

¿Energía sustentable?; ¿Qué pasa con Guadalupe III y Guadalupe IV?

Brayan Arley Botina Ordoñez

Joan Sebastián Zambrano Ortega

Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

En noviembre de 2022 la cadena Guatron cumplió 90 años generando energía ya que 1932 es el año en el que empieza a operar la central Guadalupe I, conformada por las centrales Troneras, Guadalupe III y Guadalupe IV. Particularmente Guadalupe III, se encuentra ubicada en el municipio de Gómez Plata, y cuenta con 270 megavatios de capacidad instalada, mientras que Guadalupe IV está ubicada en el municipio de Guadalupe, al Noreste antioqueño, contando con una capacidad de 202 megavatios. La cadena en general es considerada una de las más eficientes de Latinoamérica debido a su relación entre la poca cantidad de recursos que necesita para generar una gran cantidad de energía. Por otra parte, si bien el término sustentabilidad no tiene una definición única, en este caso para sustentabilidad energética se pueden considerar factores como; el modo de generación, el patrón de negocios de la industria energética, el modo de distribución, y los usos. El análisis de estos factores permite cualificar la sustentabilidad de una central eléctrica, precisando en ese caso el de las hidroeléctricas Guadalupe III y Guadalupe IV. Es así como se puede cuestionar si las hidroeléctricas mencionadas cumplen con la mayoría de los aspectos de sustentabilidad, surgiendo así la pregunta; ¿Son Guadalupe III y IV ejemplos de sustentabilidad energética? Para complementar dicho cuestionamiento se tendrán en cuenta también otros aspectos como son sustentabilidad social, económica, ambiental y tecnológica (Grupo EPM, 2022) (Ramirez, 2012) (González Guerrero, 2021).

GIPEM 07, octubre (2024)
pp. 36-43
www.gipem.co/revista-gipem
gipem_fiarman@unal.edu.co
©Derechos patrimoniales
Universidad Nacional de Colombia

El punto de partida para dar respuesta a la pregunta planteada es el evaluar si la fuente de energía de estas centrales se puede considerar como una energía sustentable, según los datos de la international Hydropower Association la energía que se utiliza en una central hidroeléctrica es una energía confiable y asequible, que brinda sistemas de energía limpia sostenibles, ya que la energía hidráulica por lo general no

genera residuos contaminantes por lo cual reduce considerablemente las emisiones de CO₂, la principal desventaja que trae esta fuente de energía es la disminución de los caudales de algunos de los ríos, a los cuáles se han vinculado centrales hidroeléctricas, en este caso en específico no hay evidencia científica y fundamentada para afirmar tal suceso. Uno de los principios de la sustentabilidad es el no afectar a las especies que habitan los lugares cercanos a la central, en este caso en 2016 se presentó una mortandad de peces en un fragmento del Río Guadalupe, no obstante, no se presentaron datos vinculantes a que el funcionamiento de la central tenga relación con estos sucesos, por lo cual esto sería un dato solamente anecdótico. Entonces, al considerar sustentable la fuente de energía que alimenta esta central, se puede seguir considerando otros aspectos (Endensa, 2021) (International Hydropower Association, 2020) (Sánchez & Ibarra, 2023) (IDEAM, 2023).

Al evaluar la fuente de energía se evalúa implícitamente el impacto ambiental, si bien es imposible que una central hidroeléctrica tenga un impacto ambiental nulo, ya que se surte de agua y este es un recurso natural, si es importante que tenga un impacto ambiental reducido. ¿Qué es un impacto ambiental reducido? Pues bien, el impacto ambiental es la alteración provocada en el medio ambiente, por el humano, en este caso por la central. Como se reseña previamente toda acción efectuada repercutirá de alguna manera sobre el medio ambiente, en este caso la utilización de caída de las cascadas para generar energía, entonces la reducción del impacto ambiental consiste en gastar única y exclusivamente lo extremadamente necesario. Y como se referencia en la introducción precisamente la cadena Guatron, a la cuál pertenecen tanto la central Guadalupe III, como Guadalupe IV, es un ejemplo de eficiencia, por su adecuada utilización del recurso hídrico, ya que es capaz de generar 512 megavatios de energía con un recurso hídrico de tan solo 60 m³/s dándole así un gran aprovechamiento a los recursos, y minimizando el impacto que genera en el ambiente, siendo considerablemente inferior comparado con otras centrales del mismo tipo tanto en Colombia, como en Latinoamérica (Garmedia Salvador, 2005) (Sánchez, 2011) (Ubierna & Arturo, 2022).

La ubicación geográfica de estas centrales, al estar ubicadas en lugares alejados de las zonas centrales y principales ciudades del país les impone no sólo un compromiso ambiental si no también social. Guadalupe fue habitada hace muchos años por miembros de la etnia Nutabe, pero al pasar de la historia y el traslado de ellos a orillas del río Cauca esta zona, los habitantes de esta zona crean la necesidad de oportunidad laborales. Gracias a las centrales presentes en esta zona Guadalupe ha podido ser parte del inventario energético no sólo de Antioquia sino también de Colombia. Permitiéndole un gran desarrollo rural, pues la implementación de sus vagones aéreos del teleférico, que conduce hasta el vecino municipio de Carolina del Príncipe, en su momento supuso una gran novedad, dicho teleférico permite transportar alrededor de 3673 personas al año, tanto como personas en su cotidianidad como también personas foráneas interesadas en conocer la historia energética de Colombia, si bien este sistema de transporte ahora se encuentran en muchos otros lugares, Guadalupe puede guardar en sus memorias, ser una de las pioneras de la generación de energía en Colombia (ONIC, 2016) (Alcaldía Municipal de Guadalupe, 2023) (Hosagrahar, 2017).

Por otra parte, la central supone una gran fuente de empleo para la región, ya que Empresas Públicas de Medellín (EPM) se ha permitido unirse a la comunidad para que sean sus aliados aportando mano de obra, viéndose así beneficiada toda la comunidad que merodea la cadena eléctrica Guatron, tal es así que genera 581 empleos, entre personal contratista y funcionarios, de los cuales el 70 % son de la región, dándole así empleo a aproximadamente más de 400 personas de la región, causando un impacto social positivo en la región. Y como "La educación es el arma más poderosa que puedes usar para cambiar el mundo" la central apoya activamente procesos

formativos y educativos, un caso particular es la presencia en la Institución Pascual Bravo. Hasta el 2022 contaban con nueve promociones de tecnólogos y 90 alumnos en los programas Tecnología en Supervisión de Sistemas de Generación y Distribución de Energía Eléctrica; Electricidad y Mecánica industrial. Finalmente, en el impacto social la empresa apoya a los productores agrícolas de la zona con la compra masiva de productos, y apoya facilitando indirectamente el transporte de aproximadamente seis mil personas al año (Freire, 2002) (OCDE, 2017).

Saliendo del contexto social, un detalle técnico importante en la sustentabilidad energética es la estabilidad en el suministro de energía, ya que se debe garantizar una estabilidad para que todos los consumidores que alimenta esta central puedan ejercer sus labores cotidianas satisfactoriamente. Para que exista dicha estabilidad, la energía generada será más o menos igual a la consumida. Las nuevas energías renovables presentan en algunos casos ciertas inestabilidades de suministro, y es ahí donde estas centrales hidroeléctricas sacan ventaja ya que son una fuente de energía sustentable, con una buena estabilidad. Como previamente se ha mencionado al ser una de las centrales más eficientes claramente cumple con la generación suficiente para la demanda que trabaja, como dato relevante la cadena Guatron tiene una extensión de 60 kilómetros y aporta al Sistema Interconectado Nacional (SIN) el 4 % de la energía que el país necesita. Un porcentaje importante ya que su análisis de equivalencia demuestra que es la capacidad necesaria para iluminar toda una región intermedia del país (Portal EPM, 2021) (Hive Power SA, 2021) (Isaza Franco, 2022).

La durabilidad de una estructura es otro factor para tener en cuenta al evaluar la sustentabilidad de una central, ya que una infraestructura que necesita ser cambiada constantemente hace inviable un proceso sostenible. Si bien Guadalupe I y Guadalupe II dejaron de operar hace algunos años, Guadalupe III y Guadalupe IV han sabido mantenerse en funcionamiento constantes a lo largo de los años desde su comienzo de operaciones en 1932. Diez años antes Roberto Arango, como Superintendente de Empresas Públicas Municipales contrató al doctor Francisco E. Restrepo, para que hiciese el estudio de varias caídas, como; Quebrada de Ovejas, en Barbosa, Las Palmas en Envigado, Sucia, en San Jerónimo, Aburrá o Aura en San Jerónimo, entre otros. Siendo desde ese entonces la más recomendable sus condiciones la caída de Guadalupe. En sus tiempos estudiaron alturas barométricas, aforos y nivelación para acequias. Estos y otros muchos estudios técnicos en un período de más o menos diez años permitieron que esta cadena eléctrica empezará a operar hace ya más de noventa años. Esta pequeña línea del tiempo, más que un recuento de historia, sirve como una demostración de la perduración a lo largo del tiempo de Guadalupe III y Guadalupe a lo largo de los años, dando así otra razón por su infraestructura duradera para ser considerada como exitosamente sustentable, que es el interrogante que se plantea unos párrafos atrás, sin embargo, aún faltan evaluar otros aspectos, para poder dar respuesta a la tesis inicial (Memoria Empresarial EAFIT, 2014).

La durabilidad de la estructura es un punto importante para considerar, pero también es relevante implementar mejoras en las instalaciones y adaptarse al uso de nuevas tecnologías y procesos eficientes como lo son la automatización y el uso de nueva maquinaria, complementándose y sirviendo de apoyo para los implementos que han resistido al paso de los años y provocando una actividad más eficiente y así optimizando los recursos naturales en este caso el recurso hídrico. En estos avances la central de estudio ha estado activamente inmersa, uno de los tantos casos puntuales de dichas mejoras fue el efectuado hace unos años por la empresa española Imesa, el cual consistió en la implementación de un equipo limpiarrejas de última generación, equipo que fue diseñado para cumplir los más altos estándares de rendimiento. Este equipo limpiarrejas posee un sistema de descarga, que facilita la eliminación de los residuos recolectándolos de una

manera más eficiente y por ende más limpia. Tanto Guadalupe III y Guadalupe IV pasaron por proceso de modernización y automatización durante los años 2000, proceso que fue documentado detalladamente por Galeano González en su trabajo de grado, pero del que grosso modo se puede decir que las centrales hidroeléctricas de Guadalupe III y Guadalupe IV pasaron por un proceso de modernización que incluyó una renovación total de los controles de las centrales y en los sistemas de comunicación, para adaptarse así a las nuevas tecnologías de la época. Una firma externa consideró obsoletos los sistemas de control que se usaban hasta el momento y fueron así actualizados, elementos como; instrumentos de medición, transformadores de potencia, reguladores de velocidad, reguladores de tensión, entre otros. Así es como Galeano González por medio de su trabajo de grado busca facilitar la detección de fallas en los distintos modos de accionamiento de las máquinas modernizadas y mostrar su visualización de una forma. Así se puede considerar que las centrales Guadalupe III y Guadalupe IV, se mantiene siempre a la vanguardia garantizando así su sustentabilidad desde la parte tecnológica (Imesa) (Galeano González, 2006) (Rico, 2018).

Por otra parte la planta se ha mantenido en constantes mantenimiento para mitigar los fallos propios del tiempo y el deterioro de equipos, un caso puntual que sirve para ejemplificar esta situación de buenas prácticas es hace 4 años cuando la planta se encontraba presentando problemas por sobrecalentamiento del generador, en el sistema de refrigeración; según una investigación de Sánchez Osorno, Girón Bermúdez, & Pérez Álvarez esto se debía a que la planta no contaba con un sistema que garantizara la calidad y una condición de idoneidad de suministro constante de agua al sistema. Ellos lograron determinar el sistema de filtrado a utilizar, realizando primeramente un análisis de funcionamiento del equipo, para posteriormente, realizar el análisis de agua en el laboratorio de material particulado. Gracias a estos análisis los autores pudieron seleccionar los filtros de tipo Lakos como los más apropiados para el sistema planteado, procedieron al desmonte de la tubería existente, la cual ya presentaba sedimentos en sus paredes, continuando con el montaje y puesta en marcha del nuevo sistema mejorado de filtración. Los autores de dicha investigación presentaron análisis e informes donde plasman el correcto funcionamiento de los filtros después de la puesta en marcha del sistema mejorado. Por lo cual concluyen que, hasta el momento de finalizar su investigación, el generador de energía no ha presentado fallas por sobrecalentamiento, y las bombas de alimentación de agua se encontraban trabajando en óptimas condiciones. Esta investigación sirve como un insumo positivo, para dar respuesta a la pregunta fundamental de este escrito; ¿Son Guadalupe III y IV ejemplos de sustentabilidad energética? Ya que en una energía sustentable es primordial el correcto funcionamiento y optimización de los equipos, para reducir desperdicios, que a su vez pueden convertirse en agentes contaminantes (Sánchez Osorno, Girón Bermúdez, & Pérez Álvarez, 2021) (Murillo Redondo, 2021)(ANLA).

Otro detalle importante, que caracteriza positivamente a la planta en estudio es su integración al entorno de manera visual y armoniosa con el ambiente, no se puede desestimar el hecho de que la planta es un agente externo al ambiente en el que se encuentra, por lo que un factor importante a considerar es como está se integra arquitectónicamente al ambiente en el que se encuentra ubicada. La presa construida en esta planta tuvo como objeto de regular el caudal del río Tenche para su desviación posterior a la hoya del río Guadalupe, en donde es aprovechada para el proceso de generación de energía. De forma visual se construyó siguiendo el relieve y tipografía del sector, no sólo para facilitar el paso del caudal sino también para preservar la armonía visual. Las obras fueron diseñadas de una forma que permitiesen aprovechar una caída bruta de unos 200 metros. El área cubierta por el embalse es de unas 800 hectáreas, teniendo un área de drenaje aguas arriba de la presa de 71 kilómetros cuadrados, lo cual regulariza y optimiza la caída con la creciente máxima. Es así como la planta y sus derivaciones, logran integrarse en el ambiente, adaptarse a

los terrenos, y aprovechar al máximo las condiciones geográficas e hidrográficas que naturalmente se subyugan a su operación, de forma no planeada, complementándose con obras de ingeniería para obtener un funcionamiento óptimo (Bravo Restrepo, 1966) (Lidwell, Holden, & Butler) (Andel, Carmona, & Villegas, 2010).

El último factor para considerar es su perduración con el pasar del tiempo, ya que Colombia es un país donde es común encontrar los denominados elefantes blancos, en términos técnicos un elefante blanco es una obra o proyecto que con el pasar del tiempo, se ha mantenido sin llegar a su culminación, y aprovechamiento. Tal es así que en 2023 la contraloría encontró 1753 obras de este tipo a lo largo del país, este dato estadístico toma relevancia, a la hora de destacar la duración y funcionamiento de la planta sujeto de estudio a lo largo de los años, ya que en el año de 1927 fue que se consideró la decisión de construir la central hidroeléctrica Guadalupe I, para aprovechar las ventajas hidrográficas de la zona previamente tratadas en este escrito, si bien la hidroeléctrica Guadalupe I, ya no se encuentra en funcionamiento, su legado fue el que permitió la creación de Guadalupe III y Guadalupe IV, las cuáles son sujeto de estudio en este escrito, y han perdurado a lo largo de los años por más de 80 años, pues como respuesta al aumento de la demanda que en su momento tenía Guadalupe I entre 1938 y 1943 entraron en operación tres nuevas unidades de la central, cada una con capacidad de 10.000 kilovatios. Lo que permitió la expansión de este sistema generador a causa de la adición de tres centrales, que es de donde surgen las dos centrales previamente mencionados, y que hoy en día siguen funcionando de manera idónea (Valencia Restrepo, 2017) (García Gutiérrez & Nava Mastache, 2014) (Pinzón & Quevedo, 2019).

Así entonces en síntesis actualmente si bien el consumo de energía eléctrica producida por fuentes totalmente limpias en el mundo va en aumento. La generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables en Colombia no está regulada y por lo tanto la producción de esta, no es suficiente para cubrir la demanda del país, por lo cual es importante encontrar una sustentabilidad efectiva en las energías que no generan residuos contaminantes como es el caso de las hidroeléctricas. Si embargo si la demanda y el consumo sigue creciendo estas causarán impacto ambiental muy grande. Es ahí donde nace la importancia de evaluar la sustentabilidad de una central hidroeléctrica, y da sentido a este escrito, después de evaluar varios factores de sustentabilidad, los datos demuestran que esta planta cumple en gran medida con los puntos tratados, y garantizará su funcionamiento a lo largo del tiempo, así como ha venido sucediendo a lo largo de los últimos 80 años. Estos datos también los respaldan documentos oficiales como, por ejemplo, la prórroga de la concesión de agua para la generación eléctrica, por parte de Corantioquia hacia Empresas públicas de Medellín, grupo a cargo del funcionamiento de las centrales Guadalupe III y Guadalupe IV (García Reyes, González Torres, & Ortiz Hernández, 2011) (Grupo EPM, 2022) (Ramírez Bustamante, 2021).

El aporte de estas dos centrales equivale al 4 % de la energía del país siendo 270 megavatios y 202 megavatios que generan Guadalupe III y Guadalupe IV respectivamente, resaltando su importancia y contribución significativa al Sistema Interconectado Nacional, situándolas como un elemento importante en el abastecimiento del país, y demostrando ser una fuente confiable de energía para el país. Con el pasar del tiempo estas centrales han evitado quedarse obsoletas, manteniéndose a la vanguardia de las nuevas tecnologías y procesos, la modernización continua de instalaciones y su adaptación a los procesos de automatización y control previamente comentado en este escrito, son también un buen argumento para evaluar satisfactoriamente la sustentabilidad de estas centrales que fueron objetos de estudio, con los documentos acotados en este a lo largo de este escrito se pudo también evidenciar como tanto Guadalupe III, como Guadalupe IV, cumplen con un mantenimiento constantes de sus equipos y zonas de operaciones,

como se pueden ejemplificar con el caso específico del sobrecalentamiento unos párrafos atrás, garantizando así un funcionamiento óptimo y reducir las posibles fallas propias del uso. Además, este enfoque proactivo en la gestión de sus activos asegura que estas centrales sigan siendo un pilar fundamental en la matriz energética del país durante muchos años más, reafirmando su papel estratégico en la transición hacia un futuro energético más sostenible y eficiente.

Desde el contexto social, las centrales tratadas en este escrito cumplen generando empleo local, y apoyando firmemente la educación y formación de personas en las zonas donde están ubicadas, contribuyendo así desde su campo en la construcción de sociedades más firmes y educadas. Siendo no sólo fuentes de energía para la región si no también un factor importante en el desarrollo de la comunidad. Finalmente, tanto Guadalupe III, como Guadalupe IV, son parte fundamental en la cadena Guatron y han logrado mantenerse funcionando por más de 80 años mostrando una considerable durabilidad y capacidad de adaptación a los cambios y al pasar del tiempo. Su capacidad de adaptación para lograr mantenerse operativa ha sido fundamental en un entorno de alta competitividad y constante cambio. Su ubicación geográfica, ha sido estratégica y le ha permitido el buen aprovechamiento de los recursos hídricos, mejorando así su eficiencia energética a la vez que mitiga su impacto ambiental, haciendo que la cadena a la que pertenecen estas dos centrales sea destacada como una de las más eficientes de Latinoamérica, dando así respuesta al cuestionamiento principal de este escrito, apoyándose en las evidencias tratadas para afirmar que Guadalupe III y Guadalupe IV son centrales hidroeléctricas que se pueden tomar como un ejemplo de sustentabilidad. Adicionalmente, la continua inversión en tecnología y procesos innovadores ha garantizado que estas centrales no solo se mantengan relevantes, sino que sigan liderando en eficiencia y responsabilidad ambiental en la región.

Referencias

- Alcaldía Municipal de Guadalupe. (2023). Guadalupe. <http://www.guadalupe-antioquia.gov.co>
- Andel, E., Carmona, S., & Villegas, L. (2010). Gestión ambiental en proyectos de desarrollo. https://minas.medellin.unal.edu.co/images/Centro-Editorial/Gestion_ambiental_en_proyectos.pdf
- ANLA. (s.f.). Estudio de Impacto Ambiental. https://www.anla.gov.co/01_anla/tramites-y-servicios/servicios/estudio-de-impacto-ambiental
- Bravo, P. (1966). Sistema Hidroeléctrico del río Guadalupe. Universidad Nacional de Colombia.
- Central Hidroeléctrica de Guadalupe: historia e iniciación. (1933). <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/102769>
- Endesa. (2021). Energía hidráulica: qué es, cómo funciona y sus ventajas. <https://www.endesa.com/es/la-cara-e/energias-renovables/energia-hidraulica>
- Freire, P. (2002). Educación y cambio. Universidad de Buenos Aires.
- Galeano, D. (2006). Operación y funcionamiento de los generadores sincrónicos. Medellín, Antioquia.
- García, H., & Nava, A. (2014). Selección y dimensionamiento de turbinas hidráulicas para centrales hidroeléctricas.

https://www.ingenieria.unam.mx/deptohidraulica/publicaciones/pdf_publicaciones/SELECyDIMENSIONAMIENTODETURBINAS.pdf

García, C., González, M., & Ortiz, L. (2011). Reingeniería de los equipos para la producción de energía sustentable.

<https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/12700?mode=full>

Garmedia, A. (2005). Evaluación de impacto ambiental.

https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/319734/mod_resource/content/1/EVALUACION%20DE%20IMPACTO%20AMBIENTAL%20by%20Luis%20Garmendia%20Salvador%20%28z-lib.org%29-1-200.pdf

González, M. (2021). Análisis de los procesos de gestión ambiental de las grandes.

https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/55524/Documento_TG_MMGG_VFINAL.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Grupo EPM. (2022). Corantioquia prorrogó por 50 años a EPM concesión de agua para la generación de energía.

<https://cu.epm.com.co/Portals/institucional/Boletines-prensa/BoletinEPMANiversario90CadenaGuatron17112022.pdf>

Grupo EPM. (2022). La Central Guadalupe I, origen de la cadena.

<https://cu.epm.com.co/Portals/institucional/Boletines-prensa/BoletinEPMANiversario90CadenaGuatron17112022.pdf?ver=svaeGI23rwOhtZu6VHcsfg%3d%3d>

Hive Power SA. (21 de marzo de 2021). Problemas de estabilidad de la red con las fuentes de energía renovables: Cómo se pueden resolver.

<https://www.hivepower.tech/es//blog/problemas-de-estabilidad-de-la-red-con-las-energ%C3%ADas-renovables-c%C3%B3mo-pueden-resolverse>

Hosagrahar, J. (2017). La cultura, elemento central de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

<https://courier.unesco.org/es/articulos/la-cultura-elemento-central-de-los-objetivos-de-desarrollo-sostenible>

IDEAM. (2023). Estudio Nacional del Agua 2022.

https://www.andi.com.co/Uploads/Estudio%20Nacional%20del%20Agua%202022_compressed_638258123894912152.pdf

Imesa. (s.f.). Central hidroeléctrica de Guadalupe III.

<https://www.imesa.es/publicacion/central-hidroelectrica-de-guadalupe-iii/>

International Hydropower Association. (2020). Hydropower status report 2020.

<https://www.hydropower.org/> https://hydropower-assets.s3.eu-west-2.amazonaws.com/publications-docs/2020_hydropower_status_report.pdf

Isaza, C. (2022). Oportunidades y retos de modernización de centrales hidroeléctricas en Colombia. Universidad Nacional de Colombia.

Lidwell, W., Holden, K., & Butler, J. (s.f.). Principios universales de diseño. Blume Barcelona.

- Memoria Empresarial EAFIT. (11 de agosto de 2014). Central Hidroeléctrica Guadalupe I en 1960. <https://memoriaempresarial.eafit.edu.co/central-hidroelectrica-guadalupe-i-en-1960/>
- Murillo, E. (2021). Caracterización estadística de la matriz óptima de generación colombiana. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.
- OCDE/CEPAL/CAF (2015), Perspectivas económicas de América Latina 2016: Hacia una nueva asociación con China, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264246348-es>
- ONIC. (2016). Nutabe. <https://www.onic.org.co/pueblos/2218-nutabe>
- Pinzón, J. P., & Quevedo, J. D. (2019). Análisis de impactos ambientales provocados por el aprovechamiento de recursos naturales renovables, reconociendo metodologías que desarrollan nuevas fuentes generadoras de energía de Panamá y Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/12d9b132-5c62-4422-89a3-fe3ac2468105/content>
- Portal EPM. (2021). Centrales hidroeléctricas EPM. <https://www.epm.com.co/content/epm/institucional/sobre-epm/nuestras-plantas/plantas-de-energia/centrales-hidroelectricas-epm>
- Ramírez, N. (2021). Cumplimiento de la regulación y conflictividad laboral en Colombia. Universidad de los Andes.
- Ramírez, M. (1 de octubre de 2012). Energía y Sustentabilidad: algunas características de la Energía Sustentable. <https://www.revista.unam.mx/vol.13/num10/art102/>
- Rico, G. (2018). Hidroeléctricas en Colombia: entre el impacto ambiental y el desarrollo. <https://es.mongabay.com/2018/06/hidroelectricas-colombia-hidroituango/>
- Sánchez, D., Girón, R., & Pérez, S. (2021). Cambio de sistema de filtros de la central hidroeléctrica Guadalupe III de EPM por medio de la implementación de filtros lakos. Institución Universitaria Pascual Bravo
- Sánchez, L. (2011). Evaluación de impacto ambiental: conceptos y métodos. Ecoe. Sánchez, L., & Ibarra, I. (2023). Análisis de las alternativas que reducen el impacto. <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/11070/An%C3%A1lisis%20de%20las%20alternativas%20que%20reducen%20el%20impacto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ubierna, M., & Alarcon, A. (2022). Modernización de centrales. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Valencia, D. (2017). La Central Hidroeléctrica Guadalupe. <https://www.banrepcultural.org/biblioteca-virtual/credencial-historia/numero-116/la-central-hidroelectrica-guadalupe-i>