



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MINI TURBINA TIPO TORNILLO SIN FIN
PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA”**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Electromecánico.

Autor:

Héctor Vladimir cando Valverde

Tutor:

Ing. Héctor Luis Laurencio Alfonso

LATACUNGA – ECUADOR

2021 - 2022



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Héctor Vladimir Cando Valverde declaro ser autor del proyecto de investigación: **“Implementación de una Mini Turbina Tipo Tornillo Sin Fin para la Generación de la Energía Eléctrica”**, siendo el Ing. Héctor Laurencio Alfonso; tutor del presente trabajo y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad

Latacunga, marzo del 2022

Héctor Vladimir cando Valverde

C.C. 0500287063-7



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Electromecánica

AVAL DE IMPLEMENTACION

Con el presente documento, se pone en constancia que el estudiante; Cando Valverde Héctor Vladimir, de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ha desarrollado el proyecto tecnológico **“Implementación de una Mini Turbina Tipo Tornillo Sin Fin para la Generación de la Energía Eléctrica”**, y realizo la entrega de la turbina en el paradero La Pappa cumpliendo así los objetivos propuestos al inicio del proyecto.

Sin otro particular autorizo para que usen el presente documento para cualquier fin legal pertinente de la Universidad

Marzo del 2022

Sr. Dalton Bacigalupo

CC: 050287458-7



Ingeniería
Electromecánica

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de tutor del trabajo de investigación sobre el título:

“Implementación de una Mini Turbina Tipo Tornillo Sin Fin para la Generación de la Energía Eléctrica”, de Héctor Vladimir Cando Valverde de la carrera de Ingeniería Electromecánica considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos-técnicos suficientes para ser sometido a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Marzo del 2022

.....
Ing. Héctor Laurencio Alfonso; Dr. C.

CC: 1758367252



Ingeniería
Electromecánica

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitido por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicado; por cuanto, el postulante: Héctor Vladimir Cando Valverde con el título de Proyecto de titulación: **Implementación de una Mini Turbina Tipo Tornillo Sin Fin para la Generación de la Energía Eléctrica.**

Han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al acto de Sustentación de Proyecto.

Por los antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Marzo del 2022.

Lector 1 (presidente)
Ing. Edwin Moreano
C.C. 050260750-0

Lector 2
Ing. Enrique Torres
C.C. 17571214-0

Lector 3
Ing. Segundo Cevallos

C.C 05018243-7

AGRADECIMIENTO

“Todo esfuerzo tiene su recompensa”

Primeramente, doy gracias a Dios por permitirme vivir
De segundo lugar gracias a Mi madre María Lucrecia
Valverde Taípe la cual ha sido el pilar importante para
salir adelante y a poder culminar mis metas.

Tercero doy gracias a mis familiares y conocidos por esas
palabras de aliento que me motivaron a seguir pese a los
tropiezos que tuve en la vida.

Gracias a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme
la puerta para ser obtener nuevos conocimientos cada día.

Vladimir

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico a Mi madre y familiares más cercanos que a pesar de todo han sabido estar junto a mi

Segundo dedico a mi gran estimado amigo que a pesar de todo siempre estuvo conmigo apoyándome moralmente pese a las situaciones que pasaba siempre estaba apoyándome.

Tercero me dedico este trabajo a Mi porque sin Mi sacrificio no hubiese podido terminar el proyecto.

Vladimir

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE LA CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: "IMPLEMENTACION DE UNA MINI TURBINA TIPO TORNILLO SIN FIN PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA"

Autor
Cando Valverde Héctor Vladimir

RESUMEN

El presente proyecto se llevó a cabo en la ciudad de Latacunga en el Paradero La Pappa, para la fabricación de este prototipo surge por la falta de iluminación. Para los cuales se tomó en cuenta las condiciones del flujo del caudal del agua y del lugar donde se ejecutó. Se tomo en cuenta el diseño de la turbina la cual es fácil de transportar a lugares inaccesibles que necesitan iluminación y por la cual cruza un caudal de agua. La misma que permitirá el proceso de la generación eléctrica mediante la implementación de una turbina tipo tornillo sin fin, la misma que generará energía eléctrica básica para el paradero La Pappa, por lo que la mini turbina tipo tornillo sin fin será de fácil mantenimiento y ayudará al cuidado del medio ambiente del sector y generando corriente continua de 12 V dependiendo del caudal y ángulo de inclinación de la turbina tipo tornillo sin fin.

Palabras claves: flujo, turbina, estructura, generación

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: "IMPLEMENTATION OF A MINI SCREW-TYPE TURBINE FOR ELECTRIC POWER GENERATION"

Author:

Cando Valverde Héctor Vladimir

ABSTRACT

This research study was carried out in the city of Latacunga in 'La Pappa' Diner, for the manufacture of this prototype arises from the lack of lighting. For this, the flow conditions of the water flow and the place where was executed were taken into account. The design of the turbine was taken into account, which is easy to transport to inaccessible places that need lighting and through which a flow of water crosses. It will also allow the process of electricity generation through the implementation of a screw-type turbine, it will also generate basic electrical energy for the 'La Pappa' Diner, so the screw-type mini turbine will be easy to maintain and will help the care of the environment of the sector and show direct current of 12 V depending on the flow rate and angle of inclination of the screw-type turbine.

Keywords: flow, turbine, structure, generation

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 del proyecto de investigación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MINI TURBINA TIPO TORNILLO SIN FIN PARA LA GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA”** presentado por: **Cando Valverde Héctor Vladimir**, egresado de la Carrera de **Ingeniería Electromecánica**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, Marzo del 2022

Atentamente,



FORMACIÓN DE IDIOMAS
PATRICIA
MARCELA CHACÓN
PORRAS



CENTRO
DE IDIOMAS

Mg. Patricia Marcela Chacón Porras
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
C.C: 0502211196

Índice de Contenidos

DECLARATORIA DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA	vi
AVAL DE TRADUCCIÓN	ix
1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO	1
2. INTRODUCCIÓN	1
2.1 Problema de la Investigación	1
2.1.1 Situación Problemática	2
2.1.2 Formulación del Problema	3
2.2 OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.2.1 Objeto de Estudio	3
2.2.2 Campo de Acción	3
2.3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	3
2.3.1 Beneficiario Directo	3
2.3.2 Beneficiarios Indirectos	3
2.4 JUSTIFICACIÓN	3
2.5 HIPÓTESIS	4
2.6 OBJETIVOS	4
2.6.1 Objetivo General	4
2.6.2 Objetivos Específicos	4
2.7 SISTEMA DE TAREAS	4
2.7.1 ANTECEDENTES	5
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	6
3.1 Generación Eléctrica	6
3.2 Tipos de Generación Eléctrica	7
3.3 Turbinas hidráulicas	7
3.3.1 Clasificación de las turbinas eléctricas	7
3.3.1.1 Turbina de reacción	8
3.3.1.2 Turbina de hélice	8
3.3.1.3 Turbina Straflo	8
3.3.1.4 Turbina de tubo	8

3.3.1.5	Turbina Kaplan	8
3.3.1.6	La turbina Francis	8
3.3.1.7	Turbina cinética	8
3.3.1.8	Turbina de impulso	9
3.3.1.9	Turbina Pelton	9
3.3.1.10	Turbina de flujo cruzado	9
3.3.2	Generadores	9
3.3.2.1	Importancia	9
3.3.2.2	Tipos de generadores	9
3.3.3	Alternadores	10
3.3.4	Dinamos	10
3.3.5	Canales de regadíos	10
3.3.5.1	Canales principales	10
3.3.5.2	Canales laterales	10
3.3.5.3	Cauces naturales	11
3.3.5.4	Caudales apropiados para la turbina tipo tornillo sin fin.	11
3.3.6	La turbina de tipo tornillo de Arquímedes	11
3.3.7	Turbinas con tornillo sin fin	11
3.3.8	Ventajas y desventajas de las turbinas tipo tornillo sin fin	13
3.3.9	Dinamo	13
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	14
4.1	PLANTEAMIENTO DE LA METODOLOGÍA	14
4.1.1	Variable de entada	14
4.1.2	Variable de salida	14
4.1.3	Simulación	15
4.1.3.1	Creación de la simulación	15
4.1.4	Análisis de simulación del prototipo	15
4.1.5	Simulación del factor de seguridad	16
4.1.6	Análisis de la turbina tipo tornillo sin fin.	17
4.1.7	Método de medición del lugar	26
4.1.8	Método de Selección de Material para la turbina	27
4.1.9	Selección de chumaceras	28
4.1.10	Relación de transmisión	29
4.1.11	Selección de pernos	30

4.1.12 Selección del generador	30
4.1.13 Materiales	30
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	32
4.2.1 Desarrollo	32
4.2.1.1 Cálculos del tornillo sin fin	32
4.2.1.2 Potencia teórica	33
4.2.1.3 Área del aspa	33
4.2.1.4 Inercia del aspa	33
4.2.1.5 Torque	34
4.2.1.6 Velocidad angular	35
4.2.1.7 Potencia teórica	35
4.2.1.8 Velocidad lineal	35
4.2.1.9 Revoluciones	36
4.2.1.10 Eje de transmisión	36
4.2.1.11 Angulo de inclinación del tornillo	36
4.2.1.12 Diámetro del eje	36
4.2.1.13 Peso del tornillo	36
Propiedades del material	40
4.3 1 Soporte de rodamientos	40
4.3.2 Deformaciones	41
4.3.2 Factor de seguridad	42
4.3.3 Datos de geometría de caudal	42
4.3.4 Método de selección de la Chumacera	43
4.3.5 Método de relación	43
4.3.6 Método de selección del generador	44
4.3.7 Validación experimental	44
4.4 Impacto Tecnológico	45
4.6 Impacto Económico	46
4.7 PRESUPUESTO Y ANALISIS DE IMPACTO	46
4.7.1 Costos directos	46
4.7.2 Costos indirectos	47
4.7.3 Costo maquinaria	47
4.7.4 Costo mano de obra	47
Costo fabricación turbina	48

CONCLUSIONES.....	49
RECOMENDACIONES.....	49
ANEXOS.....	52
Anexos 1. Desarrollo del prototipo del tornillo sin fin.....	52
Figura 1. Diagrama de flujo de desarrollo del prototipo.....	12
Figura 2. Diagrama de flujo de desarrollo del prototipo.....	14
Figura 3. Esquema de la estructura de la pieza.....	15
Figura 4. Vista de la pieza de desarrollo del prototipo.....	17
Figura 5. Modelo de tornillo tipo tornillo sin fin.....	18
Figura 6. Modelo de tornillo tipo tornillo sin fin.....	18
Figura 7. Modelo de tornillo tipo tornillo sin fin.....	19
Figura 8. Modelo de tornillo tipo tornillo sin fin.....	20
Figura 9. Ángulos y paso del tornillo.....	20
Figura 10. Desarrollo del eje.....	20
Figura 11. Esquema de la pieza.....	21
Figura 12. Esquema de la pieza.....	24
Figura 13. Medida de la distancia entre ejes.....	25
Figura 14. Esquema de la pieza.....	25
Figura 15. Dimensiones de las partes de la pieza.....	25
Figura 16. Vista de la pieza en desarrollo del prototipo.....	25

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de Ishikawa.....	2
Figura 2. Diseño básico de una bomba de tornillo de Arquímedes.....	11
Figura 3. Partes principales en el extremo superior de un generador de turbina hidráulica de tornillo de Arquímedes.....	12
Figura 4. Dinamo	14
Figura 5. Análisis de deformaciones estático de la pieza	16
Figura 6. Análisis de factor de seguridad.....	17
Figura 7. Modelo de turbina tipo tornillo sin fin	17
Figura 8. Modelo vista perspectiva.....	18
Figura 9. Ángulos y paso del tornillo.....	19
Figura 10. Desarrollo del aspa.....	20
Figura 11. Triangulo de Fuerzas.....	21
Figura 12. Triangulo de velocidades.....	24
Figura 13. Medidas de la chumacera seleccionada.....	29
Figura 14. Relación de transmisión	29
Figura 15. Dimensiones de los pernos utilizados para la sujeción.	30
Figura 16. Voltajes obtenidos en función del ángulo de inclinación.....	31.

Índice de Tablas

Tabla 1: Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados....	4
Tabla 2.Operacionalización de variable de entrada.	14
Tabla 3.Operacionalización de variable de salida.	14
Tabla 4.Procedimiento experimental	15
Tabla 5.Simulación del prototipo	15
Tabla 6.Análisis de la simulación del prototipo	16
Tabla 7.Factor de seguridad	16
Tabla 8.Herramientas para medir el lugar	26
Tabla 9.Tipos de material.....	27
Tabla 10.Parámetros de evaluación	27
Tabla 11.Datasheet de la tubería estructural rectangular	28
Tabla 12.Lista de materiales.....	28
Tabla 13.Datos de geometría de caudal.	43
Tabla 14. Caudales obtenidos en las descargas de aguas residuales	44
Tabla 15.Tabla de cálculo de costos directos	46
Tabla 16.Tabla de cálculo de costos de maquinaria	47
Tabla 17.Tabla de cálculo de mano de obra.....	47
Tabla 18.Tabla de cálculo de costos varios.....	48

1. INFORMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Título del Proyecto

Implementación de una Mini Turbina Tipo Tornillo Sin Fin para la Generación de la Energía Eléctrica.

Fecha de inicio:

Noviembre 2021

Fecha finalización:

Marzo 2022

Lugar de ejecución:

Provincia de Cotopaxi, cantón
Latacunga.

Unidad académica que auspician:

Facultad de Ciencias de la
Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia:

Ingeniería en Electromecánica.

Proyecto de investigación vinculado:

Equipo de Trabajo:

PhD. Laurencio Alfonso Héctor Luis

Cando Valverde Héctor Vladimir

Área de conocimiento:

Ingeniería, Industria, Construcción

Línea de investigación:

Procesos Industriales

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Diseño, construcción y mantenimiento de elementos, prototipos y sistemas electromecánicos

Tipos de propuesta tecnológica:

Interdisciplinario.

Desarrollo.

Integrador.

2. INTRODUCCIÓN

2.1. EL PROBLEMA

El problema de investigación se encontró en el Paradero La Pappa de la zona rural de la provincia de Cotopaxi, donde existe una falta de iluminación pública, por lo tanto, se busca implementar una mini turbina tipo tornillo sin fin para poder generar energía y cubrir la falta de iluminación, utilizando los pequeños caudales que se encuentran en el sector.

2.1.1. Situación Problemática

Las energías renovables que se encuentran en casi todo el planeta observamos que tenemos la eólica o la solar, sin recordar que básicamente la pionera a las anteriores fue la hidráulica, quizás de las tres la más utilizada por lo que el hombre ha hecho que funcione día y noche, tomando en cuenta que el sol y el viento siempre van a depender de las situaciones o de las condiciones meteorológicas que se viven a diario [1].

Por lo tanto, la falta de iluminación en el Paradero La Pappa de la zona rural de la provincia de Cotopaxi, ha hecho que las personas tengan una necesidad por lo que se cubrirá dicha necesidad mediante el diseño e implementación de una mini turbina tipo tornillo sin fin que ayudara a generar unos 12 voltios y con ello poder cubrir la necesidad del señor Dalton Bacigalupo que se refiere a la falta de iluminación en dicho sector.

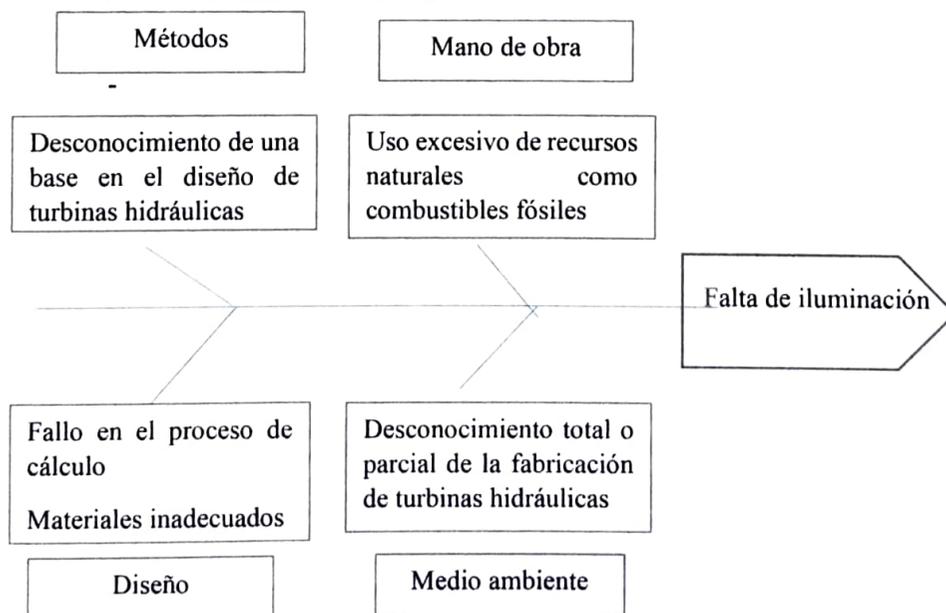


Figura 1. Diagrama de Ishikawa

2.1.2. Formulación del Problema

La falta de iluminación pública en la zona rural en el paradero La Pappa, con la implementación de una mini turbina de tornillo sin fin que ayudará a generar energía eléctrica mediante un pequeño cauce hídrico existente en el sector.

2.2. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1. Objeto de Estudio

Mini turbina tipo tornillo sin fin, energía renovable.

2.2.2. Campo de Acción

Generación eléctrica.

2.3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

2.3.1. Beneficiario Directo

El señor Dalton Bacigalupo por el cual podrá iluminar dicho sector sin afectar al medio ambiente.

El señor Héctor Cando por el proyecto de grado.

2.3.2. Beneficiarios Indirectos

Personas que desee realizar una mini turbina tipo tornillo sin fin para la generación de energía eléctrica de corriente continua de 12V.

2.4. JUSTIFICACIÓN

La razón principal para la investigación es construir un elemento mecánico de buena calidad que desempeñe una correcta función cumpliendo las expectativas de dicho proyecto de investigación además realiza un aporte científico y experimental a los proyectos sucesores que se lleven a cabo a partir de este, ya sea en la implementación o mejoras que puedan existir en el futuro al igual beneficia al medio ambiente. El proyecto de titulación tiene como fin dar a conocer la importancia de utilizar energías renovables, al igual que las características de este modelo de turbina, las ventajas y desventajas al ser implementada como una forma alternativa de generar energía.

2.5. HIPÓTESIS

La mini turbina tipo tornillo sin fin, permitirá generar energía eléctrica de 12 V mediante el aprovechamiento de pequeños caudales y salto de agua que existen en el paradero La Pappa.

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. Objetivo General

- Implementar una mini turbina tipo tornillo sin fin mediante parámetros de diseño para la generación de energía eléctrica de corriente continua de 12 V.

2.6.2. Objetivos Específicos

- Identificar los parámetros de diseño los cuales nos van a permitir garantizar la eficiencia de nuestra máquina.
- Dimensionar los diferentes elementos mecánicos para la elaboración de la máquina.
- Construcción y pruebas de funcionamiento de la mini turbina tipo tornillos sin fin para la generación de energía eléctrica.

2.7. SISTEMA DE TAREAS

Tabla 1: Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivos específicos	Actividades	Resultado de actividades	Descripción de la metodología
Identificar los parámetros de diseño los cuales nos van a permitir garantizar la eficiencia de nuestra máquina.	Coordinación de los requerimientos básicos de funcionamiento y de la mini turbina tipo tornillo sin fin.	Se instauró parámetros de diseño que permitirá el funcionamiento de la máquina.	Mediante una entrevista a personas beneficiarias

Dimensionar los diferentes elementos tanto mecánicos para la elaboración de la máquina.	Investigación de las especificaciones técnicas y aspectos constructivos de los diferentes elementos que serán necesarios para la construcción de la máquina.	Selección de los diferentes materiales mecánicos que nos permitirán la construcción adecuada de la máquina.	Mediante la utilización de catálogos y libros de referencia para la selección de todos los elementos necesarios para la construcción de la
Construcción y pruebas de funcionamiento de la mini turbina tipo tornillos sin fin para la generación eléctrica	Verificación del correcto funcionamiento de la mini turbina tipo tornillo sin fin.	Asegurar el funcionamiento idóneo de la máquina para la cual fue construida.	Mediante una prueba práctica poniendo en funcionamiento la mini turbina tipo tornillo sin fin.

3.FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. ANTECEDENTES.

El presente tema de investigación: Implementación de una Mini Turbina Tipo Tornillo Sin Fin para la Generación de la Energía Eléctrica, se procedió a investigar si existen, tesis o trabajos investigativos similares ya sean estos nacionales, así como también internacionales, los cuales nos podrán brindar la debida información que aportara de manera significativamente a la presente investigación, por lo que se encontró los siguientes trabajos:

Según Daniel Mesías Lucio Yugsi, (2017, en su proyecto “Diseño y construcción de una mini turbina tipo tornillo de Arquímedes para ser instalada en canales primarios abiertos y generar energía mecánica”, concluye que, “El diseño de una turbina tipo tornillo de Arquímedes, con aplicación de fórmulas y parámetros tomados debido a las dimensiones del canal, dieron como resultado un ángulo de inclinación del álabe del tornillo debe poseer un ángulo de entre 30° a 45°.”

Según Ortega Zea Jibrail Ibrahim, Valdivia Raza Gabriel Alesandro (2018), en su proyecto, “Diseño de un prototipo de generación de energía renovable - hidráulica para fines académicos” concluyen que, “. Se seleccionó una AST para este proyecto de investigación porque es una turbina novedosa también, porque es posible su instalación para saltos pequeños, su montaje es más fácil y económica que una turbina tradicional, además al ser una turbina ecológica su estudio es más amplio”

Según Francisco Maldonado Quispe (2017) en su proyecto “Diseño de una turbina de río para la generación de electricidad en el distrito de Mazán-Región Loreto”, concluye que, “Se ha logrado desarrollar y probar con éxito un prototipo de la Turbina de Río, el que después de 6 meses de instalado viene funcionando sin ningún problema beneficiando a los pobladores de Paraíso y comunidades vecinas con el servicio de carga de baterías”.

3.2. GENERACIÓN ELÉCTRICA

La generación de electricidad se define como la electricidad generada a partir de combustibles fósiles, plantas de energía nuclear, plantas de energía hidroeléctrica (excluido el almacenamiento por bombeo), sistemas geotérmicos, paneles solares, biocombustibles, eólica, etc. plantas de energía”. Por ende, se incluyen tanto las plantas productoras de actividad principal como las plantas auto productoras, cuando se dispone de datos. Los productores de actividad principal generan electricidad para la venta a terceros como su actividad principal. Los auto productores generan electricidad total o parcialmente para su propio uso como actividad de apoyo a su actividad principal. Ambos tipos de plantas pueden ser de propiedad privada o pública. Este indicador se mide en gigavatios hora y en porcentaje de la generación total de energía [2].

La electricidad es una moneda de energía, más que una fuente de energía, lo que significa que la generación eléctrica debe comenzar a partir de una fuente de energía primaria como un combustible o un flujo de energía primaria. Estos combustibles y flujos generalmente se convierten en corriente eléctrica que transmite energía eléctrica a la red [2].

Las centrales eléctricas son la tecnología de conversión de energía más utilizada para generar electricidad a partir de energía primaria. Los tipos comunes de plantas de energía incluyen carbón, nuclear e hidroeléctrica. Si bien es posible tener generación eléctrica de CA y

generación eléctrica de CC, casi toda la electricidad que se produce con un generador es de corriente alterna. El movimiento (energía cinética) se convierte en campos eléctricos y magnéticos que crean una fuerza electromotriz que hace que la corriente fluya por un cable. Esta electricidad generalmente viaja a través de la red eléctrica, lo que permite que algún dispositivo eléctrico use la energía de los electrones y luego envíe los electrones de regreso. Esto es lo que se entiende por circuito eléctrico, los electrones deben ser capaces de realizar el viaje de ida y vuelta [3].

3.2.1. Tipos de Generación Eléctrica

Las tres categorías principales de energía para la generación de electricidad son los combustibles fósiles (carbón, gas natural y petróleo), la energía nuclear y las fuentes de energía renovable". Por ende, la mayor parte de la electricidad se genera con turbinas de vapor que utilizan combustibles fósiles, energía nuclear, de biomasa, geotérmica y solar térmica. Otras tecnologías importantes de generación de electricidad incluyen turbinas de gas, turbinas hidráulicas, turbinas eólicas y energía solar fotovoltaica [4].

3.3. TURBINAS HIDRÁULICAS

Turbina hidráulica es una máquina que transporta energía de un fluido (energía cinética energía potencial) normalmente en energía mecánica de rotación [5].

3.3.1. Clasificación de las turbinas eléctricas

Hay dos tipos principales de turbinas hidroeléctricas: de reacción y de impulso.

El tipo de turbina hidroeléctrica seleccionada para un proyecto se basa en la altura del agua estancada, denominada "cabeza", y el flujo, o volumen de agua a lo largo del tiempo, en el sitio. Otros factores decisivos incluyen la profundidad a la que debe instalarse la turbina, la eficiencia de la turbina y el costo. Estas son algunas de las turbinas más utilizadas en los Estados Unidos en la actualidad.

3.3.1.1. Turbina de reacción

Una turbina de reacción genera energía a partir de las fuerzas combinadas de presión y agua en movimiento [6].

3.3.1.2. Turbina de hélice

Una turbina de hélice generalmente tiene un corredor con tres a seis palas [6].

3.3.1.3. Turbina Straflo

El generador está conectado directamente al perímetro de la turbina [6].

3.3.1.4. Turbina de tubo

La tubería forzada se dobla justo antes o después del rodete, lo que permite una conexión en línea recta con el generador [6].

3.3.1.5. Turbina Kaplan

Tanto las palas como las compuertas peatonales son ajustables, lo que permite un rango de operación más amplio. Esta turbina fue desarrollada por el inventor austriaco Viktor Kaplan en 1919 [6].

3.3.1.6. La turbina Francis

Una turbina Francis tiene un rodete con álabes fijos, generalmente nueve o más. Se introduce agua justo por encima de la corredera y a su alrededor, que luego cae y hace que las aspas giren [6].

3.3.1.7. Turbina cinética

Las turbinas de energía cinética, también llamadas turbinas de flujo libre, generan electricidad a partir de la energía cinética presente en el agua que fluye en lugar de la energía potencial del cabezal [6].

3.3.1.8. Turbina de impulso

Una turbina de impulso generalmente usa la velocidad del agua para mover el rodete y descarga a presión atmosférica [6].

3.3.1.9. Turbina Pelton

La turbina Pelton fue inventada por el inventor estadounidense Lester Allan Pelton en la década de 1870. Una rueda Pelton tiene uno o más chorros libres que descargan agua en un espacio aireado e inciden en los cubos de un corredor [6].

3.3.1.10. Turbina de flujo cruzado

La turbina de flujo cruzado original fue diseñada por Anthony Michell, un ingeniero austriaco, a principios del siglo XX. Más tarde, Donát Bánki, un ingeniero húngaro, lo mejoró y fue mejorado aún más por el ingeniero alemán Fritz Ossberger. Una turbina de flujo cruzado tiene

forma de tambor y utiliza una boquilla de sección rectangular alargada dirigida contra paletas curvas en un rodete de forma cilíndrica [6].

3.4. GENERADORES

Un generador eléctrico es toda máquina capaz de mantener una diferencia de potencial generando energía mecánica en energía eléctrica [7].

3.4.1. Importancia

Los generadores de corriente se usan para generar energía eléctrica y poder usarla en hogares industria o en diferentes partes que sea necesario, como una fuente generadora de energía alternativa [8].

3.4.2. Tipos de generadores

Existen dos tipos de generadores eléctricos, se clasifican según su tipo de corriente que produce.

3.4.2.1. Alternadores

Generan corriente alterna. El elemento inductivo es un rotor y la armadura es el estator [9].

3.4.3. Dinamos

Generan corriente continua. el elemento inductivo es un rotor y la armadura es el estator [9].

3.5. CANALES DE REGADÍOS

Los canales de riego o caces tienen la función de conducir el agua desde la captación hasta el campo o huerta donde será aplicado a los cultivos. Están estrechamente vinculados a las características del terreno, generalmente siguen las curvas de nivel de este, descendiendo suavemente hacia cotas más bajas (dando una pendiente descendiente para que el agua fluya más rápidamente y se gaste menos líquido) [10].

Los canales de regadío se pueden clasificar en tres distintos grupos que son:

- Canales principales.
- Canales laterales, sublaterales, ramales, subramales y acequias que llevan el agua a los surcos o melgas.
- Cauces naturales o arroyos, los cuales en ciertas ocasiones se los utiliza como parte del sistema de distribución del agua.

3.5.1. Canales principales

Canales principales son los que dominan toda la parte de regadío, además son los que abastecen a los canales laterales.

3.5.2. Canales laterales

Canales laterales son los que transportar el agua a las áreas de regadío al final de las zonas.

3.5.3. Cauces naturales

Son aquellos que toman el agua como consecuencia de las lluvias o vertientes.

3.5.4. Caudales apropiados para la turbina tipo tornillo sin fin.

Los tornillos de generación hidrodinámicos son factibles técnicamente con caídas mínimas de agua en semejanza con las turbinas convencionales. Además, son máquinas que tienen una gran eficacia de generación en un rango mayor de operación, donde llegan a valores al 90% con afectación mínima por variaciones del caudal

3.6. LA TURBINA DE TIPO TORNILLO DE ARQUÍMEDES

La turbina de Arquímedes es un dispositivo que consiste principalmente en una superficie que consiste principalmente en una superficie que contiene hélices helicoidales dentro de un cilindro, generalmente dicha turbina debe permanecer en posición inclinada [11].

3.6.1. Turbinas con tornillo sin fin

La turbina hidráulica de tornillo de Arquímedes, como se ve en la figura 3.1 es relativamente nueva en el mundo de la energía hidroeléctrica a pequeña escala y solo ha aparecido en escena en los últimos diez años”. Sin embargo, han existido durante muchas décadas como bombas donde se han instalado decenas de miles en todo el mundo, particularmente en plantas de tratamiento de aguas residuales. Los mismos fabricantes que dominan el mercado de bombas son ahora también los principales proveedores del mercado hidroeléctrico.

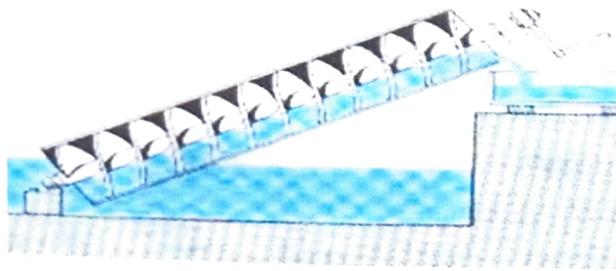


Figura 2. Diseño básico de una bomba de tornillo de Arquímedes. [12].

Los tornillos de Arquímedes generalmente giran a alrededor de 26 rpm, por lo que la parte superior del tornillo se conecta a una caja de cambios para aumentar la velocidad de rotación entre 750 y 1500 rpm para que sea compatible con los generadores estándar. Aunque giran relativamente lentamente, los tornillos de Arquímedes pueden salpicar agua, aunque esto se reduce significativamente mediante el uso de un protector contra salpicaduras que se muestra corriendo por el lado izquierdo del tornillo como se muestra a continuación.



Figura 2. Partes principales en el extremo superior de un generador de turbina hidráulica de tornillo de Arquímedes. [12].

También se han instalado bastantes tornillos de Arquímedes sin ninguna protección protectora sobre el tornillo en sí, aunque recomendamos que se cubra todo el tornillo para evitar que los escombros grandes, los animales o incluso las personas se caigan y se enreden. La protección se puede diseñar de manera comprensiva para que el tornillo aún sea visible si es necesario.

Los tornillos de turbina hidráulica de tornillo de Arquímedes se colocan normalmente en un ángulo de 22 grados con respecto a la horizontal, que es el óptimo para las instalaciones más rentables

Los mejores tornillos de turbina hidráulica de tornillo de Arquímedes son de velocidad variable en funcionamiento, lo que significa que la velocidad de rotación del tornillo puede aumentarse o disminuirse dependiendo del caudal disponible en el río. Esto es mucho mejor que tener un tornillo de velocidad fija y variar el caudal a través de una compuerta automatizada, lo que crea grandes pérdidas de carga e impacta en la eficiencia general del sistema. Los tornillos de velocidad variable también tienen un funcionamiento más silencioso y no sufren "golpes en la espalda" en el extremo de descarga del tornillo.

3.6.2. Ventajas y desventajas de las turbinas tipo tornillo sin fin

Los engranajes helicoidales son el tipo de sistema más compacto y proporcionan una reducción de velocidad de alta relación. A menudo son el tipo preferido de sistema de engranajes cuando el espacio es limitado y se necesitan grandes reducciones de engranajes. Los engranajes helicoidales se pueden usar para aumentar en gran medida el par o reducir en gran medida la velocidad. También son los más suaves y silenciosos de los sistemas de engranajes, siempre que estén correctamente montados y lubricados.

Otra ventaja de los engranajes helicoidales es que tienen una buena efectividad de engrane. Para que sean más efectivos, es importante que se fabriquen con altos estándares de calidad para garantizar que se cumplan con precisión todos los requisitos del equipo. Las ventajas más relevantes de la turbina de Arquímedes respecto de las tecnologías que operan dentro del mismo rango son:

- Alta eficiencia a diferentes caudales.
- Baja inversión en obras civiles con respecto a otras tecnologías.
- Poco mantenimiento.
- Baja velocidad de rotación (RPM<60)
- Sin cavitación.
- Fácil control de operación, el tornillo se autorregula.
- Amigable con el medio ambiente.

3.7. DINAMO

El dinamo es una máquina eléctrica que, absorbiendo energía mecánica, genera una corriente eléctrica pulsante, que en la práctica puede considerarse como continua, cuya tensión depende de la velocidad de rotación: aumentando el número de revoluciones aumenta también la tensión. Dado que la instalación eléctrica de los automóviles trabaja a tensión fija (6, 12 ó 24 V), la tensión del dinamo debe mantenerse constante mediante un sistema de regulación [13].



Figura 4. Dinamo. [14].

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. DECLARACIÓN DE VARIABLES.

4.1. Variable de entrada

Tabla 2. Operacionalización de variable de entrada.

Variable	Dimensiones	Indicador	Técnicas e instrumentos
VARIABLES DE ENTRADA			
Caudal	Volumen	Caudal	Observación de campo
Angulo de inclinación	Grados	Angulo	

4.2. Variable de salida

Tabla 3. Operacionalización de variable de salida.

VARIABLE	Dimensiones	Indicador	Ítem	Técnicas e instrumentos
Variable de salida	Calidad de energía	Voltaje	V	Técnica experimentación
Corriente		Amperios	Amp	Instrumento: multímetro

4.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN.

4.2.1. Investigación Exploratoria:

Incluye la obtención de información preliminar para una mayor investigación, por ejemplo, para poder implementar el proyecto, será necesario visitar el sitio, donde se planea crear la compilación del proyecto, donde conocerá los parámetros, el caudal y la altura del salto.

4.2.2. Investigación de Campo

Con este método se detallará las dimensiones del lugar por donde cruza el caudal del fluido.

El lugar consta de las siguientes dimensiones ancho 15m, profundidad 0.80m, salto de altura 0.60m.

4.2.3. Investigación Experimental

Con esta investigación se logrará determinar los parámetros de generación el cual consistirá en poder controlar variables de entrada, con la recopilación de datos de caudal, ángulo de inclinación.

4.3. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.3.1. Método Bibliográfico

Con este método, es posible recolectar datos referentes a las turbinas ya que es indispensables citas bibliográficas confiables, creando así la adaptación para su mejor funcionamiento.

4.3.2. Método Descriptivo

En este proyecto se tiene en cuenta la toma de datos de las variables de caudal y pendiente, a través del caudalímetro para obtener esta información, para que el prototipo pueda funcionar correctamente.

4.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.

4.4.1. Técnicas de Investigación

4.4.1.1. La observación

En esta técnica, puede monitorear todos los datos obtenidos por el medidor de flujo para el cual se utilizó el medidor de flujo, a menudo llamado medidor de flujo o caudalímetro, creando un método específico para el medidor, incorporando los dispositivos apropiados para medir y justificar el volumen que cruzó el cauce.

4.4.1.2. Medición

La medición sirve para obtener datos de caudal de la parte baja del lugar, el salto de altura con estas variables, se hará el ajuste que permita el mantenimiento de las condiciones óptimas para su correcto funcionamiento.

4.5. INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.

4.5.1. Caudalímetro PCE-007

Una vez que el indica el área de la sección transversal, este caudalímetro muestra además directamente el caudal volumétrico. Los valores medidos por el caudalímetro pueden ser directamente guardados en el caudalímetro y más tarde transmitidos a un ordenador y evaluados allí. Campos de medición con el correspondiente cuadro de representación visual de las unidades en el caudalímetro m/s, pies/min, nudos, km/h, m³/min.



Figura 5. Caudalímetro. [15].

4.5.2. SolidWorks 2022.

Una herramienta de diseño y análisis mecánico en 3D que permite realizar todo tipo de estructuras, ejecutar estudios de análisis estático, y simular el funcionamiento. Será empleado para diseñar los mecanismos de la turbina para que pueda generar energía eléctrica.

Dentro de lo que es la construcción del instrumento, maquina o elemento se debe seguir procedimientos o etapas ya que sin ellos no se podría obtener el producto deseado.

4.6. Creación de la simulación

Se realiza diseños preliminares y los mecanismos que permiten operar la dinámica de las turbinas permitirán un mejor desempeño probado por simulación.

Tabla 4. Simulación del prototipo

Ítem	Creación de la simulación del prototipo
Método	Diseño en software de elementos finitos
Herramientas y equipos	Computadora, software
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Crear un nuevo archivo 2. Conociendo previamente las dimensiones del prototipo se crea la estructura. 3. Definido el diseño se procede al ensamblaje de las piezas. 	

4.6.1.1. Análisis de simulación del prototipo

Tabla 5. Análisis de la simulación del prototipo

Ítem	Creación de la simulación del prototipo
Método	Diseño en software de elementos finitos
Herramienta o Equipos	Computadora, software
Procedimiento	
<ol style="list-style-type: none">1. Realizar un análisis de resistencia.2. Ver los resultados de la prueba.3. Interpretar los resultados y como estos influyen en el dispositivo.	



Figura 6. Análisis de deformaciones estático de la pieza

Como se observa en la figura se realizó un análisis de deformaciones estático a la pieza, el cual no presento inconveniente alguno en esta prueba.

4.6.1. Simulación del factor de seguridad

Tabla 6. Factor de seguridad

Ítem	Creación de la simulación del prototipo factor de seguridad
Método	Diseño en software de elementos finitos
Herramienta o Equipos	Computadora, software
Procedimiento	
1. Realizar un análisis de factor de seguridad 2. Ver los resultados de la prueba. 3. Interpretar los resultados y como estos influyen en el dispositivo.	

4.6.3. ANÁLISIS DE LA TURBINA TIPO TORNILLO SIN FIN.

Para realizar el análisis de una turbina tipo tornillo sin fin se debe tomar en cuenta algunos parámetros principales: diámetro del eje caudal disponible, radio del diente, ángulo de inclinación del tornillo, longitud del tornillo, radio del diente-

Con las condiciones mencionadas anteriormente se puede calcular la geometría del tornillo dando como resultado: torque, velocidad angular, paso del tornillo y la potencia generada.

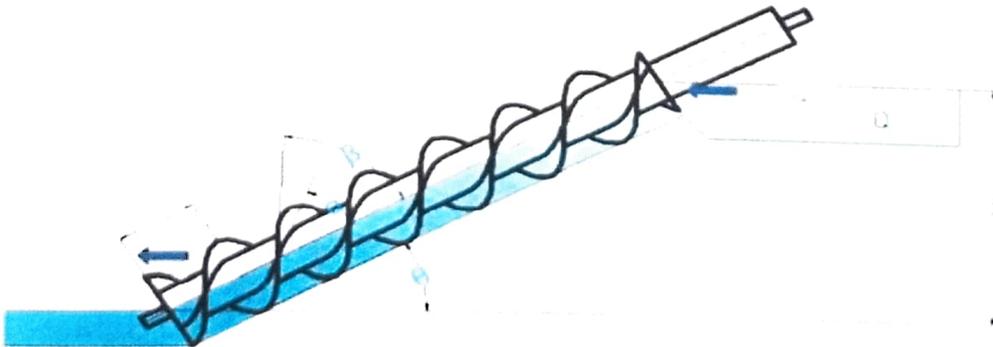


Figura 7. Modelo de turbina tipo tornillo sin fin. [15].

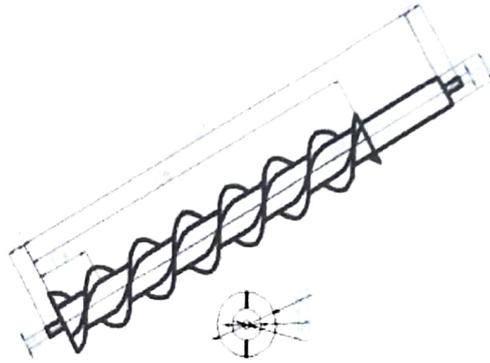


Figura 8. Modelo vista perspectiva. [15].

Datos:

$d1 = \text{diámetro del eje hueco [m]}$

$d2 = \text{diámetro del eje solido [m]}$

$d3 = \text{diámetro del exterior del tornillo [m]}$

$L1 = \text{longitud del eje solido inferior[m]}$

$LH = \text{longitud del eje hueco [m]}$

$Le = \text{Longitud de la helice [m]}$

$Px = \text{paso del tornillo [m]}$

$\alpha = \text{Angulo de inclinación exteriorde la helice [}^\circ\text{]}$

$\theta = \text{Angulo de inclinación del tornillo [}^\circ\text{]}$

$Q = \text{Caudal}[\frac{\text{m}^3}{\text{s}}]$

$H = \text{Altura del salto [m]}$

$R = \text{Radio exterior del tornillo[m]}$

$N = \text{Número de hilos}$

$Pot = \text{potencia [w]}$

Se puede observar un tornillo de 2 hilos. Sea L_e la parte del eje donde se coloca el espiral del tornillo, θ es el ángulo de inclinación del tornillo, H es la caída total desde la superficie del agua en el canal de carga hasta la superficie libre del agua en el canal de descarga

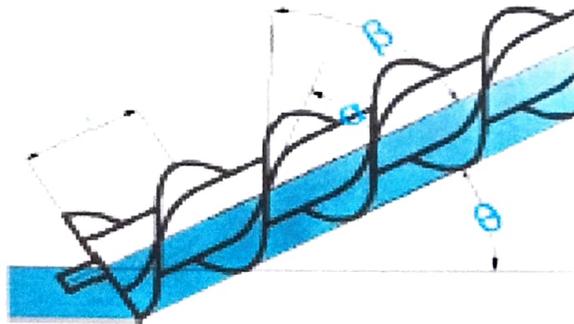


Figura 9. Ángulos y paso del tornillo. [15].

Se muestra en la figura 9 un aumento de una parte del tornillo. Para el cálculo del ángulo de inclinación del tornillo y el paso de uso del desarrollo del aspa.

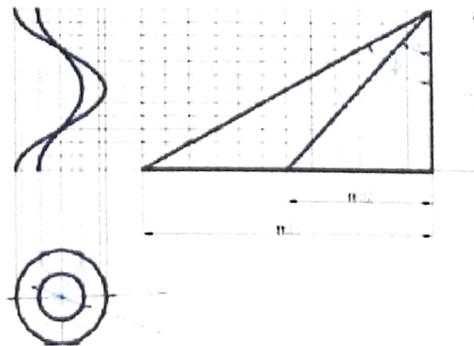


Figura 10. Desarrollo del aspa. [15].

Como el avance del tornillo es

$$P = P_x \cdot N \quad (4.1.)$$

$$\tan(\beta) = \frac{\pi \cdot d_3}{N \cdot P_x} \quad (4.2.)$$

$$\frac{\pi \cdot d_3}{\tan(\beta)} \quad (4.3.)$$

$$\tan(\alpha) = \frac{\pi \cdot d_2}{N \cdot P_x} \quad (4.4.)$$

$$\frac{\pi \cdot d_2}{\tan(\alpha)} \quad (4.5.)$$

Igualando las ecuaciones

$$P = N \cdot P_x = \frac{\pi \cdot d_3}{\tan(\beta)} = \frac{\pi \cdot d_2}{\tan(\alpha)} \quad (4.6.)$$

Se calcula la longitud de la hélice del tornillo (Le)

$$Le = \frac{H}{\sin(\theta)} \quad (4.7.)$$

La potencia teórica (Pot) de la turbina hidráulica es

$$Pot = \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad (4.8.)$$

Para deducir la fórmula de la potencia se muestra a continuación la figura

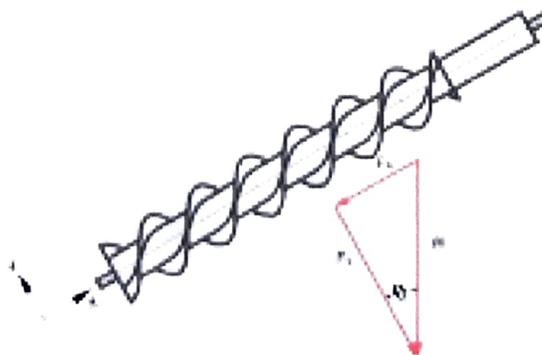


Figura 11. Triangulo de Fuerzas. [15].

$F_x =$ Fuerza de empuje que ejerce el agua en dirección del plano "X" [N]

F_y Fuerza que ejerce el agua sobre la carcasa en dirección del plano "Y" [N]

$F_z =$ Fuerza que ejerce el agua en dirección del plano "Z" [N]

$W =$ Fuerza del agua en dirección vertical [N]

$A =$ Area de contacto del agua [m²]

$\omega =$ Velocidad angular [rad/s]

Calculando la fuerza del agua en sentido del tornillo

$$W = \gamma \cdot \text{volumen} \quad (4.9.)$$

$$W = \gamma \cdot A \cdot P_x \quad (4.10.)$$

Relaciones trigonométricas

$$\tan(\theta) = \frac{F_x}{F_N} \quad (4.11.)$$

$$\cos(\theta) = \frac{F_N}{W} \quad (4.12.)$$

$$\text{sen}(\theta) = \frac{F_x}{W} \quad (4.13.)$$

Despejando la relación trigonométrica

$$F_x = \rho \cdot g \cdot P_x \cdot A \cdot \text{sen}(\theta) \quad (4.14.)$$

Relación trigonométrica del plano x, z

$$\tan(\alpha) = \frac{F_z}{F_x} \quad (4.15.)$$

Calculando la fuerza del agua en sentido tangencial al tornillo utilizando las relaciones trigonométricas en el plano x, z.

$$F_x = F \cdot \sin(\alpha) \quad (4.16.)$$

$$F_z = \rho \cdot g \cdot P_x \cdot A \cdot \sin(\theta) \cdot \tan(\alpha) \quad (4.17.)$$

Para calcular el torque se asume que la fuerza se aplica en la superficie de contacto con el agua

$$T = F_z \cdot Y_c = \rho \cdot g \cdot P_x \cdot A \cdot \sin(\theta) \cdot \tan(\alpha) \cdot Y_c \quad (4.18.)$$

Calculando el torque para todo el tornillo

$$T = F_z \cdot Y_c = \rho \cdot g \cdot P_x \cdot A \cdot \sin(\theta) \cdot \tan(\alpha) \cdot Y_c \cdot \frac{L_e}{P_x} \quad (4.19.)$$

Teóricamente la velocidad inicial con la velocidad final es igual ya que se trata de una turbina gravitatoria.

Se calculo la velocidad angular

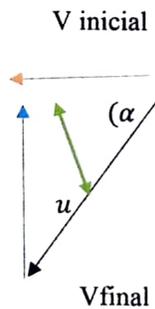


Figura 12. Triángulo de velocidades

Fuente [15]

$$\tan(\alpha) = \frac{u}{V_{inicial}} \quad (4.20.)$$

$$u = V_{inicial} \cdot \tan(\alpha) = \omega \cdot Y_c \quad (4.21.)$$

$$V_{inicial} = \frac{Q}{A} \quad (4.22.)$$

Reemplazando

$$u = \frac{Q \cdot \tan(\alpha)}{A} \quad (4.23.)$$

Despejando la velocidad angular

$$\omega = \frac{Q \cdot \tan(\alpha)}{A} \quad (4.24.)$$

La fórmula de la potencia teórica generada por el tornillo es

$$Pot = T \cdot \omega \quad (4.25.)$$

$$Pot = \rho \cdot g \cdot Le \cdot A \cdot \text{sen}(\theta) \cdot \tan(\alpha) \cdot Y_c \cdot \frac{Q \cdot \tan(\alpha)}{A \cdot Y_c} \quad (4.26.)$$

La ecuación de la potencia que relaciona el ángulo de la hélice con inclinación del tornillo tenemos

$$\text{sen}(\theta) = \frac{H}{Le} \quad (4.27.)$$

$$Pot = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \cdot (\tan(\alpha))^2 \quad (4.28.)$$

Para calcular la potencia máxima se utiliza los valores de $(\alpha) = 45$ y $(\theta) = 90$

$$\tan(\alpha) = \tan(45^\circ) = 1 \quad (4.29.)$$

$$\text{sen}(\theta) = \text{sen}(90^\circ) = 1 \quad (4.30.)$$

Reemplazando se obtiene la potencia máxima

$$Pot\ max = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (4.31.)$$

Calculando la velocidad inicial

$$v = \omega \cdot r \quad (4.32.)$$

Cálculo de las revoluciones

$$rpm = \frac{v \cdot 60}{r \cdot d} \quad (4.33.)$$

4.6.3. Método de medición del lugar

Para la medición del lugar donde va a ser implementada la turbina tipo tornillo sin fin se utilizó la metodología de observación y experimental.

Tabla 7.Herramientas para medir el lugar

Orden	Instrumento	Cantidad	Unidad
1	Caudalímetro	1	l/s
2	Flexómetro	1	m

4.6.4. Método de Selección de Material para la turbina

Para la construcción de la máquina se obtuvo la necesidad de investigar varios tipos de materiales las cuales se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 8. Tipos de material

ALTERNATIVAS	MATERIAL	DESCRIPCIÓN
PRIMERA	Plancha galvanizada	Material de acero galvanizado resiste ambientes corrosivos
SEGUNDA	Plancha de acero negro	Se lo utiliza para todo tipo de construcciones no resistentes corrosivos

Tabla 9. Parámetros de evaluación

Parámetro de Evaluación	Factor de ponderación	ALTERNATIVAS	
		Plancha galvanizada	Plancha de acero negro
Funcionabilidad	0.8	0.8	0.8
Rendimiento	0.8	0.9	0.6
Facilidad de control y operación	0.8	0.8	0.8
Mantenimiento	0.6	0.9	0.6
Materiales	0.7	0.8	0.7
Proceso de construcción	0.8	0.8	0.8
Precisión	0.5	0.8	0.8
Fiabilidad	0.7	0.8	0.8
Costo de fabricación	0.8	0.9	0.9
Costo de operación	0.8	0.8	0.7
Tamaño	0.8	0.8	0.8
Forma	0.9	0.8	0.6
Disponibilidad en el mercado	1	0.9	0.9

Mediante las tablas (8) se llegó a considerar a la plancha galvanizada para la elaboración de la turbina.

La plancha galvanizada que se emplea para la construcción de la cabina de la máquina es de 1/16" o 1.5 mm de espesor con un peso de 32,72 Kg/plancha, dimensiones de 1220x2440 mm y fabricado bajo la norma NTE INEN 115 que lo pueden encontrar en FERRIACEROS COTOPAXI.

Para el diseño, se selecciona la tubería estructural rectangular que se utiliza en construcción de la estructura de la máquina y sus dimensiones son 20x40x1.5 mm de acero negro con un peso de 1,30 Kg/m, un área de 1,65 m², largo normal de 6 m y fabricado bajo la norma NTE INEN 2415.

Tabla 10. Datasheet de la tubería estructural rectangular. [16].

Tubería estructural rectangular										
Designaciones			área	Peso	Propiedades Estáticas					
					Eje x-x			Eje y-y		
					Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro	Momento de inercia	Módulo de resistencia	Radio de giro
B	H	e	A	P	I	W	i	I	W	i
mm			cm ²	kg/m	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
20	30	1.50	1.35	1.06	1.59	1.06	1.08	0.84	0.84	0.79
		2.00	1.74	1.36	1.94	1.30	1.06	1.02	1.02	0.77
20	40	1.40	1.55	1.22	3.09	1.55	1.41	1.04	1.04	0.82
		1.50	1.65	1.30	3.27	1.63	1.41	1.10	1.10	0.82
		1.80	1.95	1.53	3.76	1.88	1.39	1.26	1.26	0.80
		2.00	2.14	1.68	4.06	2.03	1.38	1.35	1.35	0.79

4.6.5. Selección de chumaceras

Para la chumacera seleccionamos el acero inoxidable 201 a pesar que existen tipos diferentes de acero inoxidable y cada uno tiene su propia composición y cualidades únicas este acero inoxidable tipo 201 es una aleación que contiene la mitad de níquel y más manganeso y nitrógeno que otros aceros populares y es de bajo costoso que algunas otras aleaciones.

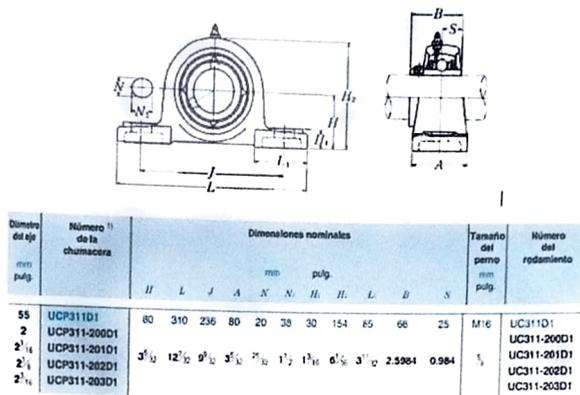


Figura 13. Medidas de la chumacera seleccionada.[17].

4.6.6. Relación de transmisión de las poleas.

N: Número de revoluciones por minuto;(rev/min).

D: Diámetro de las poleas;(m)

Al estar en marcha, las dos poleas tendrán la misma velocidad tangencial (m/seg)

$$\frac{\pi \cdot d_1 \cdot N_1}{60} = \frac{\pi \cdot d_2 \cdot N_2}{60} \quad (4.1)$$

Simplificando queda:

Donde i es la relación de transmisión

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} \quad (4.2)$$

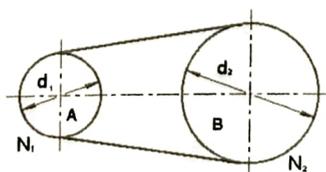


Figura 14. Relación de transmisión

Fuente: [18]

4.6.7. Selección de pernos

Para los pernos se seleccionó SAE 1045 es un acero grado ingeniería de aplicación universal que proporciona un nivel medio de resistencia mecánica y tenacidad a bajo costo.

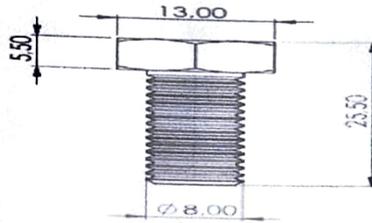


Figura 15. Dimensiones de los pernos utilizados para la sujeción. [19].

4.6.8. Fórmula para el cálculo del Factor de Seguridad

$$FSD = \frac{LIMITE ELÁSTICO}{MÁXIMA TENSION} \quad (4. 3)$$

4.6.9 Formula para la generación de la turbina

$$v = 0.049 \cdot e^{0.87} \cdot Q \quad (4. 37)$$

4.6.10. Selección del generador

Para la selección del generador eléctrico para la alimentación del motor, se hace necesaria una selección precisa.

Para este tipo de proyecto se busca generadores de corriente continua mediante catálogos que se encuentren disponibles.

Además, para la selección del generador se verifica la potencia de entrada y la potencia instalada

La altura neta corresponde al valor máximo que puede tomar en la instalación, en este caso es 0.60 m. En cuanto al caudal, es constante a $0,137 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.6.11. Materiales

Para la construcción de la maquina se utilizó los siguientes materiales.

4.6.11.1. Materiales a utilizar para la turbina.

Tabla 11. Tabla de materiales

Cantidad	Componente	Imagen	Material
1	Plancha de Tol		Acero A36
2	Tubo redondo 50x2		Acero A36
2	Tubo cuadrado 50x50x1.5		Acero A36
2	Chumaceras de piso de 2 in		Hierro Fundido
1	Eje de 2 in		Acero AISI 1018
4	Pernos de 1.5*7/16 in		Acero Negro A36
4	Tuercas 7/16 in		Acero Negro A36
3	Pintura		Pintura

Mediante los materiales mencionados en la tabla (10) se procedió a la construcción de la turbina.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para el análisis y discusión de resultados de la turbina se consideró aspectos importantes las variables involucradas en el proceso de generación de energía eléctrica, dimensionamiento de la turbina, el caudal, ángulo de inclinación.

5.1. CÁLCULOS DEL TORNILLO SIN FIN

Tabla 12. Datos del tornillo

Angulo de inclinación	30°	
Densidad	997	kg/m ³
Caudal	0.137	(m ³ /s)
Paso	0.06	m
Longitud del tornillo sin fin	1	m
Radio del diente	0.06	m
Angulo de inclinación del aspa	90°	

F_x = Fuerza que ejerce el agua en sentido del plano "Z" [N]

F_y = fuerza que ejerce el fluido sobre la carcasa en sentido al eje "Y" [N]

W = Fuerza del fluido en sentido vertical.

A = Área de contacto del fluido m^2 .

ω = Velocidad angular [rad/s]

5.2.1. Desarrollo del tornillo

Cálculo de altura del salto para obtener el dato de la longitud del tornillo.

Tabla 13. Cálculo de altura

H	$Le \cdot \text{sen}(\theta)$
H	$1 \cdot \text{sen}(45)$
H	0.707 m

Mediante la ecuación (7) se obtiene la altura del salto donde implica la longitud del tornillo y el ángulo de inclinación de las aspas.

5.2.2. Potencia teórica del Tornillo

Para la potencia teórica se reemplaza la ecuación (8).

Tabla 14. Cálculo de potencia.

<i>Potencia teórica</i>	$\rho \cdot g \cdot Q \cdot H$
<i>Potencia teórica</i>	$997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 0.137 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 0.707 \text{ m}$
<i>Potencia teórica</i>	947.47 W

Para el cálculo de la potencia se considera la gravedad y la densidad del fluido ya que son indispensables para la generación de energía eléctrica.

5.2.3. Área del aspa

Para el cálculo se considera el radio del aspa.

Tabla 15. Cálculo del área del aspa

A	$\frac{3}{8} \cdot \pi \cdot R^2$
A	$\frac{3}{8} \cdot \pi \cdot 0.20^2$
A	$0.047m^2$

5.2.4. Inercia del aspa

Tabla 16. Cálculo de la inercia

Yc	$0.4951 \cdot R$
Yc	$0.4951 \cdot 0.20$
Yc	$0.099 m$

Para el cálculo de la inercia se toma en cuenta el radio del aspa la cual va a estar en el estado de movimiento.

Fuerza de empuje que ejerce el agua en sentido del plano "X"

Tabla 17. Deducción del empuje del fluido eje "X"

F_x	$\rho \cdot g \cdot P_x \cdot A \cdot \text{sen}(\theta)$
F_x	$997 \frac{kg}{m^3} \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} \cdot 0.06m \cdot 0.047m^2 \cdot \text{sen}(30)$
F_x	$13.56[N]$

Mediante el **reemplazo de la ecuación (15)** se toma en cuenta la densidad del fluido, la gravedad, el paso del tornillo, el área del aspa siendo estos indispensables para el cálculo de la fuerza que aplica el fluido en el sentido "X".

Fuerza que ejerce el agua en sentido del plano "Z"

Tabla 18. Deducción del empuje del fluido eje "Z"

Fz	$\rho \cdot g \cdot Px \cdot A \cdot \text{sen}(\theta) \tan(\alpha)$
Fz	$Fx \cdot \tan(\alpha)$
Fz	$13.56 \text{ N} \cdot \tan(42)$
Fz	12.06 N

Reemplazando la ecuación (18) se toma en cuenta el paso del tornillo, la densidad del fluido, la gravedad, el área del aspa, obteniendo una fuerza en el plano "Z" de 12.06 N.

5.2.5. Torque

Tabla 19. Deducción del torque de la máquina.

T	$\rho \cdot g \cdot Le \cdot A \cdot \text{sen}(\theta) \cdot \tan(\alpha) \cdot Yc$
T	$\frac{997 \text{ kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 1\text{m} \cdot 0.0471\text{m}^2 \cdot \text{sen}(30) \cdot \tan(42) \cdot 0.09902 \text{ m}$
T	20.51 Nm

Para el cálculo del torque se considera la densidad, gravedad, área, la inercia, el ángulo de inclinación del aspa como del tornillo para así obtener un torque de 20.51Nm.

5.2.6. Velocidad angular

Se reemplaza la ecuación (24).

Tabla 20. Deducción de la velocidad inicial de la máquina.

ω	$\frac{Q \cdot \tan(42)}{A \cdot Yc}$
ω	$\frac{0.137 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \tan(42)}{0.0471 \text{m}^2 \cdot 0.099 \text{m}}$
ω	$26.44 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$

Se obtiene la velocidad angular por medio del caudal y la inercia, el área del aspa obteniéndose una velocidad angular de $26.44 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$.

5.2.7. Potencia teórica

Se reemplaza la ecuación (26).

Tabla 21. Deducción de la potencia teórica.

<i>Pot</i>	$T \cdot \omega$
<i>Pot</i>	$25.16 \text{Nm} \cdot 26.44 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$
<i>Pot</i>	542.28W

Para la potencia teórica se utiliza el torque y la velocidad angular.

5.2.8. Velocidad lineal

Tabla 22. Dedución de la velocidad de la máquina.

v	$\omega \cdot r$
v	$26.44 \frac{rad}{s} \cdot 0.20m$
v	$5.28 \frac{m}{s}$

Se obtiene la velocidad mediante la ecuación (33) donde se utiliza velocidad angular y el radio del aspa.

5.2.9. Revoluciones

Tabla 23. Cálculo del Rpm de la máquina.

n	$\frac{v \cdot 60}{\pi \cdot d} rev/min$
n	$\frac{5.28 \cdot 60}{\pi \cdot 0.4} rev/min$
n	$252.1 rev/min$

Mediante el reemplazo de la ecuación (34) se obtiene las revoluciones de la máquina.

5.2.10. Eje de transmisión

Tabla 24. Datos del eje

Masa del tornillo	
mT	$30kg$

5.2.11. Angulo de inclinación del tornillo

Tabla 25. Ángulo del tornillo

θ	30°
----------	------------

Para el funcionamiento se varió con diferentes inclinaciones.

5.2.12. Diámetro del eje

Tabla 26. Diámetro del eje

d	$2in$	$5.08cm$
-----	-------	----------

5.2.13. Peso del tornillo

Tabla 27. Peso del tornillo

WT	$?$
------	-----

5.3. CÁLCULO DE LA FUERZA DE LA MÁQUINA

Para el desarrollo se toma en cuenta la masa del tornillo y la gravedad.

Tabla 28. Cálculo de la fuerza de la máquina.

WT	$mT \cdot g$
WT	$30kg \cdot 9.81 \frac{m}{s^2}$
WT	$294.3 N$

Para el cálculo de la fuerza de la máquina se toma en cuenta el peso del tornillo y la gravedad la cual son indispensable para dicho cálculo obteniéndose una fuerza de $24.3 N$.

Diagramas de reacciones y momentos en el eje

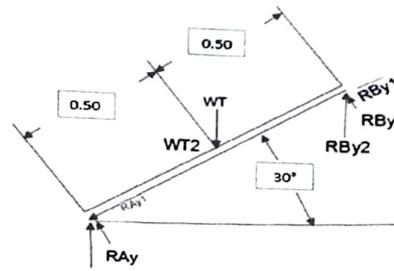


Figura 16 Diagrama de fuerzas

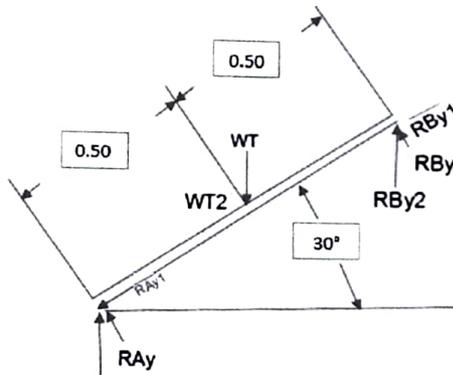


Figura 17 Diagrama de momentos

Mediante la figura (18) se observa la distribución de las fuerzas respecto al eje



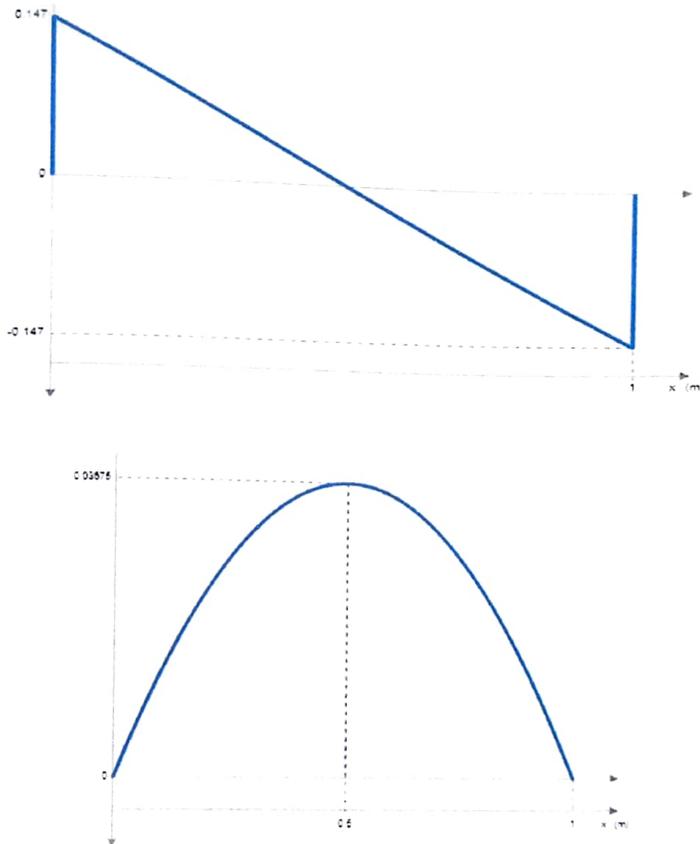


Figura 18. Momento maximo

Mediante un software se puede obtener el momento máximo dando como resultado 36.75 Nm.

Convertir las reacciones

Tabla 29. Conversión de reacciones de la máquina.

$WT1$	$WT \text{ Sen } 30^\circ$
$WT2$	$WT \text{ cos } 30^\circ$
RAy	$RAy2 \text{ sen } 30^\circ$

RAy	$RAy2 \operatorname{scos}30^\circ$
$RBy1$	$RBy \operatorname{sen} 30^\circ$
RBy	$RBy2 \operatorname{cos} 30^\circ$

Reacciones en el eje Horizontal

Tabla 30. Conversión de reacciones en el eje horizontal de la máquina.

$+\uparrow \Sigma Fy$	0
$RAy + RBy2$	WTy
$RAy \operatorname{cos}30^\circ + RBy \operatorname{cos}30^\circ$	$WT \operatorname{cos}30^\circ$
$RAy2 + RBy2$	WT
$+ \operatorname{antihorario} \Sigma MA$	0
$RBy \cdot 1 - WT \cdot 0.5$	0
$(RBy \operatorname{cos}30^\circ) \cdot 1 - (WT \operatorname{cos}30^\circ) \cdot 0.5$	0
$RBy \cdot 0.8660 - 84.95$	0
$RBy2$	98.09 N

Se reemplaza.

Tabla 31. Reemplazo RBy .

$RAy + RBy2$	WT
$RBy2$	$WT - RBy2$
$RBy2$	$196.2 N - 98.09 N$
RAy	$98.11 N$

Reemplazando $(RAy2)$ y $(RBy2)$ en sus funciones

Tabla 32. Reacciones $(RAy2)$ y $(RBy2)$ de la máquina.

RAy	$RAy \cos 30^\circ$
RAy	$98.11 \cos 30^\circ$
RAy	$0.3749 N$
RAy	RBy
$WT2$	$WT \cos 30^\circ$
$WT2$	$196.24 \cos 30^\circ$
$WT2$	$169.79 N$

5.3.1. Propiedades del material

Tablas 33 Propiedades del material para la simulación.

Nombre:	AISI 304
Tipo de modelo:	Isotrópico elástico
Criterio de error predeterminado	Desconocido
Límite elástico:	2,06807e+08 N/m ²
Límite de tracción:	5,17017e+08 N/m ²
Módulo elástico:	1,9e+11 N/m ²
Coefficiente de Poisson:	0,29
Densidad:	8.000 kg/m ³
Módulo cortante:	7,5e+10 N/m ²
Coefficiente de dilatación térmica:	1,8e-05 /Kelvin

Para las propiedades del tornillo se realiza una simulación en el software SolidWorks la cual permite elegir el material adecuado para la construcción dando como datos del material el límite elástico, límite de tracción, coeficiente de Poisson, la densidad del material.

5.3.2. Soporte de rodamientos

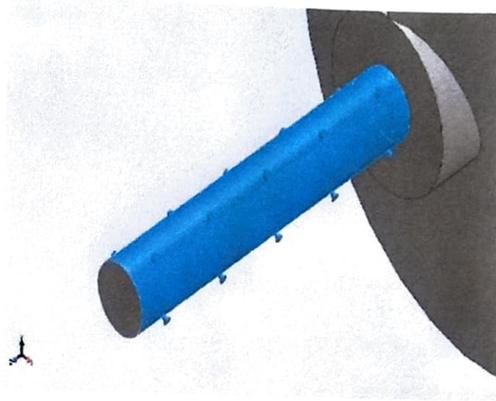


Figura 19. Soporte rodamientos.

Mediante el software se observa el soporte de rodamientos en el eje la cual se obtiene fuerzas axiales, fuerzas cortantes, momento flector.

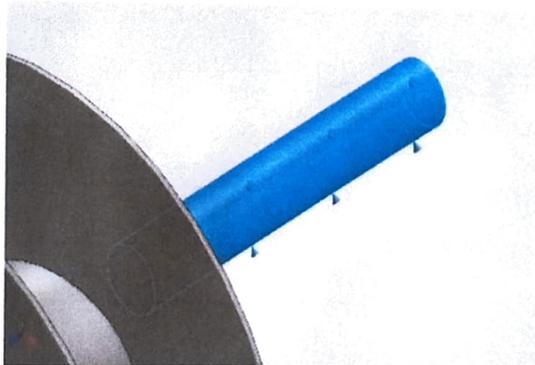


Figura 20. Soporte rodamientos.

Mediante el software SolidWorks se observa el soporte de rodamientos en el eje la cual se obtiene fuerzas axiales, fuerzas cortantes, momento flector.

5.3.3. Deformaciones

Nombre del modelo: tornillo_202
Nombre de estudio: Analisis estatico (Predeterminado)
Tipo de resultado: Deformación, cantidad: Deformaciones unitarias
Escala de deformación: 0.00000000



Figura 21. Deformaciones

En el análisis de deformaciones de la turbina tipo tornillo sin fin se muestra que se encuentra en el rango establecido la cual es un mínimo de 1,723 y sabiendo que no supera la deformación de 1 mm se puede determinar que el dispositivo soporta cargas.

5.3.4. Factor de seguridad

Nombre del modelo: tornillo_202
Nombre de estudio: Analisis estatico (Predeterminado)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS min = 2.2e+04

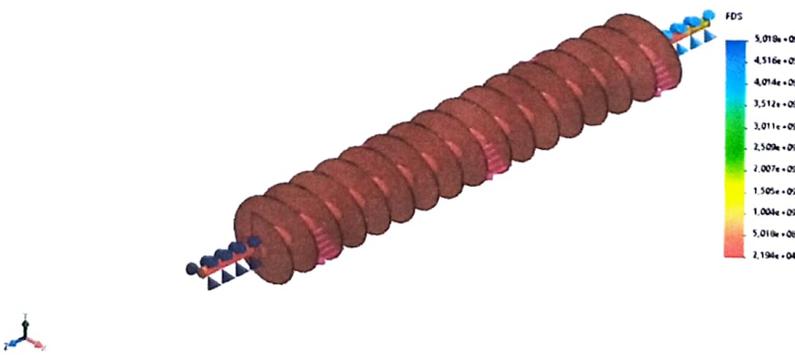


Figura 22. Factor de seguridad

En el análisis del factor de seguridad el material se encuentra totalmente en el rango de tensiones necesarias, como se puede observar la deformación es de 0.167 mm y sabiendo que no supera un 1mm de deformación y un factor de seguridad de 2.2 por lo cual se puede determinar que el dispositivo soporta cargas.

5.4. DATOS DE GEOMETRÍA DEL LUGAR DEL CAUDAL.

Para realizar los cálculos respectivos se necesitaron datos iniciales, los cuales se recolectaron mediante visita de campo a diferentes canales donde podría funcionar en óptimas condiciones.

Tabla 34. Datos de geometría de caudal.

Orden	Medida	Unidad
Ancho	1.5	m
Profundidad	0.80	m
Salto de agua	0.60	m

Para la obtención de los datos se utilizó el flexómetro.

5.5. MÉTODO DE SELECCIÓN DE LA CHUMACERA

Para la selección del rodamiento se utilizará una velocidad de 13 rev/min y una carga axial de 58 N con 20000 horas de funcionamiento

Fórmula de vida del rodamiento:

$P=3$ para rodamiento y despejamos C (capacidad de carga dinámica)

$$C = \sqrt[3]{L_{10} \cdot P}$$

$$C = \sqrt[3]{13 \cdot 10^6 \cdot 58 \text{ N}}$$

$$C = 13.64 \text{ kN}$$

5.6. Método de relación de las poleas.

Para la selección de poleas se utilizará la ecuación (36)

Datos

$$d1 = 240\text{mm}$$

$$d2 = 50\text{mm}$$

$$i = \frac{24}{5}$$

$$i = 4.8$$

$$4.8 = \frac{86}{m}$$

5.7. Método de selección del generador

Para la selección del generador se toma en cuenta la carga instalada.

Datos

$$V = 12\text{ V}$$

$$I = 0.45\text{ AMP}$$

$$P = V \cdot I$$

$$P = 12\text{ V} \cdot 0.5\text{ AMP}$$

$$P = 6\text{ W}$$

Mediante el cálculo obtenido se requiere un generador de 6 W la cual se opta por conseguir un dinamo.

5.8. Validación experimental

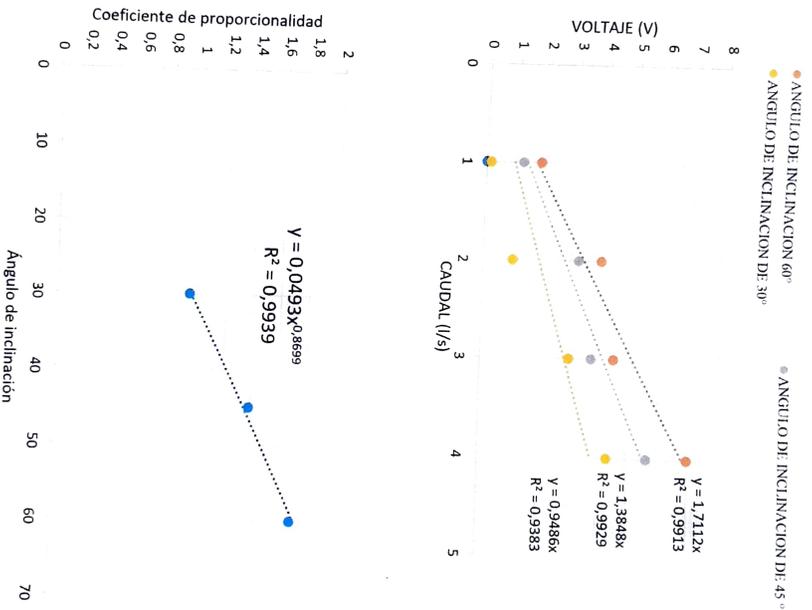
Con los caudales obtenidos y la variación de los ángulos de inclinación de la turbina se obtuvo los siguientes datos

Tabla 35. Caudales obtenidos en las descargas de aguas residuales

Lugar	Caudal (l/s)	Inclinación	Voltaje	Inclinación	Voltaje	Inclinación	Voltaje
Parnalat	1.837	30°	4 V	45°	4.5 V	60°	7 V
Familia Sancela	1.235	30°	3.23 V	45°	3.75 V	60°	5.65 V
Indulac	0.137	30°	1 V	45°	3 V	60°	4.33 V

Con la obtención de los datos de observa cual es la posición del ángulo de inclinación del tornillo más adecuada para la generación de energía eléctrica.

Figura 23 Voltajes obtenidos en función del ángulo de inclinación



Para un mejor rendimiento de la turbina se varió con el ángulo de inclinación de la turbina además con diferentes caudales de la zona.

Mediante la fórmula (4.37) se puede dar la variación de las variables como son ángulo de inclinación de la turbina para obtener el voltaje deseado a la cual se desea trabajar

$$v = 0,049 \cdot \theta^{0,87} \cdot Q$$

Donde :

v = tensión eléctrica (V)

e = es el ángulo de inclinación ($^{\circ}$)

Q = caudal (l/s)

6. PRESUPUESTO Y ANALISIS DE IMPACTO

6.1. Impacto Tecnológico

El agua, como fuerza motriz, es una de las fuentes de energía renovables más utilizadas. Más del 25,4% de la electricidad mundial proviene de centrales hidroeléctricas. La hidroelectricidad se puede obtener en una zona que depende de las corrientes y su pendiente,

por lo que es la máxima cantidad de energía que se puede obtener por este método.

6.2. Impacto Ambiental

En Ecuador, el crecimiento promedio anual de la demanda energética se estima en 2,9%. La construcción de centrales hidroeléctricas se ha convertido en uno de los principales mecanismos de producción de energía, representando cerca del 70,2% de la producción total del país. Por lo general, la producción de energía eléctrica por parte de las centrales hidroeléctricas se denomina energía limpia y renovable. Sin embargo, los efectos sociales y ambientales de la construcción de represas, así como los efectos sobre la salud de las personas, se reconocen desde hace mucho tiempo.

6.3. Impacto Económico

Se crea una cultura de ahorro energético del 72,4% a través del uso de caudales. En la nómina de electricidad, las ganancias de las cosechas también aumentan debido al rendimiento. Para que su inversión sea más directa con relación a los productos con los cuales se puede obtener un mejor resultado al momento de construir ya que si bien no existen leyes ni manuales de construcción precisas para turbinas de pequeña escala Se deben considerar los aspectos de base, así como también algunos supuestos indicados en los diferentes objetivos estratégicos.

7. PRESUPUESTO

A continuación, se detalla los costos involucrados en la construcción de la mini turbina tipo tornillo sin fin.

- Costos accesorios y materia prima empleada
- Costo de fabricación

7.1. Costos directos

Los costos directos son los precios que tiene cada uno de los materiales empleados en la construcción de la mini turbina tipo tornillo sin fin.

Tabla 36. Tabla de cálculo de costos directos

Denominación	Valor unitario	Cantidad	Valor USD
Tubo redondo ½ in	20	1	20
Tubo cuadrado ½ in	15	1	15
Lamina de tol	20	1	20
Chumaceras	6	2	12
Dinamo	15	1	45
Luces led de 12 V	12	2	12
Pernos	0,80	8	6,40

Tuercas	0.40	8	3.20
TOTAL			\$133.60

7.2. Costos indirectos

Son aquellos gastos corresponde a la utilización de maquinaria, al costo de mano de obra.

7.3 Costo maquinaria.

Es un valor por las horas de trabajo de cada máquina que fue necesaria para la construcción de la turbina.

Tabla 37. Tabla de cálculo de costos de maquinaria

Maquina	Valor hora	Tiempo horas	Valor USD
Suelda eléctrica	3.60	4	14.40
Taladro	4.60	2	9.20
Remachadora	2.00	2	9.20
TOTAL			\$32.80

7.4. Costo mano de obra.

Son aquellos que corresponde a la mano de obra, entre otros gastos que no involucran directamente, pero fueron necesarios para culminar.

Tabla 38. Tabla de cálculo de mano de obra

Trabajador	Costo/ Hora	Tiempo Horas	Valor USD
1	6	8	\$48

7.5. Costos varios.

Son aquellos costos de actividades paralelas y no directas necesarias para la realización del proyecto

Tabla 39. Tabla de cálculo de costos varios

Descripción	Costo USD
Transporte	60
Copias	10
Impresiones	30
Internet	75
Libros	10
Subtotal	95
15% otros	25
TOTAL	\$146

7.6. Costo fabricación turbina

Tabla 40 Costo total.

Descripción	Costo
Costo directo	133,60
Costo maquinaria	32,80
Costo mano de obra	48
Costos varios	146
TOTAL	\$360,40

7.7. Cálculo del VAN y TIR

7.7.1. Cálculo del VAN

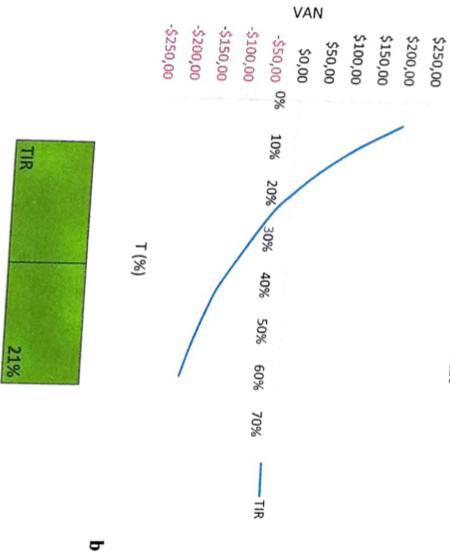
Tabla 41. Cálculo del VAN

No	FNE	$(1+i)^n$	$FNE/(1+i)^n$
0	-360,4		-360,4
1	110	110%	100
2	110	121%	90,909
3	110	133%	82,644
4	110	146%	75,131
5	110	161%	68,301
6	110	177%	62,092
	TOTAL		118,67

Para el cálculo del VAN se toma en cuenta el capital de ingreso del proyecto obteniendo un VAN de 118,67 dólares americanos.

7.7.2. Cálculo del TIR

Figura 24. Cálculo del TIR



Para el cálculo de TIR se tiene una tasa de descuento de del 10% dando como resultado un TIR de 21% el proyecto se recupera en un tiempo de 4 años.

CONCLUSIONES

- El uso de un tacómetro es muy importante para medir revoluciones, ya que otro método es más complejo y el error de medición puede ser mayor.
- Con los parámetros de diseño de la turbina como el caudal, ángulo de inclinación del aspa, paso del tornillo se selecciona el tipo de turbina a implementarse el cual es la turbina de Arquímedes.
- Dependiendo a las condiciones del lugar como el caudal de 0.137, de salto de agua 0.60 m ancho del cauce de 1.5 m se obtiene el ángulo de inclinación de la turbina el cual es de 45°.
- Mediante el funcionamiento de la turbina dentro del cauce por el cual cruza un caudal de 0.137 se obtiene un voltaje de 12 V.

- La implementación de turbina tipo tornillo sin fin no afecta en el medio ambiente ya que no se obstruye con el paso del flujo del caudal y se beneficia las personas.
- Realizado de diseño de la turbina de Arquimedes para el cual se obtendrá un voltaje de 12 V, se llega a la obtención de 7 V debido a que su caudal no es constante.

RECOMENDACIONES

- Para la elaboración del tornillo sería mejor contar con la maquinaria adecuada, por lo contrario de no tener accesibilidad a este tipo de maquinaria se opta por realizar modelos para lo que corresponde para las aspas de la turbina.
- Se debe impermeabilizar los rodamientos ya que se encuentran sumergidos en el fluido y debería ser un mecanismo el cual pueda ser fácil para un mantenimiento.
- Verificar que la profundidad del caudal no sea superior a la de la estructura del tornillo ya que tiende a sumergirse y entrar en contacto con el generador.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Andrade Chávez, «Energías Renovables en el Mundo.» *Energía Eléctrica*, p. 45, 2017, pág. 23.
- [2] F. Thompson, «Importancia de la Generación de Energía Eléctrica.» *Electricidad del Futuro*, p. 18, 2017, pág. 8.
- [3] Laurencio Alfonso & Delgado Druhey, «Propiedades reológicas de emulsiones de petróleo pesado en agua.» *Revista Chilena de Ingeniería*, p. 249, 2008.
- [4] T. Raudeny, «Tipos de Generación de Energía Eléctrica.» *Generación de Energía*, p. 32, 2018.
- [5] C. M. Plana, Turbonáquinas hidráulicas: Turbinas hidráulicas, bombas, Madrid, 2009.
- [6] E. J. Gorozari, Aspectos específicos de algunos tipos de turbinas, Bogotá: Editorial Carvajal, 1973.
- [7] M. Á. Pulido, Motosoldadoras, pequeños generadores y grupos de emergencia, Perú, 2014.
- [8] F. Haro, Circuitos magnéticos y transformadores, México, 2020.
- [9] A. H. Donate, Principios de Electricidad y Electrónica II, Barcelona, 1999.
- [10] J. Cadavid, Hidráulica de canales: fundamentos, Medellín: Universidad Escuela de Administración, Finanzas e Instituto Tecnológico, 2006.
- [11] A. Mejía, «Diseño de una turbina hidráulica basada en el tornillo de Arquimedes.» EI Salvador, 2011.
- [12] D. Y ugsti, «Diseño y construcción de mini turbina tipo tornillos de Arquimedes y fundamentos.» Ambato, 2019.
- [13] R. Masabanda, Generadores de energía, Bogotá, 2015.
- [14] 15 09 2020. [En línea]. Available.: <https://www.google.com/imgres?imgurl=&url=dinamo>. [Último acceso: 28 01 2022].
- [15] Mejía, Diseño de una turbina hidráulica basada en el tornillo de Arquimedes. EI Salvador, 2011.
- [16] « A. 2. I. ACEROS, «<https://www.importaceros.com/wp-content/uploads/2021/01/importaceros-planchasgalvanizadas.pdf>. [s.] 2021. [En línea]. [Último acceso: 23 Febrero 2022].

- [17] NTNcorporation, «Chumaceras.» [En línea]. Available: <https://grupodotyra.com/catalogos-web/ntr-chumaceras.pdf>. [Último acceso: 10 01 2022].
- [18] 11 05 2019. [En línea]. Available: <http://poliamalu.50webs.com/OFI/mecanica/transmission.htm>. [Último acceso: 05 02 2022].
- [19] Unknown, «Ingeniería de los materiales.» 20 20 2015. [En línea]. Available: <http://ingenieriadelosmaterialess.blogspot.com/2015/11/acer0-1045-ficha-tecnica.html>. [Último acceso: 10 01 2022].
- [20] Energías Renovables, «Turbina de Arquimides.» *Energías Renovables*, p. 24, 2019.



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS
DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA



Ingeniería
Electromecánica

Anexo
O

DISEÑO DEL ASPA DE LA TURBINA TIPO TORNILLO SIN
FIN

1-1



Díámetro de la apas de la turbina



Apertura del paso de la turbina



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS
DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMEQUÍNICA



Ingeniería
Electromecánica

Anexo I

COLOCACIÓN DE LAS ASPAS REFERENTE AL
EJE

1-1



Ensamble de las aspas respecto al eje



Soldaduras del aspa al eje

Anexo 2

ENSAMBLAJE DE LAS ASPAS REFERENTE AL EJE

1-1



Soldadura interior de las aspas



Soldadura parte exterior del eje

Anexo
3

ADAPTACION DE POLEAS

1-1



Adaptación de la polea al dinamómetro



Adaptación de la chumacera a la polea

Anexo 4

EMSAMBIAJE DE LA TURBINA

1-1



Ensamble de la chumascera.



Ensamble de la estructura.

Anexo 5

EMSAMBLAJE DE LA TURBINA CON LAS POLEAS

1-1



Implementación de las poleas a la turbina



Colocación de pernos.



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS
DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

Anexo 6

TURBINA EMSAMBLADA

1-1



Ensamble de turbina y estructura



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI



CARRERA

INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

NOMBRE FECHA N° LÁMINA

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

VERIFICADO POR

APROBADO POR

FECHA

CANTIDAD

TITULACION II

TURBINA DE ARQUIMIDES

FECHA

ESCALA 1:1

HOJA 1 DE 1

A3

A

B

C

D

E

F

1

2

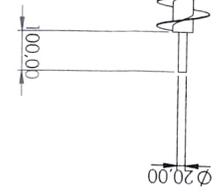
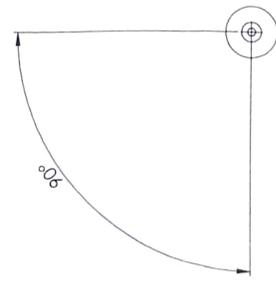
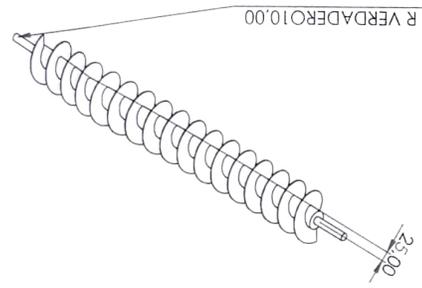
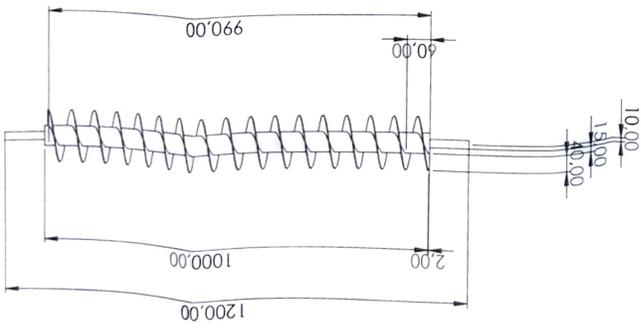
3

5

6

7

8



1

2

3

4

5

6

7

8

A

B

C

D

E

F