrario se ha

acelerado en los últimos años ya que las necesidades de energía limpia cada día son mayores y los sitios disponibles exigen turbinas más rápidas, más compactas y sobre todo más eficientes.

En el campo de la ciencia y la tecnología así como en todas las ramas del saber humano siempre habrá algo que descubrir y mejorar, por lo que la investigación debe ser permanente, tal como lo muestra el desarrollo de las turbinas hidráulicas, y, que se ilustra en la siguiente narración titulada "El error del obispo Wright". tomada del libro "*La oración de la rana*" de Anthony de Mello, S.J.:

Hace muchos años, un obispo de la costa este de los Estados Unidos se hallaba visitando una pequeña universidad religiosa de la costa oeste, alojándose en casa del rector de la universidad, un joven y progresista catedrático de Física y Química.

Un día el rector invitó a los miembros de su facultad a cenar con el obispo, para que pudieran beneficiarse del saber y la experiencia de éste. Después de la cena, la conversación se centró en torno al tema del milenio, del que el obispo aseguró que no podía tardar en llegar. Y una de las razones que adujo para ello era que ya se había descubierto todo en el terreno de la naturaleza y se habían hecho todos los inventos posibles.

El rector, con toda cortesía, mostró su desacuerdo y dijo que, en su opinión, la humanidad se encontraba en los umbrales de una era de grandes descubrimientos. El obispo desafió al rector a que mencionara uno de ellos, y el rector dijo que tenía esperanza de que en el plazo de cincuenta años,

más o menos, los humanos podrían volar.

Aquello le produjo al obispo un ataque de risa. “Si Dios hubiera querido que los humanos voláramos, nos habría dado alas. El volar está reservado a las aves y a los ángeles.”

El obispo se apellidaba Wright y tenía dos hijos llamados Orville y Wilbur, que fueron los inventores del aeroplano.

BIBLIOGRAFIA:

MATAIX, C., *Turbomáquinas Hidráulicas*, Editorial ICAI, 1974.

DE PARRES, J. L., *Máquinas Hidráulicas*, México, 1966.

VIEJO ZUBICARAY, M., ALONSO, P., *Energía Hidroeléctrica*, Editorial. Limusa, 1977.