

ELABORACIÓN DE UN SOFTWARE PARA EL CÁLCULO Y DISEÑO DE TURBINAS PELTON QUE GENEREN ENTRE 500 kW y 1000 kW

RESUMEN

La elaboración de un software para el cálculo y diseño de turbinas Pelton que generen entre 500 kW y 1000 kW. busca optimizar el proceso de cálculo y diseño de una turbina Pelton, en un mínimo de tiempo, sin que el usuario tenga que verse comprometido, tanto en la elaboración de cálculos matemáticos; como tampoco, en la producción de planos concernientes a estas turbinas.

El trabajo muestra como resultados específicos: los planos básicos de todas las piezas del inyector, los planos de la cuchara y sus perfiles transversales, los planos del rodete, planos del volante, planos del eje tanto de la turbina como del volante y los resultados matemáticos de velocidad del chorro a la salida del inyector, Diámetro Pelton, RPM, Ns, Nq, diámetro del chorro, potencia.

PALABRAS CLAVES: Software, turbinas Pelton.

ABSTRACT

Software's implementation to calculate and design Pelton turbines that generate between 500 kW and 1000 kW., search optimization calculating and designing Pelton turbine, in minimum time, without no user compromise with mathematical calculation, neither on turbine's drafts.

This work shows specific results: the basic drafts for all injector pieces, bucket drafts and its transverse profiles, rotor, inertial wheels, axle drafts such of the turbine as the inertial wheels and the mathematical results about flow velocity to the injector exit, Pelton diameter, RPM, Ns, Nq, flow diameter and potency.

KEYWORDS: Software, Pelton turbines.

1. INTRODUCCIÓN

La elaboración de un software para el cálculo y diseño de una pequeña turbina que genere entre 500 kW y 1000 kW', busca la vinculación de la comunidad académica como gestora de soluciones sociales hacia las comunidades que requieren formas de suministro de energía.

A partir de la necesidad de producir máquinas hidráulicas, que generen energía mecánica, por parte de personas con conocimientos básicos; es decir, interesados en ocupaciones operativas, mas no preocupados por el trabajo táctico de ingenieros, o labores estratégicas desarrolladas por teóricos o creadores de ciencia, surge el interés de crear una herramienta que facilite la elaboración del diseño y cálculo de turbinas Pelton

Dentro del trabajo, la turbina Pelton, el generador síncrono, el software Mechanical Desktop, el software Excel, el lenguaje Visual Basic y el software de "diseño de turbinas Pelton" son los conceptos alrededor de los cuales se produce el diálogo teórico que facilita el proceso de formalización del conocimiento para hacer posible el diseño.

JUAN JOSÉ ARBELÁEZ TORO

Ingeniero Mecánico
Profesor Auxiliar
Universidad Tecnológica de Pereira
juan2000@utp.edu.co

JUAN PABLO MARÍN Q.

Ingeniero Mecánico
Profesor Auxiliar
Universidad Tecnológica de Pereira
juanpmq@utp.edu.co

En este trabajo, con base en la selección de los instrumentos de conocimiento -la matemática, la geometría de una turbina Pelton, su adecuación en Mechanical Desktop y su almacenamiento en Exc el por medio del lenguaje de Visual Basic- se crea el software que opera en el sentido de calcular y diseñar virtualmente turbinas de una manera simple y versátil. Esto implica que **los resultados no han sido validados experimentalmente.**

Aquí se presenta, sin embargo, un estudio explicativo con base en los objetivos propuestos, pues una vez analizada e interpretada la información teórica seleccionada referente al problema de base, se le da sentido a través de la elaboración de un software para el diseño y cálculo de una turbinas Pelton, que garantiza la presentación de una propuesta tecnológica que beneficia a: la comunidad usuaria, al sector energético comercializador y a las empresas que construyan turbinas Pelton.

Finalmente, el trabajo 'Elaboración de un software para el cálculo y diseño de una pequeña turbina Pelton que genere entre 500 kW y 1000 kW' alcanza como resultados específicos: los planos básicos de todas las piezas del inyector, los planos de la cuchara y sus perfiles transversales, los planos del rodete, los planos del eje del volante y los planos del eje de la turbina y los resultados matemáticos de velocidad del chorro a la

salida del inyector, Diámetro Pelton, RPM, N_s , N_q , diámetro del chorro y potencia.

2. DISEÑO DEL SOFTWARE

Para la 'elaboración de un software para el cálculo y diseño de una pequeña turbina Pelton que genere entre 500 kW y 1000 kW', se utilizaron para su diseño dos elementos primordiales: (1) instrumentos matemático y geométrico para el diseño y cálculo de una turbina Pelton y (2) herramientas computacionales esenciales implementadas para 'elaboración de un software para el cálculo y diseño de una pequeña turbina pelton que genere entre 500 kW y 1000 kW' -Mechanical Desktop, Excel y Visual Basic -. El diálogo generado a partir de estos resultados teóricos (1) y (2) permite la creación de lo que en este trabajo se denomina software para el cálculo y diseño de una pequeña turbina Pelton entre 500 kW hasta 1000 kW.

2.1 Aplicaciones Matemática y Geométrica para el Cálculo y Diseño de una Turbina Pelton

Para la elaboración del software, la teoría se aplicó de la siguiente manera: conociendo la altura neta (H_n) y el caudal (Q), se procede a calcular la potencia neta de la turbina; con estos datos, se calculan los valores de: la velocidad del agua a la salida del inyector (C_1), el número específico de revoluciones (N_Q), el ángulo de talonamiento (μ), el diámetro del rodete Pelton (D_p), el diámetro del agua a la salida del inyector (d), el número de cucharas (Z).

Hechos los cálculos descritos en el párrafo anterior, se procede a la construcción geométrica de la turbina empezando por el inyector. Las cotas del inyector están en función de un rango por el diámetro de salida del agua en el inyector (d).

Seguidamente a este desarrollo geométrico, se procede a la elaboración geométrica de la cuchara cuyas cotas son el resultado del producto del diámetro de salida del chorro en el inyector y unos rangos establecidos por las casas constructoras. Para la culminación total de los planos de la cuchara, se ejecuta un proceso geométrico llamado la cata cáustica de reflexión, consiguiéndose, así, los planos transversales de la cuchara.

Una vez construidos el inyector y las cucharas, se elabora el rodete por medio del diámetro del rodete Pelton (D_p), el número de cucharas (Z) y la geometría de las cucharas calculadas en el paso anterior.

Finalmente, se diseña el eje y se calculan unas fuerzas que servirán en el proceso de implementación de las turbinas, si el propósito es hacer una construcción real.

Así se viabiliza la construcción virtual de la turbina Pelton. Ésta se caracteriza por ser una máquina motora capaz de convertir la energía cinética del agua en energía mecánica.

La turbina Pelton es una turbina de acción que se diferencia de las Turgos y las Schwamkrug por tener un rodete geoméricamente distinto. Estas turbinas operan en medianas, grandes y pequeñas centrales hidroeléctricas, diferenciándolas el número de chorros (1, 2, 3, 4). En este trabajo, el software garantiza el diseño de pequeñas turbinas de 1 y 2 chorros.

2.2 Implementación de Herramientas Computacionales Esenciales para la 'Elaboración de un Software para el Cálculo y Diseño de una Pequeña Turbina Pelton que genere entre 500 y 1000 kW'

En el mundo modemo, las herramientas computacionales hacen que el hombre opere más precisamente gracias a los **software de misión crítica** tales como los utilizados para servidores, comunicaciones, cajeros automáticos etc., y **software de misión no crítica** -campo que abarca este trabajo de grado- tales como los paquetes de diseño, administración, aplicaciones web, lenguajes de programación, etc.

Como consecuencia de lo anterior, en este trabajo se utilizan tres paquetes o software de misión no crítica; ellos son: Mechanical Desktop, Excel y Visual Basic. Los dos primeros pertenecen a los software de diseño; el Visual Basic es un lenguaje de programación dirigida a objetos y pertenece a los lenguajes de alto nivel.

2.2.1 Mechanical Desktop

Mechanical Desktop se utiliza para la construcción de todas las piezas de la turbina Pelton concernientes al inyector, las cucharas, el eje y el rodete. Esto se hace, gracias a su versatilidad, para desarrollar planos en 2 y 3 dimensiones por medio del diseño paramétrico.

El diseño paramétrico se caracteriza por ser una geometría dependiente de unas variables, para el caso de este trabajo.

Al modificar los valores de las variables -para este trabajo los valores de las variables cambian según la altura neta y caudal-, la geometría se actualiza de acuerdo con los nuevos valores. Es ésta una de las razones por las cuales Mechanical Desktop es utilizado para el desarrollo de este trabajo.

2.2.2 Excel

Excel, en la elaboración de este informe, hace parte del grupo de programas a utilizar en este trabajo. Este programa permite, en sus hojas de cálculo, guardar

información que usará Mechanical Desktop para alimentar sus variables.

2.2.3 Visual Basic

Visual Basic es un lenguaje de alto nivel que utiliza la programación dirigida a objetos. Esta herramienta elabora los desarrollos matemáticos, los almacena en Excel y, posteriormente, alimenta a Mechanical Desktop para que transforme los planos de acuerdo con las entradas que ha dado el usuario.

Visual Basic opera por medio de ActiveX Automation. Esto le permite a Visual Basic comunicarse con otros programas. Para el caso específico del presente trabajo, Excel y Mechanical Desktop interactúan con Visual Basic para que aquéllos desempeñen las funciones de almacenar los valores de las variables y actualizar las geometrías de acuerdo con estos valores.

Visual Basic, entonces, permite al usuario trabajar por medio de eventos; esto esencialmente diferencia a un lenguaje Visual de los demás lenguajes, pues responde a lo que el usuario desea hacer enmarcado dentro de unas condiciones de desempeño; en otras palabras, no es una caja cerrada donde sólo entran datos y salen unos resultados.

2.3 Software para el Cálculo y Diseño de una Pequeña Turbina que Genere entre 500 kW Y 1000 kW

El trabajo es un producto complejo que resulta de la implementación de herramientas multidisciplinarias. Aún más, los resultados se enmarcan entre los software de misión no crítica, mas específicamente en los software de diseño.

En esta herramienta -software para el cálculo y diseño de una pequeña turbina Pelton que genere entre 500 kW y 1000 kW -, el usuario introduce los datos de altura neta (Hn) y caudal (Q) en una caja de diálogo de Visual Basic. Visual Basic ejecuta todas las ecuaciones matemáticas para definir los valores requeridos por Mechanical Desktop con el fin de dibujar las partes de la turbina Pelton (inyector, aguja, rodete, cucharas, ejes, chavetas, volante, perfiles transversales de las cucharas).

El software está hecho en el lenguaje Visual Basic, el cual se comunica con el usuario por medio de unas cajas de diálogos llamadas Formularios los cuales se muestran en las figuras 1, 2, 3 y 4.

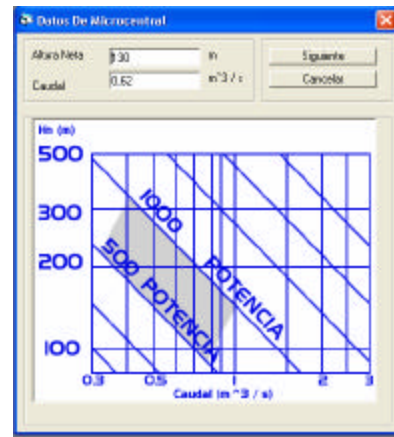


Figura 1. Datos técnicos microcentral

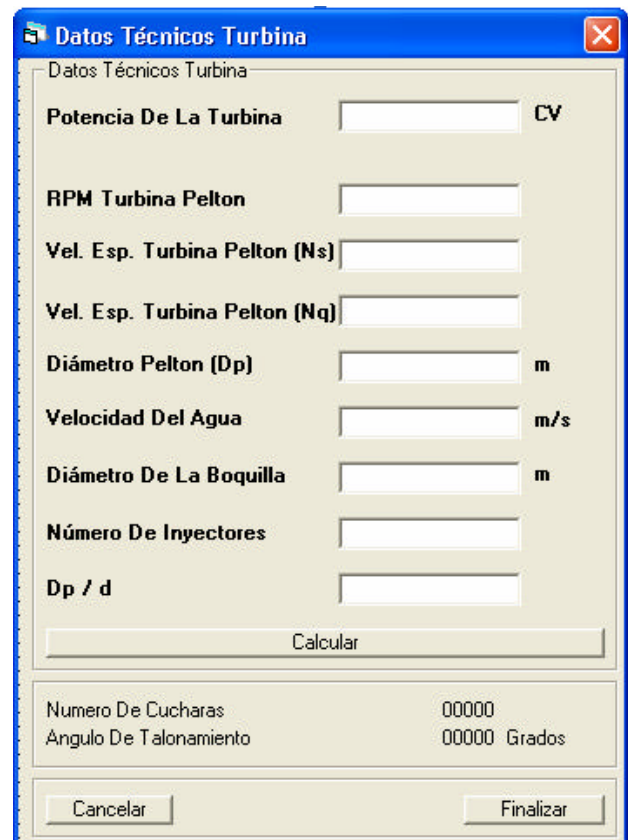


Figura 2. Datos técnicos turbina

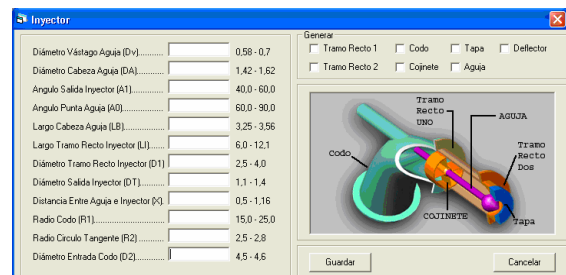


Figura 3. Formulario inyector pelton

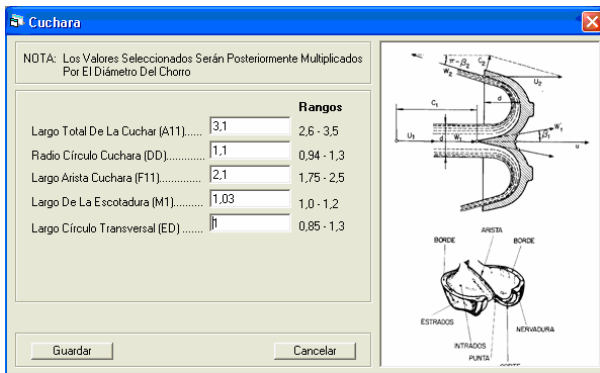


Figura 4. Formulario cuchara pelton

Los resultados generados por el software para el diseño y cálculo de pequeñas turbinas Pelton que generan entre 500 kW y 1000 kW se recrean visualmente a manera de ejemplo en las figuras 1, 2, 3, 4 y 5.

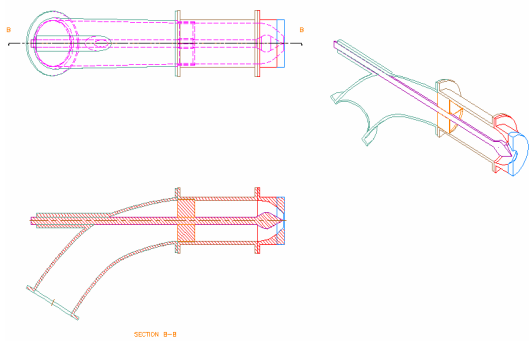


Figura 1. Plano isométrico corte inyector

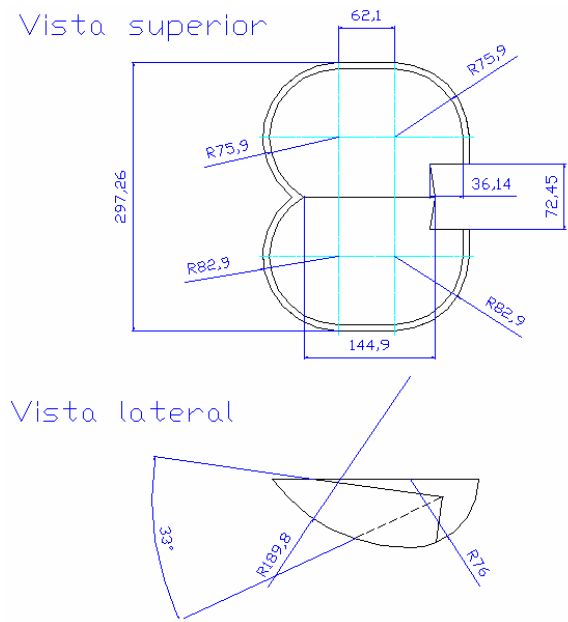


Figura 2. Plano cuchara pelton

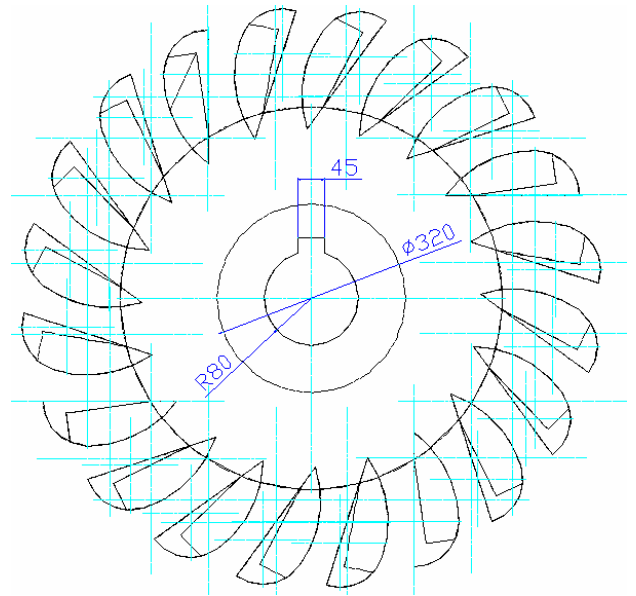


Figura 3. Plano rodete

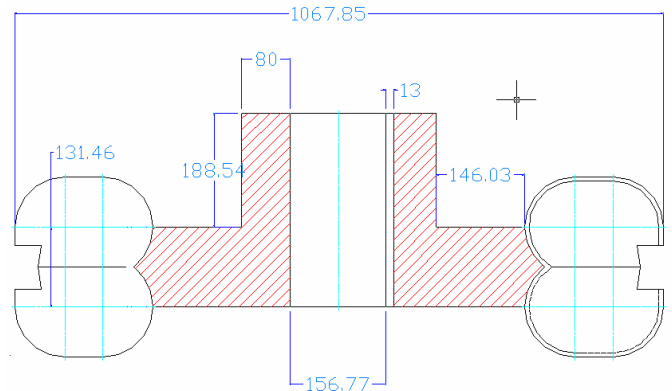


Figura 4. Corte longitudinal rodete

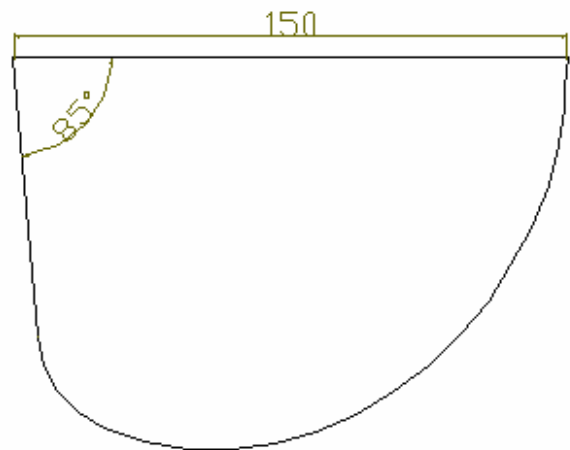


Figura 5. Perfil transversal de la cuchara

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este trabajo se ha elaborado una herramienta que soporta el diseño y cálculo de pequeñas turbinas Pelton que generan entre 500 kW y 1000 kW. Lo anterior, orientado a satisfacer la necesidad del desarrollo virtual de la turbina tipo Pelton.

Lo obtenido en el diseño virtual de la turbina Pelton son planos generales: del inyector, el rodete, el eje del rodete, eje del volante, el volante, las cucharas y sus respectivos perfiles.

El software opera en unos límites estipulados por la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) gracias a un estudio de recursos hidroenergéticos y demandas eléctricas probables.

El software para el cálculo y diseño de pequeñas turbinas Pelton que generen entre 500 kW y 1000 kW optimiza el tiempo, sistematiza los cálculos matemáticos y geométricos para la construcción virtual de la turbina.

Para el diseño de la turbina se requiere definir el número de revoluciones con que va a girar, el cual está relacionado con el diámetro del rodete, llamado diámetro de paso. Esta velocidad de giro en este trabajo se obtiene buscando siempre una de las velocidades síncronas de los generadores, ya que la turbina va en acople directo con el generador.

Para la elaboración de un software para el cálculo y diseño de turbinas Pelton que generen entre 500 kW y 1000 kW es necesario que los usuarios del software: posean conocimientos básicos sobre máquinas hidráulicas; calculen la altura neta de acuerdo con el diseño de su pequeña central eléctrica; conozcan básicamente el Mechanical Desktop.

4. BIBLIOGRAFÍA

[1] CAICEDO C., Jorge A. Diseño de elementos de máquinas: teoría y práctica. Tomo III, primera edición, 1916 paginas, Universidad del Valle, Santiago de Cali, 1985.

[2] CAÑÓN S., Guillermo et al. Mechanical Desktop Power Pack, primera edición, 193 paginas, Los autores, Medellín, 2000.

[3] CORNELL Gary. Manual de Visual Basic, sexta edición, 835 paginas, Mc Graw Hill, Madrid, 1997.

[4] ECUADOR. Organización latinoamericana de energía (OLADE). Apuntes para un manual técnico de diseño, estandarización y fabricación de equipos para pequeñas centrales hidroeléctricas. Turbinas Pelton, primera edición, 70 paginas, OLADE, Quito, 1994.

[5] NECHLEBA, Miroslav. Turbinas hidráulicas, cuarta edición, 800 paginas, Artia prague, Czechoslovakia, 1957.