# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

## FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

### CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

## TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

**TEMA:**

# ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA MICRO CENTRAL HIDROELÉCTRICA MEDIANTE LA TECNOLOGÍA TURBULENT HYDRO PARA LA GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD.


**AUTOR(ES):**

Jesica Daniela Aguinda Alvarado

Lizbeth Nataly Cruz Cuesta

**DOCENTE - TUTOR:**

M.Sc. Santiago Homero Cuichan Paucar



Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

# FORMATO 4
# APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

| Criterios | Puntaje | Argumentos de la calificación |
|---|---|---|
| **1. TÍTULO** | | |
| El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito.<br>Genera expectativas de lectura que se cumplen. | 5.0 / 5 | si cumple |
| **2. RESUMEN** | | |
| Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones. | 5.0 / 5 | si cumple |
| **3. INTRODUCCIÓN** | | |
| Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa. | 20.0 / 20 | si cumple |
| **4. MARCO TEÓRICO** | | |
| Marco teórico coherente y articulado con los objetivos.<br>Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio.<br>Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad. | 15.0 / 15 | si cumple |
| **5. METODOLOGÍA** | | |
| Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos.<br>Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información. | 15.0 / 15 | si cumple |

| | | |
|---|---|---|
| **6. ANÁLISIS DE RESULTADOS** | | |
| Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras. | 25.0 / 25 | si cumple |
| **7. CONCLUSIONES** | | |
| Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos. | 10.0 / 10 | si cumple |
| **8. REFERENCIAS** | | |
| Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias.<br>Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa. | 5.0 / 5 | si cumple |
| **VALORACIÓN TOTAL** | 100 | CIEN |

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

| Recomendación | Marque con X |
|---|---|
| Aprobar | X |
| No Aprobar | |
| CALIFICACIÓN | 100 |

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
JENNIFER PAOLA MOYON DAVILA

JENNIFER PAOLA MOYON DAVILA (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de NUEVA LOJA, a los 13 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

UEA
UNIVERSIDAD
ESTATAL AMAZÓNICA

# FORMATO 4
# APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

| Criterios | Puntaje | Argumentos de la calificación |
|---|---|---|
| **1. TÍTULO** | | |
| El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito.<br>Genera expectativas de lectura que se cumplen. | 5.0 / 5 | Si cumple. |
| **2. RESUMEN** | | |
| Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de que se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales harrazgos y conclusiones. | 5.0 / 5 | Si cumple. |
| **3. INTRODUCCIÓN** | | |
| Entrega información sobre temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa. | 19.0 / 20 | Cumple parcialmente. Se pudo haber articulado mejor la secuencia de los párrafos. |
| **4. MARCO TEÓRICO** | | |
| Marco teórico coherente y articulado con los objetivos.<br>Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio.<br>Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad. | 14.0 / 15 | Cumple parcialmente. Se pudo haber presentado una mejor revisión de los principales conceptos. |
| **5. METODOLOGÍA** | | |
| Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos.<br>Plantea los criterios de análisis con que se abordo la información. | 15.0 / 15 | Si cumple. |

| | | |
|---|---|---|
| **6. ANÁLISIS DE RESULTADOS** | | |
| Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y estan claramente representados. El texto no repite infromación entregada en los cuadros y figuras. | 23.0 / 25 | Cumple parcialmente. Las tablas no cumplen con las normas APA. |
| **7. CONCLUSIONES** | | |
| Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos. | 9.0 / 10 | Cumple parcialmente. Las conclusiones deben ser puntuales y precisas. |
| **8. REFERENCIAS** | | |
| Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias.<br>Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa. | 5.0 / 5 | Si cumple. |
| **VALORACIÓN TOTAL** | 95 | NOVENTA Y CINCO |

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

| Recomendación | Marque con X |
|---|---|
| Aprobar | X |
| No Aprobar | |
| CALIFICACIÓN | 95 |

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
JESSICA ALEXANDRA MACHADO CUZCO

JESSICA ALEXANDRA MACHADO CUZCO (PAR CIEGO)

Dado en la ciudad de PUYO, a los 12 días del mes de SEPTIEMBRE de 2023

Ouriginal by Turnitin

Firmado electrónicamente por: SANTIAGO HOMERO CUICHAN PAUCAR

## Document Information

| | |
|---|---|
| **Analyzed document** | Artículo_cientìfico Turbulent Hydro.pdf (D173509270) |
| **Submitted** | 9/6/2023 6:59:00 PM |
| **Submitted by** | Santiago Cuichan |
| **Submitter email** | sh.cuichanp@uea.edu.ec |
| **Similarity** | 2% |
| **Analysis address** | sh.cuichanp.uea@analysis.urkund.com |

## Sources included in the report

| | | |
|---|---|---|
| W | URL: https://designboom.es/tecnologia/turbulent-electrifica-lugares-remotos-con-turbinas-de-vortice...<br>Fetched: 9/6/2023 7:00:00 PM | 1 |
| W | URL: https://www.undp.org/es/ecuador/publications/plan-nacional-de-energ%C3%ADa-renovable-y-eficien...<br>Fetched: 9/6/2023 7:01:00 PM | 1 |
| SA | **1316362423.ZAMBRANO.BAQUE.LADY.CECIBEL.docx**<br>Document 1316362423.ZAMBRANO.BAQUE.LADY.CECIBEL.docx (D138706262) | 1 |
| W | URL: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/012406/Cap11.pdf<br>Fetched: 9/6/2023 7:01:00 PM | 1 |
| W | URL: https://www.interempresas.net/Agua/Articulos/46163-Los-beneficios-de-las-mini-hidroelectricas.html<br>Fetched: 9/6/2023 7:01:00 PM | 1 |

## Entire Document

# Estudio y análisis de la micro central hidroeléctrica mediante la tecnología Turbulent Hydro para la generación de electricidad

Aguinda Alvarado Jesica Daniela
jd.aguindaa@uea.edu.ec

Cruz Cuesta Lizbeth Nataly
ln.cruzc@uea.edu.ec

Cuichan Paucar Santiago Homero, M.Sc.
sh.cuichanp@uea.edu.ec

**Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la vida, Carrera de Ingeniería Ambiental**

***Resumen***

El artículo se centra en el estudio y análisis de la micro central hidroeléctrica mediante el uso de la tecnología Turbulent Hydro para la generación de electricidad. La metodología utilizada se basa en una investigación exploratoria y descriptiva que detalla el modelo del diseño y funcionamiento de la micro central hidroeléctrica, así como sus especificaciones técnicas, eficiencia energética, impacto ambiental y costos asociados. La turbina de vórtice es una tecnología sostenible y novedosa que se enfoca en aprovechar la energía de los ríos con poca altura, gracias a su diseño compacto, bajo costo y alta eficiencia, además de que cuenta con solo una pieza móvil, lo que permite mayor flexibilidad de transporte y menor costo de mantenimiento. Para su implementación las especificaciones mínimas que se requieren de la fuente hídrica es una profundidad de 1,5 a 5 metros y un caudal de 1 metro cúbico por segundo, lo cual permite con una sola turbina generar de 15 a 70 kW. La tecnología utilizada presenta un diseño ecológico y sostenible con la naturaleza, especialmente con los peces, ya que no genera un impacto negativo durante su desarrollo.

*Palabras clave:* Turbulent Hydro, micro central hidroeléctrica, turbina de vórtice, generación eléctrica, sostenible

***Abstract***

The article focuses on the study and analysis of the micro hydroelectric power plant using Turbulent Hydro technology for electricity generation. The methodology used is based on an exploratory and descriptive research that details the design and operation model of the micro hydroelectric power plant, as well as its technical specifications, energy efficiency, environmental impact and associated costs. The vortex turbine is a sustainable and innovative technology that focuses on harnessing the energy of rivers with low head, thanks to its compact design, low cost and high efficiency, in addition to having only one moving part, which allows greater flexibility of transport and lower maintenance costs. For its implementation, the minimum specifications required of the water source is a depth of 1.5 to 5 meters and a flow of 1 cubic meter per second, which allows a single turbine to generate 15 to 70 kW. The technology used has an ecological design that is sustainable with nature, especially with the fish, as it does not generate a negative impact during its development.

*Keywords:* Turbulent Hydro, micro hydroelectric power plant, vortex turbine, electric generation, sustainable

## 1. INTRODUCCIÓN

La mayor parte de la huella de carbono se debe al sector energético por las emisiones de gases de efecto invernadero que se produce al generar energía y por la quema de combustibles fósiles (Sánchez Barboza et al., 2018). La dependencia del uso de los combustibles fósiles (el petróleo, el carbón y el gas natural) como matriz energética tiene efectos negativos en el ambiente, la salud humana, el cambio climático y la disponibilidad de los recursos naturales (Castro, 2006).

Los combustibles fósiles son unas de las principales causas del cambio climático, según la Organización de las Naciones Unidas (ONU, s.f). Estos combustibles liberan grandes cantidades de gases de efecto invernadero (76%) y especialmente de dióxido de carbono (90%), que intensifican el efecto invernadero y provocan alteraciones al clima global. Además, el desarrollo y la implementación de plantas centrales de generación eléctrica a partir de estos combustibles tiene un impacto negativo en los ecosistemas como la tala de árboles, afectaciones al ecosistema acuático y terrestre.

La generación eléctrica mundial en el 2019 alcanzó los 26,908 TWh. De este total, el 62,80% (16,899 TWh) provino de los combustibles fósiles, una fuente de energía no renovable que contribuye al cambio climático. Por otro lado, el 26,81 % (7,214 TWh) se obtuvo de fuentes renovables, como la hidroeléctrica, la eólica y el solar, que son más limpias y sostenibles, y con el 10,39% (2,795TWh) de la energía nuclear (Organización Latinoamericana de Energía [OLADE], 2020).

Según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL, s.f), la región de América Latina y el Caribe siguen dependiendo en gran medida de los combustibles fósiles para generar energía. Hasta el 2020, el 66% de la energía producida en esta región provenía de fuentes no renovables.

La matriz energética del año 2020 se caracteriza por una fuerte dependencia de los combustibles fósiles, que aportan el 76% del total, con el petróleo (38%), el gas natural (25%) y el carbón (13%) como principales fuentes. Por otro lado, las fuentes renovables aportan el 24%, siendo la hidroenergía la más importante con el 12%, seguida de otras fuentes como el biogás, la energía solar, la eólica, los residuos vegetales y los productos de caña y leña, que suman otro 12%. Este panorama implica el reto de diversificar la matriz energética y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL], 2021).

En el contexto ecuatoriano, el Ministerio de Energías y Minas (2021) reportó que durante el período comprendido entre 2011 y 2021, los combustibles fósiles han sido los principales recursos energéticos utilizados en el país, representando en promedio el 80,1% de la demanda total. En particular, la gasolina y el diésel han sido las fuentes de mayor demanda, evidenciando un incremento del 25,1% y 16,9% respectivamente. Además, durante este mismo período, se ha registrado un aumento significativo de la demanda de energía eléctrica, experimentando un alza del 52,2%, mientras que el gas licuado de petróleo (GLP), que desempeña un papel esencial como fuente energética en la cocina, ha experimentado un crecimiento del 23,2%.

En 2008, Ecuador inició un conjunto de medidas destinadas a impulsar la eficiencia energética y promover tanto el desarrollo como la adopción de fuentes renovables de energía, con el fin de disminuir la dependencia de las fuentes de energía basados en combustibles fósiles (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD], 2018). El país se distingue por sus diversos entornos naturales, los cuales albergan un vasto potencial para la explotación de distintas fuentes de energía sostenible. Aprovechando esta riqueza natural, Ecuador se ha presentado como una nación con la posibilidad de trasformar la matriz energética, optando por alternativas más limpias y sostenibles.

Según el análisis llevado a cabo por Guastay & Llanes (2020), en el período comprendido entre 2009 y 2017, se implementó una estrategia de "Cambio de la matriz energética" en Ecuador. Los resultados de esta iniciativa fueron notables, con un impresionante incremento del 20% en la generación de energía hidroeléctrica en tan solo ocho años, lo que llevó a que esta fuente pasara a representar del 51% al 71% de la producción eléctrica total de país. Este aumento ha conllevado una serie de beneficios que incluyen un marcado ahorro en el consumo de energía derivada de combustibles fósiles, lo cual ha contribuido a reducir la dependencia de estos recursos y ha propiciado una considerable disminución en las emisiones de gases de efecto invernadero.

La micro central hidroeléctrica para la generación de electricidad en el Ecuador es una alternativa de solución, puesto que, la tecnología implementada para la obtención de energía a pequeña escala posee gran potencial para el aprovechamiento de fuentes de agua pequeñas y de acceso limitado. Además, por su diseño y mecanismo de funcionamiento este sistema provoca un mínimo impacto en el ambiente (Muñoz Andrade, 2019). Estos ofrecen ventajas significativas en comparación con las fuentes tradicionales de energía. En primer lugar, no produce contaminantes atmosféricos

nocivos, como los que se liberan al quemar combustibles fósiles y segundo no agotan o dañan el ambiente.

La energía hidráulica es una de las formas más limpias y renovables de generar electricidad, pero tiene el inconveniente de que requiere de grandes obras o infraestructuras que alteran al ecosistema de los ríos. Sin embargo, existe una innovación que permite aprovechar el flujo natural de agua sin causar tanto impacto ambiental: las turbinas de Turbulent Hydro. Estas turbinas consisten en un dispositivo circular que se instala en el flujo natural del río y crea un vórtice como un remolino que hace girar un generador, así como pueden operar de forma individual o en conjunto con otras turbinas. De esta manera, se puede obtener energía eléctrica a partir de la corriente del río, además, estas turbinas son más eficientes que las tradicionales, ya que pueden adaptarse a diferentes caudales y profundidades, y no afectan la vida acuática como las otras. Las turbinas de agua de Turbulent Hydro es una tecnología sostenible y económica para producir energía verde a partir de agua (Kumar, 2020).

Este trabajo se enfoca en el estudio y análisis de la micro central hidroeléctrica basada en la tecnología Turbulent Hydro para la generación de energía eléctrica, mediante la cual se plantea describir la micro central hidroeléctrica; así como el diseño y la funcionalidad, establecer las especificaciones técnicas de los parámetros a considerar en una posible zona de implementación, evaluar el impacto ambiental, y determinar la eficiencia de la generación eléctrica y los costos asociados a un proceso de instalación.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

El presente trabajo de investigación se realizará en base a un diseño no experimental, considerando que el tema de investigación tiene un sustento teórico, se procederá a realizar una investigación de tipo descriptivo y exploratorio dada la circunstancia del tema.

### 2.1 Tipos de investigación

#### 2.1.1 Investigación exploratoria

La investigación exploratoria es una forma de abordar problemas poco conocidos o novedosos en el campo de estudio. Tiene como fin obtener una compresión general y aproximada del tema que se está investigando, sin buscar conclusiones definitivas o generalizables. Para lograr el objetivo la investigación exploratoria utiliza métodos como la revisión bibliográfica, la observación, las entrevistas, los grupos focales y los estudios

de caso. Estos métodos permiten recoger información variada y flexible sobre el fenómeno de interés (Hernández Sampiere et al., 2010).

Por las características y necesidades de la investigación se diseñará bajo el planteamiento metodológico con un enfoque cualitativo basado en la técnica de sistematización bibliográfica en donde el instrumento de recolección de datos se apoyará mediante la revisión bibliográfica en base a datos académicos y motores de búsqueda como Redalyc, ReseargGate y Google académico.

Para obtener más información sobre el tema, se realizará una búsqueda sistemática en fuentes primarias, como documentos de sitios web, informes, que proporcionen datos actualizados y fiables. También se consultará en fuentes secundarias, como tesis y artículos de revistas académicas, que ofrezcan análisis crítico y perspectivas teóricas sobre el tema. Se evaluará la calidad y la pertinencia de las fuentes seleccionadas, así como su fecha de publicación, su autoría y su objetividad.

### 2.1.2 Investigación descriptiva

Según Hernández Sampiere et al., (2010) la investigación descriptiva tiene como finalidad especificar las propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice. Su objetivo no es explicar causas o los efectos de dicho fenómeno, sino describirlos de forma detallada y sistemática.

La investigación descriptiva se desarrolla para describir la tecnología Turbulent Hydro, el diseño y la funcionalidad, las especificaciones técnicas de los parámetros necesarias que requiere la cuenca hídrica para el funcionamiento del sistema, el impacto ambiental que genera, así como la eficiencia de la generación eléctrica y el costo de la instalación.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Micro central hidroeléctrica a partir de la tecnología Turbulent Hydro

Turbulent Hydro representa una nueva tecnología sostenible y novedosa, sus turbinas de micro vórtice pueden proporcionar un suministro constante de energía eléctrica las 24 horas del día, los 7 días de la semana, durante todo el año. Estas turbinas están diseñadas específicamente para su uso en corrientes naturales de bajo caudal, como ríos, arroyos o canales, lo que las hace altamente eficientes y confiables (Designboom, 2023).

Según Turbulent (2022), la turbina de vórtice es una tecnología amigable con la fauna acuática, ya que su impulsador de RPM lento ejerce un bajo esfuerzo sobre las

palas, lo que garantiza que los peces puedan pasar ilesos. El sistema está premontano y se transporta fácilmente a su sitio, lo que facilita su instalación, y cuenta con una vida útil de hasta 30 años aproximadamente. También es importante destacar que estas turbinas no obstruyen el flujo normal de agua, eliminando por completo los riesgos de inundaciones.

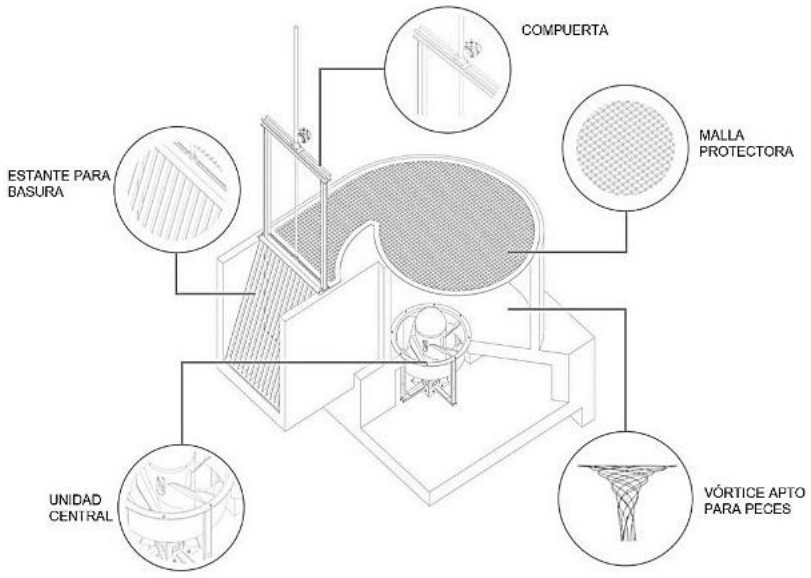
Hatata et al. (2019) citado por Zamora-Juárez et al. (2021, p. 2), menciona que los sistemas hidroeléctricos a microescala poseen la flexibilidad de ser adaptados a la infraestructura existente generando un valor agregado, en la producción de energía renovable, de inmuebles y otras construcciones. De esta forma la tecnología Turbulent Hydro pueda trabajar con materiales del lugar donde se emplea la micro central hidroeléctrica.

### 3.2 Diseño y funcionalidad de la micro central hidroeléctrica

El diseño de la tecnología Turbulent Hydro cuenta con una sola pieza móvil que requiere muy poco mantenimiento y una malla de filtro que impide que las partículas ingresen a la turbina (Figura 1). Estas turbinas son conocidas por su diseño compacto y modular, capaces de producir energía de manera económica y sostenible, utilizando componentes adaptables que son fáciles de transportar. Cuenta con componentes de menor tamaño que otras opciones disponibles en el mercado y están equipadas con hélices y software especializado que les permiten funcionar eficazmente incluso en presencia de sedimentos y suciedad (Ideass, s.f).

**Figura 1**

*Diseño del sistema micro hidráulico*



*Nota*. Adaptado de "*Hydroelectric turbines for green, decentralized energy"*, por Turbulent, 2022, https://www.turbulent.be/technology.

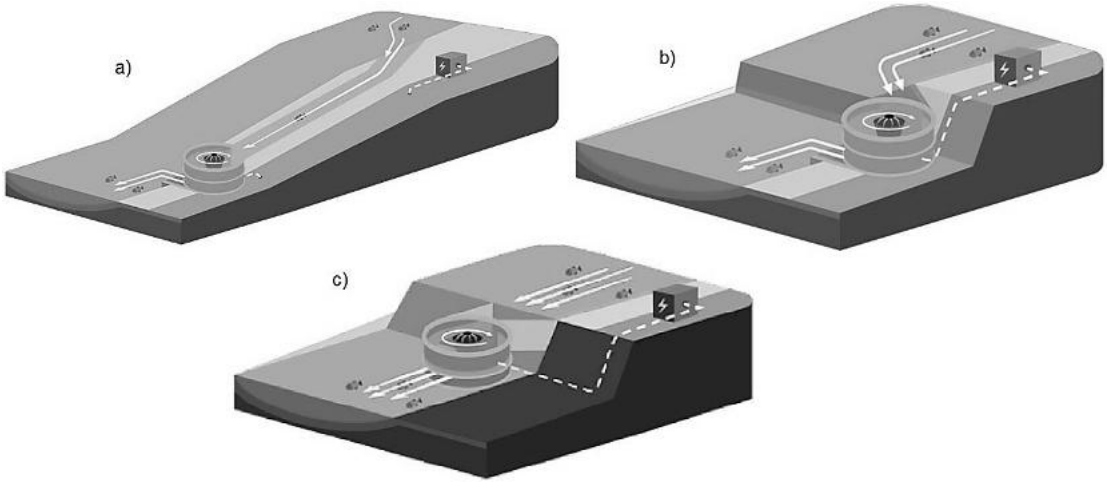
**Donde:**

- **Estante para Basura:** Es una rejilla protectora para basura de gran tamaño. Es diseñada para permitir el paso de los residuos pequeños, mientras evita que los objetos grandes obstruyan el sistema de drenaje.
- **Unidad central:** Generador y trasmisión de alta eficiencia.
- **Compuerta:** Compuerta automatizada para control de flujo.
- **Malla protectora:** Impide el ingreso de objetos o materiales de gran tamaño que puedan dañar la turbina. Esta malla es resistente y fácil de limpiar, garantiza el funcionamiento optimo.
- **Vórtice apto para peces:** La cuenca tiene una forma especial que transforma el flujo que entra en un remolino de baja presión, lo que permite que los animales acuáticos pasen sin daño.

La micro central hidroeléctrica utiliza una pequeña presa o desviador para dirigir el agua a través de una tubería en la que se encuentra la turbina. Es importante destacar que el nivel del caudal y la disponibilidad de corriente pueden influir en el diseño de la instalación (Figura 2), por lo que es necesario realizar un análisis previo del cauce del río o canal para determinar la forma más adecuada de instalación.

**Figura 2**

*Tipos de instalación*



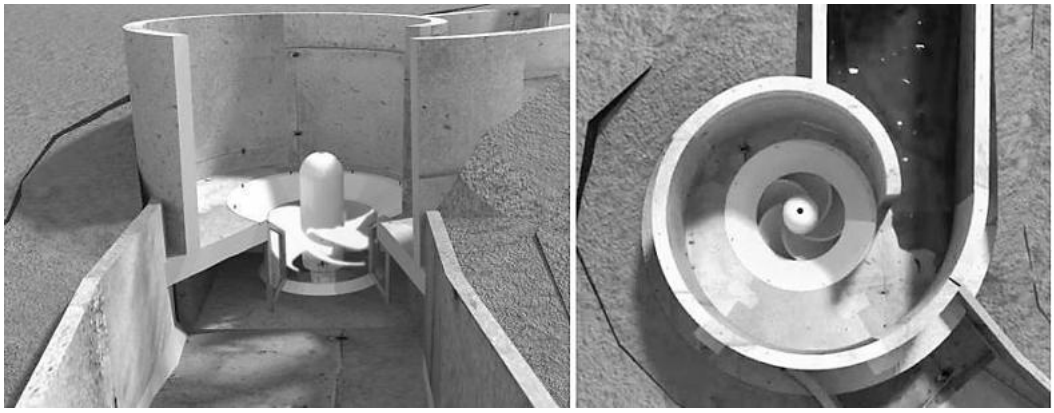

*Nota*. a) Instalación en tierra, desvió largo. b) Instalación en tierra, desvío corto. c)

Instalación en el río. Adaptado de "*La turbina de vórtice una nueva manera de generar electricidad a partir de las corrientes de agua - Donihue Chile"*, por APUNTES, 2018, http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com/2018/06/la-turbina-vortice-una-nueva-manera-de.html.

El flujo de agua se dirige a través de un camino de concreto optimizado que conduce el agua como un vórtice (Figura 3), lo que proporciona la energía necesaria para hacer girar las aspas de un generador. Después de pasar por la turbina, el agua regresa al río o canal. La energía producida puede ser conectada directamente al consumidor o a la red de distribución nacional simultáneamente (EcoInventos, 2022).

**Figura 3**

*Modelo de funcionamiento*

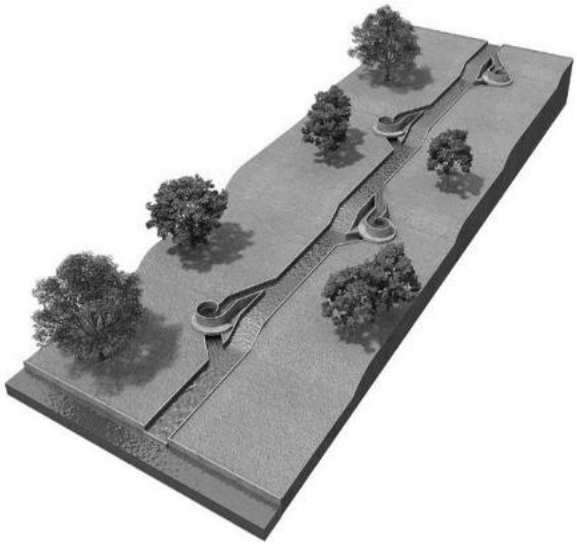


*Nota*. Tomada de "*La turbina de vortice una nueva manera de generar electricidad a partir de las corrientes de agua - Donihue Chile"*, por APUNTES, 2018, http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com/2018/06/la-turbina-vortice-una-nueva-manera-de.html.

Una de las ventajas de las turbinas hidráulicas Turbulent es su capacidad para ser instaladas en comunidades o áreas remotas que no tienen acceso a una red eléctrica establecida. Además, su diseño modular permite la instalación de múltiples unidades en serie (Figura 4), para aumentar la capacidad de generación de energía según las necesidades específicas del lugar.

**Figura 4**

*Instalación de múltiples turbinas en serie*



*Nota*. Adaptado de "*Turbulent, la minicentral hidroeléctrica capaz de abastecer hasta 500 hogares"*, por EcoInventos, 2022, https://ecoinventos.com/turbulent/#google_vignette.

El material utilizado en la fabricación de Turbulent Hydro puede variar según las condiciones específicas del área. El lavabo puede estar construido de diferentes materiales, como metal o de ladrillo y mortero, mientras que el cubo del impulsor puede ser de hierro fundido, acero inoxidable o puro. Antes de decidir qué materiales son los más adecuados para el proyecto, se debe inspeccionar cuidadosamente la ubicación del proyecto (Kumar, 2020).

### 3.3 Especificaciones técnicas de los parámetros

Es fundamental tener en cuenta el caudal y la diferencia de altura para la generación de electricidad a través de la energía hidroeléctrica, ya que son parámetros esenciales que permiten la selección del sitio de instalación. Con la obtención de estos dos parámetros se puede estimar el potencial hidroeléctrico, además, se pueden obtener datos relacionados a la central como: volumen de construcción, tamaño del canal, tamaño de la turbina y la potencia de salida (Turbulent, 2022).

Según Kumar (2020), aunque la estructura del sistema variará según las condiciones en el lugar seleccionado para la instalación, se deben considerar ciertas especificaciones mínimas a considerar del sitio donde se planea implementar la turbina:

- La profundidad del río para la instalación del sistema debe llegar por lo menos de 1,5 a 5 metros.

- El caudal debe ser como mínimo de 1 metro cubico por segundo, además de que esta cifra debe estar disponible durante al menos 9 meses consecutivos.
- Facilidad de ingreso por medio de carretera para un posible acceso al sitio.
- En una instalación conectada a la red, se debe asegurar que la distancia entre la turbina y la línea de conexión no exceda los 200 metros.

Debido a la naturaleza de flujo abierto de la turbina de vórtice, es crucial seleccionar cuidadosamente la combinación que garantice el mejor rendimiento en el diseño y en las operaciones de flujo parcial en cada sitio. Como se demuestra en la Tabla 1, las dimensiones estándar del impulsor de la turbina varían de 1,3 a 1,9 metros. Además, según se puede apreciar en la Tabla 2, la potencia eléctrica estándar oscila entre 15 y 70 kW. Por lo tanto, es importante tener en cuenta estas especificaciones al seleccionar la combinación adecuada de altura de caída y caudal para cada sitio (Turbuent, 2022).

**Tabla 1**

*Especificaciones mínimas y máximas de los parámetros*

| Rango estándar | Mínimo | Máximo | Unidad |
|---|---|---|---|
| Flujo | 1.5 | 4.7 | $m^3/s$ |
| Altura (canal de entrada al nivel de agua) | 1.4 | 2.7 | m |
| Eficiencia hidráulica en BEP | 0.65 | 0.75 | - |
| Profundidad de agua requerida en el canal de entrada | 1.3 | 2.3 | m |
| Diámetro del impulsor | 1.3 | 1.9 | m |
| Velocidad de rotación del impulsor | 40 | 100 | rpm |

*Nota*. Adaptado de "*15 - 70 kW HFLH Vortex Turbine"*, por Turbulent, 2022, https://www.turbulent.be/_files/ugd/20e303_155e5e7f48cb47d79e9cc95d36b9a378.pdf.

**Tabla 2**

*Rango de potencia estándar y dimensiones representativas de la turbina*

| Diámetro del impulsor | 1.3m | 1.5m | 1.7m | 1.9m | Unid |
|---|---|---|---|---|---|
| Salida hidráulica | 17 | 34 | 56 | 78 | kW |
| Salida eléctrica | 15 | 30 | 50 | 70 | kW |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Máxima generación de energía al año | 130,000 | 260,000 | 440,000 | 610,000 | kW/h |
| Flujo de diseño | 1.6 | 2.5 | 3.4 | 4.3 | $\mathbf{m^3/s}$ |
| Cabezal de diseño | 1.7 | 2.2 | 2.4 | 2.6 | m |
| Velocidad rotacional | 75 | 95 | 75 | 75 | rpm |
| Dimensiones de la unidad central (l x a x h) | 0.8x1.5x1.5 | 1.2x1.7x1.7 | 1.5x1.9x1.9 | 1.8x2.1x2.1 | m |
| Impulsor y peso de soporte | 240 | 380 | 590 | 870 | kg |
| Peso del generador y caja de cambios | 310 | 470 | 700 | 1070 | kg |
| Peso total de la unidad central | 550 | 850 | 1290 | 1940 | kg |

*Nota*. Longitud (l), Ancho (a) y Alto (h). Adaptado de "*15 - 70 kW HFLH Vortex Turbine"*, por Turbulent, 2022, https://www.turbulent.be/_files/ugd/20e303_155e5e7f48cb47d79e9cc95d36b9a378.pdf.

### 3.4 Impacto ambiental en el desarrollo de un sistema micro hidroeléctrico

Las micro centrales hidroeléctricas suelen utilizar sistemas de bajo impacto ambiental, como el de agua fluyente. En este tipo de sistema, el agua pasa a través de un generador y luego retorna al flujo principal, lo que produce un mínimo impacto en el ambiente (Reyna et al., 2017).

La turbina de vórtice de Turbulent Hydro genera una energía limpia y sostenible con el ambiente, la población y la vida acuática. Su objetivo es minimizar el impacto negativo en fuentes hídricas y su entorno, con el fin de mejorar la calidad de los ríos (Turbulent, 2022).

A diferencia de las grandes centrales hidroeléctricas, que generan un impacto

ambiental negativo debido a las enormes estructuras y obras civiles generadas en su construcción y funcionamiento, la micro central hidroeléctrica de Turbulent Hydro es altamente eficiente en términos económicos y tiene un impacto mínimo en el medio ambiente. Esto la hace amigable con el planeta y, al mismo tiempo, proporciona un gran beneficio eléctrico a bajo costo (Cofre, 2021).

Las micro centrales hidroeléctricas Turbulent están encaminadas a la generación de energía eléctrica verde cumpliendo los objetivos de desarrollo sostenible (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2022):

- Objetivo 7 Energía asequible y limpia: Garantizar el acceso a energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos. La tecnología de Turbulent Hydro o turbinas de vórtice cumple con este requisito debido a que no genera daños ecológicos, no genera CO2 y no desarrolla grandes obras de infraestructura que afecten al entorno.
- Objetivo 9 Industria, innovación e infraestructura: Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación. La tecnología Turbulent Hydro genera energía hidroeléctrica desde una perspectiva innovadora como una solución resiliente, no tiene la necesidad de construir presas o embalses. Además, requiere una obra civil o infraestructura mínima y tiene la capacidad de suministrar energía directamente en el lugar de consumo.
- Objetivo 11 Ciudades y comunidades sostenibles: Hacer que las ciudades y comunidades humanas sean inclusivos, sostenibles, seguras y resilientes. Las turbinas Turbulent está diseñada considerando especialmente a las comunidades remotas o alejadas que proporciona una fuente de energía sostenible, continua y rentable, lo que les permite desarrollarse a un ritmo más rápido.
- Objetivo 13 Acción por el clima: Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos. En este contexto la energía hidroeléctrica se desataca como un recurso renovable fiable. La turbina Turbulent o turbina de vórtice son micro centrales que no necesitan presas o embalses para la generación de energía por lo presentan un impacto ambiental mínimo, ya que aprovechan la energía de ríos o canales y no producen dióxido de carbono (CO2) y otros gases de efecto invernadero a la atmosfera.

- Objetivo 14 Vida bajo el agua: Asegurar la conservación y sostenibilidad de los ecosistemas de océanos, los mares y ríos. Las poblaciones de peces deben mantenerse en niveles biológicamente sostenibles. Con una inspiración proveniente de la naturaleza, la tecnología de vórtice permite que los peces atraviesen sin sufrir daños, preservando así el equilibrio del ecosistema mientras genera energía de manera constante.

### 3.5 Eficiencia de generación eléctrica

La potencia instalada de las micro centrales hidroeléctricas presentan un rango de 1 a 100 kW (Reyna et al., 2017), además de una eficiencia alta del 70% - 90% y una capacidad mayor del 50 % a comparación de la energía eólica con el 30% y 10% para la energía solar. El total máximo de potencia se da en épocas de invierno (Nasir, 2014).

La eficiencia de las turbinas de vórtice según Turbulent (2022), es del 60%, lo que significa en su capacidad para convertir alrededor del 60% de la energía contenida en el agua en electricidad utilizable.

Según Pascual (2020), la tecnología Turbulent Hydro cuenta con modelos de diferentes tamaños, siendo el más pequeño capaz de generar una potencia de 5 a 70 kW, lo que equivale a un total de 40.000 a 240.000 kWh por año, suficiente para abastecer de electricidad hasta 200 casas. Por otro lado, el modelo más grande alcanza los 200 kW, generando un total de 1.600.000 kWh al año. Además, se menciona que estos modelos ya han sido implementados con éxito en núcleos rurales de Bélgica, Francia, Chile, Indonesia y otros países.

En Donihue, Chile se implementó la turbina de vórtice de Turbulent Hydro para una granja de avicultura local que proporciona energía de 15 kW las 24 h y los 7 días a la semana con un caudal de 1,65 m3/s a una altura de 1,7 m que tiene la capacidad de traspasar arena y restos de piedra con diámetro de hasta 10 cm. Otro caso de la implementación es el condado de Yilan, Taiwán activa desde el 2022 que genera una potencia de 100 kW con un caudal nominal de 5,8 m3/s y altura neta de 3,3 m (Turbulent, 2022).

La implementación de la turbina de vórtice en la Amazonía seria ventajoso por las altas precipitaciones del clima tropical muy húmedo, para lo que su potencia de generación eléctrica sería máxima para abastecer a toda una comunidad.

### 3.6 Costos asociados a un proceso de instalación

Un proyecto de la micro central hidroeléctrica con la tecnología Turbulent Hydro tiene un costo de inversión de 750 euros (monedad europea), lo que equivale a uno 834,64

dólares americanos o mil dólares por turbina, este valor fue determinada por la empresa Turbulent creadores de esta tecnología, donde incluye los siguientes servicios (Turbulent, 2022):

- Pre-estudio: Evaluación primaria del sitio de estudio.
- Diseño e instalación de la turbina y el sistema eléctrico.
- Capacitación y asesoramiento técnico para el mantenimiento que incluye el cambio de aceite y revisiones de fugas y ruido, incluido la comprobación de armarios eléctricos, reemplazos de sellos.
- Garantía de dos años y soporte remoto.
- Certificado de calidad y seguridad.

La tecnología Hydro Turbulent tiene una larga una duración para el aprovechamiento de la energía hidráulica. Con un mantenimiento adecuado, el sistema puede funcionar entre un rango estimado de 15 a 30 años sin problemas. El valor base de 834,64 dólares por turbina incluye los gastos de instalación, operación y mantenimiento.

Según la empresa Turbulent (2022), que desarrolla micro centrales hidroeléctricas manifiesta que el costo de energía esta entre 0,03 y 0,08 USD/kWh. Esto se debe al aprovechamiento de la energía verde al 100%, que se genera a partir del flujo natural del agua sin necesidad de represas ni embalses. Teniendo cuenta lo mencionado anteriormente, esta tecnología tiene un costo de energía más bajo del mundo comparando con el costo de energía proveniente de fuentes fósiles. Un ejemplo claro es en Ecuador, que todavía utiliza energía eléctrica proveniente de los combustibles fósiles. Según la Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR, 2022) el servicio eléctrico es 9,2 USD/kWh en este país.

## 4. CONCLUSIONES

La micro central hidroeléctrica de la tecnología Turbulent Hydro utiliza una turbina de vórtice para aprovechar el movimiento del agua y producir energía eléctrica. Esta es una solución innovadora y modular que permite la instalación de múltiples unidades en serie, lo que aumenta la capacidad de generación de energía según las necesidades del lugar. Además, su diseño cuenta con una sola pieza móvil que requiere muy poco mantenimiento, lo que la hace una opción económica y sostenible. Es importante tener en cuenta que el material utilizado en la fabricación de Turbulent Hydro puede variar según las condiciones específicas del área.

Para asegurar la efectividad de la instalación del sistema, es fundamental tener en cuenta el caudal y la diferencia de altura, ya que permiten determinar los datos relacionados a la central y el potencial eléctrico. Además, se requiere una profundidad del río de al menos 1,5 a 5 metros y un caudal mínimo de 1 metro cúbico por segundo, disponible durante al menos 9 meses consecutivos, con estas especificaciones en mente se puede seleccionar el sitio más adecuado para la instalación del sistema. Las dimensiones estándar del impulsor de la turbina varían de 1,3 a 1,9 metros, mientras que la potencia eléctrica estándar oscila entre 15 y 70 kW. Es importante verificar los datos existentes para evitar mediciones inexactas, las cuales pueden resultar en una menor eficiencia y mayor costo.

La turbina de vórtice se destaca por su diseño ecológico y amigable con la fauna acuática, especialmente con los peces. Además, es una fuente de energía limpia y sostenible que busca minimizar el impacto negativo en las fuentes hídricas y su entorno, contribuyendo a mejorar la calidad de los ríos. Gracias a su enfoque sostenible con la naturaleza, esta tecnología no genera un alto impacto en los cuerpos de agua durante su desarrollo e implementación, lo que la convierte en una opción prometedora para una generación de energía más respetuosa con el ambiente.

La tecnología Turbulent Hydro ofrece una eficiencia del 70% al 90% de potencia al convertir la energía del agua en electricidad, lo que resulta en una producción de energía en un rango de 5 a 70 kW en potencia con una sola turbina, lo que puede llegar a proveer de electricidad a un aproximado de 200 casas, generando una capacidad mayor del 50% en comparación con otras fuentes de energía, las cuales además de ocupar mayor espacio tienen más costos de instalación y mantenimiento.

El costo de inversión de una micro central hidroeléctrica a partir de la tecnología Turbulent Hydro es de 750 euros, lo que equivale a 834,64 dólares americanos o mil dólares por turbina, teniendo en cuenta el rango estimado de funcionamiento de entre 15 a 30 años. Además de que este tipo de sistema destaca por su durabilidad y bajo costo de instalación, operación y mantenimiento, los cuales vienen integrados al pago inicial. Comparado con los costos que provienen de la generación de energía a través de combustibles fósiles, la tecnología Turbulent Hydro tiene un costo de energía más bajo y amigable con el medio ambiente.

## 5. REFERENCIAS

Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables [ARCERNNR]. (2022). *Las tarifas de energía eléctrica no se incrementarán en el 2022*. https://www.recursosyenergia.gob.ec/las-tarifas-de-energia-electrica-no-se-incrementaran-en-el-2022/

Algeco. (s.f). *¿Qué es el diseño modular y cómo puede beneficiarte?* https://www.algeco.es/que-es-el-diseno-modular-y-como-puede-beneficiarte

APUNTES. (2018). *La turbina vórtice una nueva manera de generar electricidad a partir de las corrientes de agua - Donihue Chile*. http://apuntesdearquitecturadigital.blogspot.com/2018/06/la-turbina-vortice-una-nueva-manera-de.html

Bertinat, P. (2016). *Transición energética justa: Pensando la democratización energética.* Friedrich Ebert Stiftung: https://library.fes.de/pdf-files/bueros/uruguay/13599.pdf

Castro, A. (2006). *Minicentrales hidroeléctricas.* https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_2.1.7_Minicentrales_hidroelectricas_125f6cd9.pdf

Cofre, E. (2021). *Diseño de un sistema de abastecimiento de energía eléctrica con el uso de energías alternativas como la hidráulica en viviendas unifamiliares en la parroquia de Montalvo del cantón Ambato, provincia de Tungurahua.* https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/32151/1/Tesis%20I.%20C.%201434%20-%20Cofre%20Pinta%20Edison%20Fernando.pdf

Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2021). *Transición Energética en América Latina y el Caribe.* https://www.cepal.org/sites/default/files/events/files/transicion_energetica_ponencia_universidad_ecuador.pdf

Comisión Nacional de Riego [CNR]. (s.f.). *Obras de riego con Microcentrales hidroeléctricas.* https://www.cnr.gob.cl/temas-transversales/energias-renovables-en-riego/minihidro/

Designboom. (2023). *Turbulent electrifica lugares remotos con turbinas de vórtice de bajo mantenimiento*. https://designboom.es/tecnologia/turbulent-electrifica-lugares-remotos-con-turbinas-de-vortice-de-bajo-mantenimiento/

EcoInventos. (2022). *Turbulent, la minicentral hidroeléctrica capaz de abastecer hasta 500 hogares*. https://ecoinventos.com/turbulent/#google_vignette

Endesa. (2018). *Central hidroeléctrica*. https://www.fundacionendesa.org/es/educacion/endesa-educa/recursos/centrales-renovables/central-hidroelectrica

Guamushig, C., y Iza, D. (2022). *Diseño de una turbina de vórtice de eje vertical.* Universidad Técnica de Cotopaxi:

http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9662/1/PI-002223.pdf

Guastay, W., y Llanes, E. (2020). El uso de la energía hidráulica para la generación de energía eléctrica como estrategia para el desarrollo industrial en el Ecuador. *ORCID*, *24*(104), 28-35. https://doi.org/10.47460/uct.v24i104.363

Hatata, A., El-Saadawi, M., y Saad, S. (2019). A feasibility study of small hydro power for selected locations in Egypt. *Energy Strategy Reviews, 24*, 300-313. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.esr.2019.04.013

Hernández Sampiere, R., Fernánez Collado, C., y Baptista Lucio, M. (2010). Metodogía de la Investigación. McGRAW-HILL. https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf

Ideass. (s.f). *Planta micro hidroeléctrica creada en Bélgica para aprovechar la energía renovable de las corrientes de poca altura.* http://www.ideassonline.org/public/pdf/TurbulentTurbine-ESP.pdf

Ingfocol Ltda. (2015). *Hidroenergía.* https://www1.upme.gov.co/Energia_electrica/Atlas/Atlas_p25-36.pdf

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]. (s.f). *Medición del caudal.* http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/012406/Cap11.pdf

Interempresas. (2010). *Los beneficios de las mini hidroeléctricas.* https://www.interempresas.net/Agua/Articulos/46163-Los-beneficios-de-las-mini-hidroelectricas.html

Kumar, P. (2020). *Turbulent Hydro – A Whole New Level of A Hydropower Plant*. All Sustainable Solutions: https://allsustainablesolutions.com/turbulent-hydro-a-whole-new-level-of-a-hydropower-plant/

Magallón Rezusta, G. S., Molina-López, M. M., y Izquierdo Llanes, G. (2020). Eficiencia energética en escuelas españolas como indicador de competencia de gestión económica: Diferencias entre centros públicos y privados. *Gestión y Política Pública*, *29*(2), 388. https://doi.org/https://doi.org/10.29265/gypp.v29i2.778

Ministerio de Energía y Minas. (2021). *Balance Energético Nacional.* https://www.recursosyenergia.gob.ec/wp-content/uploads/2022/08/Cap_1_opt.pdf

Muñoz Andrade, J. S. (2019). *Estudio de pre factibilidad para proyecto de turbinas sumergibles de generación.* Universidad de Cuenca: http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/33556

Nasir, B. A. (2014). Design Considerations of Micro-hydro-electric Power Plant. *Energy Procedia, 50*, 19-29. https://doi.org/10.1016/j.egypro.2014.06.003

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (2022). *Objetivos del Desarrollo Sostenible*. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (s.f). *Causas y efectos del cambio climático*. https://www.un.org/es/climatechange/science/causes-effects-climate-change#collapseOne

Organización Latinoamericana de Energía [OLADE]. (2020). *Generación eléctrica mundial y para América Latina y el Caribe (ALC) y su impacto en el sector.* https://www.olade.org/wp-content/uploads/2021/01/Generacion-electrica-mundial-y-para-America-Latina-y-el-Caribe-ALC_01-12-2020.pdf

Pascual, J. (2020). *La hidroturbina que genera electricidad creando un vórtice en cualquier acequia*. https://computerhoy.com/noticias/tecnologia/hidroturbina-vortice-electricidad-729519

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2018). *Plan Nacional de Energía Renovable y Eficiencia Energética del Ecuador (MEE).* https://www.undp.org/es/ecuador/publications/plan-nacional-de-energ%C3%ADa-renovable-y-eficiencia-energ%C3%A9tica-del-ecuador-mee

Reyna, T., Reyna, S., Lábaque, M., Riha, C., y Góngora, C. (2017). Desafíos ambientales es para uso de la hidrogeneración. *Avances en Ciencias e Ingeniería, 8*(3), 1-12. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323652916001

Sánchez Barboza, L., Pérez Pineda, R. E., y Vásquez Stanescu, C. (2018). Eficiencia de países desarrollados en el control del uso de combustibles fósiles para generar energía. *Revista Científica ECOCIENCIA*, *4*(2), 58–71. https://doi.org/https://doi.org/10.21855/ecociencia.42.28

Turbuent. (2022). *15 to 70 kW Tech Sheet.* https://www.turbulent.be/_files/ugd/20e303_155e5e7f48cb47d79e9cc95d36b9a378.pdf

Turbulent. (2022). *Hydroelectric turbines for green, decentralized energy*. https://www.turbulent.be/technology

Turbulent. (2022). *Hydropower Measurement manual* . https://www.turbulent.be/_files/ugd/e8b55a_f603a99a8bfc41b293f7eea9e85be42b.pdf

## ANEXOS

### Marco Teórico

### Eficiencia energética

La eficiencia energética consiste en reducir el gasto de energía sin perder los servicios energéticos como su principal principio. Entre los beneficios del ahorro de energético se encuentra la protección del ambiente, la garantía del abastecimiento y el estímulo de prácticas sostenibles en el manejo de la energía (Magallón Rezusta et al., 2020).

**Energía hidroeléctrica**

La energía hidroeléctrica o hidroenergía se basa en el aprovechamiento de la fuerza de agua en movimiento a una cierta altura. Cuando el agua cae, se transforma en energía cinética que mueve turbinas y los generadores que producen electricidad. Esta fuente de energía es renovable, limpia y no emite gases de efecto invernadero (Ingfocol Ltda, 2015).

**Matriz energética**

La matriz energética es el conjunto de procesos, tecnologías y recursos que permiten obtener, trasformar y distribuir la energía en una zona geográfica. Representa numéricamente la composición y el funcionamiento del sistema energético, mostrando las fuentes, los usos y los flujos de energía que se dan en un territorio (Bertinat, 2016).

**Micro central hidroeléctrica**

La micro central hidroeléctrica es un sistema que aprovecha la energía potencial del agua de cauces naturales o artificiales, como un rio, un estero, un canal de riego o un embalse. La potencia instalada es menor o igual a 100 kW, lo que la hace adecuada para proveer de energía pequeñas comunidades rurales o aisladas (Comisión Nacional de Riego [CNR]).

**Turbina Hidráulica**

La turbina hidráulica es el componente principal utilizado para aprovechar la energía hidráulica. Su función es transformar la energía cinética generada por el movimiento del agua en energía mecánica. El rotor es el componente más relevante de la turbina hidráulica, el cual está compuesto por una serie de palas que son impulsadas por el agua en movimiento (Endesa, 2018).

**Turbina de vórtice**

La turbina de vórtices son microturbinas hidráulicas que utilizan la energía del agua generada por la gravedad. El flujo de agua es dirigido hacia un tanque de rotación donde se forma un vórtice o remolino, aprovechando así la velocidad cinética del agua para producir energía y posteriormente, el agua regresa al rio en un proceso reciproco. Estas turbinas son versátiles, ya que pueden funcionar eficientemente con diferentes caudales y solo requieren pequeñas diferencias de altura (Guamushig y Iza, 2022).

**Caudal**

La cantidad de agua que fluye a través de una sección transversal de un río y se expresa en volumen por unidad de tiempo. Existen varios métodos para medir el caudal en un período determinado, y la elección del método depende de las condiciones

específicas de cada sitio (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM], s.f).

**Diseño Modular**

Es un método de diseño que divide un sistema en partes más pequeñas, conocidas como módulos o plataformas, que pueden ser creados de manera independiente y utilizados en diferentes sistemas. Este enfoque se caracteriza por la partición funcional en módulos escalables y reutilizables, el uso riguroso de interfaces modulares bien definidas y la utilización de estándares industriales (Algeco, s.f).

**Presa o desviador**

Es una pequeña estructura en la entrada del agua utilizada para elevar su nivel y permitir que fluya hacia el canal o tubería de derivación. El agua desviada debe ser dirigida hacia la cámara de carga, desde donde fluye a través de una tubería forzada hasta el punto más bajo de la central, donde se utiliza para hacer girar la turbina (Interempresas, 2010).