

Disminución de CO₂ en tres años por la generación de energía limpia de las hidroeléctricas, Guantánamo

Decrease in CO₂ in three years due to the generation of clean energy from hydroelectric plants, Guantánamo

Autores: Ing. José R. Dupuy Parra¹, <https://orcid.org/0000-0002-9262-5512>

Lic. Mairelis Videaux Aguilar², <https://orcid.org/0000-0001-6363-7082>

Ing. Maydolis Cardona Durruthis³, <https://orcid.org/0000-0002-1421-593x>

Dr.C René Lesme-Jaén⁴, <https://orcid.org/0000-0001-7274-0153>

Ing. Caridad Preval Soto³, <https://orcid.org/0000-0001-8135-625x>

Organismo: Centro de Aplicaciones Tecnológicas para el Desarrollo Sostenible (CATEDES), Guantánamo, Cuba¹. Universidad de Guantánamo, Guantánamo, Cuba². Empresa de Hidroenergía UEB Guantánamo (HIDROENERGÍA), Guantánamo, Cuba³. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba⁴.

E-mail: jose@catedes2.gtm.inf.cu; denise@cug.co.cu; maydolis@gtm.emfre.une.cu; lesme@uo.edu.cu; caridad@emfre.une.cu

Fecha de recibido: 20 may. 2021

Fecha de aprobado: 25 jul. 2021

Resumen

Debido que la quema de combustible fósiles, para la generación de electricidad ha traído grandes problemas al medio ambiente por la generación de gases contaminante como en CO₂. En este sentido para obtener un equilibrio o erradicar esta contaminación se utilización de las diferentes fuentes renovables a nivel mundial, que ha tenido un aumento a partir del año 1990. Resaltar que siempre se usa las más eficientes como es el caso de la energía hidráulica. Por todo lo antes expresado este artículo tiene como objetivo la disminución de 1273,6Ton CO₂ dejados de emitir a la atmosfera por las instalaciones de hidroeléctricas en la provincia de Guantánamo y el ingreso de 291,44 \$-Ton CO₂ que se ha dejado de ingresar a la Empresa de Hidroenergía UEB Guantánamo por este concepto. Entre los principales impactos es que estos ingresos externos no son contabilizados en el departamento económico de esta entidad.

Palabras Clave: energía, medioambiental, modelación, renovable.

Abstract

Due to the burning of fossil fuels, for the generation of electricity it has brought great problems to the environment due to the generation of polluting gases such as CO₂. In this sense, to obtain a balance or eradicate this contamination, different renewable sources were used worldwide, which has had an increase since 1990. Highlight that the most efficient ones are always used, such as hydraulic energy. For all the aforementioned, this article aims to decrease 1273.6Ton CO₂, which is not emitted into the atmosphere by hydroelectric facilities in the province of Guantánamo, and the income of \$ 219,44 - Ton CO₂ that has been stopped entering to the UEB Guantánamo Hydropower Company for this concept. Among the main impacts is that these external revenues are not accounted for in the economic department of this entity.

Key Words: energy, environmental, modeling, renewable.

Introducción

El índice de consumo mundial de energía comercial es miles de veces inferior a los flujos de energía que recibe la Tierra procedente del Sol. La energía hidroeléctrica, que indirectamente proviene de la energía solar, comparte las ventajas de ser autóctona, limpia e inagotable como el resto de las energías renovables. La producción anual media de energía hidroeléctrica a nivel mundial es de 2.600 TWh, lo que representa aproximadamente el 19% del total de la energía eléctrica producida, esta energía renovable esta como principal aliado en la generación de energía limpia y autóctona.(Manual de Energía Renovables 2006).La potencia hidroeléctrica instalada en todo el mundo asciende a 700 GW. A gran escala esta fuente de energía tiene un campo de expansión limitado, ya que en los países más desarrollados la mayoría de los ríos importantes ya cuentan con una o varias centrales, y en los países en vías de desarrollo los grandes proyectos pueden chocar con obstáculos de carácter financiero, ambiental y social.(Manual de Energía Renovables 2006)

En el trabajo, se realiza una descripción general de la generación de electricidad por las hidroeléctricas de la provincia de Guantánamo y del impacto del cambio climático y de las políticas que se están tomando para enfrentarlo, a distintas escalas de actuación, tanto regional como municipal. Resaltar que se hace un análisis para cuantificar las emisiones de CO₂ que se han dejado de emitir al medio ambiente en los últimos tres años y el dinero que deja de ingresar la UEB Hidroenergía Guantánamo por este concepto y que en la actualidad no se está realizando. Donde estos indicadores y variables que se proponen se puede cuantificarlas y determinar.

Materiales y métodos

Recolección de los datos originales:

Los datos originales provienen de los metros contadores y son entregados por los operarios de las hidroeléctricas de los municipio, luego estos informan al Centro de Control de (Empresa de Hidroenergía UEB Guantánamo (HIDROENERGÍA) Guantánamo, ubicado en el municipio Guantánamo perteneciente al Ministerio de Energía y Minas (MINEN) que se encuentra localizado 8 Oeste %15 y 16 Sur .Las hidroeléctricas se localización en el municipios del Salvador, Manuel Tames, Yateras , Baracoa-Maisí, Imias , San Antonio del Sur y resaltar que el municipio de Moa de la provincia de Holguín también ayuda a la generación de energía eléctrica como fuente de energía renovable en la provincia. (Preval Soto. C 2020).

Se utilizaron las áreas que se encuentran ubicadas las hidroeléctricas en la provincia con un total de 48. Se tomaron los datos de la generación de electricidad con un total de 2188,7 MW-h en los años 2017-2019 por las hidroeléctricas instaladas en la provincia.

Comportamiento de las muestras estudiadas y la disminución de CO₂ al medio ambiente y el comportamiento con respecto a sus costos.

Según el estudio original se han generaron 1728 nuevos datos donde se calculó la cantidad total 1273,6 TonCO₂ (Factor de Emisión 0,582 Ton CO₂/MWh 2017) deja de emitir a la atmosfera por este concepto. Aparejado a todo lo antes planteado se modelaron los datos de

costo promedios de la disminución de CO₂ dejados por años (SENDECO2017-2019) con un total de 219,44 \$-Ton CO₂ la generación de electricidad se graficaron en el programa Microsoft Excel utilizando la correspondencia lineal.

$$Y = bX - a$$

Donde:

Y: Generación de electricidad por las hidroeléctricas de la provincia.

X: Ingreso del precio del CO₂ dejados de emitir al medio ambiente por la generación de energía limpia en las hidroeléctricas de la provincia.

Análisis de la Normalidad:

Se confecciono un diseño completamente lineal en 48 lugar diferentes donde se estudiado el comportamiento de las diferentes hidroeléctricas de la provincia que se encuentran en uso en la actualidad. Los datos fueron tomados de la data histórica de la generación de electricidad de las hidroeléctricas, se simularon y realizaron comparaciones de los datos en tiempo real para ver su comportamiento.

Resultados y discusión

Ajuste de los datos originales.

En la tabla 1 se muestra la generación de electricidad por las instalaciones de hidroeléctricas en la provincia de Guantánamo en los años 2017- 2019. A partir de esta data histórica se empieza a determinar la cantidad de CO₂ que se han dejado de emitir a la atmosfera como se muestra en la tabla 2.

Destacar en este sentido que estudio permitirá ampliar la disponibilidad de energía eléctrica, destacar que lo fundamental la conexión de aquel poblado con la hidroeléctrica, toda vez que cambiará los patrones energéticos de sus pobladores, quienes emplean la leña como combustible doméstico en la cocción de los alimentos (Diario Juventud Rebelde 2017).

Tabla 1: Generación de Energía Electricidad de las Hidroeléctricas en la provincia de Guantánamo en los años 2017- 2019 (Cardona Durruthis.M 2020).

Municipios	U/M	Años		
		2017	2018	2019
El Salvador	MW-h	199,9	235,3	75,6
Moa (Holguín)	MW-h	0,42	0,3	0
Manuel Tames	MW-h	111,4	192,6	45,8
Yateras	MW-h	41,8	232	45,2
Baracoa-Maisí	MW-h	201,3	177,8	179,5
Imías	MW-h	150,8	135,1	122,2
San Antonio del Sur	MW-h	14,4	11,6	15,3
Total	MW-h	720,3	984,7	483,7
Total General	MW-h	2188,7		

Se determinó las emisiones de CO₂ según la ecuación que se expresa a continuación el factor de emisión (FE_{CO2}) que es 0,582 Ton CO₂/MWh con este índice se multiplica con los valores de la tabla 1.

$$EM_{CO2} = FE_{CO2} * GEP_{ST}$$

Donde:

EM_{CO2}: Emisiones de CO₂ dejadas de emitir a la atmosfera por energías limpias.

FE_{CO2}: Indicador de factor de emisión de CO₂.

GEP_{ST}: Generación de Electricidad de las hidroeléctricas de la provincia de Guantánamo.

Tabla 2: Emisiones de CO₂ dejadas de emitir a la atmosfera por energía renovable.

Municipios	U/M	Años		
		2017	2018	2019
El Salvador	Ton CO ₂	116,3	136,9	44,0
Moa (Holguín)	Ton CO ₂	0,2	0,2	0,0
Manuel Tames	Ton CO ₂	64,8	112,1	26,7
Yateras	Ton CO ₂	24,3	135,0	26,3
Baracoa-Maisí	Ton CO ₂	117,2	103,5	104,5
Imías	Ton CO ₂	87,8	78,6	71,1
San Antonio del Sur	Ton CO ₂	8,4	6,8	8,9
Total	Ton CO₂	419,1	573,1	281,5
Total General	Ton CO₂	1273,6		

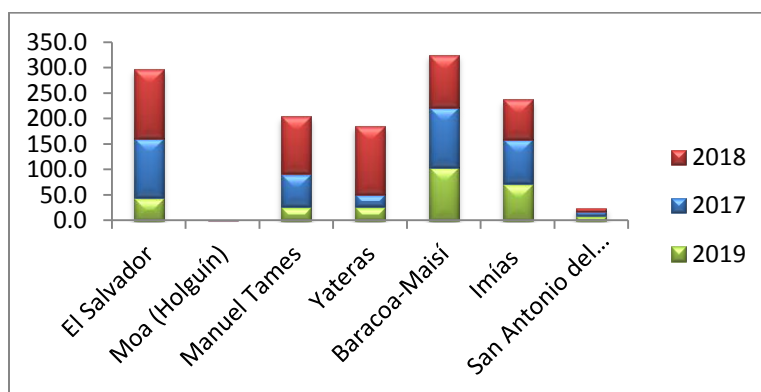


Figura 1: Comportamiento de la disminución de CO₂ al atmosfera en los años 2017-2019

Como se puede apreciar en la **figura 1** el año donde se disminuyo las emisiones de CO₂ al medio ambiente fue el 2018. Resaltar también que las instalaciones que se encuentran en el municipio del Salvado y Baracoa-Maisí son las que tiene un mayor rendimiento. En este sentido las de Manuel Tames, Yateras e Imías el rendimiento está en la media y se encuentra estable en el periodo estudiado. Solo decir que San Antonio del Sur y Moa (Holguín) el rendimiento es pésimo ya que se encuentra por debajo de lo planificado y de estas dos la última en el año 2019 no realizo generación de energía limpia y por consiguiente no se disminuyo las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmosfera.



Figura 3: Instalación de la central hidroeléctrica La PCH Guaso.

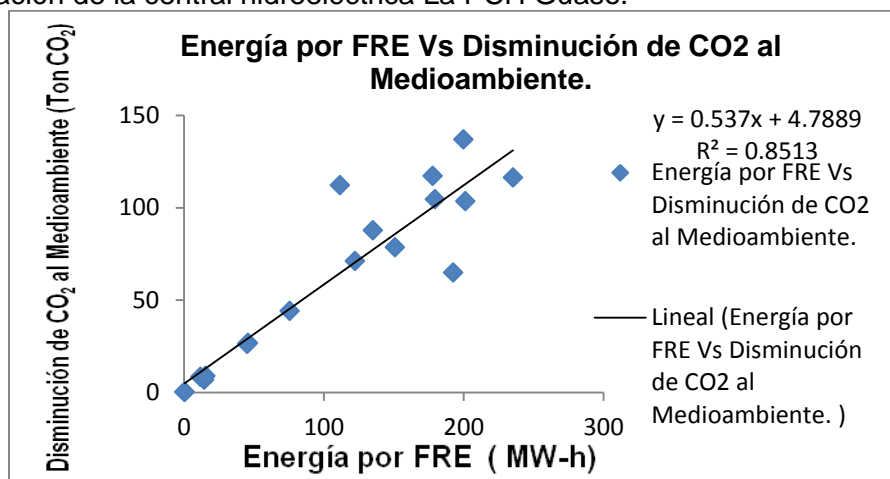


Figura 4: Comportamiento de la energía generada por la FRE y las disminuciones de CO₂ al medioambiente.

En la **figura 3** se muestra una de las hidroeléctricas más antigua de Cuba creada desde el a 1917, también se puede observar en la figura 4 los puntos tienen una correlación lineal entre la energía generada por la FRE y la disminución de CO₂ al medioambiente. Resaltar que R² de la modelación es de 0,8513 lo cual significa que hay un buen ajuste entre los dos factores expuestos, dado que estos valores exceden el umbral del 0,6 (Webster, 2000).

Para establece el incorporación por las disminuciones de CO₂ a las cuentas contables de la UEB Hidroenergía Guantánamo, dejados de emitir a la atmosfera se determino por el promedio de precios por los años 2017-2019, según el sistema de crédito internacional de España, que se ha de dejar de emitir al medio ambiente por la generación de la FRE como se apreciar en la **tabla 3**.

Tabla 3: Precio promedio del CO₂ por mes años 2017- 2019 (SENDECO2 – 2017-2019).

Años	U/M	Promedio
2017	\$	0,227
2018	\$	0,235
2019	\$	0,219

Para determinar Ingreso por las disminuciones de CO₂ dejados de emitir se utilizo la ecuación que a continuación se presenta, también se utilizó el precio promedio del CO₂ por los años 2017- 2019 y las emisiones de CO₂ dejadas de emitir a la atmosfera por las FRE estos resultados se puede observar en la tabla 4.

$$ID_{CO_2} = PP_{CO_2} * EM_{CO_2}$$

Donde:

ID_{CO₂}: Ingreso por las disminuciones de CO₂ dejados de emitir al medio ambiente.

PP_{CO₂}: Precio promedio del CO₂ por los años 2017- 2019. (SENDECO2 - 2019).

Tabla 4: Ingreso por las disminuciones de CO₂ dejados de emitir al medio ambiente.

Municipios	U/M	Años		
		2017	2018	2019
El Salvador	\$/Ton CO ₂	26,40	32,17	9,63
Moa (Holguín)	\$/Ton CO ₂	0,045	0,047	0,00
Manuel Tames	\$/Ton CO ₂	14,71	26,34	5,84
Yateras	\$/Ton CO ₂	5,51	31,72	5,76
Baracoa-Maisí	\$/Ton CO ₂	26,60	24,32	22,88
Imías	\$/Ton CO ₂	19,93	18,47	15,57
San Antonio del Sur	\$/Ton CO ₂	1,90	1,59	1,94
Total	\$/Ton CO₂	95,11	134,67	61,64
Total General	\$/Ton CO₂	291,44		

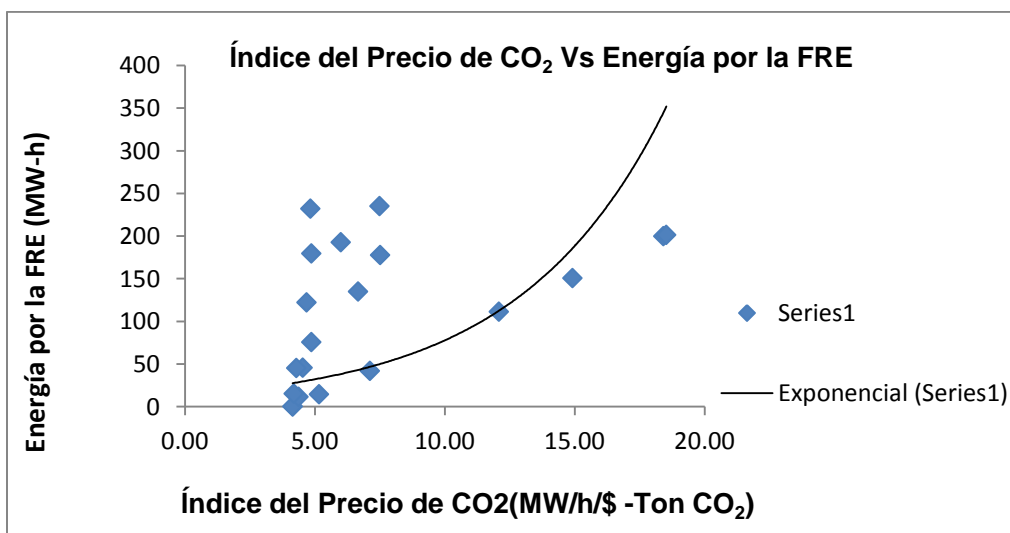


Figura 4: Comportamiento energía por la FRE contra el índice del precio del CO₂.

Municipios	U/M	Años		
		2017	2018	2019
El Salvador	MW-h/\$ -Ton CO ₂	18,97	22,06	9,96
Moa (Holguín)	MW-h/\$ -Ton CO ₂	4,81	4,81	4,79

Manuel Tames	MW-h/\$ -Ton CO ₂	12,69	18,94	7,93
Yateras	MW-h/\$ -Ton CO ₂	7,75	21,83	7,88
Baracoa-Maisí	MW-h/\$ -Ton CO ₂	19,08	17,85	17,08
Imías	MW-h/\$ -Ton CO ₂	15,49	14,71	13,15
San Antonio del Sur	MW-h/\$ -Ton CO ₂	5,81	5,65	5,84
Total	MW-h/\$ -Ton CO₂	55,86	77,11	37,89
Total General	MW-h/\$ -Ton CO₂	170,87		

Para obtener los resultados que se encuentran en la **tabla 4** se utilizó la ecuación $Y = bX - \alpha$, donde se pudo determinar el índice del precio del CO₂. Resaltar que los precios aumentan con el tiempo, como se puede determinar en la figura 4 de los puntos azules se encuentran por encima de la línea negra (Exponencial) donde se halla más de 50% que muestran la conducta de estos indicadores. No obstante en la actualidad la UEB de Hidroenergía de Guantánamo no ingresa por esta concepción a su cuenta de economía. En la actualidad este costo externo son ingresado por todas las instituciones en el mundo que usan las tecnologías FRE tienen este aporte adicional, por lo que pienso que se debe tener en cuenta ya que es un gran aporte al medio ambiente y el bienestar de trabajadores. Es política de la entidad trabajar en este sentido para ir en mejora constate en vía del desarrollo y la autonomía energética y medio ambiental.

Conclusiones

Este estudio se desarrolló en las instalaciones de hidroeléctricas ubicadas en los municipios de la provincia de Guantánamo, el mismo nos arrojó que con el empleo de esta tecnología FRE disminuye los gases de efecto invernadero CO₂ que son generados por la quema de combustibles fósiles para la generación de electricidad.

Resaltar también que trabajo se demostró que existe otra forma de ingreso a la institución por la disminución de CO₂ que no se están usando y en el mundo lo utilizan varias entidades que tienen este tipo de tecnología. También se creó una serie de indicadores, según la correlación lineal que demuestra el comportamiento de los costos externos, también se demostró que a medida que transcurre en el tiempo aumenta los ingresos por este concepto.

Referencias bibliográficas

- Cardona Durruthis, M (2020) Generación de energía eléctrica, Centrales Hidroeléctricas de la provincia de Guantánamo, Directora UEB, UEB Hidroenergía Guantánamo.
- Diario Juventud Rebelde. Soluciones medioambientales favorecen Cuenca del Guaso. Cuba. (2017) <http://www.juventudrebelde.cu/cuba/2009-08-18/soluciones-medioambientales-favorecen-cuenca-del-guaso>.
- Manual de Energía Renovables. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. España (2006). https://www.Publicacion%20Hidroelectricas/documentos_2.1.7_Minicentrales_hidroelectricas_125f6cd9.
- Preval Soto, Caridad (2020), Centro de Control UEB, UEB Hidroenergía Guantánamo.
- Sistema europeo de negociación de CO₂ (SENDE CO₂). <https://www.sendeco2.com/es/años-2017-2019>.

Webster A. L. Estadística aplicada a los negocios y a la economía. 3ra Edición. Editorial Irwin McGraw-Hill. Año 2000, ISBN: 958-41-0072-6. 651p.