



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECHANICA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PICO TURBINA PARA GENERAR ENERGÍA  
ELÉCTRICA EN LA CAPTACIÓN DE AGUA EN EL PÁRAMO DE  
“MOGOTES” PERTENECIENTE A LA PARROQUIA DE ALÁQUEZ.**

Propuesta Tecnológica presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero  
Electromecánico

**AUTORES:**

Richar Alexander Pulloquina Zapata  
Nataly Johanna Quilligana Guano

**TUTOR:**

Ing. Luis Miguel Navarrete López. MsC


**LATACUNGA – ECUADOR  
MARZO - 2024**

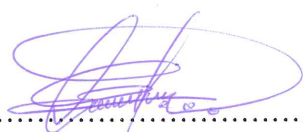
## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

PULLOQUINGA ZAPATA RICHALEXANDER, con cedula de ciudadanía No. 0502932882, QUILLIGANA GUANO NATALY JOHANNA, con cedula de ciudadanía No. 1805331251 declaramos ser autores del presente PROPUESTA TECNOLÓGICA: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA PICO TURBINA PARA GENERAR ENERGÍA ELECTRÍCA EN LA CAPTACIÓN DE AGUA EN EL PARAMO DE “MOGOTES” PERTENECIENTE A LA PARROQUIA DE ALÁQUEZ”, siendo el Ing. Navarrete López Luis Miguel MSc., Tutor del presente trabajo; y; eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente propuesta tecnológica, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 23 de febrero del 2024

  
.....  
Pulloquina Zapata Richar Alexander  
C.C: 0502932882

  
.....  
Quilligana Guano Nataly Johanna  
C.C: 1805331251

## AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

En calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica sobre el título: “IMPLEMENTACIÓN DUNA PICO TURBINA PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CAPTACIÓN DE AGUA EN EL PARAMO DE “MOGOTES” PERTENECIENTE A LA PARROQUIA DE ALÁQUEZ”, de Pulloquina Zapata Richar Alexander y Quilligana Guano Nataly Johanna, de la carrera de Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

Latacunga, 23 de febrero del 2024



.....  
Ing. Navarrete López Luis Miguel. Mg  
C.C: 1803747284  
**TUTOR**

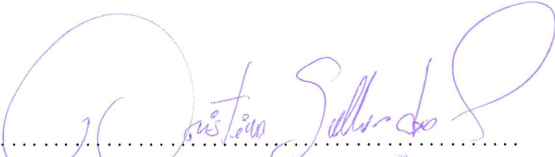
## AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban la presente **Propuesta Tecnológica** de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto; **los postulantes: Pulloquina Zapata Richar Alexander** con cédula de ciudadanía No. 0502932882; **Quilligana Guano Nataly Johanna** con cédula de ciudadanía No. 1805331251, con el título de la **Propuesta Tecnológica: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA PICO TURBINA PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CAPTACIÓN DE AGUA EN EL PARAMO DE “MOGOTES” PERTENECIENTE A LA PARROQUIA DE ALÁQUEZ”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

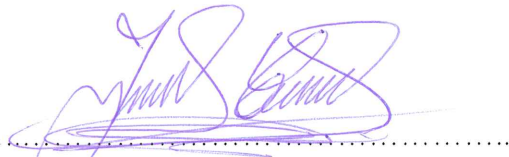
Latacunga, 23 de febrero del 2024

Para constancia firman:




.....  
Ing. Cristian Fabian Gallardo Molina. MsC  
C.C: 050284769-2

**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**



.....  
Ing. Segundo Ángel Cevallos Betún. MsC  
C.C: 050178243-7

**LECTOR 2 (MIEMBRO)**



.....  
Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso. MsC. Dr.C  
C.C: 175836725-2

**LECTOR 3 (MIEMBRO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco profundamente a la Universidad Técnica De Cotopaxi matriz Latacunga y a la facultad Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas que forman la carrera de Electromecánica, por aportar con sus grandes conocimientos logrados y sus experiencias.*

*A nuestro tutor el Ing. Mg. Luis Navarrete por en caminar con su conocimiento y destreza para hoy por hoy me ayuda a lograr este trabajo de la mejor manera.*

*A todos los maestros reconocer por brindar sus conocimientos, fueron parte fundamental para la obtención de los resultados de mi trabajo de titulación*

***Nataly Quilligana***

## **DIDICATORIA**

*A Dios por estar siempre bendiciéndome, por haberme brindado sabiduría y todos los dones necesarios para llegar a lograr uno más de mis objetivos en el ámbito educativo, por permitirme superar todo obstáculo y no rendirme nunca, lo imposible transformarlo en lo posible, lograr objetivos que nunca imaginé que podía hacerlo, Dios me brinda toda fortaleza para seguir caminando en esta escuela de la vida.*

## **MIS PADRES Y HERMANOS**

*Mis amados padres, Jaime y Lorena, mis queridos hermanos Walter y Selene, mis pilares, mi inspiración, mi motor, mi todo. Han sido mi fuente de fuerza y motivación en cada paso de mi educación, su dedicación y sacrificio han sido el motor que me ha impulsado alcanzar mi meta, no dejarme rendirme en este camino es la fortaleza más grande. No encuentro las palabras suficientes para expresar mi gratitud hacia ustedes. A mis hermanos expresarles mi profundo agradecimiento por las palabras de motivación, por estar conmigo en las buenas y en las malas. Los amo y siempre estaré agradecida por todo lo que han hecho por mí.*

***Nataly Quilligana***

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, agradezco a Dios infinitamente por haberme dado la suficiente sabiduría, fortaleza y perseverancia a lo largo de mi etapa estudiantil, por darme la oportunidad de llegar alcanzar mis metas y objetivos planteados. Les agradezco a mis padres Jeanneth y Carlos, a mi hermano Jefferson por todo el apoyo incondicional hacia mí, por toda su paciencia e infinito cariño que me demostraron día tras día, sin sus palabras y correcciones precisas no hubiese podido lograr llegar a esta instancia tan anhelada, las llevaré grabadas para siempre en la memoria en mi futuro profesional. Agradezco a mi hijo Gael por entender que, durante el desarrollo de esta tesis, fue necesario sacrificar situaciones y momentos a su lado para así poder completar exitosamente mi trabajo académico, por permitir que papá estudie y ser cada día mejor padre junto a él, todos mis esfuerzos han valido la pena porque has estado a mi lado. Estoy muy orgulloso de ser tu padre.*

*Por último, agradecer a mi querida Universidad Técnica de Cotopaxi que me ha exigido tanto, pero al mismo tiempo me ha permitido obtener mi tan anhelado título; de igual manera a mis maestros por compartir todos sus conocimientos, enseñanzas impartidas en el aula, y por los consejos dados para nuestra vida profesional.*

**Richar Pulloquina**

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo se lo dedico a Dios ya que jamás me ha dejado solo, siempre está conmigo en las buenas y malas, con su bondad y amor me hizo posible culminar esta meta estudiantil.*

*Para mis padres les dedico con todo corazón todos los triunfos que voy adquiriendo, pues sin ellos no lo había logrado. Sus bendiciones a diario en el caminar de la vida me protegen y me guían por el camino del bien. Por eso les doy mi trabajo en ofrenda por su paciencia y amor padres míos, los amo. A mi hijo que le quiero y lo amo mucho, le dedico esta tesis como un testimonio de mi amor incondicional por él y mi deseo de dejar un legado positivo para su futuro, espero que esta tesis le muestre que siempre hay una manera de superar las adversidades. Le dedico a mi hermano por siempre estar a mi lado y apoyarme como amigo, a pesar de las peleas somos hermanos y siempre estaremos juntos.*

*A mi amigo y compañero de aventuras Fabián, aunque hubiera deseado que estuviera aquí para celebrar este logro juntos, sé que desde el cielo lo está mirando con orgullo. Esta tesis es también tuya, porque tú fuiste parte integral de mi viaje académico y personal.*

**Richar Pulloquina**



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

### TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA PICO TURBINA PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CAPTACIÓN DE AGUA EN EL PÁRAMO DE “MOGOTES” PERTENECIENTE A LA PARROQUIA DE ALÁQUEZ”

#### AUTORES:

**Pulloquina Zapata Richar Alexander**

**Quilligana Guano Nataly Johanna**

#### RESUMEN

Este proyecto aborda la implementación un sistema de generación eléctrica mediante una pico turbina en la captación de agua en el páramo de "Mogotes" perteneciente a la parroquia de Aláquez. La elección de un pico turbina se debe a la incompatibilidad de una turbina comercial con las condiciones particulares del entorno. La implementación de este sistema beneficiará a los residentes de la parroquia ofreciendo sistemas de seguridad mediante la obtención de energía eléctrica a través del recurso hídrico. En el documento se detallan las definiciones y especificaciones de cada componente utilizado en la implementación. Como parte de nuestro enfoque de diseño adaptado a las condiciones específicas del lugar, se desarrolló una turbina experimental fabricada en acero inoxidable ANSI 304 con 8 alabes, cada uno posicionado a un ángulo de 60°. Durante la inspección en campo, se realizó una evaluación exhaustiva de los recursos hídricos principales, obteniendo un caudal de  $0.04166 \text{ m}^3/\text{s}$  a lo largo de una tubería de 6.50 m, este flujo de agua generó una presión de  $22955.4 \text{ N/m}^2$  en el punto de análisis. Entonces, mediante pruebas de funcionamiento se obtuvo los siguientes resultados de generación: potencia de 400W, tensión nominal de 12V y velocidad de 550 rev/min. Esta turbina capturó eficientemente la energía del flujo de agua aprovechado así al máximo el recurso disponible del sector.

**Palabras Claves:** Captación, Generación, Recursos, Álabes, Presión, Potencia.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

**ACADEMIC UNIT TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

**THEME: “IMPLEMENTATION OF A PICO TURBINE TO GENERATE  
ELECTRICITY IN THE WATER CATCHMENT IN THE “MOGOTES” MOOR  
BELONGING TO THE PARISH OF ALAQUEZ”.**

**AUTHORS:**

**Pulloquina Zapata Richar Alexander**

**Quilligana Guano Nataly Johanna**

**ABSTRACT**

This project addresses the implementation of an electric generation system using a small turbine in water collection in the "Mogotes" páramo, belonging to the Aláquez parish. The choice of a small turbine is due to the incompatibility of a commercial turbine with the particular conditions of the environment. The implementation of this system will benefit the residents of the parish by providing security systems through the acquisition of electrical energy from the water resource. The document details the definitions and specifications of each component used in the implementation. As part of our design approach adapted to the specific conditions of the site, an experimental turbine was developed, made of ANSI 304 stainless steel with 8 blades, each positioned at a 60° angle. During the field inspection, a thorough evaluation of the main water resources was carried out, obtaining a flow rate of  $0.04166 \text{ m}^3/\text{s}$  along a 6.50 m pipe; this water flow generated a pressure of  $22955.4 \text{ N/m}^2$  at the analysis point. Then, through performance tests, the following generation results were obtained: power of 400W, nominal voltage of 12V, and speed of 550 rev/min. This turbine efficiently captured the energy of the water flow, thus maximizing the available resource in the sector.

**Keywords:** Collection, Generation, Resources, Blades, Pressure, Power



UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE  
COTOPAXI



CENTRO  
DE IDIOMAS

## *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que:

La traducción del resumen al idioma inglés de la Propuesta Tecnológica cuyo título versa: “IMPLEMENTACIÓN DE UN PICO TURBINA PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CAPTACIÓN DE AGUA EN EL PÁRAMO DE “MOGOTES” PERTENECIENTE A LA PARROQUIA DE ALÁQUEZ.” presentado por: **Pulloquina Zapata Richar Alexander** con número de cédula: 0502932882 y **Quilligana Guano Nataly Johanna** con número de cédula: 1805331251, egresados de la Carrera de: **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, 23 de febrero del 2024

Atentamente,

.....  
**Lic. Emma Jackeline Herrera Lasluisa. Mg.**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC**  
**CI:0502277031**



CENTRO  
DE IDIOMAS

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1	INTRODUCCIÓN.....	3
1.1	Antecedentes.....	4
1.2	Justificación.....	4
1.3	Planteamiento del problema.....	5
1.3.1	Formulación del problema.....	6
1.4	OBJETIVOS.....	6
1.4.1	Objetivo General.....	6
1.4.2	Objetivos Específicos.....	6
1.5.	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS.....	7
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	8
2.1	Sistemas de generación Eléctrica.....	8
2.2	Clasificación de Fuentes de generación.....	8
2.3	Hidráulica.....	9
2.4	Centrales Hidroeléctricas.....	9
2.4.1	Hidroeléctricas Grandes.....	10
2.4.2	Hidroeléctricas Medianas.....	10
2.4.3	Hidroeléctricas Pequeña.....	11
2.4.3.1	Pico.....	11
2.4.4	Micro centrales.....	12
2.4.5	Componentes hidroeléctricas.....	13
2.4.6	Tipos de válvulas.....	13
2.4.7	Tipos de represas.....	14
2.5	Turbinas hidráulicas.....	14
2.5.1	Turbina Pelton.....	15

2.5.2	Turbina Michell-Banki .....	16
2.5.3	Turbina Francis.....	17
2.5.4	Turbina Kaplan. ....	17
2.5.5	Tipos de Vórtices.....	18
2.5.6	Vórtices forzados.....	18
2.5.7	Vórtice libre.....	18
2.5.8	Características de diseño de Turbinas .....	19
2.5.9	Turbinas de doble eje.....	19
2.5.10	Muros de contención .....	20
2.5.11	Tipos de muros de contención.....	20
<b>3</b>	<b>DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....</b>	<b>21</b>
3.1	Investigación bibliográfica.....	21
3.1.1	Investigación Descriptiva .....	21
3.1.2	Investigación Experimental .....	21
3.2	Métodos de Investigación .....	21
3.2.1	Método Científico.....	21
3.2.2	Declaración de variables.....	21
3.3	Metodología de Diseño .....	22
3.4	Métodos.....	22
3.4.1	Análisis de requerimientos .....	22
3.4.2	Metodología del análisis y optimización del diseño.....	23
3.4.3	Determinación de le caudal .....	23
3.4.4	Análisis de materiales.....	23
3.5	Equipos .....	24
3.6	Requerimientos para aplicar métodos.....	24
3.7	Variable.....	24
3.7.1	Caudal.....	24

Volumen de la presa (I) .....	24
Tiempo (s).....	24
3.7.2 Pérdidas de fricción de la tubería. ....	26
3.7.3 Presión del agua.....	27
3.7.4 Peso específico de la Turbina .....	28
3.7.5 Potencia Hidráulica o absorbida .....	28
3.8 Diseño del muro.....	29
3.8.1 Volumen de la represa: .....	29
3.8.2 Cantidad de agua a almacenarse en la represa:.....	29
3.8.3 Peso que resistirá la represa:.....	29
3.8.4 Presión total que resistirá la represa .....	29
3.8.5 Presión media que resistirá la represa: .....	30
3.8.6 Fuerza que resistirá la represa: .....	30
3.8.7 Volumen del muro:.....	30
3.8.8 Cálculo del espesor del muro: .....	30
3.8.9 Cálculo de la fuerza inferior de la represa:.....	30
3.9 Cálculo de Sistema multiplicador de velocidad mediante poleas.....	31
3.9.1 Cálculo para la longitud de banda en v.....	32
3.10 Estructura del modelado de una simulación en Solid Works.....	32
4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS .....	33
4.1 Diseño de los componentes.....	33
4.2 Requerimientos .....	34
4.2.1 Caudal de Agua.....	34
4.2.2 Velocidad de circulación del agua en la tubería .....	34
4.2.3 Área del caudal .....	35
4.2.4 Pérdidas de fricción de la tubería. ....	35
4.2.5 Presión del agua.....	36

4.2.6	Masa del agua .....	36
4.2.7	Peso específico de la turbina. ....	36
4.2.8	Potencia hidráulica o absorbida.....	37
4.2.9	Represa .....	37
4.2.10	Volumen de la represa: .....	38
4.2.11	Cantidad de agua a almacenarse en la represa:.....	38
4.3	Muro de Contención .....	40
4.3.1	Volumen del muro:.....	40
4.3.2	Espesor del muro .....	40
4.3.3	Fuera inferior de la represa:.....	41
4.3.4	Espesor inferior de la represa <b>E1</b> : .....	41
4.4	Equipos .....	42
4.4.1	Diseño de la turbina.....	42
4.5	Generador.....	44
4.5.1	Corriente del Generador (A).....	44
4.6	Componentes eléctricos .....	46
4.6.1	Generador .....	46
4.6.2	Rectificador de 12 V.....	46
4.6.3	Inversores.....	47
4.7	Sistema multiplicador de velocidad mediante poleas .....	47
4.8	Resultados de la implementación.....	48
4.8.1	Muro de contención.....	49
4.9	Análisis Económico .....	55
4.10	Seguimiento y Evaluación.....	59
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	60
5.1	Conclusiones .....	60
5.2	Recomendaciones .....	61

6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	61
6.1	Bibliografía .....	61

## Índice de Figuras

<b>Figura 2.1.</b>	Sistemas de Energía y sus Componentes .....	8
<b>Figura 2.2.</b>	Fuentes de generación .....	9
<b>Figura 2.3.</b>	Tipo de Centrales Hidroeléctricas.....	10
<b>Figura 2.4.</b>	Sistema de una Pico Hidroeléctrica .....	12
<b>Figura 2.5.</b>	Funcionamiento de una Micro central hidráulica. [5].....	12
<b>Figura 2.6.</b>	Componentes Hidroeléctricas .....	13
<b>Figura 2.7.</b>	Tipos de válvulas .....	13
<b>Figura 2.8.</b>	Tipo de Turbinas.....	15
<b>Figura 2.9.</b>	Turbina Pelton [6].....	15
<b>Figura 2.10.</b>	Turbina Banki [9].....	16
<b>Figura 2.11.</b>	Rodete Turbina Banki [2] .....	16
<b>Figura 2.12.</b>	Turbina tipo Francis [5] .....	17
<b>Figura 2.13.</b>	Turbina tipo Kaplan [9].....	17
<b>Figura 3.1.</b>	Fases de Diseño.....	22
<b>Figura 3.2.</b>	Medición del volumen de agua.....	24
<b>Figura 4.1.</b>	Represa.....	38
<b>Figura 4.2.</b>	Represa zona del Páramo Mongotes.....	40
<b>Figura 4.3.</b>	Espesor del Muro.....	41
<b>Figura 4.4.</b>	Base de la Turbina .....	42
<b>Figura 4.5.</b>	Base del Rodamiento .....	43
<b>Figura 4.6.</b>	Soporte de Ejes .....	43
<b>Figura 4.7.</b>	Eje de Trasmisión .....	44



<b>Figura 4.8.</b>	Generador [17] .....	46
<b>Figura 4.9.</b>	Rectificador de 12 V [17] .....	47
<b>Figura 4.10.</b>	Inversor [17].....	47
<b>Figura 4.11.</b>	Modelado del muro. ....	49
<b>Figura 4.12.</b>	Optimización del muro. ....	49
<b>Figura 4.13.</b>	Análisis Muro Solid Works .....	50
<b>Figura 4.14.</b>	Modelado en 2D con las medidas del árbol de transmisión [19].....	50
<b>Figura 4.15.</b>	Diseño de las turbinas [19]. ....	51
<b>Figura 4.16.</b>	Turbina de 8 alabes de 60° [19] .....	51
<b>Figura 4.17.</b>	Tensiones de esfuerzos de Von Mises .....	52
<b>Figura 4.18.</b>	Desplazamiento de hélices de la turbina.....	52
<b>Figura 4.19.</b>	Factor de seguridad de hélices de turbina .....	53
<b>Figura 4.20.</b>	Curva de revmin- voltaje .....	54
<b>Figura 4.21.</b>	Rendimiento.....	55

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.1.</b>	Sistema de Tareas en relación a los objetivos .....	7
<b>Tabla 2.1.</b>	Definiciones de vórtices [6].....	18
<b>Tabla 2.2.</b>	Características de Turbinas doble Eje .....	19
<b>Tabla 3.1.</b>	VARIABLES INDEPENDIENTES.....	21
<b>Tabla 3.2.</b>	VARIABLES DEPENDIENTES.....	22
<b>Tabla 3.3.</b>	Levantamiento de requerimientos .....	23
<b>Tabla 3.4.</b>	Mediciones de Caudal .....	23
<b>Tabla 3.5.</b>	Mediciones de tiempo para determinar el caudal existente.....	24
<b>Tabla 3.6.</b>	Tubería nominal [15].....	26
<b>Tabla 3.7.</b>	Factor de seguridad [15].....	31

<b>Tabla 4.1.</b>	Tubos de PVC [15].....	34
<b>Tabla 4.2.</b>	revmin-Voltaje.....	54
<b>Tabla 4.3.</b>	Rendimiento.....	55
<b>Tabla 4.4.</b>	Costos directos.....	55
<b>Tabla 4.5.</b>	Costos Indirectas.....	57
<b>Tabla 4.6.</b>	Costos Total de Fabricación .....	57
<b>Tabla 4.7.</b>	Cálculo de depreciación.....	59

## INFORMACIÓN GENERAL

**Título del Proyecto:**

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA PICO TURBINA PARA GENERAR ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CAPTACIÓN DE AGUA EN EL PÁRAMO DE “MOGOTES” PERTENECIENTE A LA PARROQUIA DE ALÁQUEZ”

**Fecha de inicio:**

Octubre 2023

**Fecha de finalización:**

Marzo 2024

**Lugar de ejecución:**

**Región:** Sierra

**Provincia:** Cotopaxi

**Parroquia:** Aláquez

**Sector:** Páramo de Mogotes

**Facultad que auspicia:** Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

**Carrera que auspicia:** Ingeniería electromecánica

**Equipo de trabajo:**

Pulloquina Zapata Richar Alexander

Quilligana Guano Nataly Johanna

**Docente tutor:**

Ing. Navarrete López Luis Miguel. Mg.

**Área de conocimiento:**

Área	Subárea
07 ingeniería, industria y construcción	071 ingeniería y profesiones afines

**Línea de investigación:**

Energías alternativas y renovables.

**Sublínea de investigación:**

Energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

# 1 INTRODUCCIÓN

El 9 de julio de 2007, mediante Decreto Ejecutivo N° 475, el Gobierno del Ecuador escindió el Ministerio de Energía y Minas en dos ministerios: el Ministerio de Minas y Petróleos y el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER). La Constitución de la República del Ecuador, publicada en el Registro Oficial 449 del 20 de octubre de 2008, en el artículo 413 establece que:

“El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables diversificadas, de bajo impacto, que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas y el derecho al agua”. Esto se refleja en el objetivo 7 del Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017 (PNBV), en las políticas y lineamientos estratégicos 7.7, 7.8 y 7.9, que señalan la necesidad de “Implementar tecnologías, infraestructuras y esquemas tarifarios para incentivar la eficiencia energética en los diferentes sectores de la economía”, así como “Promover patrones de consumo conscientes, sostenibles y eficientes con criterios de suficiencia dentro de los límites del planeta [1].

En el desarrollo de un país una de las matrices más importantes es la energética para asegurar un bienestar económico y humano, pero siempre priorizando un adecuado uso, avance y obtención sostenible de la energía. En el siglo XXI el mundo se está inclinando con mayor fuerza hacia un desarrollo energético vinculado a reducir las problemáticas ambientales y sociales vinculados con el cambio climático, aspectos necesarios para asegurar la supervivencia de las futuras generaciones y un buen vivir.

En el artículo 53 del Reglamento General de la Ley de Régimen del Sector Eléctrico, establece que la operación de las centrales de generación que utilicen fuentes no convencionales se sujetase a reglamentaciones específicas dictadas por el CONELEC.

La regulación del CONELEC N°.001-13., indica en el artículo 63 en la Ley de Régimen del sector Eléctrico, establece que el estado fomentara el desarrollo y uso de los recursos energéticos no convencionales a través de los organismos públicos, la banca de desarrollo, las universidades y las instituciones.

En los últimos años el desarrollo de energía bajo fuentes renovables convencionales y no convencionales, es el resultado de la observación al tema energético desde la perspectiva de la

sustentabilidad esto siempre en conjunto con los responsables de energía y medio ambiente que poseen el papel fundamental en la difusión y acercamiento de la tecnología a la población.

La importancia de implementar una pico turbina a pequeña escala de este tipo tienen ventajas económicas ya que el costo de la turbina es relativamente bajo

Los grandes proyectos de generación hidroeléctrica, un pico generador eléctrico causa un impacto ambiental muy bajo y no altera enormemente el ecosistema no hay que tener grandes caudales de agua y la potencia debe estar en un rango de 1kw a 10kw, este pico turbina no necesitan grandes represas no existe la necesidad de desviar ningún caudal de río para la implementación [2].

Este tipo de pueden ayudar al desarrollo de lugares aislados que no están conectados a un sistema de energía como por ejemplo en el páramo de Mogotes perteneciente a la parroquia Aláquez de la provincia de Cotopaxi.

## **1.1 ANTECEDENTES**

La generación energética es crucial para un país y en los últimos años ha estado muy basada en la generación termoeléctrica, lo cual es un problema para el sector energético. El gobierno ha estado invirtiendo en la construcción de centrales hidroeléctricas como una forma de abordar el déficit energético, y a veces se ha visto obligado a importar energía de países vecinos como Colombia y Perú.

Es esencial que los futuros profesionales en el campo eléctrico contribuyan con investigaciones que beneficien exclusivamente al país en términos energéticos. La ciencia y la tecnología desempeñan un papel fundamental en el progreso de las naciones, y los avances en este campo pueden tener un impacto positivo en la seguridad y sostenibilidad energética.

Además, es importante destacar que la diversificación de la matriz energética no solo contribuye a la seguridad energética, sino que también puede impulsar el desarrollo económico y social del país. Las inversiones en energías renovables y tecnologías limpias pueden generar oportunidades de empleo en sectores emergentes, promover la innovación y aumentar la competitividad internacional.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Al establecer alternativas de generación de energía eléctrica en sectores que no cuentan con el acceso a la misma por su ubicación permite mejorar las condiciones de trabajo la línea de

investigación. Energías alternativas y renovables hace referencia a las investigaciones enmarcadas en promover el aprovechamiento de las energías alternativas y renovables, fomentar y promocionar el uso eficiente de la energía (Eficiencia Energética) en los diferentes sectores (Industrial, Residencial, Público, Transporte y Agrícola), y reducir el impacto medioambiental derivado de la utilización de los recursos energéticos.

El proyecto beneficiara directamente a 79589 habitantes que conforma toda la población que hace uso del agua, de la captación ya que permitirá un flujo constante de energía en las vallas de protección. Este proyecto garantiza una inversión relativamente baja económicamente hablando, en relación a la generación de energía, en todas sus etapas previas a su funcionamiento ya que se utilizarán recursos propios del medio como lo es las caídas de agua. De la misma forma el proyecto permitirá contar con una generación en un promedio de 12 voltios que permitirán generar 400 watts dando la facilidad para implementación de distintos sistemas de seguridad. El desarrollo de estos tipos de proyectos en zonas rurales, generan un aspecto positivo ya que permite como en el caso solucionar problemas que a diario se genera en sus comunidades. Académicamente la implantación del presente proyecto permitirá poner en práctica el nivel académico y al mismo tiempo consolidar los conocimientos en el campo práctico.

### **1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La generación de energía en zonas remotas enfrenta desafíos significativos debido a la escasez de recursos técnicos para implementar proyectos de infraestructura energética. Estas áreas carecen frecuentemente de la capacidad técnica necesaria para desarrollar e instalar equipos de generación de energía, lo que puede resultar en una infraestructura inadecuada o ineficiente para satisfacer las necesidades energéticas locales. Además, la complejidad de la topografía y las condiciones geográficas de estos entornos puede representar obstáculos adicionales para la generación. La difícil accesibilidad a áreas montañosas o aisladas puede complicar el transporte de equipos y materiales, así como la instalación de infraestructura energética, lo que aumenta los costos y la complejidad logística de los proyectos. La variabilidad climática y las condiciones ambientales extremas presentes en muchos de estos entornos también pueden afectar la eficiencia y la confiabilidad de las instalaciones de generación de energía.

### **1.3.1 Formulación del problema**

La incompatibilidad de las turbinas estándar para operar en áreas remotas, combinada con la topografía irregular y la limitada disponibilidad de infraestructura, puede dificultar considerablemente la instalación y operación de turbinas comerciales estándar en la zona.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Implementar un sistema de generación eléctrica mediante una pico turbina, con la finalidad de satisfacer la demanda energética del sector Mogotes perteneciente a la parroquia Aláquez.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Recopilar información de los tipos de turbinas para pico centrales hidroeléctricas en función a su presión y caudal.
- Diseñar de un pico turbina para la generación eléctrica a partir de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos, considerando los parámetros hídricos existentes en la zona.
- Implementar de un sistema de generación eléctrica mediante un pico turbina.
- Analizar los resultados de la implementación de la Pico Turbina.



## 1.5. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

**Tabla 1.1.** Sistema de Tareas en relación a los objetivos

PROPÓSITO	ACTIVIDADES	RESULTADOS	MEDIO DE VERIFICACIÓN
Recopilación de los tipos de turbinas de para pico centrales hidroeléctricas en función a su presión o su caudal.	Revisión de información bibliográfica referente a las turbinas de baja potencia y sus automatismos.	La información recolectada permitirá, crear una redacción técnica científica verificada bajo la referenciación bibliográfica expuestas en la fundamentación teórica	Revisión documental y mediante internet donde se revisarán artículos, tesis, y libros y todo recurso que permita obtener información relacionada con el objetivo propuesto.
	Descripción de sistemas de generación bajo revisión documental		
	Exposición de componentes principales de hidroeléctricas.		
Diseñar una pico turbina para la generación eléctrica a partir de componentes mecánicos, eléctricos y electrónicos, considerando los parámetros hídricos existentes en la zona	Selección de la turbina a ser diseñada e implementada	Dimensionar los equipos tanto mecánicos y eléctricos para su instalación.	Diseño y construcción de la Pico Turbina a través de un software para su modelado.
	Diseño de una Pico Turbina.		
	Construcción de una Pico turbina.		
Implementar un sistema de generación eléctrica mediante un pico turbina	Determinación de materiales.	Generación de energía eléctrica.	Herramientas de plomería, tubería y dispositivos eléctricos.
	Conexión del tablero de control.		
	Instalación del generador y la turbina.	Elaboración del plano de instalación de la central	Dispositivos electrónicos de medición de voltaje, corriente.
Analizar los resultados de la implementación de la Pico Turbina.	Recolección de datos de potencia para el análisis de funcionamiento	Manejo de ofimática para la recolección y posterior análisis de las características y posterior evaluación de la turbina y su generador	Recolección de datos que permitan establecer la eficiencia, la producción al igual que el impacto social y ambiental
	Análisis de los resultados de la generación producida		
	Evaluación de la eficiencia de la Pico turbina		
	Análisis del Impacto ambiental generado		

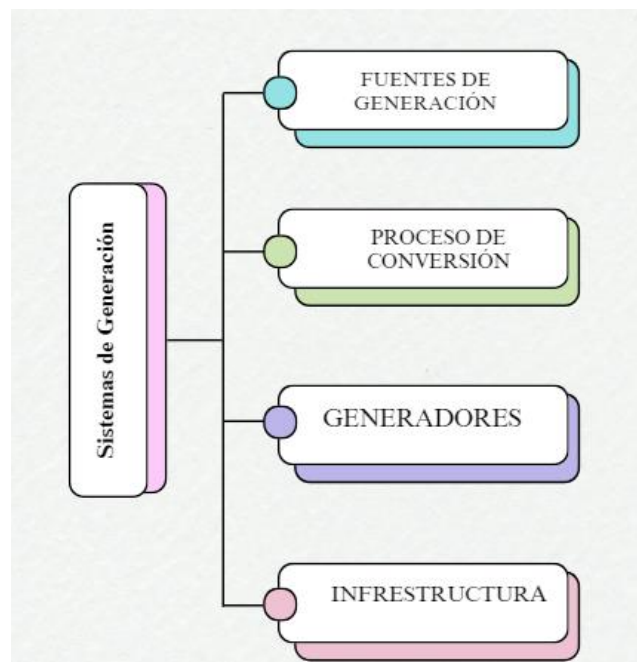
## 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este apartado se exponen los tipos de centrales hidroeléctricas existentes con el objetivo de tener una idea de cómo se estructuran las pequeñas centrales hidroeléctricas, luego pasaremos a definir los tipos de turbinas utilizadas en dichos proyectos.

### 2.1 SISTEMAS DE GENERACIÓN ELÉCTRICA.

Es la combinación de aparatos, instalaciones, tecnología e infraestructura diseñados para producir electricidad o energía en una forma utilitaria es conocido como sistema de generación de energía (energía térmica, energía mecánica, etc.). Estos sistemas pueden tener diferentes dimensiones, niveles de complejidad y tecnología dependiendo de la fuente de energía empleada y la capacidad de generación necesaria [3].

Un sistema de generación de energía consta de varios componentes como se muestra en la (Figura 2.1).



**Figura 2.1.** Sistemas de Energía y sus Componentes

### 2.2 CLASIFICACIÓN DE FUENTES DE GENERACIÓN.

Hay dos categorías principales en las que se pueden dividir los sistemas de generación eléctrica según la fuente de energía que se utiliza para producir electricidad, como se muestra en la (Figura 2.2).

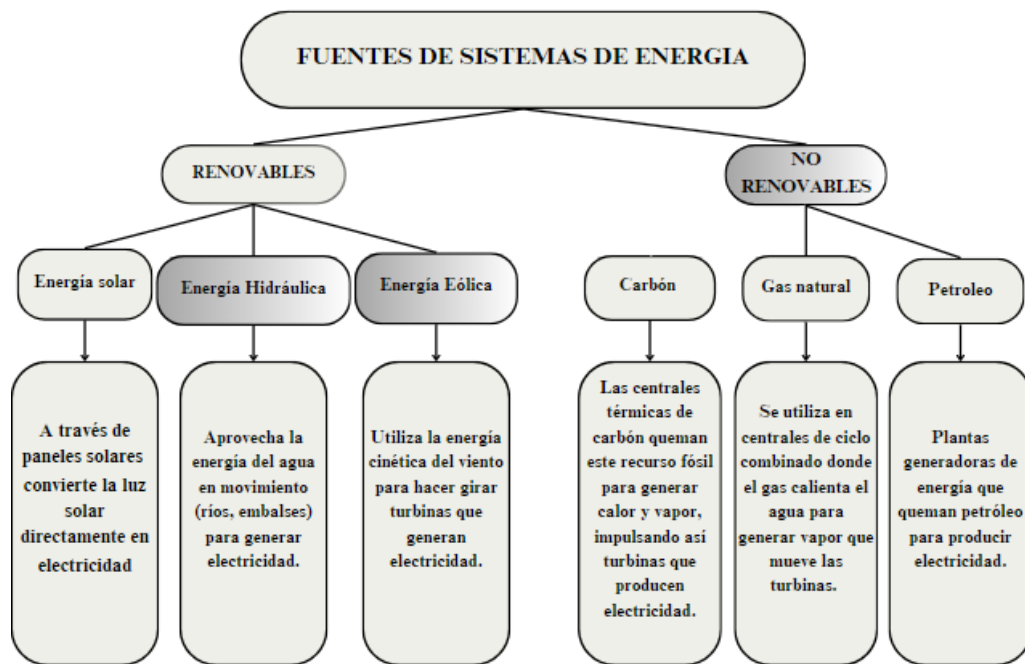


Figura 2.2. Fuentes de generación

### 2.3 HIDRÁULICA

La hidroeléctrica estudia la transmisión de energía a través de un líquido, donde una fuente primaria, como una bomba, genera energía y luego se convierte en energía mecánica a través de un actuador. Estos actuadores pueden ser motores o cilindros, dependiendo del giro o movimiento lineal deseado. El circuito debe disponer de los elementos necesarios de regulación y control.

El caudal y la presión son factores independientes en un sistema hidráulico que afectan funciones como velocidad y fuerza. La viscosidad se considera en un diseño hidráulico, como fuerza necesaria para deslizar una capa líquida monocular y el rozamiento entre ellas, dependiendo de la temperatura [4].

El agua en el ciclo hidrológico puede ser utilizada en formas cinéticas ( $E_c$ ) y potencial ( $E_p$ ), el cual se refiere a la explotación de energía en el agua entre dos puntos de diferente altura.

### 2.4 CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

Las centrales hidroeléctricas convierten el potencial gravitatorio de agua de los ríos en energía eléctrica mediante turbinas hidráulicas acopladas a generadores eléctricos para generar esta

caída de agua de alto nivel, normalmente se construye un embalsamamiento en un río. La clasificación de las centrales hidroeléctricas depende de varios factores (Figura 2.3).

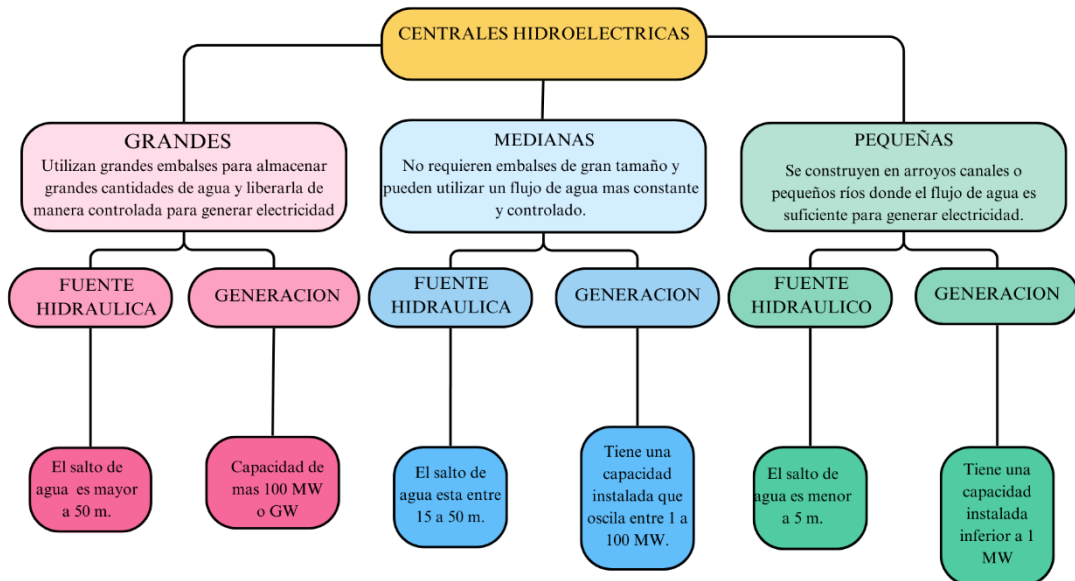


Figura 2.3. Tipo de Centrales Hidroeléctricas

#### 2.4.1 Hidroeléctricas Grandes

Están construidas en áreas extensas donde es posible la formación de embalses; normalmente, esto implica reprimir un río con una represa [5]. El embalse acumula agua, que luego se libera cuidadosamente para pasar a través de turbinas que hacen girar los generadores de electricidad. Características principales de las grandes hidroeléctricas:

- Represas y embalses de gran tamaño:
- Alta capacidad de generación de electricidad.
- Turbinas de gran tamaño.
- Impacto ambiental y social tiene un impacto significativo en el entorno natural y en las comunidades locales.
- La formación de grandes embalses puede afectar los ecosistemas fluviales, la fauna y flora, así como requerir el desplazamiento de comunidades aledañas.

#### 2.4.2 Hidroeléctricas Medianas

Las hidroeléctricas medianas son instalaciones de generación de energía hidroeléctrica en

tamaño, capacidad y alcance, más pequeñas que las grandes represas hidroeléctricas, ya que pueden abastecer las necesidades energéticas de regiones o comunidades específicas, con características primordiales. se enmarcan en:

- Capacidad de generación moderada
- Tamaño del embalse y represa moderado
- Menor impacto ambiental y social
- Adaptabilidad y flexibilidad en su diseño y función.

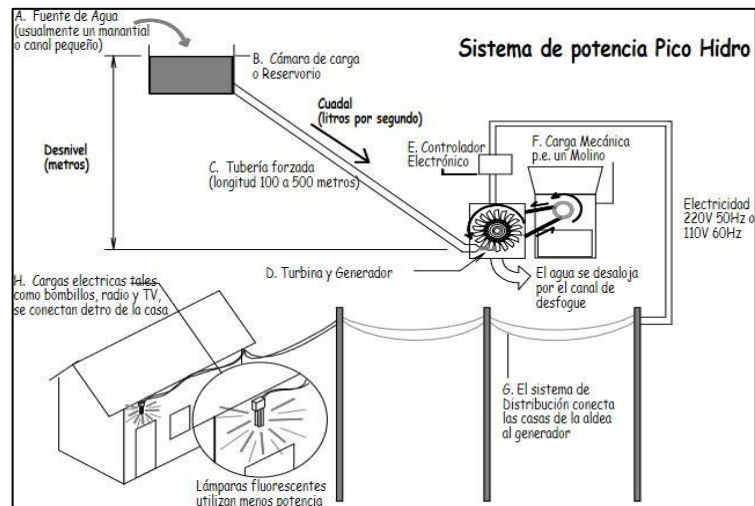
### **2.4.3 Hidroeléctricas Pequeña**

Las micro hidráulicas, también conocidas como pequeñas instalaciones hidroeléctricas, son generadores de baja capacidad diseñados para áreas más pequeñas, comunidades rurales o instalaciones aisladas con necesidades energéticas modestas, cuyas características se detallan más a fondo en el siguiente apartado [6].

- Capacidad de generación limitada
- Tamaño reducido de la estructura
- Costos de construcción más bajos
- Adecuadas para comunidades remotas
- Fuente de energía renovable

#### **2.4.3.1 PICO-Centrales Hidroeléctricas**

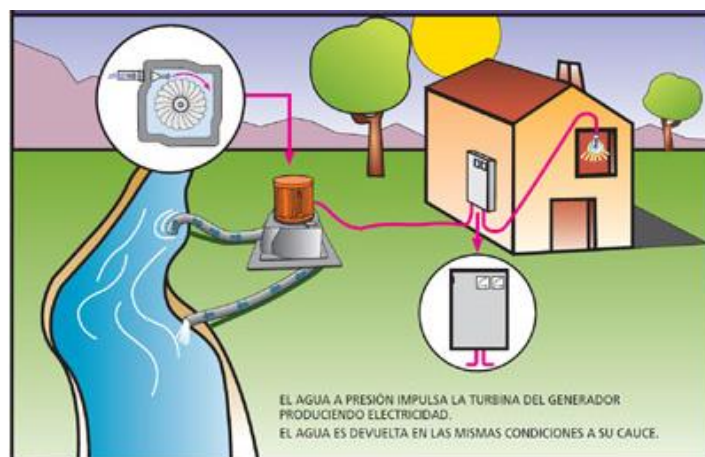
Un Pico hidroeléctrica se refiere a instalaciones con niveles de generación eléctrica inferiores a cinco kilovoltios [5]. Al generar menos de 5.000 kW, puede alimentar una cabaña, una casa o un refugio de montaña, produciendo los voltajes necesarios para la iluminación. Estas instalaciones pueden funcionar con altura y caudal mínimos, oscilando el caudal mínimo requerido entre 35 kW y 130 kW, pueden generar corriente alterna de 220 V o continua de 12-24 V.



**Figura 2.4.** Sistema de una Pico Hidroeléctrica

#### 2.4.4 Micro centrales

Son instalaciones más pequeñas de 100 kW y 50 W atienden a núcleos aislados como granjas, viviendas, que requieren una regulación específica y pequeñas dotaciones de energía para su generación se utilizan en canales de riego. Las micro centrales hidroeléctricas tienen un menor impacto ambiental en comparación con las centrales hidroeléctricas más grandes, requieren estructuras de captura de agua menos invasivas y tienen un menor impacto en el ecosistema circundante. Pueden proporcionar energía limpia y sostenible a comunidades rurales y remotas, mejorando su calidad de vida y su desarrollo económico. Sin embargo, su implementación puede estar sujeta a regulaciones ambientales, permisos específicos y viabilidad financiera basada en construcción, mantenimiento, costos de operación, incentivos gubernamentales y tarifas eléctricas [7].



**Figura 2.5.** Funcionamiento de una Micro central hidráulica. [5]

## 2.4.5 Componentes hidroeléctricas

Una central hidroeléctrica consta de varios componentes principales, entre ellos represas, embalses, toma de agua, conductores forzados, turbinas, generadores, sistemas de control y regulación y subestaciones eléctricas [5].

A continuación, se analizan los componentes principales de una central típica (Figura 2.6):

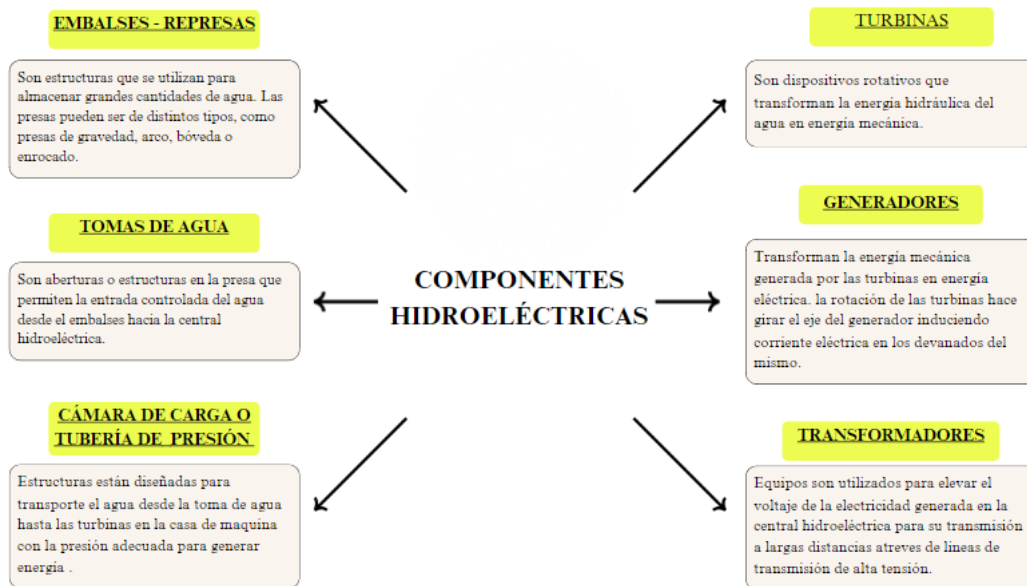


Figura 2.6. Componentes Hidroeléctricas

## 2.4.6 Tipos de válvulas

Las válvulas controlan la potencia del sistema hidráulico, influyendo en el movimiento del equipo. Existen tres tipos: direccionales, caudal, y presión, que controlan la velocidad y fuerza del sistema [6].

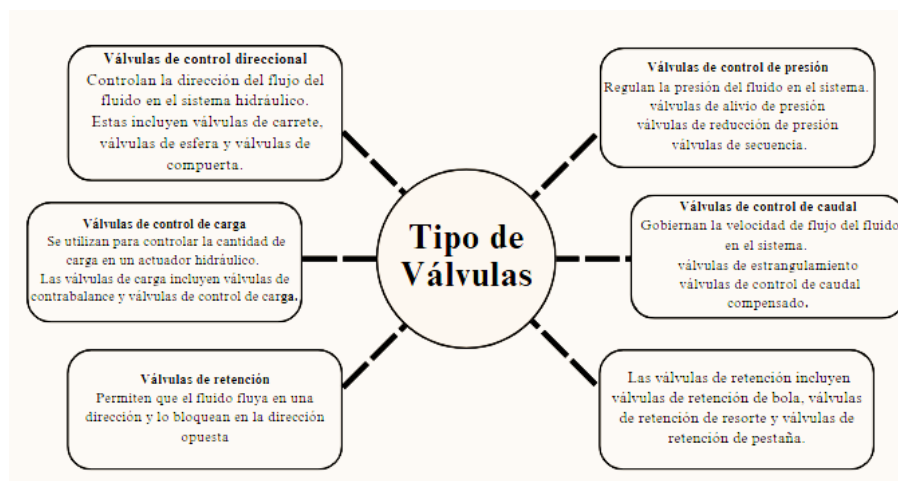


Figura 2.7. Tipos de válvulas

### 2.4.7 Tipos de represas

Las represas son estructuras o construcciones para almacenar agua, regular su flujo, control de inundaciones, así como también para generar energía hidroeléctrica, proporcionar agua potable, riego entre otros usos, existen varios tipos esto bajo su perfil de diseño, función y materiales así tenemos:

- Represas de gravedad: son represas grandes construidas con hormigón o mampostería para resistir la presión del agua [8]. Estas represas son adecuadas para embalses grandes y alturas considerables.
- Represas de arco: son represas utilizadas para soportar la presión del agua, hechas en hormigón y adecuados para sitios con gargantas estrechas y terrenos montañosos.
- Represas de contrafuerte: tienen contrafuertes o muros de soporte en el lado aguas arriba, ayudan a resistir la presión del agua.
- Represas de embalse: son represas económicas y adaptables a una variedad de terrenos.
- Represas de enrocado: son represas de grava y grava colocadas sobre una base impermeable, adaptables a terrenos irregulares o donde excavación es difícil.

## 2.5 TURBINAS HIDRÁULICAS

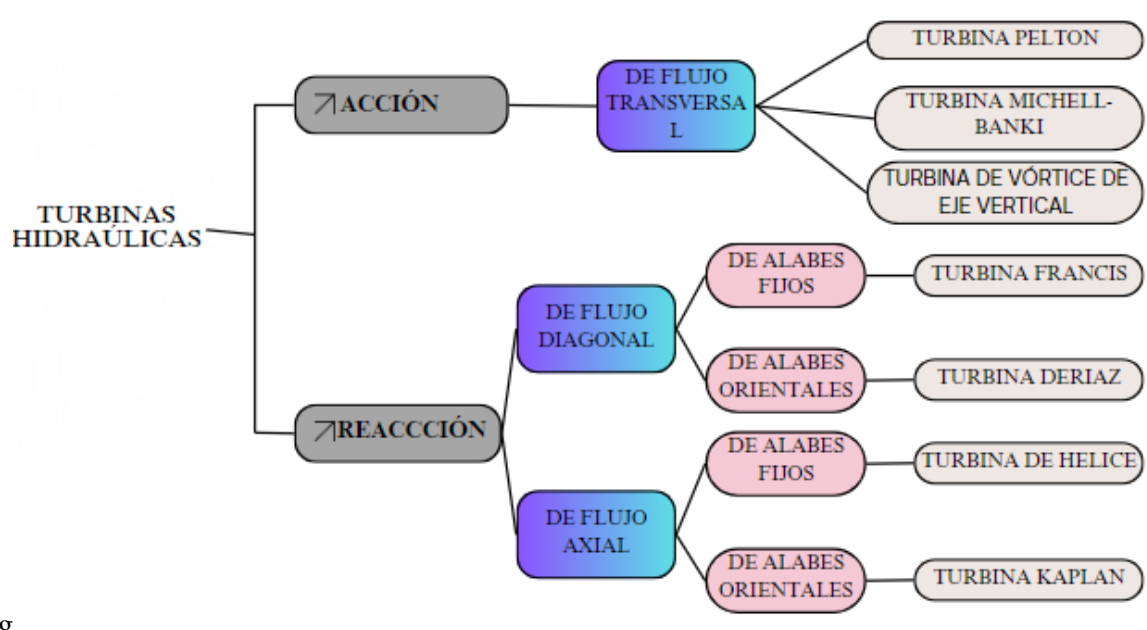
La turbina hidráulica es el principal componente de una Hidroeléctrica, ya que se encarga de la transformación de la energía cinética y potencial de la caída de agua en un movimiento rotacional para el generador eléctrico. Las turbinas hidroeléctricas se clasifican en dos tipos: turbinas de acción y turbinas de reacción, la principal diferencia entre estos dos tipos es la forma en que el agua fluye con la turbina.

Las turbinas de acción convierten la energía cinética del agua en energía mecánica en una etapa, haciendo que el agua caiga por la boca de la turbina y disminuya su presión estas pueden ser turbinas Pelton, que utilizan sopladores para dirigir el flujo de agua hacia la boca de la turbina, o turbinas cruzadas, que fluyen perpendicularmente a través del eje de la turbina. Las turbinas de reacción, por otro lado, mueven gradualmente el agua a través de la turbina, reduciendo su presión a medida que pasa por la boca de la turbina estas generalmente son más adecuadas para caudales de agua moderados [8].

Los tipos comunes de turbinas de reacción incluyen las turbinas Francis, que tienen un flujo mixto y boquillas ajustables, y las turbinas Kaplan, que tienen boquillas ajustables. Esta



clasificación es crucial para comprender los principios de funcionamiento de las turbinas hidráulicas y determinar la turbina más adecuada para una aplicación específica (Figura 2.8).



g

Figura 2.8. Tipo de Turbinas.

### 2.5.1 Turbina Pelton

La turbina Pelton, que lleva el nombre de su creador, se utilizó por primera vez en instalaciones del siglo XIX donde la presión del agua equivalía a una columna de agua de 90 a 900 metros dirigía el agua desde un punto bajo a una gran altitud a través de un canal o un impulso forzado hacia un globo ocular que convertía la energía cinética del agua en presión [6].

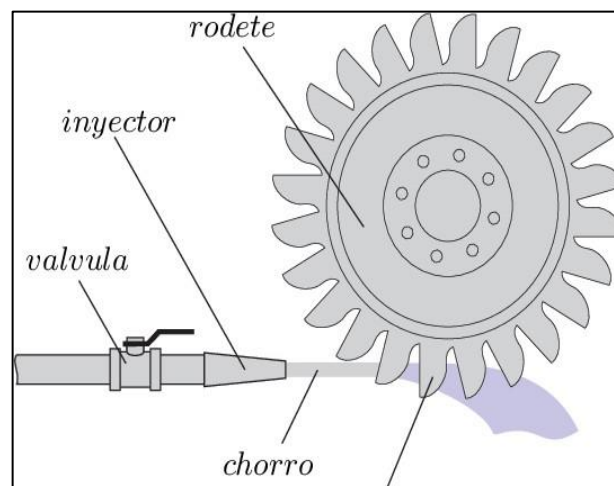


Figura 2.9. Turbina Pelton [6]

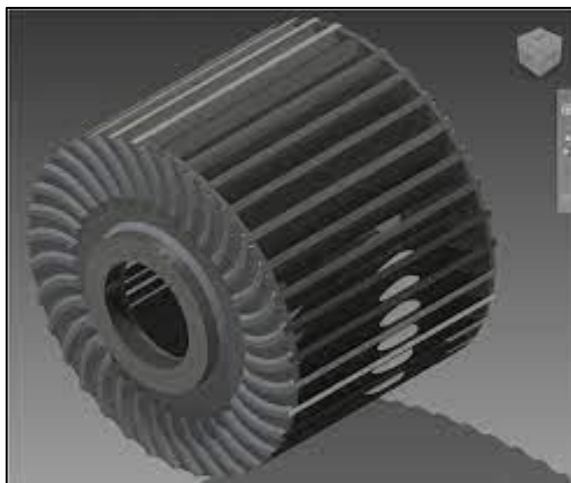
### 2.5.2 Turbina Michell-Banki

La turbina de flujo cruzado se caracteriza por su chorro de agua transversal rectangular que pasa dos veces a través de los álabes del rodete, ubicados en la periferia del rodete cilíndrico perpendicular al eje, y el agua fluye a través de los álabes, así como se muestra en la siguiente figura 2.10 [9].



**Figura 2.10.** Turbina Banki [9]

El rodete es un elemento esencial de la turbina, formado de palas perfiladas de acero, ajustadas y soldadas en un disco terminal mediante un procedimiento especial (figura 2.11) [2].

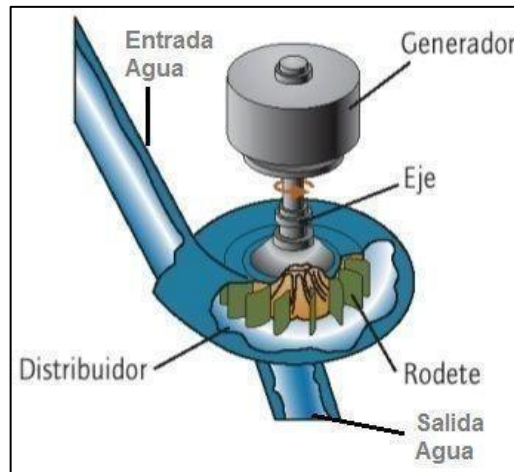


**Figura 2.11.** Rodete Turbina Banki [2]

En la turbina Michell-Banki, el agua es bombeada por una bomba controlada por cilindros de fuerza compensada. Estos cilindros dividen y dirigen el flujo de agua, asegurando que llegue al rodete sin efecto golpeteo y manteniendo el ángulo de entrada.

### 2.5.3 Turbina Francis

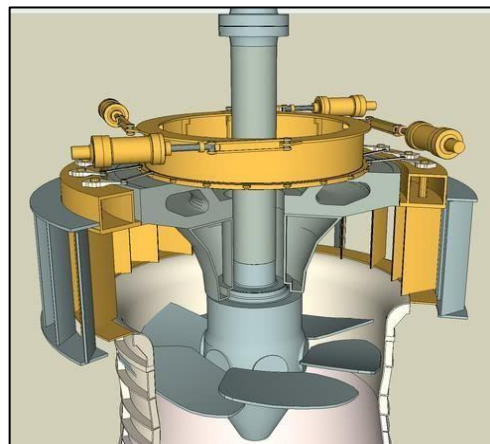
Las turbinas Francis están diseñadas para una amplia gama de velocidades y ángulos, operando en rangos de desnivel desde 10 metros hasta cientos de metros. Su alta eficiencia las ha convertido en las turbinas más utilizadas en el mundo, principalmente para la producción de energía eléctrica a través de centrales hidroeléctricas (Figura 2.12) [7].



**Figura 2.12.** Turbina tipo Francis [5]

### 2.5.4 Turbina Kaplan.

Durante el siglo XIX, la creciente demanda de energía hidroeléctrica llevó a la necesidad de turbinas capaces de utilizar de tres a nueve metros (3-9 metros) de caídas de agua. Esta turbina de hélice puede usarse en los ríos construyendo pequeños embalsamamientos de agua. Kaplan mejoró la turbina permitiendo que las boquillas pivotaran sobre su eje y ajustando el ángulo de las boquillas al volumen de la caída de agua.



**Figura 2.13.** Turbina tipo Kaplan [9]

### 2.5.5 Tipos de Vórtices

Muestra cuando la masa de un fluido obtiene un movimiento de rotación alrededor de un eje, estos aparecen tipos de fuerzas reales que inducen un gradual hundimiento de la masa del fluido en la zona cercana al eje [10].

### 2.5.6 Vórtices forzados

El contacto entre fluido real cuya velocidad varia de lo real. El trabajo se genera por el contacto entre un fluido real en movimiento y un obstáculo que puede ser una pared fija, el fluido cuya velocidad sea contraria a la del primero esa velocidad tiene que ser diferente al fluido real.

### 2.5.7 Vórtice libre

El vórtice libre depende de un núcleo esto “se presenta típicamente sobre una descarga que puede ser de fondo como puede suceder en las tinas de baño cuando el líquido se encontraba originalmente en reposo [10].

**Tabla 2.1.** Definiciones de vórtices [6].

<b>Comportamiento de Vórtices</b>	
Simbología	Definición
<b>Ecuación 1</b>	
P	Presión sobre la superficie del fluido
Y	Producto de la densidad por la aceleración gravitacional
Z	Altura
P	Densidad del fluido
V	Velocidad del fluido
R	Distancia al eje de rotación (radio)
<b>Ecuación 2</b>	
$z_{\infty}$	Altura máxima del vórtice; corresponde a la altura en la mayor distancia al eje de rotación.
B	Constante del modelo
G	Aceleración de gravedad
R	Distancia al eje de rotación (radio)
<b>Ecuación 3</b>	
$\omega_0$	Velocidad angular inicial del vórtice
G	Aceleración de gravedad
R	Distancia al eje de rotación (radio)

### 2.5.8 Características de diseño de Turbinas

Las turbinas. tienen varias características de diseño que influyen en su funcionalidad y rendimiento estos incluyen el tipo de turbina, el diámetro del rotor, el número y la forma de las boquillas del rotor, el ángulo de inclinación de las boquillas, los materiales utilizados en la construcción, el sello apropiado y los sistemas de control automático [7].

### 2.5.9 Turbinas de doble eje.

Las características clave de las turbinas de doble eje incluyen rotores independientes, control independiente de la velocidad del rotor, adaptabilidad a condiciones variables de flujo de agua y eficiencia energética mejorada. Estas turbinas se pueden utilizar en una variedad de aplicaciones hidroeléctricas, incluidos sistemas de embalses, pequeñas centrales hidroeléctricas y proyectos de energía renovable. La presencia de dos rotores independientes permite un control independiente de la velocidad del rotor, lo que puede resultar útil para ajustar la generación de energía u optimizar el rendimiento en diferentes condiciones operativas en la tabla 2 se muestra los tipos de turbinas de doble eje y sus características.

**Tabla 2.2.** Características de Turbinas doble Eje

<b>Turbina</b>	<b>Embalse</b>	<b>Flujo</b>	<b>Generación</b>
Turbina de eje vertical de acción	Funcionan bien en embalses con una altura de cabeza considerable.	Flujo de agua a alta presión en sitios con un flujo de agua constante y caudales moderados	Generan energía en proyectos hidroeléctricos de pequeña a mediana escala
Turbina de eje vertical de reacción	Las turbinas de eje vertical de reacción funcionan bien en embalses con alturas de cabeza más bajas y flujos de agua a velocidades moderadas	Adecuadas para flujos de agua a velocidades moderadas.	Son adecuadas para proyectos de mediana a gran escala con flujos de agua variables
Turbina de eje vertical de flujo mixto	Son versátiles y pueden adaptarse a una variedad de alturas de cabeza y flujos de agua	Se adaptan a una amplia gama de condiciones de flujo de agua	Son versátiles y pueden adaptarse a una variedad de aplicaciones hidroeléctricas

### **2.5.10 Muros de contención**

Es una estructura rígida que su fin esencial es evitar el desbordo de un material contenido como tierra o agua.

### **2.5.11 Tipos de muros de contención**

El muro de contención se categoriza en tres clasificaciones:

#### **2.5.11.1 Muros de Contención de Tierra**

Con talón y puntera, que requiere sobrepasar la línea de edificación, aportando mayor estabilidad y apoyo. Muros sin talón y puntera, en casos como la vía pública, se construyen en forma de L este es menos seguro que el muro con talón y puntera, pero si es construido adecuadamente, no hay problemas. Muros con talón y sin puntera, como el muro en forma de L.

#### **2.5.11.2 Según la construcción**

Muros de contención gravedad son muros robustos que trabajan por su peso y el suelo para generar mayor estabilidad. No requieren reforzar con acero y pueden ser construido en concreto, hormigón simple o mampostería de piedra. Muros de semi gravedad se encuentran en concreto u hormigón simple o en mampostería de piedras. Muros en voladizo o estructural se construyen en concreto u hormigón reforzado, usando un tallo delgado como voladizo y soportando grandes cargas de flexión [11].

### 3 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

#### 3.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

La investigación bibliográfica es una investigación sistemática, rigurosa y profunda de documentos de cualquier clase, buscando el análisis de fenómenos o el establecimiento de relaciones entre dos o más variables, utilizando documentos, recolectando, seleccionando, analizando y presentando resultados coherentes [5].

##### 3.1.1 Investigación Descriptiva

Los criterios de Llano definen la investigación descriptiva como la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza y los fenómenos actuales, centrándose en conclusiones dominantes o grupos de personas, grupos o acontecimientos actuales.

##### 3.1.2 Investigación Experimental

La investigación experimental implica la manipulación de una variable experimental no probable bajo condiciones de control rigurosas para describir cómo o por qué ocurre una situación o evento particular [5].

#### 3.2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

##### 3.2.1 Método Científico

El método científico es un procedimiento en la investigación que busca descubrir las formas de existencia de procesos objetivos, generalizar y profundizar conocimientos, demostrarlos racionalmente y comprobarlos en experimento y técnicas de aplicación.

##### 3.2.2 Declaración de variables

Variable Independiente: Diseño e Implementación de un pico turbina.

**Tabla 3.1.** Variables Independientes

Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Caudal de agua disponible	m <sup>3</sup> /s	Cálculo	Ecuación
Altura de caída o diferencia de altura	m	Cálculo	Ecuación
Generación	kW	Cálculo	Ecuación
Muro de contención	m	Cálculo	Ecuación
Materiales	Tipos de material	Características del material	Análisis

**Variable dependiente:** Generación de Energía Eléctrica

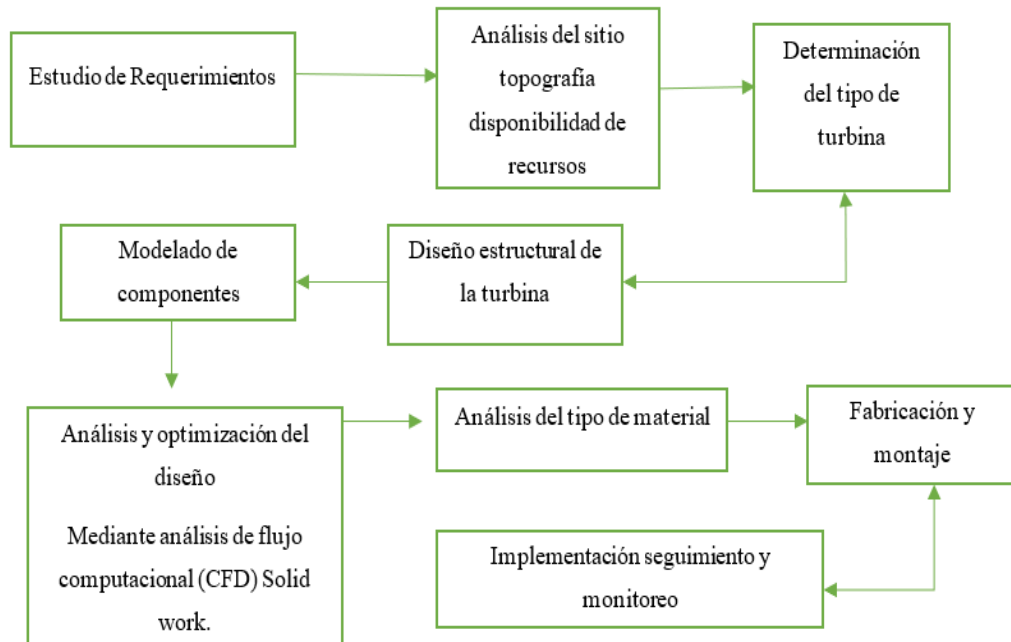
Definición: Promover la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas.

**Tabla 3.2.** Variables dependientes

Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Conversión de salida	%	Calculo	Ecuación
Implementación		Análisis	Monitoreo

### 3.3 METODOLOGÍA DE DISEÑO

La metodología usada para el diseño de la turbina se presente en la (Figura 16) misma que señala las fases del proyecto tales como el estudio de requerimientos, diseño e implementación.



**Figura 3.1.** Fases de Diseño

### 3.4 MÉTODOS

#### 3.4.1 Análisis de requerimientos

El análisis de requerimientos se realizó bajo la investigación de campo donde se realizó el levantamiento de información sobre caudal, condiciones climáticas que permitieron entender la naturaleza del problema a resolver a continuación se presentan en la Tabla 3.3 la recolección



de los requerimientos [12].

**Tabla 3.3.** Levantamiento de requerimientos

Observación	Requerimiento	Instrumento de levantamiento
No existe muros de contención	Elaborar un muro de contención.	Vista de campo
Existe energía fotovoltaica cubre solo al cercado eléctrico	Generación de 400 W	Vista de campo
Determinación del Caudal	Determinar el caudal para el modelado de la turbina	Visita de campo
Se necesita energía para la adecuación de sistemas de seguridad.	Instalación de una cámara y una bocina	Vista de campo

### 3.4.2 Metodología del análisis y optimización del diseño

En este apartado se utilizó Solid Works que es un software que ayudo a comprender situaciones de ingeniería parametrizando objetivos y permitiendo la interacción entre el usuario y la simulación este se utilizó como herramienta de cálculo [13].

### 3.4.3 Determinación de le caudal

Para la determinación del caudal se efectuó una recolección de datos mediante el método volumétrico donde se llena un recipiente con un número específico de litros durante 4 días el mismo que sirvió para determinar el caudal y su capacidad de almacenamiento [13].

**Tabla 3.4.** Mediciones de Caudal

El volumen de la presa ( $\frac{m^3}{s}$ )	Tiempo (s)
0.063	8.15
0.137	7.26

### 3.4.4 Análisis de materiales.

El análisis de materiales se realizó bajo los indicadores del material que exhiba la mejor combinación de propiedades mecánicas, resistencia a la degradación y/o corrosión, bajos costos y facilidad en el procesamiento el acero inoxidable ASTM A743 grado CA6-NM fue utilizado en la fabricación de los rodets y demás componentes de la turbina hidráulica por brindar una buena combinación entre las propiedades mecánicas y resistencia a la cavitación y corrosión [14].

### 3.5 EQUIPOS

- GPS
- Laptop

### 3.6 REQUERIMIENTOS PARA APLICAR MÉTODOS.

- Determinar el nivel de confianza.
- Analizar probabilidad de éxito, fracaso y error.
- Realizar el levantamiento de información bajo la visita de campo.

### 3.7 VARIABLE.

#### 3.7.1 Caudal

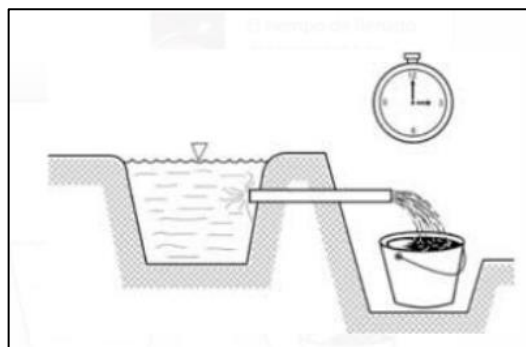
##### 3.7.1.1 Medición del caudal

Para determinar el caudal, se empleó el método de recipiente, detallándose a continuación, las siguientes mediciones: como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 3.5.** Mediciones de tiempo para determinar el caudal existente.

Volumen de la presa (l)	Tiempo (s)	Caudal de la represa $m^3/s$
20	0,46	0,04347
20	0,50	0,040
20	0,48	0,04166

Al realizar las mediciones se obtuvo un promedio en el tiempo de llenado del recipiente de: 1.44(s).



**Figura 3.2.** Medición del volumen de agua.

Para la obtención de los datos se realizó las mediciones con un recipiente de 20 litros, dando resultado que el caudal disponible es de 41,71 litros/s, por ello se ejecutó un sistema de captación de agua. Para los demás cálculos se utilizará como  $Q=0.04171 \text{ m}^3/\text{s}$ , este caudal será empleado para el trabajo de la turbina donde se utilizó la siguiente formula:

$$Q = \frac{V}{t} \quad (3.1)$$

**Donde:**

Q = flujo Volumétrico:  $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$

V = volumen: (l)

t = segundos (s)

### 3.7.1.2 Variable de la velocidad de circulación del agua en la tubería

**Fórmula:**

$$Q = V \cdot A \quad (3.2)$$

Indicaciones de la fórmula

Q = flujo volumétrico:  $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}}\right)$

v = velocidad: (m/s)

A = área: ( $\text{m}^2$ )

**Solución:**

$$Q = V \cdot A$$

Despejamos velocidad:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Pero se tiene que:

$$A = \frac{\pi \cdot Di^2}{4}$$

Por ende, se realiza el siguiente reemplazo, obteniendo la fórmula:

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot Di^2}$$

### 3.7.1.3 Área del caudal.

Se pudo obtener los resultados del área del caudal mediante la utilización de la siguiente formula.

$$A = \frac{Q}{v} \quad (3.4)$$

**Donde:**

A = área: (m<sup>2</sup>)

Q = flujo volumétrico:  $\left(\frac{m^3}{s}\right)$

v = velocidad: (m/s)

### 3.7.2 Pérdidas de fricción de la tubería.

En el transcurso del fluido del agua se genera pérdidas de energía, por lo general, la causa del rozamiento, entre el fluido del agua, los accionarios y las paredes de la tubería.

**Tabla 3.6.** Tubería nominal [15].

Tamaño nominal de la tubería en pulgadas.	Factor de fricción Ft
½	0.027
¾	0.025
1"	0.023
1" ¼	0.022
1" ½	0.021
2"	0.019
2" ½, 3	0.018
3" 1/2 .4	0.017
5"	0.016
6"	0.015

**Fórmula:**

$$h_f = f \cdot \left(\frac{L}{D}\right) \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (3.5)$$

**Donde:**

L = longitud de la tubería: (m)

D = diámetro de la tubería: (m)

v = velocidad de la tubería: (m/s)

$h_f$  = pérdidas por fricción.

f: factor de fricción del material.

g = es la constante gravitación:  $\left(\frac{m^2}{s}\right)$

**3.7.3 Presión del agua****Fórmula:**

$$P = p \cdot g \cdot h \quad (3.6)$$

**Donde:**

p = es la densidad del agua (1000 kg/m<sup>3</sup> a 4 °C): (kg/m<sup>3</sup>)

g = es la aceleración debida a la gravedad: (m/s<sup>2</sup>)

h = es la altura del líquido: (m)

**3.7.3.1 Masa del agua.**

Al calcular la masa de agua se determinará cantidad de agua presente en el sistema.

**Fórmula:**

$$m = p \cdot V \quad (3.7)$$

m = masa del agua: (kg)

p = es la densidad del agua: (kg/m<sup>3</sup>)

v = volumen del agua: (L)

Despeje de la densidad del agua de esta ecuación, obtenemos:

$$p = \frac{P}{g \cdot h} \quad (3.8)$$

Luego, se puede usar esta densidad en la fórmula de la masa para encontrar:

**Fórmula:**

$$m = \frac{P}{g \cdot h} \cdot V \quad (3.9)$$

**Donde:**

m = masa del agua: (kg)

P = es la presión del agua: (N/m<sup>2</sup>)

g = es la aceleración debido a la gravedad: (m/s<sup>2</sup>)

h = es la altura del líquido: (m)

v = es el volumen: (L)

### 3.7.4 Peso específico de la Turbina

Mediante el cálculo del peso específico de la turbina se determinó densidad del material con el que está hecha la turbina, específicamente, la densidad del conjunto de la turbina.

**Fórmula:**

$$\gamma = p \cdot g \quad (3.10)$$

**Donde:**

$\gamma$  = peso específico: (N/m<sup>3</sup>)

p = densidad del agua: (kg/m<sup>3</sup>)

g = es la aceleración debido a la gravedad: (m/s<sup>2</sup>)

### 3.7.5 Potencia Hidráulica o absorbida

Al determinar la presión ejercida sobre la bomba hidráulica se estableció la resistencia del sistema y movimiento del agua a través de la bomba.

**Fórmula:**

$$P_{abs} = \gamma \cdot Q \cdot H_n \quad (3.11)$$

**Donde:**

$P_{abs}$  = potencia hidráulica: (W)

$\gamma$  = peso específico: (N/m<sup>3</sup>)

$Q$  = caudal de agua: (m<sup>3</sup>/s)

$H_n$  = salto neto: (m)

**3.8 DISEÑO DEL MURO****3.8.1 Volumen de la represa:**

Determinaremos la cantidad de agua en litros que se puede almacenar en el volumen de la presa realizando una conversión del resultado del volumen de la presa a litros.

$$v = L \cdot w \cdot h \quad (3.12)$$

**3.8.2 Cantidad de agua a almacenarse en la represa:**

Determinaremos la cantidad de agua en litros que se puede almacenar en el volumen de la presa realizando una conversión del resultado del volumen de la presa a litros.

**3.8.3 Peso que resistirá la represa:**

A continuación, determinaremos el peso en toneladas que deberá resistir nuestro muro realizando las siguientes conversiones.

- De litros a kilogramos:

$$1lt = 1kg \quad (3.13)$$

- De kilogramos a toneladas:

$$1kg = 0.001 t \quad (3.14)$$

**3.8.4 Presión total que resistirá la represa**

$$P_T = \rho_{H_2O} \cdot g \cdot h \quad (3.15)$$

**Donde:**

$\rho_{H_2O}$  = es la densidad del agua: (kg/m<sup>3</sup>)

$g$  = es la gravedad: (m/s<sup>2</sup>)

$h$  = es la altura: (m)

**3.8.5 Presión media que resistirá la represa:**

$$P_M = \frac{P_T}{2} \quad (3.16)$$

**3.8.6 Fuerza que resistirá la represa:**

$$F = P_M \cdot A \quad (3.17)$$

**Donde:**

$A$  es el área frontal de la represa

**3.8.7 Volumen del muro:**

$$F = \rho_C \cdot g \cdot v \quad (3.18)$$

Despejamos  $V$

$$V = \frac{F}{\rho_C \cdot g} \quad (3.19)$$

**Donde:**

$\rho_C$  es la densidad del concreto

**3.8.8 Cálculo del espesor del muro:**

$$V = A_1 \cdot B_1 \cdot L_1 \quad (3.20)$$

$$B_1 = \frac{V}{A_1 \cdot L_1}$$

**3.8.9 Cálculo de la fuerza inferior de la represa:**

$$F_I = p \cdot A \quad (3.21)$$

Cálculo del espesor inferior de la represa  $E_I$ :

$$F = \rho_C \cdot g \cdot v \quad (3.22)$$



Despejamos V:

$$V_I = \frac{F_I}{\rho_C \cdot g} \quad (3.23)$$

Cálculo de  $E_1$ :

$$E_1 = \frac{V_I}{A_1 \cdot L_1} \quad (3.24)$$

### 3.8.9.1 Aplicación de factor de seguridad mínimo de construcción de muros de contención a B1

Los muros de contención deben diseñarse para resistir el deslizamiento y vuelco por la acción lateral del suelo con un factor de seguridad requerido en cada caso.

**Tabla 3.7.** Factor de seguridad [15].

Pendiente de la superficie del Material retenido horizontal(H)a Vertical (v)	Peso del fluido equivalente (libras por pie cubico)
Nivel	30
5 a 1	32
4 a 1	35
3 a 1	38
2 a 1	43
1.5 a 1	55
1 a 1(ángulo 45°)	80

## 3.9 CÁLCULO DE SISTEMA MULTIPLICADOR DE VELOCIDAD MEDIANTE POLEAS

Para calcular el sistema de poleas necesario para aumentar la velocidad y conocer el diámetro de la polea impulsada se utiliza la relación de velocidad y la selección del diámetro de la polea impulsada.

**Relación de velocidad:**

$$R = \frac{\text{rev}/\text{min de la polea impulsada}}{\text{rev}/\text{min de la polea motriz}} \quad (3.25)$$

**Donde:**

$\text{rev}/\text{min}$  de la polea impulsada es la velocidad que deseas alcanzar.

$\text{rev}/\text{min}$  de la polea motriz es la velocidad actual del sistema.

Selección del diámetro de la polea impulsada:

$$D_i = \frac{D_m}{R} \quad (3.26)$$

**Donde:**

$D_m$ : es el diámetro de la polea motriz

$R$ : es la relación de velocidad

### 3.9.1 Cálculo para la longitud de banda en v

La longitud de la banda en V ( $L$ ) se calcula con la siguiente fórmula:

$$L = \frac{(D_1 + D_2) \cdot \pi}{2} + (D_2 - D_1) \cdot \left( \frac{\sin^{-1}\left(\frac{D_2 - D_1}{C}\right)}{\sin^{-1}\left(\frac{D_2 + D_1}{C}\right)} \right) \quad (3.27)$$

Donde:

$C$  es la distancia entre los centros de las poleas

$D_1$  y  $D_2$  son los diámetros de las poleas

## 3.10 ESTRUCTURA DEL MODELADO DE UNA SIMULACIÓN EN SOLID WORKS

Seleccionar el tipo de análisis en Solid Works

- Definir la geometría

- Definir el mallado
- Controlar el mallado
- Definir condiciones de borde y calidad de mallado
- Calidad de mallado
- Definir el procesamiento
- Parámetros iniciales
- Modelo de fluido
- Definir parámetros iniciales y condiciones de borde
- Asignar condiciones de borde
- Definir parámetros de borde
- Definir valores del fluido
- Definir proceso de solución
- Unidades
- Control
- Salida de datos
- Ejecutar simulación
- Generar resultados
- Presión
- Velocidad Superficial
- Comportamiento de partículas
- Visualizar diferentes variables de corte

## **4 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

### **4.1 DISEÑO DE LOS COMPONENTES**

En el presente apartado se presentan cada uno de los componentes en la implementación de la Turbina en el páramo de Mogotes misma que será una incorporación de una fuente de energía renovable no convencional que en la actualidad es bastante utilizada en zonas aisladas como lo es el Páramo de Mogotes que no tiene acceso aun al suministro de energía mediante red privado o pública.

La implementación de un sistema de pico-generación está basado en el levantamiento de requerimientos realizados en la investigación de campo que permitió crear un modelo de turbina

adaptado a las condiciones geográficas, haciendo correcto uso de los recursos naturales de la zona y respetando el medio natural del mismo.

## 4.2 REQUERIMIENTOS

### 4.2.1 Caudal de Agua

Al realizar la inspección de campo se observó la localización de donde se va obtener el recurso más importante para la generación de energía como lo es el agua obteniendo la medición del caudal para conocer cuántos litros por segundo abastece.

Bajo la metodología de medición del recipiente (balde) con una capacidad de 20 litros lo mismo que al aplicar la fórmula de determinación de caudal se obtuvo que el caudal es de

0.04166 m<sup>3</sup>/s

**Cálculo del caudal:**

$$Q = \frac{l}{s} \quad (4.1)$$

**Solución:**

$$Q = \frac{20 \text{ l}}{0.48 \text{ s}}$$

$$Q = 41.71 \text{ l/s}$$

$$Q = 0.04171 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 4.2.2 Velocidad de circulación del agua en la tubería

**Cálculo**

Para el cálculo de la velocidad de circulación del agua se ha tomado en cuenta la dimensión de los tubos a ser utilizados determinado que la velocidad total será 6.83 m<sup>2</sup>/s.

**Tabla 4.1.** Tubos de PVC [15]

Tubo en pulgadas PVC	Diámetro exterior del turbo
6"	168.3 mm
4"	114.3 mm

**Solución:**

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot Di^2} \quad (4.2)$$

$$v_1 = \frac{4 \cdot (0.04171 \text{ m}^3/\text{s})}{\pi \cdot (0.1683 \text{ m})^2} \quad v_2 = \frac{4 \cdot (0.04171 \text{ m}^3/\text{s})}{\pi \cdot (0.1143 \text{ m})^2}$$

$$v_1 = 1.87 \text{ m}^2/\text{s} \quad v_2 = 4.06 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$v_{\text{total}} = v_1 + v_2$$

$$v_{\text{total}} = 1.87 + 4.06$$

$$v_{\text{total}} = 5.93 \text{ m/s}$$

#### 4.2.3 Área del caudal

**Cálculo:**

El área del caudal se determinó bajo el cálculo del caudal y su velocidad total.

$$A = \frac{Q}{v} \quad (4.3)$$

**Solución:**

$$A = \frac{0.04171 \text{ m}^3/\text{s}}{5.93 \text{ m/s}}$$

$$A = 0.00703 \text{ m}^2$$

#### 4.2.4 Pérdidas de fricción de la tubería.

**Cálculo**

En el transcurso del fluido del agua se genera pérdidas de energía, por lo general, la causa del rozamiento, entre el fluido del agua, los accesorios y las paredes de la tubería fricción que se encuentra expuesta en la Tabla 3.6.

Factor de fricción en tuberías PVC donde se determinó que la pérdida será de 0.8m.

**Solución:**

$$h_f = 0.015 \cdot \left( \frac{6.50 \text{ m}}{0.2826 \text{ m}} \right) \cdot \frac{(5.93 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_f = 0.6183 \text{ m}$$

$$h_f = 0.6 \text{ m}$$

#### 4.2.5 Presión del agua

##### Cálculo

El cálculo de la presión de agua se encuentra determinado en 22955.4 Pa. bajo la solución de la siguiente formula

##### Solución:

$$P = \rho \cdot g \cdot h \quad (4.4)$$

$$P = 1000 \text{ kg / m}^3 (9.81 \text{ m / s}^2) \cdot 2.34 \text{ m}$$

$$P = 22955.4 \text{ Pa.}$$

#### 4.2.6 Masa del agua

##### Calculo

Mediante la ecuación (3.7) se determina que la masa de agua presente se encuentra en 510000 kg.

##### Solución:

$$m = \frac{22955.4 \text{ Pa}}{9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (2.34 \text{ m})} (20 \text{ l})$$

$$m = 20000 \text{ kg.}$$

#### 4.2.7 Peso específico de la turbina.

##### Cálculo

El peso total de la turbina bajo formula (3.10) incluyendo todas sus partes y componentes dividido por su volumen total es de 9800 N/m<sup>3</sup>.

**Solución:**

$$\gamma = 1000 \frac{\text{N}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \text{ m / s}^2 \quad (4.5)$$

$$\gamma = 9800 \text{ N/m}^3$$

#### 4.2.8 Potencia hidráulica o absorbida.

**Cálculo:**

El cálculo de la potencia Hidráulica se determina bajo el cálculo (3.11) de la formula dando como resultado 3.36 KW de Potencia absorbida.

$$P_{\text{abs}} = 9800 \text{ N/m}^3 \cdot 0.04171 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 2,34 \text{ m} \quad (4.6)$$

$$P_{\text{abs}} = 956.49 \text{ N} \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}} = 956.49 \text{ W} = 0.9564 \text{ kW}$$

**Rendimiento de la turbina.**

$$P_t = n P_h \quad (4.7)$$

$$n = \frac{P_t}{P_h}$$

$$n = \frac{400 \text{ W}}{694.05 \text{ W}} = 0.573$$

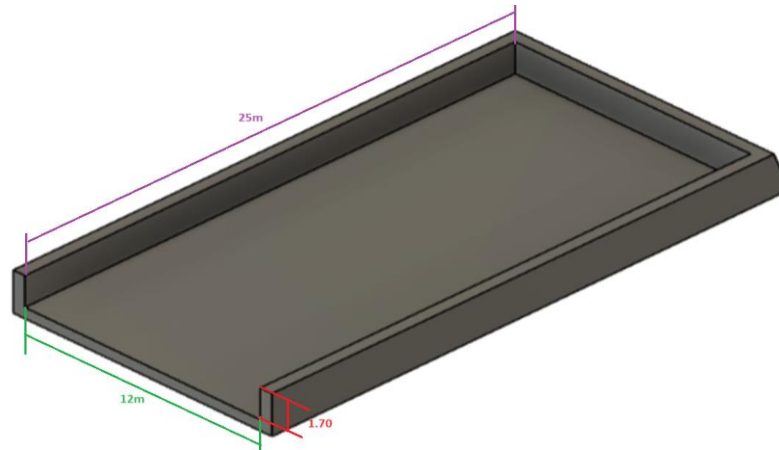
#### 4.2.9 Represa

Bajo la propuesta de los propietarios del sector se diseñó una represa con las siguientes dimensiones:

**Largo(L): 25m**

**Ancho(w): 12m**

**Altura(h): 1.70m**



**Figura 4.1.** Represa

Para lo cual se ha determinado el siguiente volumen de la represa:

#### 4.2.10 Volumen de la represa:

$$v = L \cdot w \cdot h \quad (4.8)$$

$$v = 25m \cdot 12m \cdot 1.70m$$

$$v = 510 \text{ m}^3$$

#### 4.2.11 Cantidad de agua a almacenarse en la represa:

Mediante el cálculo del volumen de almacenamiento.

Se determina la cantidad de agua en litros que se puede almacenar en el volumen de la presa realizando la conversión del resultado del volumen de la presa a litros.

$$510\text{m}^3 \cdot \frac{1000 \text{ l}}{1\text{m}^3}$$

$$= 510000 \text{ l}$$

##### 4.2.11.1 Peso que resistirá la represa:

A continuación, se determina el peso en toneladas que resistirá el muro realizando las siguientes conversiones.

- De litros a kilogramos:

$$1\text{l} = 1\text{kg}$$



Entonces:

$$510000 \text{ l} = 510000 \text{ kg}$$

- De kilogramos a toneladas:

$$1 \text{ kg} = 0.001 \text{ t}$$

Entonces:

$$510000 \text{ kg} = 510 \text{ t}$$

4.2.11.2 Presión total que resistirá la represa

$$P_T = \rho_{H_2O} \cdot g \cdot h \quad (4.9)$$

$$\rho_{H_2O} = 1000 \text{ kg/m}^3 \quad (4.10)$$

$$P_T = \frac{1000 \text{ kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1.7 \text{ m}$$

$$P_T = 16660 \text{ pa.}$$

$$P_T = 16,66 \text{ kpa.}$$

Presión media que resistirá la represa:

$$P_M = \frac{P_T}{2} \quad (4.11)$$

$$P_M = \frac{16.66 \text{ kpa.}}{2}$$

$$P_M = 8.35 \text{ kpa.}$$

Fuerza que resistirá la represa:

$$F = P_M \cdot A$$

Donde:

A es el área frontal de la represa.

$$F = 8.35 \text{ kpa} \cdot (1.70 \text{ m} \cdot 12 \text{ m}) \quad (4.12)$$

$$F = 170.34$$

### 4.3 MURO DE CONTENCIÓN

#### 4.3.1 Volumen del muro:

$$F = \rho_c \cdot g \cdot v \quad (4.13)$$

Despejamos V

$$V = \frac{F}{\rho_c \cdot g} \quad (4.14)$$

**Donde:**

$\rho_c$  : es la densidad del concreto

$$\rho_c = 2100 \text{ kg/m}^3$$

$$V = \frac{170.34 \text{ Kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{2100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2}$$

$$V = 8.27 \text{ m}^3$$

Cabe mencionar que la represa fue realizad con los recursos del medio natural revestido de geo membrana como lo señala la figura 4.2.

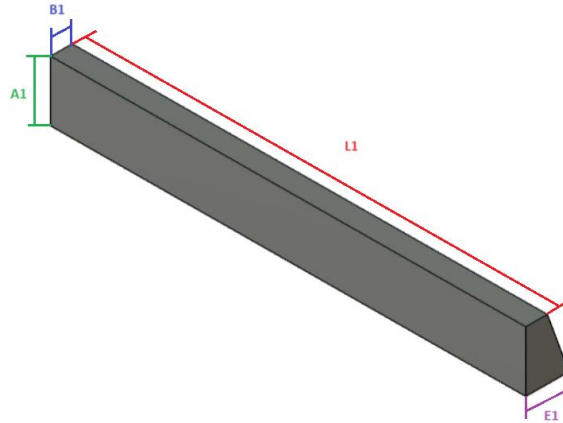


**Figura 4.2.** Represa zona del Páramo Mongotes.

#### 4.3.2 Espesor del muro

El cálculo del espesor se determinó bajo la solución de la siguiente formula que muestra que el  $B_1$  o corona debe tener un ancho mínimo de 30 cm [16].

$$V = A_1 \cdot B_1 \cdot L_1 \quad (4.14)$$



**Figura 4.3.** Espesor del Muro.

$$B_1 = \frac{V}{A_1 \cdot L_1} \quad (4.15)$$

$$B_1 = \frac{8.27\text{m}^3}{1.70\text{m} \cdot 12\text{m}}$$

$$B_1 = 40.54 \text{ cm}$$

$$B_1 = 0.4054 \text{ m}$$

#### 4.3.3 Fuera inferior de la represa:

$$F_I = p \cdot A \quad (4.16)$$

$$F_I = 16.66 \text{ kpa} \cdot (12\text{m} \cdot 1.7\text{m})$$

$$F_I = 340680 \text{ N}$$

#### 4.3.4 Espesor inferior de la represa $E_1$ :

$$F = \rho_c \cdot g \cdot v \quad (4.17)$$

Despejamos V:

$$V_I = \frac{F_I}{\rho_c \cdot g} \quad (4.18)$$

$$V_I = \frac{340680 \text{ N}}{2100 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2}$$

$$V_I = 16.5\text{m}^3$$

Cálculo de  $E_1$ :

$$E_1 = \frac{V_1}{A_1 \cdot L_1} \quad (4.19)$$

$$E_1 = \frac{16.5 \text{ m}^3}{1.70 \text{ m} \cdot (12\text{m})}$$

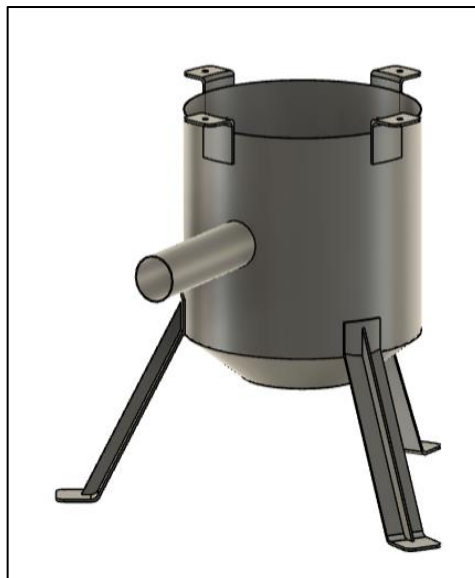
## 4.4 EQUIPOS

### 4.4.1 Diseño de la turbina

#### Descripción

La base en su interior se encontrará la turbina conjuntamente con el eje de transmisión, en la parte superior posee 4 soportes donde se coloca la base del rodamiento, en la parte lateral se acopla un tubo circular de 2 pulgadas, el cual permite el ingreso de flujo que golpeará las alabes, toda esta base estará sujeta por tres patas distribuidas alrededor de la misma.

El diámetro de la base es de 288 mm, los soportes para la base de los rodamientos están ubicados a una distancia de 290 mm, la longitud del tubo de entrada de flujo es de 200mm, las patas que la sujetan tienen una altura de 230mm ubicadas a un Angulo de 115.58°.



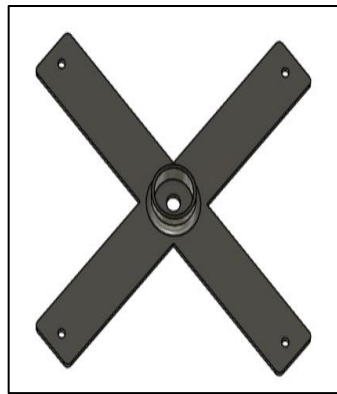
**Figura 4.4.** Base de la Turbina

#### 4.4.1.1 Base de soporte del rodamiento

##### Descripción:

En el soporte se encuentra un rodamiento el cual guiará al eje de la turbina, estará sujeto con 4 pernos a la base de la turbina, en forma de cruz.

La base tiene una longitud de 367 x 367 mm, en sus 4 extremos tiene una perforación de 8mm de diámetro para su sujeción en la base con pernos.



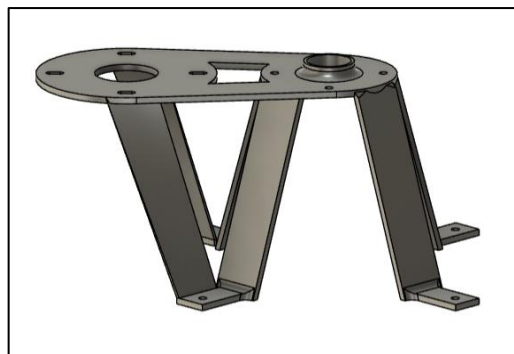
**Figura 4.5.** Base del Rodamiento

#### 4.4.1.2 Soporte de ejes:

##### Descripción:

El soporte de ejes este fijado a la base de la turbina y a la base del rodamiento, en la parte superior de este soporte se encontrará el sistema multiplicador de poleas donde estará conectado el eje de la turbina con el Generador.

Tiene una altura de 195.14 mm, la perforación para el generador en uno de sus extremos es de 60mm, mientras que en su otro extremo se encuentra un rodamiento que guiará al eje de la turbina.



**Figura 4.6.** Soporte de Ejes

#### 4.4.1.3 Eje de transmisión y turbina

##### **Descripción:**

El eje está conectado directamente con la turbina y es guiado por dos rodamientos, en la parte superior se conectará a una polea y posterior a la polea del generador.

La longitud del eje es de 525 mm x 1 in; la longitud de las aspas es de 170mm con un espesor de 2mm.



**Figura 4.7.** Eje de Trasmisión

## 4.5 GENERADOR

El generador a ser utilizado es un generador marca Hyundo de una potencia de 400 W de tipo eléctrico de uso comercial con un peso total de 3900 g y un voltaje de 12 V la altura de la tobera es de un 1 cm.

El cálculo del generador se presente a continuación:

### 4.5.1 Corriente del Generador (A)

En las especificaciones del generador no se posee la generación de corriente, se procede a calcular de la siguiente manera:

#### **Fórmula de potencia eléctrica:**

$$P = V \cdot I \quad (4.19)$$

Donde:

P = es la potencia: (W)

V = es el voltaje: (V)

I = es la corriente (A)

Como ya se conoce P y V se despejará I la cual no se conoce.

$$I = \frac{P}{V} \quad (4.20)$$

$$I = \frac{400 \text{ W}}{12 \text{ V}}$$

$$\mathbf{I = 33.33A}$$

Por lo tanto, si se utiliza una carga de 33.33 A, se estaría operando el generador a su potencia máxima de 400 W. Es importante tener en cuenta que este cálculo asume un rendimiento del 100% del generador.

#### **Cálculo de voltaje correspondientes a diferente número de $\text{rev}/\text{min}$**

Según las pruebas de campo efectuadas del generador se obtuvo  $366 \text{ rev}/\text{min}$  y un voltaje de 7.17V lo cual se comprueba con cálculos.

Utilizaremos la ecuación de relación entre  $\text{rev}/\text{min}$  y el voltaje de salida:

$$V = \frac{12 \text{ v}}{550 \text{ rev}/\text{min}} \cdot 550 \text{ rev}/\text{min} = 12 \text{ V}$$

Cálculos para diferentes  $\text{rev}/\text{min}$ :

- Para  $400 \text{ rev}/\text{min}$ :

$$V = \frac{12 \text{ v}}{550 \text{ rev}/\text{min}} \cdot 400 \text{ rev}/\text{min} = 8.73 \text{ V}$$

- Para  $366 \text{ rev}/\text{min}$ :

$$V = \frac{12 \text{ v}}{550 \text{ rev}/\text{min}} \cdot 366 \text{ rev}/\text{min} = 7.98 \text{ V}$$

- Para  $300 \text{ rev}/\text{min}$ :

$$v = \frac{12\text{v}}{550 \text{ rev}/\text{min}} \cdot 300 \text{ rev}/\text{min} = 6.55 \text{ V}$$

- Para  $200 \text{ rev}/\text{min}$ :

$$v = \frac{12\text{v}}{550 \text{ rev}/\text{min}} \cdot 200 \text{ rev}/\text{min} = 4.36 \text{ V}$$

- Para  $100 \text{ rev}/\text{min}$ :

$$v = \frac{12\text{v}}{550 \text{ rev}/\text{min}} \cdot 100 \text{ rev}/\text{min} = 2.18 \text{ V}$$

## 4.6 COMPONENTES ELÉCTRICOS

### 4.6.1 Generador



**Figura 4.8.** Generador [17]

### 4.6.2 Rectificador de 12 V

Como se determina en los cálculos anteriores existen diferencias entre el voltaje calculado y el voltaje medido, las cuales son mínimas y dentro de un rango estrecho de valores, es razonable considerar que la discrepancia no es significativa y podría explicarse por tolerancias de fabricación, la precisión del equipo de medición y las condiciones específicas de la prueba.





**Figura 4.9.** Rectificador de 12 V [17]

### 4.6.3 Inversores

El inversor genérico modelo de 4000 W con un voltaje mínimo de entrada de 10-15 V, con un voltaje mínimo de salida de 110-115 V con una potencia de generación de 4000 W una altura de 140 mm y un ancho de 70 mm de onda sinusoidal modificada de largo de 330 mm.



**Figura 4.10.** Inversor [17]

## 4.7 SISTEMA MULTIPLICADOR DE VELOCIDAD MEDIANTE POLEAS

Al realizar la implementación de la turbina se pudo comprobar que la velocidad no era suficiente para cumplir con los objetivos trazados es así que se requiere un sistema de poleas que es necesario para aumentar la velocidad y conocer el diámetro de la polea impulsada se utiliza la relación de velocidad y la selección del diámetro de la polea impulsada.

**Solución:**

$$R = \frac{550 \text{ rev}/\text{min}}{366 \text{ rev}/\text{min}}$$

$$R = 1.5$$

**Selección del diámetro de la polea impulsada:**

$$Di = \frac{15}{1.5}$$

$$Di = 10 \text{ cm}$$

**Cálculo para la longitud de banda en V**

**Solución:**

$$L = \frac{(15\text{cm} + 10\text{cm}) \cdot \pi}{2} + (10\text{cm} - 15\text{cm}) \cdot \left( \frac{\sin^{-1}\left(\frac{10\text{cm} - 15\text{cm}}{10\text{cm}}\right)}{\sin^{-1}\left(\frac{10\text{cm} + 15\text{cm}}{10\text{cm}}\right)} \right)$$

$$L = \frac{(25\text{cm}) \cdot \pi}{2} - (5\text{cm}) \cdot \left( \frac{\sin^{-1}(-0.5)}{\sin^{-1}(2.5)} \right)$$

$$L = \frac{(25\text{cm}) \cdot \pi}{2} + (5\text{cm}) \cdot \left( \frac{-\frac{\pi}{6}}{\frac{\pi}{2}} \right)$$

$$L = \frac{(25\text{cm}) \cdot \pi}{2} + \frac{5}{6} \cdot \pi$$

$$L = \frac{(75\text{cm}) \cdot \pi}{6}$$

$$L = \frac{(25\text{cm}) \cdot \pi}{6}$$

$$L = 20.72\text{cm}$$

## 4.8 RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

**Finalizado la implementación.**

Concluido con la selección de los componentes ha utilizadas en la implementación, se procedió a la construcción de la misma y realizando pruebas correspondientes para determinar su buen funcionamiento.

### 4.8.1 Muro de contención.

#### Análisis del muro de contención.

Se recolecto información detallada sobre el sitio donde se construirá el muro de contención, dando como resultado, cargas aplicadas que va soportar el muro, de acuerdo a la captación de agua del lugar [18].

Los materiales adecuados para su construcción, en este caso en páramo de Mogotes y las condiciones geotécnicas del lugar el modelo del muro de acuerdo con el análisis realizado en el software SolidWorks resaltan los siguientes resultados volumétricas tenemos como masa de 44.06 kg incluyendo un volumen de 18.35 m<sup>3</sup> con una densidad de 2.400 kg/m<sup>3</sup> y el peso del agua que va soportar es de 431.827 N se elige el tipo de muro más adecuado a la condición en ese lugar, considerando los factores como la altura del muro, el tipo de suelo la disponibilidad del espacio y los requisitos estéticos.

#### Modelado del muro.

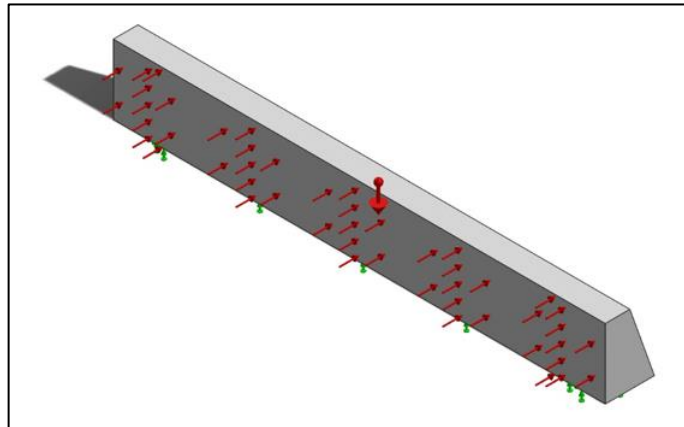


Figura 4.11. Modelado del muro.

#### Optimización del muro de contención.

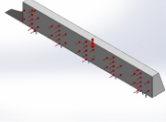
Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción			
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija			
Fuerzas resultantes					
Componentes	X	Y	Z	Resultante	
Fuerza de reacción(N)	0,000143051	432.268	340.680	550.380	
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0	

Figura 4.12. Optimización del muro.

### Descripción:

Su optimización según los resultados del análisis, como la presión de poros, la consolidación del suelo y el drenaje para comprender mejor la construcción del muro tenemos los siguientes resultados.

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura de combinado
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 Puntos
Tamaño máximo de elemento	336,892 mm
Tamaño mínimo del elemento	336,892 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Figura 4.13. Análisis Muro Solid Works

### Análisis de la turbina

El análisis de la turbina por esfuerzos permitió determinar la resistencia y la seguridad de las estructuras y componentes, ayudando a garantizar su fiabilidad y durabilidad partiendo del principio que la turbina ha sido diseñada con 8 alabes y en un ángulo de 60°.

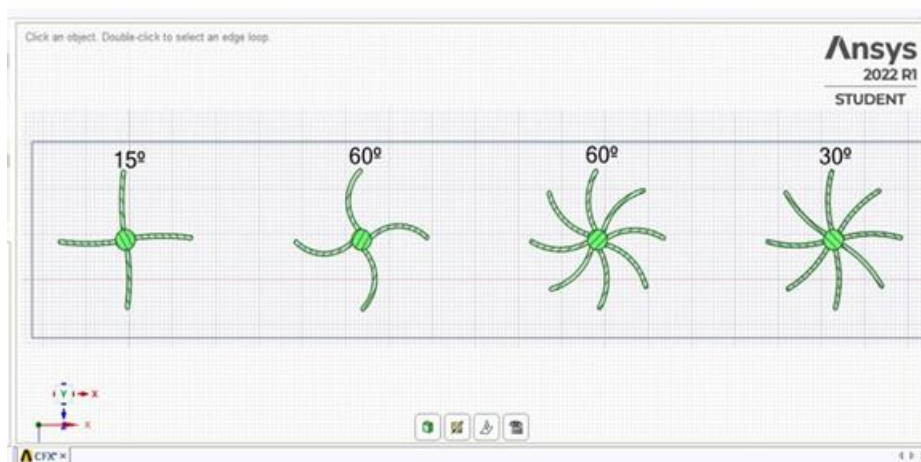


Figura 4.14. Modelado en 2D con las medidas del árbol de transmisión [19].

Se procede a trabajar en el plano X realizado un modelado en 2D con las medidas del árbol de transmisión.

### Descripción.

se determinan las medidas acordes al árbol de transmisión se procede al diseño de las turbinas comprobando cada una de ellas cada una con un ángulo diferente.

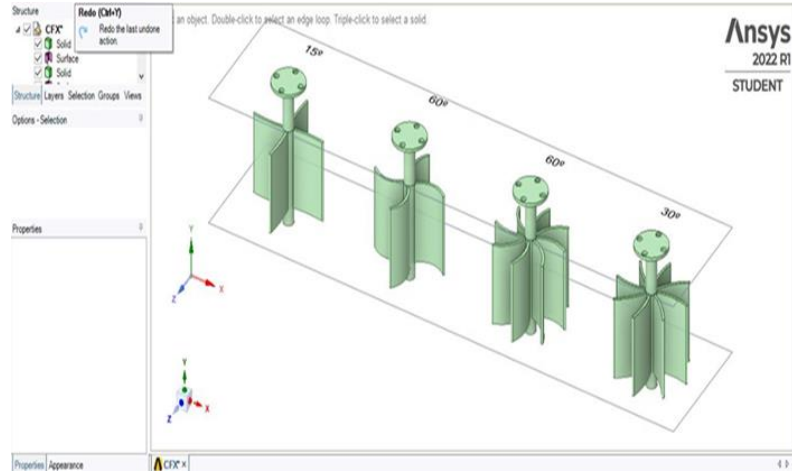


Figura 4.15. Diseño de las turbinas [19].

### Solución:

Se procede hacer el Análisis de la turbina de 8 alabes de  $60^\circ$  de Ángulo donde se puede determinar el esfuerzo que se obtiene al realizar el diseño.

Se puede verificar los resultados mostrados en la gráfica y los cálculos que determino el software y de esta manera verificar la eficiencia de la turbina de 8 alabes de  $60^\circ$  de Ángulo.

Cada línea proporciona información sobre la variabilidad de la presión o de las velocidades en diferentes direcciones dentro del sistema de fluidos que estás analizando. Esto puede ser útil para comprender mejor la dinámica y el comportamiento del flujo en el sistema.

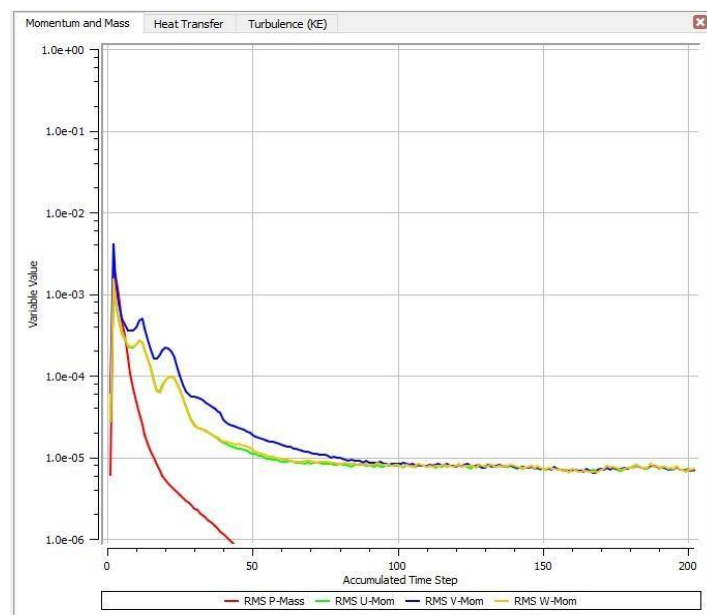
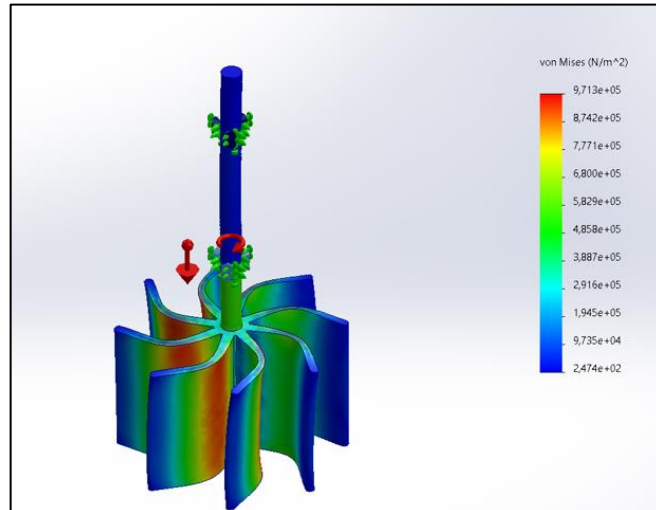


Figura 4.16. Turbina de 8 alabes de  $60^\circ$  [19]

### Tensiones de Von Mises

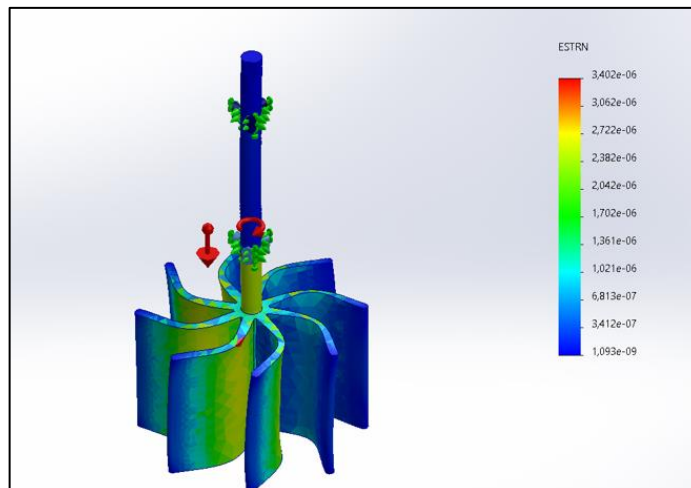
Este Análisis por esfuerzos de Tensión de Von Mises se evidencia un valor de 97,13MPa, el cual nos da una mejor seguridad para la fabricación de hélices para que pueda soportar la presión del fluido.



**Figura 4.17.** Tensiones de esfuerzos de Von Mises

### Deformaciones

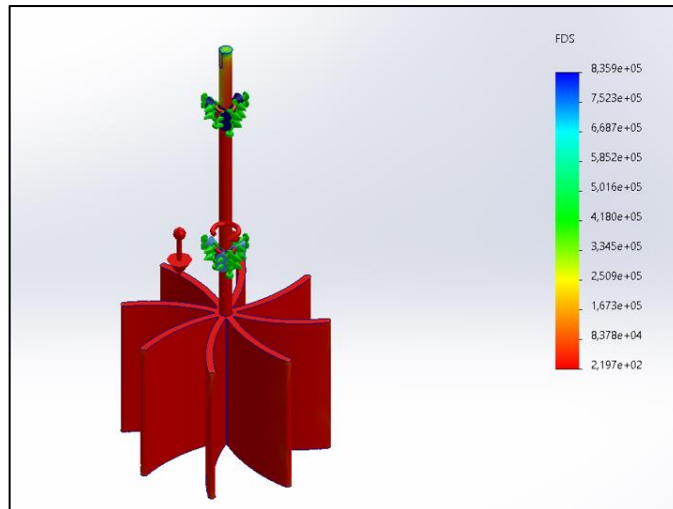
Las deformaciones que se genere en las hélices de la turbina, dependerán tanto del material con el que esté construido, en este caso, se eligió un acero AISI 304 inoxidable con un espesor de 2mm, entonces, en la siguiente figura se evidencia que su desplazamiento no es muy notorio, el cual se concluye que las hélices llegarán a soportar el fluido (agua) durante su proceso de funcionamiento.



**Figura 4.18.** Desplazamiento de hélices de la turbina

## Factor de Seguridad

Este factor de seguridad se lo ha identificado mediante las hélices con el espesor ya mencionado anteriormente, en este caso 2mm, el cual se evidencia que tendrá un factor de seguridad superior al que se analizó con un valor de 2,2. Además, este factor de seguridad se lo puede calcular mediante el esfuerzo máximo de Von Mises por el límite de elasticidad de dicho material que se esté usando para su fabricación.



**Figura 4.19.** Factor de seguridad de hélices de turbina

- **Tubería de presión**

Al dimensionar la tubería de presión su distancia fue de 6.50 metros, con un diámetro de 4 y 6" de PVC de alta densidad, el diseño realizado dio como resultado una presión de 22955.4 N/m<sup>2</sup>, la tubería utilizada tiene una resistencia de hasta PN25 bares (305 psi), lo cual satisface la necesidad para una buena operación y no tener problemas de presión en la tubería por el caudal de agua.

- **Generador eléctrico**

De 550 <sup>rev</sup>/<sub>min</sub> con una frecuencia eléctrica de 60 Hz su nivel de voltaje es 12 v y aislamiento tipo F.

- **Sistema multiplicador de velocidad mediante poleas**

El sistema multiplicador muestra que la velocidad inicial 1.5 veces mayor que la velocidad angular final el diámetro de la patea es de 10 cm con una longitud de banda de 20.72 cm.

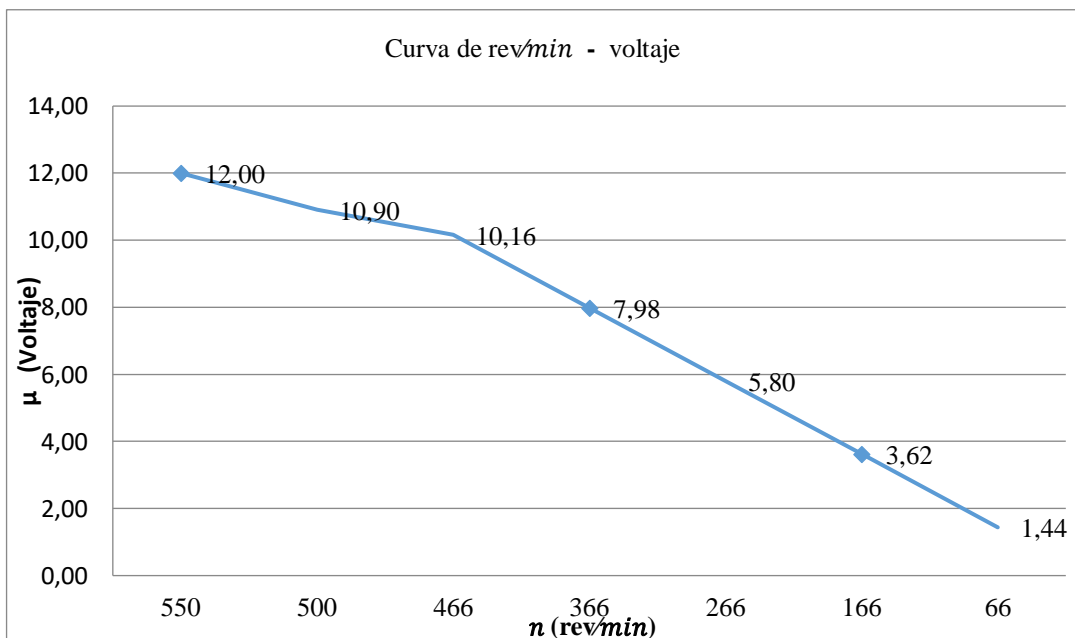
La implementación de la turbina permitirá abastecer de energía para el funcionamiento de diferentes sistemas de seguridad cuya demanda es de 12V y 110V.

- **Relación de  $rev/min$  -Voltaje**

En la tabla 3.9 se indica la relación de voltaje con respecto a las  $rev/min$ , y posterior su grafica representando los mismos Figura 3.17, el valor máximo es de 12v a 500  $rev/min$  y el valor de prueba antes de acoplar el sistema multiplicador fue de 7.17v a 366  $rev/min$ , Como se identifica existe diferencias entre el voltaje determinado y el voltaje medido, las cuales son mínimas y dentro de un rango estrecho de valores, es razonable considerar que la discrepancia no es significativa y podría explicarse por tolerancias de fabricación, la precisión del equipo de medición y las condiciones específicas de la prueba.

**Tabla 4.2.**  $rev/min$ -Voltaje

Voltaje (V)	$rev/min$	
12,00	550	Dato de placa
10,90	500	
10,16	466	
7,98	366	Dato prueba
5,80	266	
3,62	166	
1,44	66	



**Figura 4.20.** Curva de  $rev/min$ - voltaje

### **Rendimiento de una pico turbina.**

El rendimiento se expresa como un porcentaje (%), indicando la eficiencia del pico turbina en convertir la potencia de entrada en trabajo útil.



Tabla 4.3. Rendimiento

Potencia H	Potencia T	rev/ <i>min</i>	Rendimiento	% Rendimiento	Caudal m <sup>3</sup> /s
694,05	400.00	550	0.58	58	0.0417
694,05	315.90	500	0.46	46	0.0379
694,05	294.42	466	0.42	42	0.0353
694,05	231.24	366	0.33	33	0.0277
694,05	168.06	266	0.24	24	0.0201
694,05	104.88	166	0.15	15	0.0126
694,05	41.70	66	0.06	6	0.0050

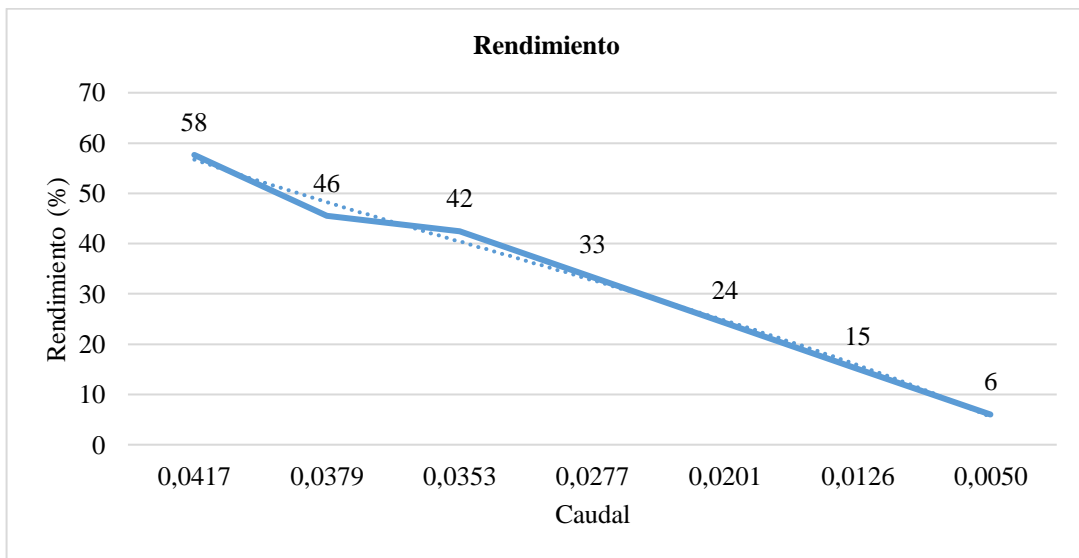


Figura 4.21. Rendimiento

## 4.9 ANÁLISIS ECONÓMICO

Los costos de fabricación de la turbina incluyen todos los gastos asociados con la producción, como materiales, mano de obra y cualquier otro recurso esencial para la construcción del equipo como se describen en las siguientes tablas:

Tabla 4.4. Costos directos

Costos Directos de Fabricación	Valor Final (USD)
Costos del material	935.38
Costos de mano de obra	545.00
Total	1480.38

### **El análisis de los gastos de costos directos**

Costos de materiales: \$935.38

Costos de mano de obra: \$545.00

Total, de costos directos: \$1480.38

De acuerdo al resultado podremos calcular el porcentaje relativo de cada componente con respecto al total:

Porcentaje de costos de materiales:

$$\text{Porcentaje de materiales} = \left( \frac{\text{costos de materiales}}{\text{totales costos directos}} \right) \cdot 100$$

$$\text{Porcentaje de materiales} = \left( \frac{935.38}{1480.38} \right) \cdot 100 = 63.12\%$$

Porcentaje de costo de mano de obra:

$$\text{Porcentaje de mano de obra} = \left( \frac{\text{costos de mano de obra}}{\text{totales costos directos}} \right) \cdot 100$$

$$\text{Porcentaje de mano de obra} = \left( \frac{545.00}{1480.38} \right) \cdot 100 = 36.88\%$$

#### **Análisis.**

- La mayor parte de los costos directos (aproximadamente el 63.12%) está destinada a los materiales utilizados en la fabricación.
- La mano de obra representa aproximadamente el 36.88% de los costos directos.

Este análisis proporciona una visión de la distribución relativa de los costos directos.

Puede ser útil para la toma de decisiones y la gestión de recursos, y que muestra dónde está asignado la mayor parte de los recursos en el proceso de fabricación. Además, puede ayudar a identificar áreas donde se podría buscar oportunidades de reducción de costos o mejoras en la eficiencia.

### **El análisis de los gastos de costos indirectos.**

De acuerdo a los resultados de la descripción de costos indirectos proporciona una visión de cómo se distribuyen los costos en las diferentes categorías. Puede ayudar en la planificación y toma de decisiones, permitiendo una mejor comprensión de dónde se asignan los recursos financieros y proporcionando información valiosa para la gestión de proyectos.

**Análisis:**

Proporción de Costos Directos vs. Indirectos:

Costos Directos: \$1480.38

Costos Indirectos: \$275.00

El total de costos indirectos representa aproximadamente el 15.63% del total de costos (Costos Indirectos / (Costos Directos + Costos Indirectos) · 100).

Los costos indirectos relacionados con la fabricación gastan que no están relacionados de forma directa con la producción, pero son indispensables para su realización en la siguiente tabla 4.5 se presentan dichos costos.

**Tabla 4.5.** Costos Indirectas

Descripción	Valor final (USD)
Ingeniería en detalle e investigación	75
Transporte	100
Costos imprevistos varios	100
Total	275

**El análisis de los gastos de costos indirectos.**

De acuerdo a los resultados de la descripción de costos indirectos proporciona una visión de cómo se distribuyen los costos en las diferentes categorías. Puede ayudar en la planificación y toma de decisiones, permitiendo una mejor comprensión de dónde se asignan los recursos financieros y proporcionando información valiosa para la gestión de proyectos.

La tabla 4.6 presenta los costos totales de fabricación donde se toma en cuenta los costos directos e indirectos.

**Tabla 4.6.** Costos Total de Fabricación

Descripción	Valor Final (USD)
costos directos	1480,38
costos indirectos	275,00
Total	1755,38

A continuación, en la tabla 4.7 presenta el cálculo de la depreciación anual que tendrá la implementación de este pico turbina.

**Análisis:**

Proporción de Costos Directos vs. Indirectos:

Costos Directos: \$1480.38

Costos Indirectos: \$275.00

El total de costos indirectos representa aproximadamente el 15.63% del total de costos (Costos Indirectos / (Costos Directos + Costos Indirectos) · 100).

**Análisis Detallado de Costos Directos:****Materiales vs. Mano de Obra:**

- El costo de materiales contribuye aproximadamente al 63.12% de los costos directos.
- La mano de obra contribuye aproximadamente al 36.88% de los costos directos.
- Puede ser útil investigar la eficiencia en el uso de materiales y la productividad de la mano de obra para optimizar costos.

**Análisis Detallado de Costos Indirectos:**

- Ingeniería en Detalle e Investigación, Transporte y Costos Imprevistos:
- La ingeniería en detalle e investigación representa aproximadamente el 27.27% de los costos indirectos
- El transporte y los costos imprevistos varios contribuyen cada uno aproximadamente al 36.36% de los costos indirectos.
- Puede ser beneficioso analizar cada componente para identificar oportunidades de optimización y control de costos.

**Consideración General:**

- La distribución de costos directos e indirectos proporciona una visión general de cómo se asignan los recursos financieros en el proyecto o la actividad.
- Se debe analizar la eficiencia y la efectividad de cada categoría de costos para tomar decisiones informadas y mejorar la gestión financiera.

Este análisis permite una comprensión más detallada de cómo se distribuyen los costos directos e indirectos, brindando información valiosa para la toma de decisiones y la gestión eficiente de los recursos financieros.

**Tabla 4.7.** Cálculo de depreciación

Detalle	Costo (\$)	% residual	Valor	Vida útil	Depreciación
			Residual		Anual
Implementación de la Turbina	1755,38	10	175,538	20	78,99

- Después de considerar la depreciación del pico turbina, el nuevo total de costos es \$1755.38.
- Esto refleja un incremento en los costos totales debido a la asignación de la depreciación, un gasto no efectivo pero necesario para reflejar la pérdida de valor del activo con el tiempo.
- La depreciación afectará el resultado final y puede tener implicaciones fiscales.
- Se deben tener en cuenta otros factores económicos, como ingresos generados por el pico turbina, ahorro en costos operativos, y posibles beneficios a largo plazo para evaluar.
- Completamente la rentabilidad del Proyecto.

Este análisis, aunque breve, muestra cómo la depreciación puede influir en los costos económicos totales y en la rentabilidad de la implementación del pico turbina. Es importante considerar todos los aspectos financieros y evaluar el impacto global en la viabilidad económica del Proyecto.

#### **4.10 SEGUIMIENTO Y EVALUACIÓN**

Para realizar el seguimiento se pone a consideración el Anexo 10 la ficha Técnica y el Manual de operaciones que permitirá a los operadores de la turbina poseer una herramienta que permita hacer correcto del sistema de turbina.

#### **IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES, ECONÓMICOS)**

- **Impacto tecnológico.**

La implementación de una pico turbina implica el desarrollo y la utilización de tecnología de energía renovable, lo que podría fomentar la innovación en este campo. La integración de energías renovables ayuda a diversificar la matriz energética al integrar una fuente de energía renovable en la red eléctrica.

- **Impacto social.**

La mejora del acceso a la electricidad en comunidades rurales o remotas no solo eleva la calidad de vida al proporcionar comodidades básicas, sino que también reduce la dependencia de combustibles fósiles, promoviendo la transición hacia fuentes de energía más sostenibles y mitigando los efectos del cambio climático.

- **Impacto ambiental.**

La implementación de una pico turbina para generar electricidad a partir de fuentes renovables, como la energía hidroeléctrica, puede contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en comparación con las fuentes tradicionales de energía.

- **Impacto económico.**

Puede implicar una inversión inicial considerable en infraestructura. Sin embargo, a largo plazo, esta inversión resultará mínima en comparación con los costos asociados con la conexión a la red eléctrica tradicional. Esto se debe a que la pico turbina aprovecha fuentes renovables de energía, lo que significa menores costos de operación y mantenimiento a lo largo del tiempo, ofreciendo así una solución económica y sostenible para la generación de electricidad.

## 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

- Al realizar una exhaustiva investigación bibliográfica, se logró identificar los componentes necesarios para la implementación de la Turbina, lo que garantiza que el diseño esté alineado con los requerimientos y necesidades específicas de la zona de incidencia. Esta conclusión subraya la importancia de una base sólida de conocimiento para asegurar que el diseño y la implementación sean óptimos y se ajusten de manera precisa a las condiciones locales.
- El diseño del pico turbina permitió crear una estructura acorde a los requerimientos levantados en la investigación de campo, modelando así una turbina de 8 álabes en un ángulo de  $60^\circ$  con una presión de agua de  $22955.4 \text{ N/m}^2$  lo que permitirá generar 12V.
- Al realizar la implementación del pico turbina se puede concluir que la misma fue sujeta a las condiciones geográficas, aprovechando de este modo los recursos naturales, es así que se creó una turbina experimental que con un caudal de  $0.04171 \text{ m}^3/\text{s}$  cumple con la

generación de 12V girando a 550 rev/min, permitiendo así una posterior instalación de equipos de seguridad necesarios para precautelar la seguridad en la captación del páramo mogotes.

- Tras completar el análisis de los resultados de la implementación, se puede concluir con confianza que el modelo de pico turbina propuesto demuestra ser tanto eficaz como eficiente en términos de resistencia, potencial de generación y rendimiento general. Esta conclusión se basa en la evidencia recopilada durante la fase de implementación, que indica que el diseño cumple satisfactoriamente con los objetivos establecidos, demostrando su capacidad para resistir las condiciones operativas previstas y generar la cantidad esperada de energía de manera consistente.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir paso a paso las directrices y procedimientos detallados en el manual de operación de la turbina durante su implementación. Esto garantizará un seguimiento adecuado y la capacidad de realizar mantenimiento cuando sea necesario, lo que prolongará la vida útil y la eficiencia de los equipos.
- Es fundamental tener un enfoque claro desde el inicio al realizar el levantamiento de los requerimientos. Esto permitirá una mejor integración de los equipos y facilitará la adaptación de la simulación a las necesidades específicas, evitando la necesidad de realizar modificaciones extremas que puedan afectar la funcionalidad del sistema.
- La implementación debe ser diseñada de manera que sea compatible y funcional con el entorno natural, minimizando en la medida de lo posible cualquier impacto ambiental negativo. Esto puede lograrse mediante la selección de materiales y tecnologías adecuadas, así como la consideración de medidas de mitigación ambiental durante todas las etapas del proceso de implementación.

## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 6.1 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Constitución de la República del Ecuador, Quito: Art. 14, 2008.
- [2] Alban y Verdesoto, «Metodologías de investigación (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción),» 3 Julio 2020. [En línea]. Available:

file:///C:/Users/LENOVO/Downloads/Dialnet-  
MetodologiasDeInvestigacionEducativaDescriptivasEx-7591592.pdf.

- [3] J. Allison, «Tipo de Muros de contención,» *ARCUX*, 2023.
- [4] Amazon, «Amazon,» 12 Enero 2024. [En línea]. Available: [https://www.amazon.com/-/es/Alternador-trif%C3%A1sico-permanente-alternador-rectificador/dp/B08MZHPM1L/ref=sr\\_1\\_1?\\_\\_mk\\_es\\_US=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dib=eyJ2IjoiMSJ9.AsjkYs40GNVo4E5Tw\\_RTwQ.mkjnIPXqB\\_h7nhLRCwFzJp5NR-lhrIszHGAL20TBd0&dib\\_tag=se&key](https://www.amazon.com/-/es/Alternador-trif%C3%A1sico-permanente-alternador-rectificador/dp/B08MZHPM1L/ref=sr_1_1?__mk_es_US=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&dib=eyJ2IjoiMSJ9.AsjkYs40GNVo4E5Tw_RTwQ.mkjnIPXqB_h7nhLRCwFzJp5NR-lhrIszHGAL20TBd0&dib_tag=se&key). [Último acceso: Viernes Febrero 2024].
- [5] A. S. C, «El AGUA Y LA GENERACIÓN DE ENERGÍA EN ENTORNOS DE SOSTENIBILIDAD,» *Revista de la Escuela de Ingenierías y Arquitectura*, vol. 4, n° 2, pp. 14-17, 2018.
- [6] G. M. E, «Las Pico-Centrales Hidroeléctricas son constructivamente idénticas a una micro central, solo que con menor potencia. Estas nos permiten utilizar o aprovechar la energía hidráulica de los recursos naturales como riachuelos, arroyos, quebradas, etc.,» *Trabajo de tesis previo a la obtencion de Ingeniero Mecanico*, 2023.
- [7] J. Quituisaca, «Verificacion mediante simulacion de caracteristicas especificas de una pico turbina hidraulica,» *Tesis de grado previa la obtencion de Ingeniero Mecanico*, 2022.
- [8] ENDESA, «FUNDACION DE ENDESA (RECUERSO DE GENERADOR),» de *ENDESA*, QUITO, 2022, p. 158.
- [9] Endesa., «Fundacion Endesa,» 2 12 2023. [En línea]. Available: <https://www.fundacionendesa.org/es/fundacion/formulario-generico>. [Último acceso: 4 12 2023].
- [10] I. E. d. E. y. C. INEC, «Encuesta de Poblacion y Vivienda,» INEC, Quito, Ecuador, 2023.
- [11] L. Magallanes, «Universidad de las Palmas de la Gran Canaria,» 7 5 2022. [En línea]. Available: [https://www2.ulpgc.es/descargadirecta.php?codigo\\_archivo=5211](https://www2.ulpgc.es/descargadirecta.php?codigo_archivo=5211). [Último acceso: 1 12 2023].

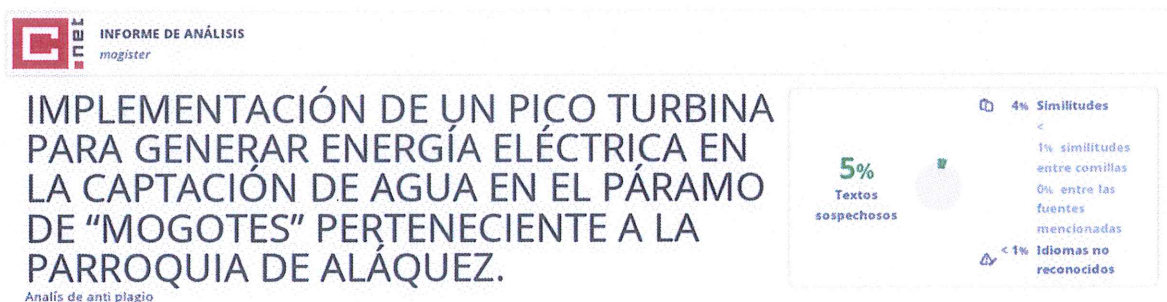


- [12] M. G. Mohaded, «Turbina hidráulica para generación de energía.,» de *INEN ECUADOR*, CORDOBA , 2018.
- [13] N. T. E. OBLIGATORIA, TUBERIAS PLASTICAS, TUBOS Y ACCESORIOS DE PVC RIGIDO PARA PRESION., QUITO: INEN, 2010.
- [14] P.Portilla, «Diseño y simulación de pico turbina hidráulica mediante herramientas CAD y CAE, dirigida a zonas no interconectadas.,» *Universidad de Pamplona*, 2022.
- [15] C. F. G. MOLINA, «“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA EL CONTROL Y MONITOREO DE NIVELES DE UN PROYECTO PISCICOLA EN LA CRIANZA Y REPRODUCCION DE TRUCHAS EN LA FINCAS SAN NICOLAS,» de *TESIS PRESENTADO COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL GRADO* , LATACUNGA, REPOSITORIO DE LA ESCUELA POLITECNICA DEL EJERCITO EXTENCION LATACUNGA, 2013, p. 314.
- [16] L. S, 2020. [En línea]. Available: <https://files.pucp.education/facultad/educacion/wp-content/uploads/2022/04/28145648/GUIA-INVESTIGACION-DESCRIPTIVA-20221.pdf>. [Último acceso: 2 Abril 2023].
- [17] A. Villamarin, «Implementacion de una pico turbina de generacion electrica en el Barrio Guadalupe,» *Protocolo previo a la obtención del título de Magister en Electricidad mención*, 2022.
- [18] WENZEL, «Tipos de turbinas,» *Wenzel org*, vol. 1, n° 2, pp. 12-19, 2022.
- [19] D. P. I. Noroña, Diseño de una turbina de vortice de eje vertical, Latacunga: San Felipe, 2022.
- [20] S. ELECTRONICA, «ON LINE SHARK ELECTRONICA,» 14 Julio 2023. [En línea]. Available: CATALOGO ON LINE SHARK ELECTRONICA. [Último acceso: 12 Enero 2024].

## 7. ANEXOS

## CERTIFICACIÓN DE INFORME DE SIMILITUD

En mi calidad de Tutor de la Propuesta Tecnológica con el tema: “Implementación de un pico turbina para generar energía eléctrica en la captación de agua en el páramo de “Mogotes” perteneciente a la parroquia de Aláquez., de Pulloquina Zapata Richar Alexander y Quilligana Guano Nataly Jhoanna, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, remito la captura de pantalla del reporte del sistema de reconocimiento de texto Compilatio, con un porcentaje de coincidencias del 5 %; y, expreso una vez más, mi conformidad en cuanto a la dirección del trabajo de titulación.



Particular que comunico a usted para los fines pertinentes.

Latacunga, 23 de febrero del 2024

.....  
Ing. Navarrete López Luis Miguel Ms.C  
C.C: 1803747284  
**TUTOR**



Inspección del lugar y toma los primeros datos.



Inicio de la construcción de la represa (enchambado).

<b>ANEXO C</b>	<b>TEMA: REVESTIMIENTO DE LA REPRESA</b>	<b>3 de 27</b>
----------------	--	----------------



Culminación de la represa (enchambado).		
<b>ANEXO D</b>	<b>TEMA: REVESTIMIENTO DE LA REPRESA</b>	<b>4 de 27</b>



<b>ANEXO E</b>	<b>TEMA: COLOCACIÓN DE LA REPRESA</b>	<b>5 de 27</b>
----------------	---------------------------------------	----------------



Ubicación de tubería

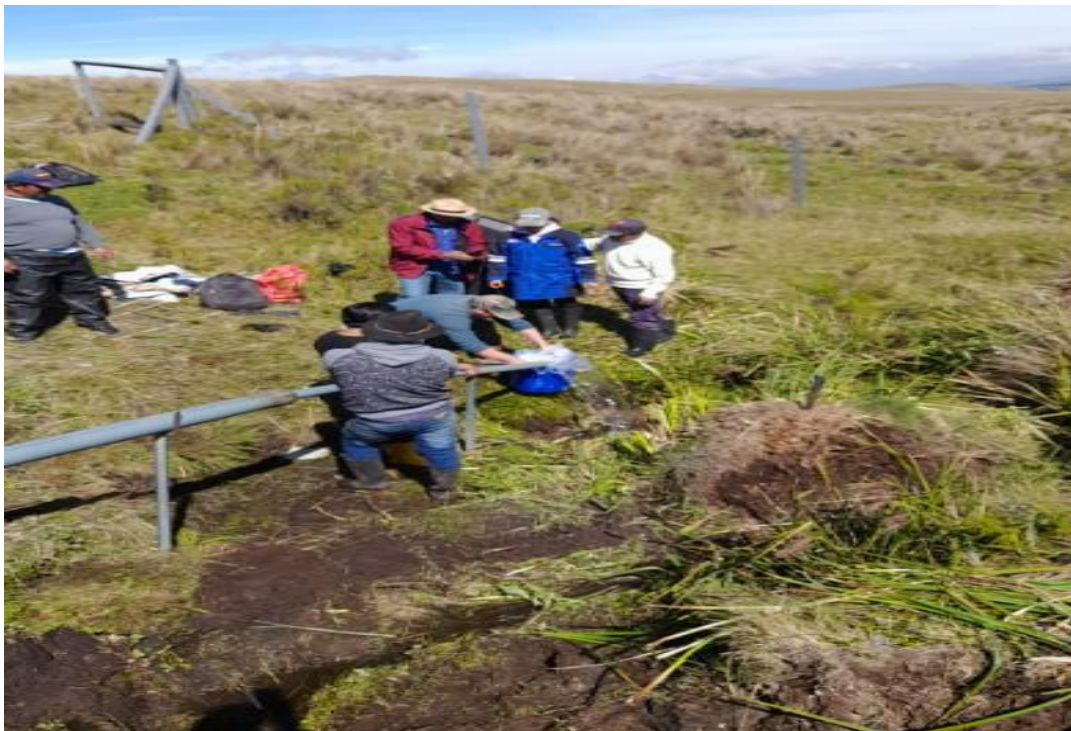
<b>ANEXO F</b>	<b>TEMA: COMPROBAR FUGAS DE AGUA</b>	<b>6 de 27</b>
----------------	--------------------------------------	----------------



<b>ANEXO G</b>	<b>TEMA: CAÍDA DE AGUA</b>	<b>7 de 27</b>
----------------	----------------------------	----------------



<b>Ubicación de tubería</b>		
<b>ANEXO H</b>	<b>TEMA: CAUDAL DEL AGUA L/SEG</b>	<b>8 de 27</b>







ANEXO K	TEMA: FABRICACIÓN DE PIEZAS	10 de 27
---------	-----------------------------	----------



ANEXO L	TEMA: CORTE A LASER DEL SOPORTE DEL EJE	11 de 27
---------	---	----------



ANEXO M	TEMA: FABRICACIÓN DE ALÁBES DE TURBINA	12 de 27
---------	--	----------



ANEXO N	TEMA: FORMACIÓN DE LOS ÁLABES	13 de 27
---------	-------------------------------	----------



<b>ANEXO O</b>	<b>TEMA: PERFORACIÓN DE SOPORTES</b>	<b>14 de 27</b>
----------------	--------------------------------------	-----------------



<b>ANEXO P</b>	<b>TEMA: SOLDADO DE SOPORTES</b>	<b>15 de 27</b>
----------------	----------------------------------	-----------------



ANEXO O	TEMA: CONSTRUCCIÓN DE TUBOS	16 de 27
---------	-----------------------------	----------



ANEXO P	TEMA: SOLDADO DE SOPORTES	17 de 27
---------	---------------------------	----------



ANEXO O	TEMA: CONSTRUCCIÓN DE TUBOS	18 de 27
---------	-----------------------------	----------



ANEXO P	TEMA: PROTECCIÓN DE TURBINA	19 de 27
---------	-----------------------------	----------



ANEXO O	TEMA: CONSTRUCCIÓN DE TUBOS	10 de 27
---------	-----------------------------	----------



ANEXO P	TEMA: SOLDADO DE SOPORTES	21 de 27
---------	---------------------------	----------



ANEXO O	TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE LA TURBINA	22 de 27
---------	------------------------------------	----------



ANEXO P	TEMA: UBICACIÓN DE GABINETE ELÉCTRICO	23 de 27
---------	---------------------------------------	----------





ANEXO O	TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE LA PICO TURBINA	24 de 27
---------	--	----------



ANEXO P	TEMA: DATOS DEL GENERADOR	25 de 27
---------	---------------------------	----------



**Permanent Magnet Generator**  
 NdFeB known as the king of magnets  
 High-grade pure copper wire winding  
 High efficiency and stable power





### ESPECIFICACIONES DEL GENERADOR

Marca	Hyduo
Potencia	400 vatios
Tipo de combustible	Eléctrico
Fuente de alimentación	PowerSource
Peso del artículo	3900 Gramos
Voltaje	12 Voltios
Potencia de salida	400 Vatios
Características especiales	Eléctrico
Material	Material
Tipo de motor	2 tiempos
Tipo de sistema de encendido	Eléctrico, imán
Frecuencia	60 Hz
Tamaño	(With Rectifier 12V
Cantidad de paquetes de artículos	1
Altura de la tobera	1 Centímetros
¿Se incluyen las baterías?	No
¿Se necesitan baterías?	No

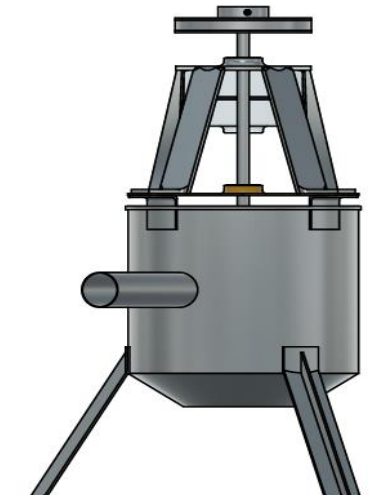


## Características principales

Marca	Genérica
Modelo	4000W
Voltaje mínimo de entrada - Voltaje máximo de entrada	10V - 15V
Voltaje mínimo de salida - Voltaje máximo de salida	110V - 115V

## Otros

Potencia máxima de operación	4000 W
Altura	140 mm
Ancho	70 mm
Largo	330 mm
Tipo de onda	Onda sinusoidal modificada

FICHA TÉCNICA		Pág. 1/1
<p style="text-align: center;"><b>PICO TURBINA PARA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.</b></p>		
DESCRIPCIÓN GENERAL		
<p><b>Tipo de turbina:</b> Turbina experimental.</p> <p><b>Potencia nominal:</b> 400W</p> <p><b>Tensión nominal:</b> 12V</p> <p><b>Velocidad nominal:</b> 550 rev/min</p> <p><b>Material de construcción:</b> Acero inoxidable ANSI 304.</p>		
DIMENSIONES Y PESO		
<p><b>Diámetro de la rueda de la turbina:</b> 232mm</p> <p><b>Longitud de la hélice:</b> 170mm</p> <p><b>Altura total:</b> 785mm</p> <p><b>Peso:</b> 69.30kg</p>		
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS		
<p><b>Tipo de generador:</b> Generador de imán permanente de CA trifásico.</p> <p><b>Modelo:</b> AVAN-400w</p> <p><b>Factor de potencia:</b> 1</p> <p><b>Clase de aislamiento:</b> F</p> <p><b>Nivel de Protección:</b> IP55</p>		



**Indicaciones previas a la puesta en marcha del pico turbina.**

1. Utilizar equipos de protección personal.



2. Cerrar la válvula de desfogue en la parte inferior de la represa para conseguir un llenado adecuado de agua en la misma.



3. Verificar que la represa cuente con la cantidad ideal de agua.



- Mantener la válvula de entrada a la turbina, cerrada.



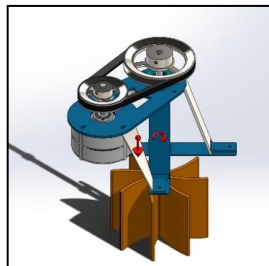
- Identificar si no existen fugas o roturas de los tubos que conducirán el agua hacia la turbina.



- Asegurarse que la turbina se encuentre fija y bien sujeta sobre una superficie plana.



- Comprobar que todos los elementos de la turbina se encuentren correctamente ajustados y alineados (bandas, poleas, eje, generador, hélices)



- Verificar que en la cámara de las hélices de la turbina no exista ningún objeto y esté libre de cualquier obstrucción.



9. Revisar que los conductores que van desde el generador hacia el rectificador no se encuentren averiados o rotos.



### **Puesta en marcha de la turbina.**

1. La persona que pondrá en marcha a la turbina deberá utilizar las protecciones necesarias, para salvaguardar la integridad propia.



2. Activar la válvula de entrada de agua a la turbina y abrir gradualmente el flujo de manera controlada.



3. Verificar si las hélices giran de manera horaria sin ninguna anomalía.



4. Con la ayuda de un tacómetro verificar si la turbina cuenta con las revoluciones necesarios (550rpm), caso contrario regular la válvula de entrada de flujo de agua hacia la turbina (más flujo- menos flujo).



5. Con la ayuda de un multímetro verificar si el voltaje es el adecuado (12v - 400w).







6. Luego de realizar los ajustes necesarios para mantener un rendimiento optimo y seguro, se puede consumir la energía para lo que sea requerida.





- **Manual de mantenimiento del pico turbina.**

**Anexo 28.**

<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO PICO TURBINA PARA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA</b>		<b>Pág. 1/2</b>
		
<b>OPERACIONES DE MANTENIMIENTO DE LA PICO TURBINA.</b>		
<b>Operaciones Mensuales.</b>	<b>Operaciones anuales.</b>	
<p>1. Inspeccionar visualmente la pico turbina para detectar signos de desgaste, corrosión o daños en todos sus componentes.</p>  <p>2. Verificar que no exista impedimentos en la entrada de agua y limpiar si es necesario.</p> 	<p>1. Realizar una revisión completa de todos los componentes de la pico turbina, como hélices, rodamientos, conexiones eléctricas.</p>  <p>2. Verificar que todos los elementos de la pico turbina se encuentren en buenas condiciones y no haya desgaste excesivo o daño.</p> 	

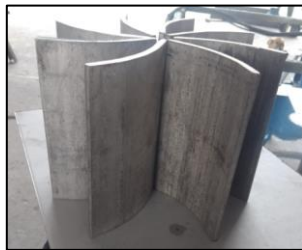
3. Lubricar los rodamientos para reducir los desgastes.



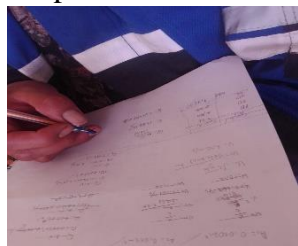
4. Realizar pruebas de funcionamiento y verificar la cantidad ideal de generación en condiciones de carga nominal.



5. Limpiar las hélices de la turbina para quitar las impurezas o residuos que puedan afectar el funcionamiento adecuado de la pico turbina.



6. Llevar un registro de todas las actividades de mantenimiento y cualquier problema detectado.



3. Reemplazar componentes eléctricos o mecánicos desgastados y en mal estado en caso de existir.



4. Realizar ajustes y regulaciones del flujo de agua, poleas, bandas.



5. Realizar pruebas para un correcto funcionamiento.



6. Programar futuras inspecciones y mantenimiento.



- **Manual del mantenimiento de la represa.**

**Anexo 29.**

<b>MANUAL DE MANTENIMIENTO PICO TURBINA PARA GENERACION DE ENERGÍA ELÈCTRICA</b>		<b>Pág. 1/2</b>
		
<b>OPERACIONES DE MANTENIMIENTO DE LA REPRESA.</b>		
<b>Operaciones Mensuales.</b>	<b>Operaciones anuales.</b>	
<p>1. Inspeccionar visualmente la represa para detectar alguna erosión, filtración de agua, rotura de la geomembrana, daño de canales de desvío, válvulas.</p>  <p>2. Verificar que no exista obstrucciones en los canales de entrada y salida de agua, caso contrario retirar cualquier residuo u objeto que afecte el flujo.</p> 	<p>1. Realizar una inspección detallada de los componentes de la represa, incluido paredes, base, válvulas, geomembrana.</p>  <p>2. Si es necesario realizar reparaciones en la estructura de la represa, como parches en la geomembrana, sellado de grietas, o remplazo de elementos dañados.</p> 	

3. Limpiar los canales de desvío, como vegetación e impedimentos para fluya el agua.



4. Inspeccionar todas las válvulas para asegurar el funcionamiento y que no exista fugas o roturas en las juntas.



5. Controlar que la vegetación no deseada crezca cerca de la represa o en los canales, ya que puede obstruir el flujo de agua.



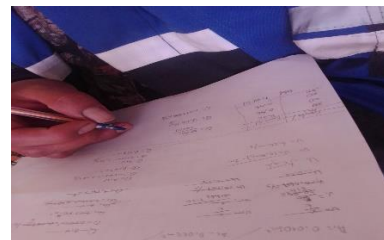
3. Limpiar las válvulas para garantizar un funcionamiento suave y seguro.



4. Realizar pruebas de funcionamiento de las válvulas para asegurar que no exista fugas ni roturas.



5. Llevar un registro detallado de las actividades de mantenimiento y daños encontrados.



6. Programar nuevas inspecciones y tomar en cuenta la información de registros anteriores.

