

# Análisis para la autogeneración de energía hidroeléctrica a pequeña escala, caso EMSAD San Sebastián del Oeste Jalisco.

Celerino de Jesús Mendoza Azuara<sup>1</sup>, José Luis Ceja Anaya<sup>2</sup>, Juan José Contreras Pacheco<sup>3</sup>, Alexia Jackeline Uribe Campos<sup>4</sup>

Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Mascota

1,2,3 Profesores del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Mascota

4 Alumna del Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico José Mario Molina Pasquel y Henríquez Unidad Académica Mascota

celerino.mendoza@mascota.tecmm.edu.mx

**Resumen:** La generación de energía de una corriente de agua es la fuente de energía renovable más utilizada en el mundo para generar electricidad. La mayoría es producida con centrales de gran escala que utilizan presas y embalses grandes los cuales pueden almacenar gran cantidad de agua para regular la generación. Los sistemas a pequeña escala son proyectos generalmente realizados al filo de agua, o que desvían temporalmente una parte del caudal de la corriente lo que permite la producción de energía eléctrica en pequeñas cantidades. La presente investigación tiene como finalidad realizar el análisis del caudal del arroyo de agua en las instalaciones del EMSAD perteneciente a San Sebastián del Oeste Jalisco, mediante el método del flotador.

Palabras clave: técnica del flotador, análisis de caudal, energía renovable, pequeña escala

## Abstract

Generating power from a stream of water is the most widely used renewable energy source in the world to generate electricity. Most are produced by large-scale power plants that use dams and large reservoirs that can

store large amounts of water to regulate generation. Small-scale systems are projects generally carried out at the edge of water, or that temporarily divert a part of the flow of the current, which allows the production of electricity in small quantities.

The purpose of this research is to analyze the flow of a water stream in the facilities of the EMSAD belonging to San Sebastián del Oeste, Jalisco, using the float method.

Key words: float method, flow analysis, renewable energy, small scale

## I INTRODUCCIÓN

En la sociedad actual cada día toma más relevancia el desarrollar proyectos con enfoque sustentable ya que los recursos que provee el medio ambiente deben cuidarse para uso de generaciones futuras.

La medición del caudal tiene gran importancia para saber la disponibilidad del agua con la que se cuenta y poder distribuir el agua en la cantidad deseada a los usuarios [1]. Los caudales ecológicos se definen como el régimen fluvial en un cuerpo de agua que permite mantener el funcionamiento del ecosistema acuático en condiciones naturales. [2]. Por su parte en México, se establece el

procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas [3].

El uso de métodos como la técnica del flotador para medir la velocidad del caudal del agua, cálculos matemáticos para determinar los tipos de materiales a utilizar, así como las modificaciones y diseños que se deben realizar, permiten determinar la factibilidad de generación de energía eléctrica a pequeña escala en explotaciones a filo de agua como alternativa sustentable [4].

El procedimiento para realizar el método del flotador escoge el tramo recto “A” y “B”, este lugar debe ser el adecuado, puede coincidir con la sección transversal en donde se encuentra la estación hidrométrica u otro lugar en donde el agua fluya naturalmente. El uso de este método permite identificar de manera introductoria la factibilidad de generación de energía hidroeléctrica a escalas menores en pequeñas generaciones.

## II DESAROLLO DE CONTENIDOS

Para llevar a cabo el análisis y toma de mediciones se procede a realizar un estudio en una sección del afluente [5], a través de la técnica del flotador se analiza y calcula la velocidad del caudal superficial y profundidad.

Este método consta de realizar mediciones de la velocidad del caudal del agua en un tramo uniforme sin troncos de árboles ni piedras grandes en diferentes estaciones del año, lo anterior para obtener datos mínimos, medios y máximos, donde se utiliza un material flotante (pedazo de madera), un cronómetro y una cinta métrica con una longitud de 10 o 5 metros mínimo. Se deja caer el material flotante y, al tener contacto con el agua, se activa el cronómetro hasta que éste avance una longitud de 10 metros, el punto donde se deja caer el material flotante se denomina punto A y a 10 metros de recorrido se denomina punto B, se realizan repeticiones de mediciones siendo necesarias 3 mediciones que no varíen demasiado en el tiempo final cronometrado para que el método pueda sea validado.

Para conocer la velocidad del agua, deberá dividirse el largo de la sección elegida, en metros, por el tiempo que demoró el flotador en recorrerla, expresado en segundos, como se indica en la siguiente relación [6]:

$$V = \text{Largo sección en M} / \text{Tiempo en recorrerla S} = M / S$$

## III METODOLOGÍA

Como primera actividad, se realizó la medición de la velocidad del caudal en un periodo de 12 meses, donde se tomaron 5 mediciones en una longitud de 5 metros del punto A al punto B, iniciando mediciones en el mes de octubre de 2022 y finalizando el mes de septiembre de 2023. De la misma manera también se realizaron las mediciones de la profundidad del punto A y el punto B en cada evento.

Las mediciones del periodo se muestran a continuación (ver figuras. 1,2,3,4,5,6 y 7):

Altura punto A	Altura punto B	Velocidad del caudal	7.35 segundos
18 cm	17 cm		9.97 segundos
			6.56 segundos
			6.24 segundos
			8.49 segundos
		Velocidad promedio	7.9 segundos

Figura 1 Cálculo velocidad de caudal octubre 2022

Altura punto A	Altura punto B	Velocidad del caudal	8.10 segundos
15 cm	13 cm		8.43 segundos
			8.30 segundos
			8.20 segundos
			8.29 segundos
		Velocidad promedio	8.26 segundos

Figura 2 Cálculo velocidad del caudal noviembre 2022

Altura punto A	Altura punto B	Velocidad del caudal	7.60 segundos
14 cm	12 cm		9.80 segundos
			9.11 segundos
			8.93 segundos
			9.10 segundos
		Velocidad promedio	8.9 segundos

Figura 3 Cálculo velocidad de caudal diciembre 2022

Altura punto A	Altura punto B	Velocidad del caudal	6.30 segundos
11 cm	10 cm		5.60 segundos
			5.30 segundos
			5.72 segundos
			5.10 segundos
		Velocidad promedio	5.60 segundos

Figura 4 Cálculo velocidad de caudal enero 2023

Altura punto A	Altura punto B	Velocidad del caudal	5.51 segundos
14 cm	10 cm		5.11 segundos
			5.39 segundos
			5.18 segundos
			5.07 segundos
		Velocidad promedio	5.25 segundos

Figura 5 Cálculo velocidad de caudal febrero 2023

Altura punto A	Altura punto B	Velocidad del caudal	6.71 segundos
9 cm	12 cm		6.51 segundos
			6.49 segundos
			6.54 segundos
			6.23 segundos
		Velocidad promedio	6.51 segundos

Figura 6 Cálculo velocidad de caudal marzo 2023

Altura punto A	Altura punto B	Velocidad del caudal	0 segundos
0 cm	0 cm		0 segundos
		Velocidad promedio	0 segundos

Figura 7 Cálculo velocidad de caudal abril 2023

Obsérvese que el cálculo de la velocidad de caudal del mes de abril 2023 se aprecia en 0 ya que el arroyo donde se desarrollaron las mediciones se secó, tal y como se puede observar en la siguiente imagen (Figura 8).



Figura 8 Punto de medición sin agua abril 2023

Durante los meses de mayo, junio y julio del 2023, el arroyo donde se realizaron las mediciones presento una constante sin suficiente agua, haciendo imposible realizar las mediciones de caudal y profundidad del agua, las imagenes que a continuación se presentan lo denotan:



Figura 9 Punto de medición mayo 2023



Figura 10 Punto de medición junio 2023



Figura 11 Punto de medición julio 2023

Para los meses de agosto y septiembre del 2023 ya fue posible realizar las mediciones de velocidad de caudal y profundidad, los resultados se muestran a continuación:

Altura punto A	Altura punto B	Velocidad del caudal	11.71 segundos
9 cm	12 cm		9.24 segundos
			9.03 segundos
			8.96 segundos
			10.04 segundos
		Velocidad promedio	9.85 segundos

Figura 12 Punto de medición agosto 2023

Altura punto A	Altura punto B	Velocidad del caudal	11.31 segundos
10 cm	13 cm		9.03 segundos
			8.58 segundos
			8.01 segundos
			9.93 segundos
		Velocidad promedio	9.42 segundos

Figura 13 Punto de medición septiembre 2023

Una vez registradas las mediciones del periodo de estudio establecido, se procede a realizar la sumatoria de las velocidades promedio para posteriormente dividir las entre la cantidad de meses evaluados; como paso final se divide la longitud del punto de medición que es 5 metros entre el resultado de la sumatoria de las velocidades promedio, el resultado se muestra en la siguiente imagen.

Velocidad promedio total	7.58 segundos
Velocidad del caudal	0.65 M/S

Figura 14 Resultado velocidad de caudal

#### IV RESULTADOS

El análisis para la generación de energía eléctrica en explotaciones a filo de agua, permitió poner en práctica técnicas de medición del caudal que sirven como condiciones iniciales para el diseño de sistemas que permiten determinar la factibilidad de generar energía eléctrica a pequeña escala, en un afluente de un arroyo en las Instalaciones del EMSAD, San Sebastián del Oeste Jalisco, teniendo 0.65 M/S como resultado promedio de las mediciones de ocho meses en un periodo de un año, desde septiembre 2022 a octubre 2023.

#### V CONCLUSIONES

Al medir la velocidad del caudal del arroyo mediante el método del flotador en diferentes etapas del año se determinó la condición inicial para realizar diseños que permitan maximizar la posibilidad de autogeneración de energía eléctrica a pequeña escala en áreas que cuenten con poca profundidad.

#### V REFERENCIAS

- [1] T. R. Pamela y I. Heradio Flores, «CAUDALES, AFO Y CÁLCULOS DE LAS PERSISTENCIAS,» UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI, Lir 2018.
- [2] S. C. D. L. German y M. Aguilar Robledo, «Estimación de los caudales ecológicos en el Río Valles con el método Tennant,» *Hidrobiológica*, vol. 19, n° 1, pp. 25, 32, 2009.
- [3] S. d. economía, *Norma Mexicana NMX-AA-159-SCFI-2012*, Mexico : Diario oficial de la federación, 2012.
- [4] G. Chamorro, «Guía de hidrometría. Estimación del caudal por metodo de flotadores,» *Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú.*, vol. 1, n° 1, p. 18, 2011.
- [5] C. Cabrera y D. Rodrigo, «Diseño y construcción de una turbina hidrocíntrica de eje vertical para generación de energía eléctrica en los canales de majes,» Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, 2020.
- [6] B. M. Antonio y M. T. Pino, «Medición de presión y caudal,» INIA - Kampenaike, Punta arenas, 200.
- [7] D. Adam, A. M. Majano , A. Ochs y R. Palencia, *La ruta hacia el futuro para la energía renovable en centroamérica*, Alajuela: Trayser, 2013.
- [8] G. L. Esteban y J. Guñen, «Leyes de eficiencia energética en latinoamerica y el caribe,» Olade, Quito, 2011.

- [9] R. G. L. d. Jesús y M. Montenegro, Fragoso, «Las centrales hidroeléctricas en México, pasado, presente y futuro,» *Ciencias del agua*, vol. III, n° 2, pp. 103, 121, 2012.
- [10] S. D. R. Enrique, Estudio geotécnico de algunos bancos de limo y aluvión para la construcción del proyecto hidroeléctrico la yesca, Tacna: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, 2013.
- [11] T. R. P. Tania, «Caudales, Aforos, y Cálculos de persistencias,» Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua, 2018.