

Análisis del dimensionamiento de una turbina hidráulica, por redes neuronales para una minicentral

Víctor Vidal Barrera¹

Resumen

Este trabajo desarrolla un algoritmo computacional, para la realización de la selección y diseño de las dimensiones principales del rodete, para diferentes turbinas hidráulicas por redes neuronales para una mini central entre 50 Kw a 4000 Kw, haciendo uso de las técnicas de las numerosas experiencias de práctica experimental y de laboratorio de diferentes expertos, en materias tan específicas como en la selección y diseño de estas turbinas hidráulicas de acción y de reacción, complementado con una red neuronal artificial y ecuaciones de cálculo tabuladas en cuadros estadísticos.

Dicha selección la realiza el Sistema Inteligente que usa procedimientos de conocimiento basada en los cálculos realizados por los expertos. Este campo requiere utilizar un conjunto de conocimientos basados en la experiencia acumulada durante muchos años de trabajo en esa área específica, además de emplear conocimientos y rutinas de trabajo basados en otras disciplinas.

Los conceptos de los parámetros diferentes de las ecuaciones de selección y diseño, tabuladas en cuadros estadísticos, las cuales serán aprovechados por la red neuronal artificial, previamente entrenada para que tenga capacidad de razonar, en el sentido de inferir nueva información, y que por la dificultad del problema de la selección de las turbinas requiera una solución con un grado de inteligencia. Esta cualidad de inteligencia implica una serie de elementos distintos, tales como la capacidad de aprendizaje, de auto corrección y razonamiento.

Palabras Claves

Turbinas Hidráulicas, Experto, Redes Neuronales, java, red back propagation.

Abstract

This work develops a computational algorithm to perform the selection and design of the main dimensions of the impeller for different hydraulic turbines for neural networks to a central mini from 50 Kw to 4000 Kw, using techniques from the many experiences experimental and laboratory practice of different experts in specific areas such as the selection and design of these turbines hydraulic action and reaction, complete with an artificial neural network calculation equations tabulated in statistical tables.

The selection is done by the intelligent system that uses knowledge of procedures based on the calculations made by experts. This field requires use of a body of knowledge based on experience accumulated over

many years of work in that specific area, in addition to using knowledge and work routines based on other disciplines.

The concepts of different parameters of the selection and design equations tabulated in statistical tables, which will be used by the artificial neural network, previously trained to have ability to reason, in the sense of inferring new information, and that the difficulty of the problem of selection of the turbines required a solution with a degree of intelligence. This quality of intelligence involves a number of distinctive features, such as learning ability, self-correcting and reasoning.

Key words

Hydraulic Turbines, Expert, Neural Networks, Java, back propagation network.

Introducción

Desde la antigüedad, el hombre ha buscado medios para que su labor cotidiana sea más cómoda, para ello ha ido desarrollando técnicas e instrumentos que le liberen de los trabajos menos gratos; sin embargo la gran mayoría de ellos precisan que el ser humano supervise e intervenga en su operación.

Puede decirse que el cerebro humano es un elemento de procesamiento de la información extremadamente complejo, cuyo modo de funcionamiento es eminentemente paralelo y cuyo comportamiento no puede describirse por medio de modelos sencillos como son los lineales. De ahí que surgiera, dentro de la Inteligencia Artificial, una rama que intenta imitar el comportamiento del cerebro: los sistemas conexionistas o redes neuronales artificiales.

Como la energía hidráulica ha sido hasta el momento la de mayor acogida, y el interés de crear un software para la selección y diseño de turbinas hidráulicas que genere entre 50kW y 4000kW; a partir de la necesidad de producir máquinas hidráulicas, se requiere crear una herramienta que facilite la elaboración del diseño, selección y construcción de turbinas; en la actualidad los sistemas expertos constituyen una de las principales aplicaciones de la inteligencia artificial. "La Inteligencia Artificial es el conjunto de técnicas que se aplican en el diseño de programas para computador que tengan capacidad de razonar, en el sentido de inferir nueva información, y que por la dificultad del problema requieren una solución con un grado de inteligencia".

En la actualidad la búsqueda de alternativas energéticas para la generación de energía eléctrica, es tal vez una de las principales fuentes de desarrollo y de mejoramiento de la calidad de vida del hombre actual; actualmente se cuenta con cuatro tipos especiales de instalaciones no convencionales llamadas: grandes centrales, pequeña central, mini central y micro central, las cuales han revolucionado el sector de la generación de energía eléctrica, no sólo en países en desarrollo, sino también en países industrializados como Estados Unidos.

Finalmente, el trabajo "Análisis del dimensionamiento de una turbina Hidráulica, por Redes Neuronales para una Mini central" para la selección y diseño de turbinas hidráulicas que genere entre 500kW y 1000kW alcanza como resultados específicos: la selección de la turbina para las condiciones de entrada de altura y caudal, las dimensiones principales del rodete y los resultados matemáticos de velocidad del chorro a la salida del inyector, RPM, Ns y potencia.

Diseño del Software

Para la elaboración de un software para el "Análisis del dimensionamiento de una turbina Hidráulica, por Redes Neuronales para una Mini central", se utilizaron para su diseño dos elementos primordiales: (1) instrumentos matemático y geométrico para la selección y diseño de las diferentes turbinas hidráulicas, tales como: Pelton, Francis, Hélice, Kaplan y Michell y (2) herramientas computacionales como el NeuroShell 2, basada en la inteligencia artificial aplicada principalmente como herramienta para la predicción y la clasificación de patrones; el NeuroShell 2 genera un código fuente en Visual C. El código generado a partir de estos resultados teóricos (1) y (2) permite la creación en este trabajo de un software que permite la selección y diseño de turbinas hidráulicas para una mini central.

Aplicaciones Matemática y Geométrica para la Selección y Diseño de Turbina Hidráulicas.

Para la elaboración del software, la teoría sobre turbinas hidráulicas, 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 en hp y kw; con estos datos, se calculan los valores de: la velocidad específica (N_s), velocidad del agua a la salida del inyector (C_1), los diámetro principales del rodete, el diámetro del chorro del agua a la salida del inyector (d_{ch}), dimensiones y el número de cucharas (Z).

Realizados los cálculos indicados 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).

Método de las Redes Neuronales Artificiales (merna)

Ante la gran variedad de turbinas hidráulicas para la generación de energía eléctrica, uno de estos problemas, que se presenta a la hora de seleccionar cuál es el tipo de turbina más conveniente, para un salto y un caudal, pues debe lograrse realizar una instalación con la que se obtenga el mejor aprovechamiento de los recursos, con facilidades de mantenimiento, y al precio más favorable.

Por esta razón se ha desarrollado un método en el proceso de selección y diseño de las turbinas hidráulicas, que permita seleccionar y diseñar a la turbina sin necesidad de tener a un experto en esta materia. Para seleccionar una turbina hidráulica, se requiere clasificar las diferentes turbinas por el salto, caudal, su velocidad específica, la potencia y sus eficiencias; esta clasificación se muestra en la Tabla 1.1.

Tabla 1.1: Valores característicos de las turbinas hidráulicas.

Clases de Turbinas		Tipos de	Ns	Q	H _{max adm.}	η	P
		Rodete	(rpm)	(m ³ /seg)	(m)	%	KW
TURBINAS DE ACCIÓN	PELTON	1 Ch	10 - 30	0.03 - 0.41	90 - 300	70-91	30 - 900
		2 Ch	30 - 50	0.07 - 1.1	60 - 300		30 - 2500
		4 Ch	30 - 50	0.65 - 2.0	150 - 300		750 - 4000

Clases de Turbinas		Tipos de	Ns	Q	H _{max adm.}	η	P
		Rodete	(rpm)	(m ³ /seg)	(m)	%	KW
TURBINAS DE ACCIÓN	TURGO		60 - 260	0.83 - 4.5	35 - 175	65-85	750 - 1500
	MICHELL-BANKI		40 - 160	0.12 - 1.1	11 - 90	65-82	30 - 150
TURBINAS DE REACCIÓN	BOMBA ROTODINAMICA		30 - 170	0.05 - 0.25	10 - 250	60-80	5 - 50
		FRANCIS	Lenta	60 - 125	1.3 - 7	50 - 200	80-92
	Normal	125 - 225	0.25 - 2.5	20 - 150	150 - 750		
	Rápida	225 - 350	0.6 - 12	10 - 55	30 - 4000		
	Extra rápida	350 - 450	0.7 - 3.0	5 - 9	30 - 180		
	KAPLAN	Kaplan	300 - 600	5 - 25	8.5 - 35	90	400 - 4000
Hélice		500 - 1000	1.4 - 11	2.5 - 10	85	30 - 400	
Tubular		300 - 1000	7.4 - 25	2.5 - 7	93	400 - 1500	

Cada una de estas posibles soluciones tiene una determinada zona de aplicación en el diagrama técnico "caudal - altura" de selección del tipo de turbina, como se observa en la figura 1.1. Estas zonas de aplicación se han incorporado a la base de conocimiento del MERNA, siendo estas las que determinan posteriormente la selección y el cálculo de las diferentes tipos de turbinas.

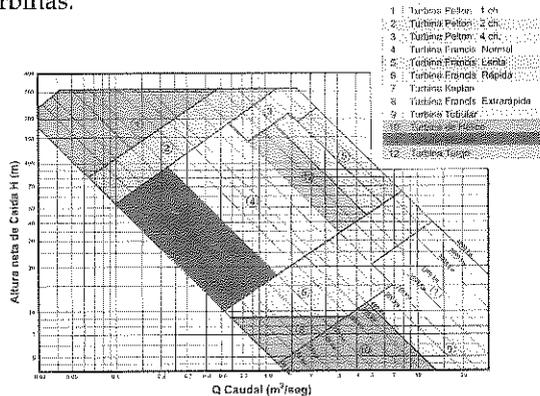


Fig. 1.1 Diagrama de selección de turbina

El Software el NeuroShell 2 (la página de inicio se muestra en la figura 1.2) es un programa para Windows que se utiliza para tratar para resolver una amplia variedad de problemas en materia de modelación de datos de negocio, investigación básica y entornos industriales. NeuroShell 2 es una herramienta para la creación de sistemas RNA, que permite predecir en la selección y dimensiones de una turbina.

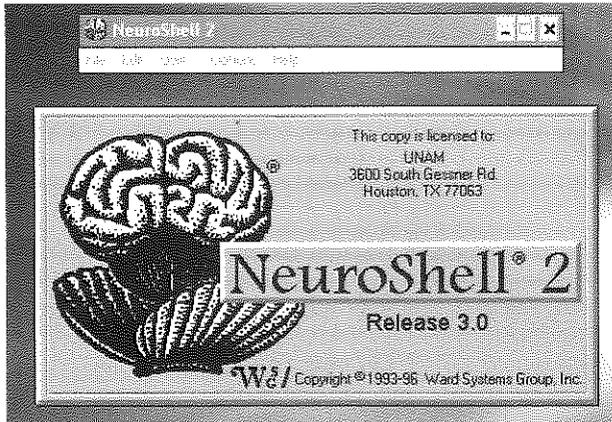


Fig. 1.2 NeuroShell 2.

Como consecuencia de lo anterior, en este trabajo se utilizan tres paquetes o software; ellos son: Cad, Excel y Visual C++. Los dos primeros pertenecen al software de diseño; el Visual C++ es un lenguaje de programación dirigida a objetos y pertenece a los lenguajes de alto nivel.

Visual C++

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

Visual C++, permite al usuario trabajar por medio de eventos, 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.

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 se usará en un programa Cad.

Software para la Selección y Diseño de Turbinas Hidráulicas que Genere Entre 50kw y 4000kw

El trabajo desarrollado ejecuta todas las ecuaciones matemáticas para obtener los valores requeridos tanto para seleccionar la turbina y dimensionar las partes principales del rodete. Este software de diseño utiliza como herramienta principal el NeuroShell 2, que después de un entrenamiento con ejemplos desarrollados, nos arroja un programa fuente en Visual C; luego con Visual C++ (C#, Net Bean) se desarrolla una caja de diálogo, que utiliza, el usuario para ingresar los datos de altura neta (Hn) y caudal (Q) en la pantalla de inicio que se observan en las figuras 1.3 (a) y (b).

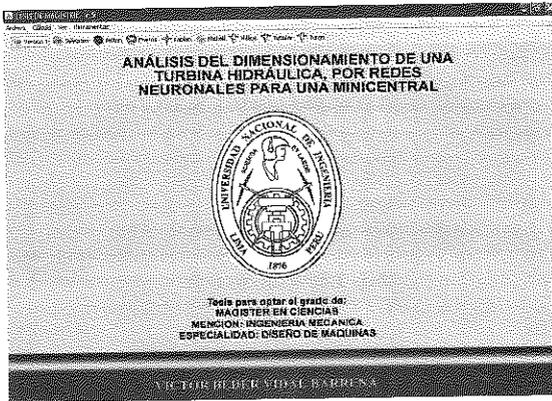
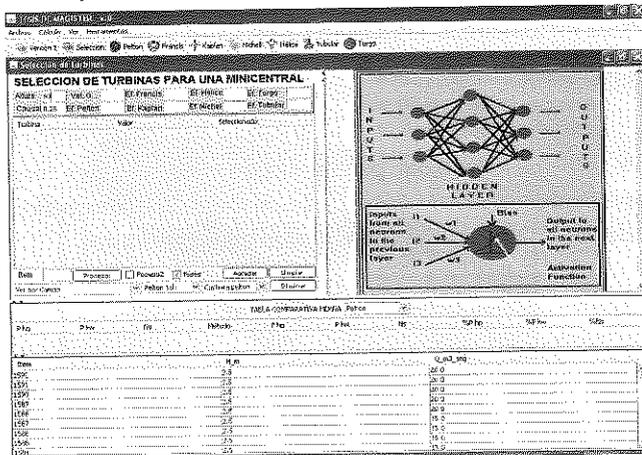


Fig. 1.3 (a) Pantalla de inicio.

En la pantalla de inicio, como se observa en la figura 1.3 (b), observamos en la caja de diálogo, parte inferior de la pantalla un menú de ayuda en donde podemos seleccionar la altura y caudal que se deseando doble click en los valores deseados, o también digitando el número del item deseado en la caja "item", luego presionamos enter.



Selección de una Turbina Francis Normal

Ingresar los datos del ítem 244, $H = 100$ m, $Q = 2.50$ m³/seg, el software desarrollado (MERNA) selecciona: Turbina Francis Lenta, como se observa en las figuras 1.4 y 1.5. El calificativo de selección de la red neuronal es 6.942, resulta por lo tanto un calificativo óptimo del rango 5 al 10.

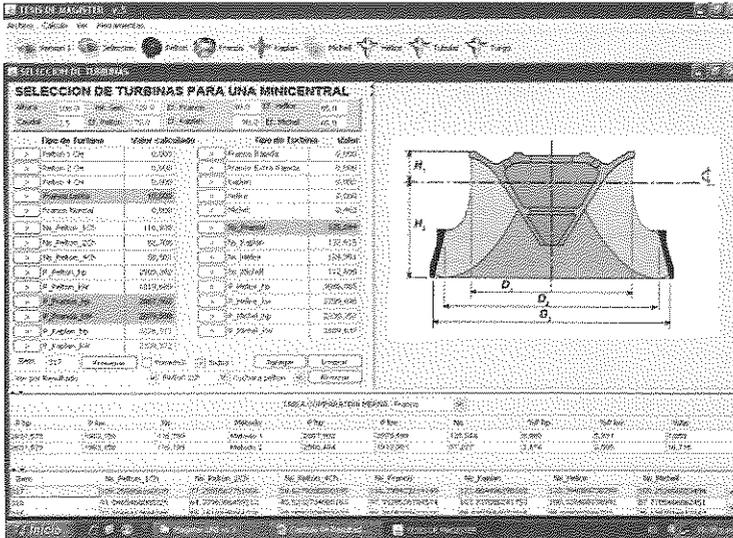


Fig. 1.4 Selección de una turbina Francis Lenta: Método 1.

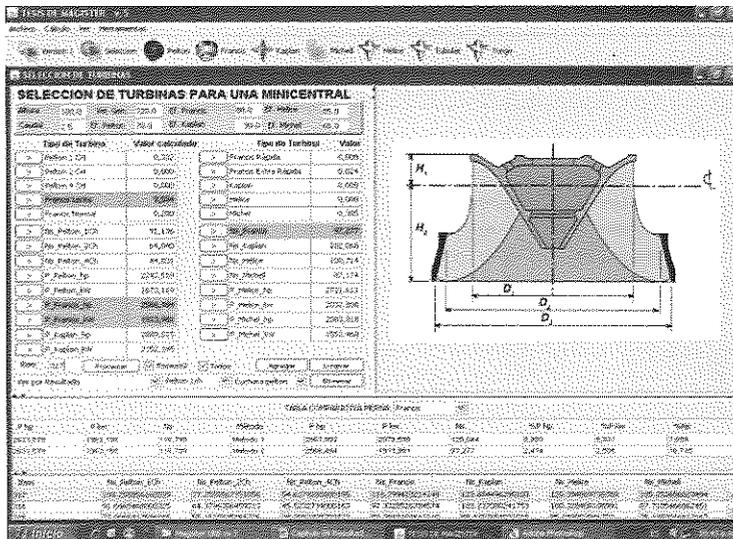


Fig. 1.5 Selección de una turbina Francis Lenta: Método 2.

En las tablas 1.2 y 1.3 mostramos la comparación de los resultados obtenidos, de los cuatro métodos desarrollados en este trabajo; selección y diseño por el método tradicional y por el método MERNA (métodos 1, 2, 3 y 4) y la desviación en los resultados que se presentan. Al Ingresar los datos indicados el MERNA, selecciona la turbina y calcula las dimensiones principales del rodete; para las condiciones de entrada corresponde a una Turbina Francis Lenta, como se observan en las figuras 1.6 y 1.7.

Tabla 1.2 Comparación de resultados: Selección de la Turbina Francis Lenta.

Método Tradicional			Método	Variables de Salida			[(Mt - SM)/Mt]*100 %		
P hp	P kw	Ns		MERNA	P hp	P kw	Ns	P hp	P kw
2631.579	1963.158	116.799	Método 1	2867.902	2079.598	125.044	8.980	5.931	7.059
2631.579	1963.158	116.799	Método 2	2566.484	1913.981	97.277	2.474	2.505	16.715
2631.579	1963.158	116.799	Método 3	2601.389	1884.462	119.898	1.147	4.009	2.653
2631.579	1963.158	116.799	Método 4	2461.272	1836.250	111.471	6.472	6.464	4.562

Tabla 1.3 Comparación de resultados: Dimensiones de la Turbina Francis Lenta.

Método Tradicional			Método	Variables de Salida			[(Mt - SM)/Mt]*100 %		
D3Tasp	D_Rd	D2cor		MERNA	D3Tasp	D_Rd	D2cor	D3Tasp	D_Rd
599.578	724.938	602.207	Método 3	611.578	723.066	609.164	2.00	0.258	1.155
599.578	724.938	602.207	Método 4	597.452	723.282	594.903	0.354	0.228	1.213

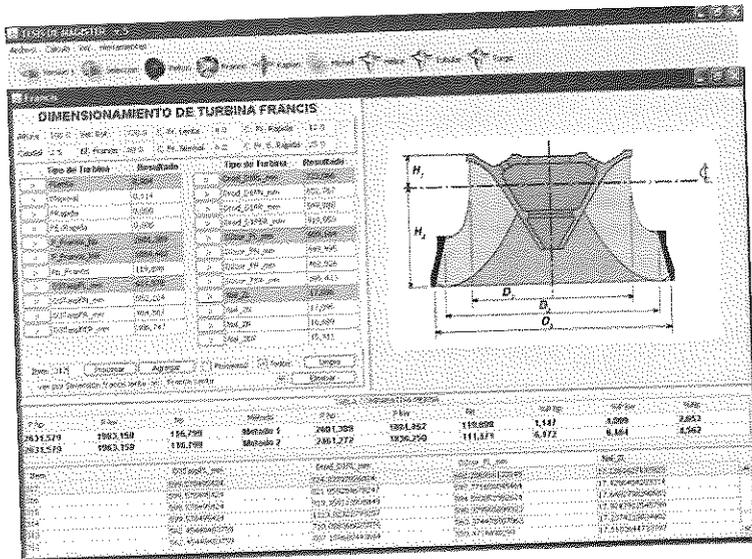
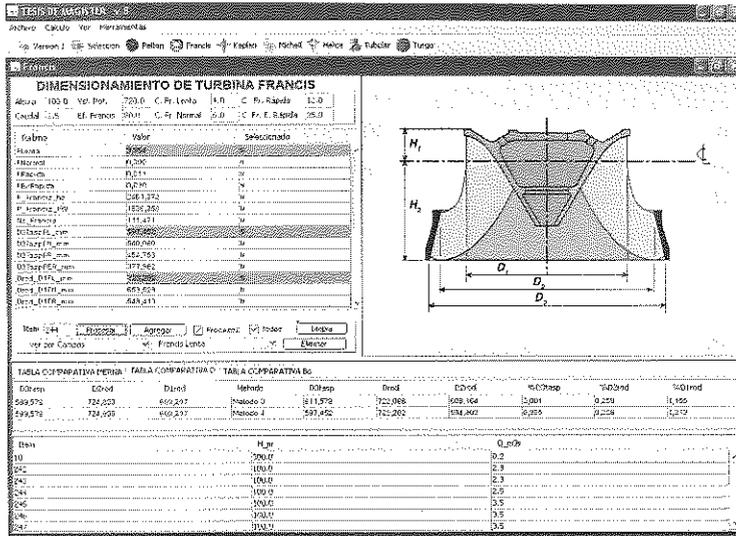


Figura 1.6 Dimensionamiento de la Turbina Francis Lenta: Método 3



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En la evaluación de la selección de las turbinas y diseño de las dimensiones principales, se han utilizado dos métodos: el tradicional y la utilización del MERNA que utiliza cuatro métodos para la selección y dos métodos para el cálculo de sus dimensiones principales.

1.El sistema desarrollado está especialmente dirigido a resolver el problema de la selección y diseño de turbinas hidráulicas que genere entre 50kW y 400kW, en los casos en que no se encuentre el experto y para optimizar los cálculos matemáticos y geométricos para la selección y construcción virtual para estas turbinas hidráulicas.

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

3.El software selecciona y diseña utilizando fórmulas matemáticas y geométricas estipuladas en el "Manual de Mini y Micro centrales Hidráulicas" (ITDG). Una guía para el desarrollo de proyectos.

4.El software desarrollado utiliza el NeuroShell 2, su entrenamiento se realizó en el sistema de principiante y el sistema avanzado. En el sistema avanzado, la red back propagation genera un archivo en C que ocupa 180kb, la red GRNN genera un archivo en C que ocupa 1.9 MB, este archivo no es posible compilarlos directamente sin sucesivas divisiones del código fuente.

5. Realizar el entrenamiento utilizando mayor número de neuronas, superiores a las 30 neuronas que se han utilizado, e incrementar el tiempo de entrenamiento de la red.

6. El entrenamiento de la red debe seguir procesos específicos ajustados al problema en particular, lo que incluye examinar y determinar un factor clave como lo es la condición de parada adecuada a cada caso.

BIBLIOGRAFÍA

L.B. ALMEIDA. "Backpropagation en perceptrón con comentarios" Neural Computers (R. Eckmiller, C. von der Malsburg, eds) NATO ASI Ser., pp. 199-208, New York: Springer Verlag, 198.

QUANTZ L. (1992) "Motores Hidráulicos" Construcción y cálculo de las instalaciones modernas de fuerza hidráulica. L. Quantz. Editorial Gustavo Gili, SA

ITDG PERÚ (1995) "Manual de Mini y Micro centrales Hidráulicas" Una guía para el desarrollo de proyectos. Intermediate Technology Development Group, ITDG-PERÚ

WILFREDO JARA T. (1998). "Máquinas Hidráulicas" Fondo Editorial INIFIM. Instituto de Investigación de la Facultad de Ingeniería Mecánica.

TSUGUONOZAKI, "Guía para la Elaboración de Proyectos de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas destinadas a la Electrificación Rural del Perú" Julio de 1968.