

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS CUANTITATIVO PARA CAUDALES DE RÍOS Y SU FACTIBILIDAD DE GENERACIÓN MINI-HIDRAULICA

Luis Alexis Morales Gómez (1), Miguel Ángel Gómez Martínez (2)

1 [Ingeniería Electromecánica, Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra] | Dirección de correo electrónico: [mora_alexis@hotmail.com]

2 [Departamento de Ingeniería Eléctrica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [gomezma@ugto.mx]

Resumen

Tabasco se encuentra en el sureste del país. A un lado del golfo de México. Se caracteriza por tener el potencial necesario para genera su propia energía eléctrica. Sin embargo este es alimentado energéticamente por el estado de Chiapas, dejando pasar la posibilidad de generar su propia energía eléctrica, beneficiando así a los tabasqueños puesto que la cuota de la electricidad bajaría mucho y podría aprovecharlo comerciando la producción con estados cercanos a tabasco. Para probar la factibilidad de generación mini hidráulica se utilizó el método de series de Fourier que trata de un método de análisis de eventos periódicos. Teniendo en cuenta los datos obtenidos por la **CONAGUA** (Comisión Nacional del Agua) del gasto anual del río Oxolotan ubicado alrededor del poblado Oxolotan, Tacotalpa, Tabasco es de $95.06 \text{ m}^3 / \text{s}$ pudiendo producir un total de 85.742.16 Mw. Teniendo la capacidad de alimentar a 34,000 casas hogares tomando en cuenta de que una casa hogar consume promediamente 2500 w. Al obtener el modelo matemático más preciso del comportamiento del caudal del río Oxolotan graficado en un diagrama de dispersión y analizado utilizando series de Fourier podemos predecir a futuro como se comportara el caudal del río del que estamos hablando y podremos predecir a futuro cuanto se podrá producir de electricidad, y utilizar esa información para acciones favorables.

Abstract

Tabasco is in the southeast. On one side of the Gulf of Mexico. It is characterized by having the potential to generate its own electricity. However this energy is supplied by the state of Chiapas, letting the ability to generate their own electricity, benefiting Tabasco since the share of electricity is significantly reduced and production could take advantage of trading with nearby Tabasco states. To test the feasibility of mini hydro generation method Fourier series is an analysis method used periodic events. Considering the data obtained by the CONAGUA annual spending Oxolotán river town located about Oxolotán, Tacotalpa, Tabasco is $95.06 \text{ m}^3 / \text{s}$ can produce a total of 85.742.16 Mw. Having the ability to feed 34,000 households households considering that a group home consumes promediamente 2500 w. To get the most accurate mathematical model of the behavior of river flow I Oxolotán plotted on a scatter diagram and analyzed using Fourier series we can predict the future as the river flow we are talking to behave and we can predict the future as it can produce electricity, and use that information to favorable actions.

Palabras Clave

1; gasto2; series de Fourier 3;caudal del ríos Oxolotan4; mini hidráulica

INTRODUCCIÓN

El método convencional de producción de energía eléctrica conlleva a muchas consecuencias en cuanto al ambiente. Esto se debe a que estos métodos generalmente funcionan con la quema de combustibles fósiles para generar el producto energético, las consecuencias son un incremento en los daños producido por el fenómeno del niño y a niña, rotura de la capa de ozono, cambios climáticos y bruscos. Para esto se firmó el protocolo de Kioto. Para que se fomentara los medios de producción por medio de energías renovables. En el siguiente artículo se trató la factibilidad de la implementación de un medio de producción renovable (mini hidráulica) para un caso en específico.

MATERIALES Y MÉTODOS

- Matlab (Matrix Laboratorio)
- Lap top

El aspecto más importante a evaluar en la implantación de un proyecto, en este caso un sistema mini hidráulico: es asegurar el éxito (la factibilidad) que este debe tener puesto que si no lo tuviese, implementarlo sería contraproducente para los intereses comunes. Como pudimos observar previamente el lugar escogido para llevar a cabo el proyecto es “el río Oxolotan” para esto se evaluó el potencial hidro energético de dicho río que es el estudio de la variación del caudal del río a lo largo del año, con estos datos se puede obtener la potencia disponible que puede generar el caudal del río y los límites máximos y mínimos de potencia que puede ser aprovechado.

En base a los datos obtenidos por la **CONAGUA** del gasto que genera el río Oxolotan anualmente expresada en m^3/s se aplicó algunas metodologías. Los estudios realizados proyecto resultados, los cuales sirvieron para la predicción del comportamiento futuro del caudal del río elegido para obtener la potencia aprovechable y lo más importantes de acuerdo a

Los resultados arrojados fue posible determinar la factibilidad puntual de la instalación de la central de generación mini hidráulica.

Método de predicción

Los métodos de predicción son procesos de estimación de un acontecimiento futuro utilizando datos precisos de eventos pasados. Estos se combinan sistemáticamente en forma predeterminada para hacer una estimación del futuro. La estimación del comportamiento futuro de algunas variables puede realizarse utilizando diversas técnicas de pronóstico. Cada una de las técnicas de proyección tiene una aplicación de carácter especial que hace de su selección un problema de decisión influido por diversos factores, como por ejemplo, la validez y disponibilidad de los datos históricos, la precisión deseada del pronóstico, el costo del procedimiento, los beneficios del resultado, los periodos futuros que se desee pronosticar y el tiempo disponible para hacer el estudio entre otros [1].

Los modelos de pronóstico causales parten del supuesto de que el grado de influencia de las variables que afectan al comportamiento permanece estable, para luego construir un modelo que relacione ese comportamiento con las variables que se estima que son las causantes de los cambios [2].

Los modelos de series de tiempo

Se refieren a la medición de valores de una variable en el tiempo a intervalos espaciados uniformemente. El objetivo de la identificación de la información histórica es determinar un patrón básico en su comportamiento, que posibilite la proyección futura de la variable deseada. [4]

Caso de estudio

Los datos obtenidos del gasto anual del río Oxolotan corresponden a datos obtenidos por la **CONAGUA**, dichos datos fueron obtenidos de la página oficial de la **CONAGUA**

ftp://ftp.conagua.gob.mx/Bandas/Bases_Datos/Bandas. La serie de tiempo cuenta con 47 datos anuales, estos inician en 1965 y terminan en 2011. En la Tabla 1 podemos observar estos datos.

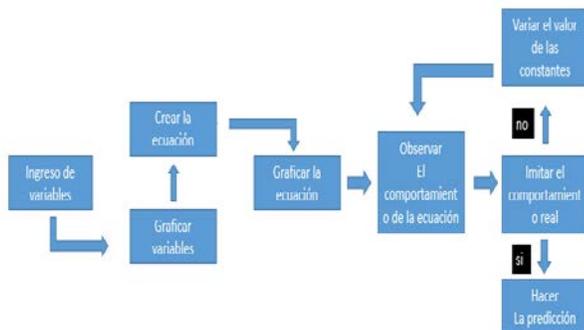
Tabla 1: Gastos anuales del caudal

Año	Gasto anual del caudal en m ³ /s	Año	Gasto anual del caudal en m ³ /s
1965	87.68	1989	90.24
1966	85.14	1990	76.25
1967	71.82	1991	49.65
1968	76.43	1992	78.90
1969	100.48	1993	73.26
1970	100.74	1994	48.56
1971	66.54	1995	109.73
1972	49.85	1996	118.62
1973	98.74	1997	76.44
1974	100.85	1998	75.18
1975	98.90	1999	140.85
1976	89.62	2000	106.54
1977	58.48	2001	135.67
1978	87.61	2002	89.02
1979	102.96	2003	95.20
1980	73.53	2004	101.72
1981	119.07	2005	64.18
1982	79.75	2006	99.44
1983	70.00	2007	105.89
1984	114.76	2008	104.48
1985	60.40	2009	72.78
1986	63.02	2010	398.19
1987	72.54	2011	136.26
1988	91.88		

Método

El modelo serie de Fourier fue el utilizado como herramienta de pronóstico en el caso de estudio en la IMAGEN 1 se muestra gráficamente el procedimiento llevado a cabo para realizar la predicción de datos a futuro.

IMAGEN 1: Pasos a seguir para realizar la predicción



Ingreso de variables

Los datos ingresados a **Matlab** para graficar el comportamiento del caudal comprendido entre 1965-2011 como variable **x** fueron el número de datos encontrados en la Tabla 1 comprendido entre 1965-2011 con un total de 47 datos. Se puede decir por lógica que para la variable **y** se utilizó el gasto anual.

Grafica de variables

Aquí el comportamiento del caudal al momento de graficar en la paquetería **cftool** del software Matlab. (IMAGEN 2)

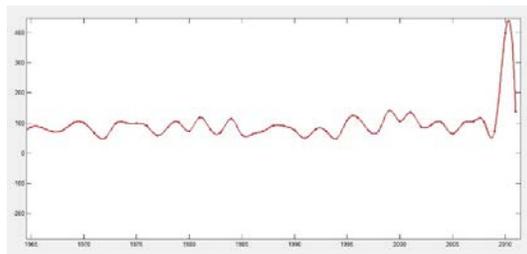


IMAGEN 2: comportamiento del caudal del río Oxolotan

Crear la ecuación

Como se mencionó al principio. Las ecuaciones utilizadas fueron series de Fourier puesto que son ecuaciones para funciones no lineales. Como podemos observar en la IMAGEN 2 el comportamiento del caudal del río no es lineal. Estas ecuaciones son para análisis de eventos periódicos, aunque aparentemente el comportamiento del río es aleatorio, en el análisis se buscó un patrón que nos ayude a describir la función. La ecuación más cercana al comportamiento fue:

$$1.295+9.384*\cos(2*\pi*x/1.917)+1.527*\sin(2*\pi*x/1.917)+0.703*\cos(2*\pi*x/4.731)+0.697*\sin(2*\pi*x/4.731)+0.839*\cos(2*\pi*x/7.800)+0.658*\sin(2*\pi*x/7.800)+0.721*\cos(2*\pi*x/4.394)+2.146*\sin(2*\pi*x/4.394)+4.723*\cos(2*\pi*x/2.300)+0.285*\sin(2*\pi*x/2.300)+0.880*\cos(2*\pi*x/2.400)+1.800*\sin(2*\pi*x/2.400)$$

Graficar la ecuación

La grafica quedó de la siguiente manera: (IMAGEN 3)

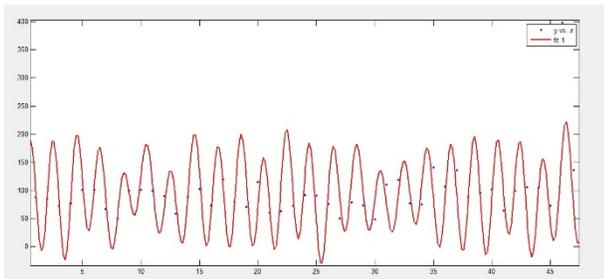


IMAGEN 3: Grafica de la ecuación generada

Hacer la predicción

Como se encontró la función más cercana al comportamiento del caudal. La predicción al futuro fue la siguiente: (IMAGEN 4)

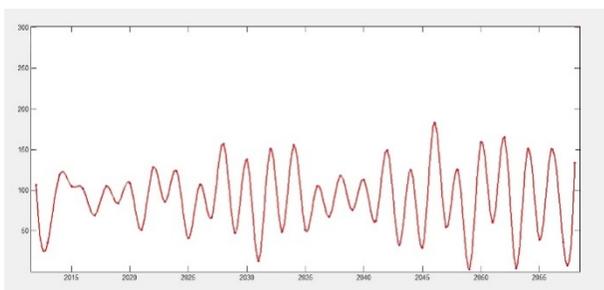


IMAGEN 4: Grafica del comportamiento futuro del caudal

Los valores futuros son (tabla 2):

Tabla 2: Caudales futuros

Años (futuro)	Caudal teórico en m³/s	Años (futuro)	Caudal teórico en m³/s
2012	106.41	2024	123.644
2013	35.644	2025	40.993
2014	119.001	2026	107.114
2015	105.491	2027	67.1437
2016	101.991	2028	157.214
2017	69.2105	2029	47.5494
2018	105.019	2030	137.676
2019	84.1663	2031	13.2083
2020	108.741	2032	151.371
2021	51.3134	2033	49.2318
2022	128.037	2034	155.519

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según los datos obtenidos por los estudios realizados y explicados en el apartado anterior (Tabla 2) nos muestra una predicción aproximada del valor que tendrá el caudal del río Oxolotan.

Con estos datos se pudo obtener la potencia en KW de la corriente que teóricamente podría generar:

La potencia que se puede obtener de una turbina hidráulica está expresada por la siguiente ecuación:

$$P = h g Q H$$

P=potencia expresada en kWh

h=rendimiento global del sistema (*)

g=aceleración de gravedad expresada en m/s² (igual a 9,8 m/s²)

Q=caudal de agua expresada en m³/s

H=salto o desnivel expresado en m [3].

(*) Por rendimiento global de la instalación se entiende el porcentaje de potencia que se puede realmente obtener respecto al potencial técnico, teniendo en cuenta las inevitables pérdidas de la transformación. Basándose en esta fórmula los resultados obtenidos fueron (Tabla 3):

Tabla 3: Potencia eléctrica a generar

Años (futuro)	Generación según el caudal teórico en KW	Años (futuro)	Generación según el caudal teórico en KW
2012	95939.256	2024	111477.43
2013	32136.6304	2025	36959.2888
2014	107291.302	2026	96573.9824
2015	95110.6856	2027	60536.7599
2016	91955.0856	2028	141744.142
2017	62400.1868	2029	42870.539
2018	94685.1304	2030	124128.682
2019	75884.3361	2031	11908.6033
2020	98040.8856	2032	136476.094
2021	46264.1614	2033	44387.3909
2022	115438.159	2034	140215.93
2023	77535.6165	2035	46436.7277

Con esto se puede calcular las ganancias usando como referencia los precios establecidos por la CFE (Comisión Federal de Electricidad) calculando la generación de potencia en GWH (Tabla 4) y multiplicando por las tarifas establecidas por CFE (Tabla 5), como las tarifas del kwh de CFE varían durante el año se usó como tarifa promedio en la tarifa 5A establecida por la comisión federal de electricidad como \$ 2.388.

Tabla 4: Generación eléctrica en GWH

Años (futuro)	Generación teórica en GWH	Años (futuro)	Generación teórica en GWH
2012	345.3804	2024	401.317
2013	115.6896	2025	133.052
2014	368.2476	2026	347.662
2015	342.396	2027	217.929
2016	331.038	2028	510.278
2017	224.64	2029	154.332
2018	340.866	2030	446.86
2019	273.1824	2031	42.868
2020	352.944	2032	491.313
2021	166.55	2033	159.793
2022	415.576	2034	504.774
2023	279.126	2035	167.169

Tabla 5: Ganancias en MDP por GWH

Años (futuro)	Ganancias Por producción en MDP	Años (futuro)	Ganancias Por producción en MDP
2012	823.86	2024	958.328
2013	276.243	2025	315.335
2014	879.357	2026	830.212
2015	817.627	2027	520.392
2016	790.499	2028	1218.524
2017	536.44	2029	368.54
2018	813.973	2030	1067.101
2019	652.353	2031	102.349
2020	842.82	2032	1173.248
2021	397.721	2033	381.1
2022	999.381	2034	1205.39
2023	666.538	2035	399.178

CONCLUSIONES

De acuerdo con los estudios realizados y los resultados arrojados por las mismas se pudo llegar

a la conclusión de que el río Oxolotan tiene el potencial necesario para producir la energía suficiente para alimentar al poblado Oxolotan y comerciar con la energía a poblados cercanos a este. Además este proyecto puede ser de mucho beneficio para aquel que desee implementarlo.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece enteramente al CCYTET (Consejo de Ciencias y Tecnología del Estado de Tabasco) por haber sido participe en la elaboración de este trabajo.

Al Instituto Tecnológico Superior de la Región Sierra por haber permitido la elaboración del proyecto, al Dr. Miguel Ángel Gómez Martínez por el asesoramiento en la elaboración del trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Nassirsapag (2000) preparación y evaluación de proyectos(4ta edición): Chile. Mc Graw Hill
- [2]Kostas N.(1981). *Operations Management*. New York: McGraw-Hill.
- [3] Brussa Alessandro, Guarnone Helena. (2003) *Energía Mini Hidraulica*. CEU Ediciones.
- [4] Anderson, D. Sweeney D. (1982) *estadística para administración y economía*. Mexico: Thomson Editores