

SELECCIÓN DE LA TURBINA Y GENERADOR PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA MINI CENTRAL FEMA

por LUIS GUMERCINDO HUARINGA CHURAMPI

Fecha de entrega: 04-dic-2024 11:04a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2540546282

Nombre del archivo: T088A_45268954_T_1_.pdf (4.83M)

Total de palabras: 6168

Total de caracteres: 32182

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**“SELECCIÓN DE LA TURBINA Y GENERADOR PARA EL
FUNCIONAMIENTO DE LA MINI CENTRAL FEM A”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

PRESENTADO POR EL BACHILLER

HUARINGA CHURAMPI, LUIS GUMERCINDO

ORCID: 0009-0002-9964-9098

ASESOR

PAEZ APOLINARIO, ELISEO

ORCID: 0000-0001-9666-5290

Villa El Salvador

2016



UNTELS

UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

«Año de la consolidación del Mar de Grau»

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y
AMBIENTAL**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TEMA DE ACTUALIDAD PARA
OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

En Villa El Salvador siendo las 16:50 del día Sabado, 03 de Setiembre de 2016, se reunieron en el Salón de Grados los Miembros del Jurado Evaluador del Tema de Actualidad integrado por:

Presidente	: Dr. Ing. ANWAR JULIO YARIN ACHACHAGUA	CIP N° <u>109600</u>
Secretario	: Ing. ROGER MANUEL JESUS SILVA MARES	CIP N° <u>58169</u>
Vocal	: Ing. ROLANDO PAZ PURISACA	CIP N° <u>186976</u>

Nombrados según RESOLUCIÓN DE FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y AMBIENTAL N° 325-2016-CO-P-FIMEA, de fecha 25 de Agosto de 2016.

Se inició la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación correspondiente, para obtener el Título Profesional en Ingeniería Mecánica y Eléctrica, bajo la modalidad de Actualización Profesional. (Resolución de Comisión de Organizadora N° 023-2012-UNTECS de fecha 20 de setiembre 2012, donde se APROBÓ la ratificación del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Tecnológica del Cono Sur de Lima y el Reglamento del Examen de Suficiencia Profesional para la Obtención de Título Profesional, siendo que el Art. 6° del precitado Reglamento del Examen de Suficiencia Profesional para la Obtención de Título Profesional, establece que: "El Examen de Suficiencia Profesional comprende dos etapas: a) Examen de Conocimientos Profesionales y b) Sustentación de un Tema Especifico de Actualidad"), en la que

El bachiller: **HUARINGA CHURAMPI, Luis Gumerindo**

Sustentó su tema de Actualidad:

**SELECCIÓN DE LA TURBINA Y GENERADOR PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA MINI CENTRAL
FEMA**

Concluida la Sustentación del tema de Actualidad, se procedió a la calificación correspondiente según el siguiente detalle:

Condición... APROBADO con nota... 12
Equivalente... REGULAR De acuerdo al Art. 45° del Reglamento de Examen de Suficiencia Profesional para la Obtención del Título Profesional.

Siendo las 17:45 del día Sabado, 03 de Setiembre de 2016, se dio por concluido el acto de sustentación del tema de Actualidad, firmando el Jurado la presente Acta.

ROGER MANUEL JESUS SILVA MARES
INGENIERO MECANICO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 58169
SECRETARIO

ING. ANWAR JULIO YARIN ACHACHAGUA
PRESIDENTE

ROLANDO PAZ PURISACA
INGENIERO MECANICO
Reg. CIP N° 186976
VOCAL



UNIVERSIDAD NACIONAL
TECNOLOGICA DE LIMA SUR

«Año de la consolidación del Mar de Grau»

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y
AMBIENTAL**

**ACTA FINAL DE SUSTENTACIÓN DE TEMA DE ACTUALIDAD PARA
OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

En Villa El Salvador siendo las...16:50... del día Sabado, 03 de Setiembre de 2016, se reunieron en el Salón de Grados los Miembros del Jurado Evaluador del Examen de Suficiencia Profesional integrado por:

Presidente : Dr. Ing. ANWAR JULIO YARIN ACHACHAGUA CIP N° 109600
Secretario : Ing. ROGER MANUEL JESUS SILVA MARES CIP N° 58169
Vocal : Ing. ROLANDO PAZ PURISACA CIP N° 186976

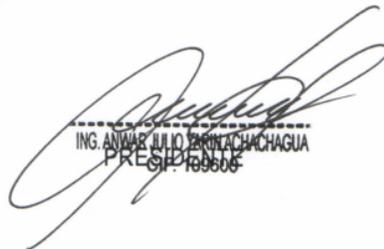
Nombrados según RESOLUCIÓN DE FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y AMBIENTAL N° 325-2016-CO-P-FIMEA, de fecha 25 de Agosto de 2016.

Concluida la Sustentación del Tema de Actualidad se procede a registrar la nota obtenida en el Examen de Conocimientos Profesionales y la nota obtenida en la Sustentación del Tema Especifico de Actualidad, para obtener el Promedio Final del Examen de Suficiencia.

BACHILLER EVALUADO (A): HUARINGA CHURAMPI, Luis Gumercindo

NOTA DEL EXAMEN DE CONOCIMIENTOS PROFESIONALES	NOTA DE SUSTENTACIÓN DEL TEMA ESPECIFICO DE ACTUALIDAD	PROMEDIO	CONDICIÓN	EQUIVALENTE
14	12	13	APROBADO	REGULAR


ROGER MANUEL JESUS SILVA MARES
INGENIERO MECANICO
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 58169
SECRETARIO


ING. ANWAR JULIO YARIN ACHACHAGUA
PRESIDENTE
CIP: 109600


ROLANDO PAZ PURISACA
INGENIERO MECANICO
Reg. CIP N° 186976
VOCAL

DEDICATORIA

Quiero expresar mi profundo agradecimiento a Dios, a mi familia y a mis padres en esta dedicación de mi proyecto de tesis. Agradezco a Dios y a mi familia por su amor y apoyo constante, que me proporcionaron la fortaleza necesaria para superar los desafíos. A mis padres mi gratitud hacia ellos es inmensa, ya que han sido fundamentales en mi desarrollo. Les dedico este proyecto como testimonio de mi aprecio y amor incondicional.

AGRADECIMIENTO

Los logros alcanzados en este proyecto están dedicados a todas aquellas personas que de alguna manera contribuyeron a su conclusión. Quiero expresar mi sincero agradecimiento al Ingeniero Páez Apolinario Eliseo, quien generosamente proporcionó información relevante. Agradezco a mi familia por su constante respaldo, tanto emocional como financiero.

Quiero extender mi gratitud a Dios y expresar mi agradecimiento a mis hijos, Luis Fernando y Sofía Abigail, así como a mi esposa, padres y hermanos. Además, quiero hacer un agradecimiento especial a mi hermano Edgar Moisés, quien ahora está en el cielo, guiándome en cada paso que doy en la vida.

Índice

	Pág.
1.1. INTRODUCCIÓN.....	x
4 CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.2. Descripción de la Realidad Problemática.....	13
1.3. Justificación del Proyecto.....	13
1.4. Delimitación del Proyecto.....	13
1.5. Formulación del Problema.....	14
1.6. Objetivos.....	14
1.7. Objetivo General.....	14
1.8. Objetivos Específicos.....	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	16
2.2 Bases Teóricas.....	16
2.3 Marco Conceptual.....	21
4 CAPÍTULO III: DISEÑO/ DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA/ MODELO/SISTEMA	
3.1 Análisis del modelo/ herramienta/sistema.....	26
3.2 Construcción, diseño o simulación de la herramienta/modelo/ sistema.....	39
3.3 Revisión y consolidación de resultados.....	46
CONCLUSIONES.....	48
RECOMENDACIONES.....	49
BIBLIOGRAFÍA.....	50
ANEXOS.....	51

4 Listado de Figuras.		Pág.
Figura 1	<i>Campeños de la comunidad de Muquiyauyo realizando la mini central hidroeléctrica FEMA año 1920</i>	11
Figura 2	<i>Esquema Típico de un Aprovechamiento Hidroeléctrico</i>	19
Figura 3	<i>Esquema de una Minicentral</i>	20
Figura 4	<i>Imagen de Rodete Francis</i>	22
Figura 5	<i>Imagen del Estator y del Rotor de un Generador Síncrono</i>	23
Figura 6	<i>Imagen de un Generador Asíncrono</i>	24
Figura 7	<i>Ecuación Cálculo del Caudal</i>	26
Figura 8	<i>Método de Nivel con Manguera</i>	28
Figura 9	<i>Formación de los Vectores de Velocidad en las Aspas del Rotor de la Turbina.</i>	30
Figura 10	<i>Organización de los Vectores de Velocidad en la Entrada y Salida del Rodete.</i>	31
Figura 11	<i>Coefficientes Óptimos De Velocidad Del Rodete</i>	33
Figura 12	<i>Esquema General del Montaje de una Turbina Francis</i>	37
Figura 13	<i>Caudales Anual Del Rio Mantaro – Junin</i>	40
Figura 14	<i>Canalización para la Mini Central</i>	41
Figura 15	<i>Reservorio Nuevo Ubicado en la Derecha</i>	42
Figura 16	<i>Reservorio Antiguo Ubicado en la Izquierda</i>	42
Figura 17	<i>Altura del Reservorio hacia el Cuarto de Maquinas</i>	43
Figura 18	<i>Curva Relación Entre Altura y Caudal de los Diferentes Tipos de Turbina</i>	44
Figura 19	<i>Mini central Fema</i>	45

Índice de tablas.	Pág.
Tabla 1 Categorización de las Centrales Hidroeléctricas en Función de su Capacidad Energética	17
Tabla 2 Organización de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas en Función de su Potencia Instalada.	19
Tabla 3 Clasificación de las PCH según su caída	20
Tabla 4 Cuadro de cargas de luminarias de postes a suministrar Clasificación de la turbina según la Velocidad Específica	33
Tabla 5 N_s	35
Tabla 6 Categorización de las turbinas Francis según la velocidad específica	35
Tabla 7 Caudales a los que Trabaja en las Turbinas	38
Tabla 8 Tabla Comparativa de las Características del Generador	46

INTRODUCCIÓN

La electricidad desempeña un papel fundamental en las actividades cotidianas de las personas, gracias a sus ventajas notables, que incluyen su facilidad de uso, las bajas emisiones asociadas a su consumo y su capacidad de ser transportada a largas distancias. Esta fuerte dependencia de la electricidad ha llevado a una búsqueda constante ¹ de nuevas fuentes de energía primaria que puedan convertirse en electricidad. En la actualidad, esta búsqueda se centra en considerar variables y condiciones fundamentales para evaluar la viabilidad de estas fuentes. Uno de los aspectos cruciales es la sostenibilidad de estas fuentes, es decir, su impacto ambiental y su capacidad para perdurar a lo largo del tiempo.

En el trabajo presentado se tomara en cuenta la necesidad del sistema eléctrico en la localidad de Muquiyauyo – Junín que es el alumbrado de algunas zonas, se revisara los conceptos para poder calcular el tipo de turbina y generador para que la mini central FEMA vuelva a entrar en funcionamiento para lo cual tomare los datos recaudados en el mismo lugar de los hechos considerando que la mini central que entra en funcionamiento des de el año 1920 y su ampliación del otro reservorio entra en vigencia en el año 1958, con lo cual producía electricidad para la comunidad de Muquiyauyo y alrededores como la capital de Jauja. Lamentablemente deja de funcionar desde el año 1970 por malos funcionarios de la misma comunidad que lucraron, y dejaron que la mini central FEMA deje de producir. En la actualidad la mini central no cuenta con ningún equipo pues todo fue saqueado lo único aprovechado es la parte civil que aún se encuentra en buen estado.

Figura 1

Campesinos de la comunidad de Muquiayuyo realizando la mini central hidroeléctrica

FEMA año 1920



Fuente: (comunidad campesina muquiayuyo, s.f.)

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la Realidad Problemática

Debido al abandono y deterioro de la mini central hidroeléctrica FEMA, pero conservando su estructura civil, me he planteado como un proyecto la reutilización y funcionamiento de la mini central hidroeléctrica para brindar de energía eléctrica a la comunidad de Muquiyauyo y alrededores ubicado en el Departamento de Junín.

1.2 Justificación del Proyecto

Por ser una de las necesidades de la comunidad de Muquiyauyo, porque hay muchas zonas que aún no se encuentran iluminadas con el alumbrado público, y considerando que la corriente eléctrica que se pueda adquirir de la mini central sea suficiente para cubrir estas necesidades básicas.

4 1.3 Delimitación del Proyecto

El proyecto se ubica en la parte exterior de la comunidad de Muquiyauyo en la provincia de Jauja en el Departamento de Junín cuenta con un área de Producción de aproximadamente de una hectárea, las fechas de lluvia aproximadas en la Sierra Peruana es de noviembre a abril donde se aprovechará el caudal del Rio Mantaro con mayor énfasis

1.4 Formulación del Problema

¿Cómo seleccionar óptimamente la turbina y generador eléctrico adecuado para la mini central hidroeléctrica FEMA??

1.5 Objetivos.

1.5.1 Objetivo General

Establecer los criterios para la selección de la turbina y generador eléctrico de la mini central hidroeléctrica FEMA

1.5.2 Objetivos Específicos

Establecer la altura del reservorio hacia la turbina, la capacidad de almacenaje de agua del reservorio al generador para seleccionar nuestra turbina e identificar el consumo en KW necesario para la iluminación pública y/o otros servicios

4 **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

2.1 Antecedentes de la Investigación

Chancay, Ch. y Chero L. (2014) realizó una investigación en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas titulado "Diseño a nivel preliminar de una pequeña central hidroeléctrica en la provincia de concepción perteneciente al departamento de Junín" para optar el título de Ingeniero Electricista, llegando a las siguientes conclusiones: a) Una dimensión social evidenciada en este estudio respalda la idea de que una ciudad con carencias en el suministro de energía eléctrica impulsa a sus residentes a desplazarse hacia los centros urbanos principales del país en busca de cubrir necesidades fundamentales, tales como salud y educación. Esto se ilustra a través de la disminución en la tasa de crecimiento registrada en la región del 1.1%.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Aspectos generales

La electricidad no se encuentra de forma directa en la naturaleza, en cambio, en la naturaleza se hallan diversas formas de energía primaria que pueden ser transformadas en electricidad. Estas fuentes de energía primaria incluyen, entre otros, la energía geotérmica, mecánica, eléctrica y solar

Las fuentes de energía primaria se la pueden clasificar en dos tipos como lo son:

- Fuentes removable
- Fuentes no removable

2.2.2 Clasificación de las centrales de energía eléctrica

La categorización de las centrales eléctricas se puede llevar a cabo teniendo en cuenta diversos criterios, como la capacidad de potencia que producen y el tipo de fuente de energía primaria que emplean para generar electricidad, entre

otras formas de clasificación.

2.2.2.1 Por la potencia generada

Según la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), la clasificación se establece en función de la cantidad de potencia generada.

Tabla 1

2 Clasificación de las Centrales es Hidroeléctrica según su Potencia

POTENCIAEN (KW)	TIPO
0-50	MICROCENTRAL
50-500	MINICENTRAL
500-5000	PEQUEÑACENTRAL

Fuente: Ortiz Flores Ramiro, Pequeñas centrales hidroeléctricas MC GRAWHILL,2001

2.2.2.2 Por la energía primaria que utilizan

Existen varios métodos para obtener electricidad **1** a partir de las fuentes de energía presentes en el entorno ambiental. A continuación, proporcionaremos una breve descripción de los métodos más significativos.

- Centrales termoeléctricas
- Centrales eólicas
- Centrales fotoeléctricas
- Centrales nucleares

- Centrales termo solares
- Centrales hidroeléctricas

2.2.3 Centrales Hidroeléctricas

Las centrales hidroeléctricas son instalaciones que convierten la energía cinética del agua en energía mecánica, la cual se emplea en un generador para producir electricidad. Debido a su eficiencia destacada, las centrales hidroeléctricas son las más comúnmente utilizadas para la generación de energía eléctrica.

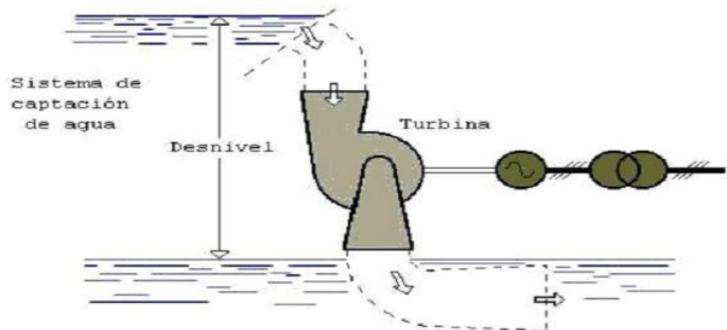
2.2.4 Centrales Hidroeléctricas tipo embalse

Las instalaciones hidroeléctricas con embalse, también llamadas centrales de pie de presa o centrales de regulación, son sistemas que permiten almacenar las aportaciones de agua de un río. Este almacenamiento se realiza mediante la creación de un depósito o la utilización de embalses construidos con otros propósitos, como el riego o el abastecimiento de poblaciones. Estas centrales tienen la capacidad de ajustar el flujo de agua dirigido hacia las turbinas para adecuar la producción de energía eléctrica a la demanda. Las tomas de agua en estas centrales generalmente se encuentran en la propia presa y a una cierta altura, lo que da lugar a dos áreas en el embalse: la zona muerta o el volumen de agua ubicado debajo de la toma, y la zona útil o el volumen de agua sobre la toma. Dependiendo de la cantidad de agua almacenada en la zona útil del embalse, la regulación de la energía generada puede ser horaria, diaria o semanal. (Carta,2009, p.432)

El siguiente diagrama ilustra el proceso de conversión de energía hidráulica en energía eléctrica.

Figura 2

Esquema Típico de un Aprovechamiento Hidroeléctrico



Fuente: <http://www.hidropaute.com/espanol/itecnica/produccion.htm>

2.2.4.1 Clasificación de las mini centrales por la potencia

La OALDE categoriza las Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH) en función de la capacidad de potencia instalada, como se presenta en la tabla que sigue:

Tabla 2

Clasificación de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas según la Potencia Instalada

Potencia(KW)	Tipo
0-50	Micro central
50-500	Mini central
500-5000	Pequeña central

Fuente: Ortiz Flores Ramiro, Pequeñas centrales hidroeléctricas MC GRAWHILL, 2001

2.2.4.2 Clasificación de las mini centrales por la caída:

Tabla 3

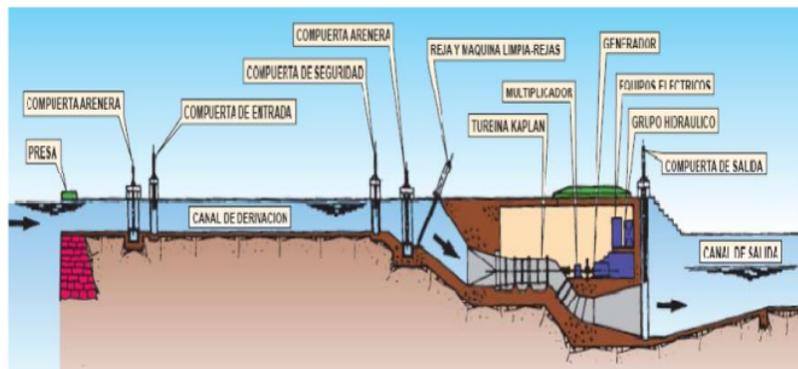
Clasificación de las PCH según su caída

	Baja (m)	Media(m)	Alta(m)
Micro	H<15	15<H>50	H>50
Mini	H<20	20<H>100	H>100
Pequeña	H<25	25<H>130	H>130

Fuente: ORTIZ Flores Ramiro, Pequeñas centrales hidroeléctricas MC GRAWHILL,2001

Figura 3

Esquema de una Minicentral



Fuente: EVE mini hidráulica en el país Vasco, Bilbao, Noviembre1995

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 Turbinas

Estas máquinas tienen la capacidad de convertir ¹ la energía hidráulica en energía mecánica en su eje de salida. Cuando se acoplan a un generador mediante un eje, se habilita la generación de energía eléctrica.

En el contexto de las pequeñas centrales hidroeléctricas, la elección de las turbinas hidráulicas debe realizarse de manera que se optimice su rendimiento, teniendo en cuenta ¹ las características específicas de caudal y desnivel de cada caso. Además, es esencial que estas turbinas sean fáciles de operar y mantener. Es relevante subrayar que las turbinas empleadas en las pequeñas centrales hidroeléctricas operan según ¹ el mismo principio que las turbinas utilizadas en las instalaciones hidroeléctricas de mayor envergadura. A continuación, se describirán algunos conceptos esenciales que orientarán la selección apropiada ¹ de la turbina para una mini central.

2.3.1.1 Clasificación de las turbinas

De acuerdo con el cambio de presión en el rodete o al grado de reacción se clasifican en:

- **Turbinas de acción.** - Se refieren a aquellas en las cuales el fluido no experimenta alteraciones en la presión y densidad al atravesar el rodete.
- **Turbinas de reacción.** - Estas son las turbinas en las que el

fluido experimenta una variación de presión en el rodete.

Por el diseño de rodete:

- Kaplan
- Pelton
- Francis
- Axial

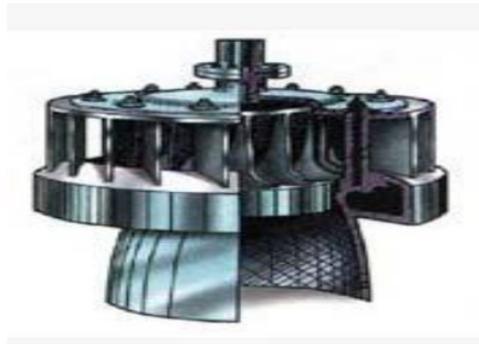
2.3.1.1.1 Turbina Francis

Esta turbina fue diseñada para operar en condiciones de velocidades específicas moderadas, empleando saltos de agua de tamaño mediano y caudales similares. Su eficiencia se encuentra en un rango que varía entre el 87% y el 94%. Esta alta eficiencia, combinada con su rendimiento, ha convertido a este tipo de turbina en la elección predominante a nivel mundial, especialmente en la generación de energía eléctrica en centrales hidroeléctricas

Figura 4

1

Imagen de Rodete Francis



Fuente: <http://inciarco.info/comunidades/showthread.php?t=796>

2.3.2 Generador

² Estas máquinas rotativas que transforman la energía mecánica de rotación que suministran las turbinas en energía eléctrica, en sus terminales.

Pueden ser de dos tipos: síncronos y asíncronos.

2.3.2.1 Generadores síncronos

El generador síncrono opera mediante la creación de un campo magnético en su rotor a través ¹ de una fuente de corriente continua externa. Cuando el rotor gira, se genera un campo magnético rotativo en las bobinas del estator, lo que resulta en la producción de ² energía eléctrica en los terminales de estas bobinas.

Figura 5

Imagen del Estator y del Rotor de un Generador Síncrono



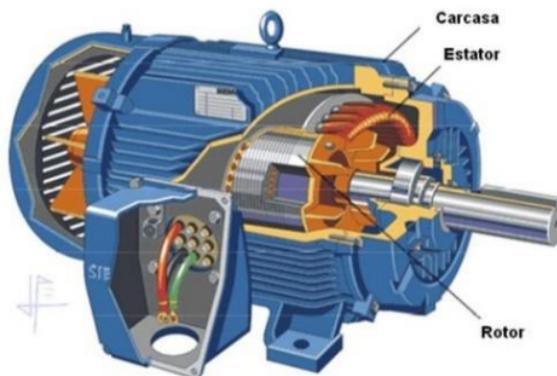
Fuente: http://www.remitec.mex.tl/341945_Productos.html

2.3.2.2 ⁷ Generador asíncrono

En contraste, el generador asíncrono requiere una conexión constante a la red eléctrica para obtener la energía requerida para magnetizarse. Este tipo de generador se utiliza comúnmente en instalaciones de menos de 500 kVA y siempre está interconectado con la red eléctrica.

Figura 6

1 *Generador Asíncrono*



Fuente: <http://www.taringa.net/posts/info/6222991/Motores-asincronos-trifasicos.html>

4
**CAPÍTULO III: DISEÑO/ DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA/
MODELO/SISTEMA**

3.1 ANÁLISIS DEL MODELO/ HERRAMIENTA/SISTEMA

3.1.1 Requerimientos necesarios para la instalación de una mini central

Fundamentalmente, los criterios necesarios para una pequeña planta de energía no difieren de los de una central de generación a gran escala. Estos criterios incluyen:

La cantidad de agua disponible.

La diferencia en altura geodésica (salto de altura).

3.1.1.1 Caudal de agua

Se requiere un flujo constante de agua para asegurar que la mini central pueda funcionar de manera continua; este flujo es esencial ya que será nuestra fuente de suministro principal.

- Cálculo del caudal

La mecánica de fluidos describe el caudal como la cantidad de fluido que se desplaza en una unidad de tiempo, y a veces se le llama caudal volumétrico o tasa de flujo del fluido. La determinación del caudal de agua se basa en la aplicación de la ecuación de continuidad de los fluidos.

Figura 7

Ecuación Cálculo del Caudal

$$Q = V \cdot A$$
$$V = \frac{Q}{A} \rightarrow V = \frac{Q}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}}$$

Fuente: Elaboración propia

¹
Donde es:

- Q: Caudal (m³/s)

- V: Velocidad (m/s)

- A: Sección de la tubería (m²)

Para que el fluido se desplace de un lugar a otro a lo largo de una trayectoria de flujo, se requiere que haya una disparidad ¹ de energía entre estos dos puntos. Estas disparidades de energía indican las pérdidas debidas a la fricción en la trayectoria de flujo, y es importante destacar que la fricción no es uniforme, ya que ¹ depende de la composición del material que forma la trayectoria de flujo.

- La rugosidad superficial del conducto
- La viscosidad del fluido durante su trayectoria
- El régimen de funcionamiento de acuerdo a su flujo másico para determinar el número de Reynolds (régimen laminar o régimen turbulento)

3.1.1.2 Salto geodésico

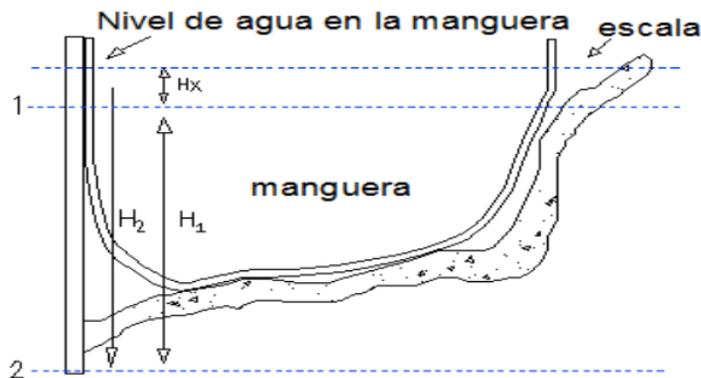
El salto geodésico se refiere a la diferencia de altura en el curso del agua. En esta diferencia de altura, el agua adquiere energía cinética, que luego se utiliza en las turbinas para generar movimiento en el generador.

Un enfoque para calcular los saltos geodésicos es mediante el "método de nivelación con manguera"

Este procedimiento implica el uso de una manguera y/o secciones a ¹escalas. La altura H_x se calcula tomando la discrepancia entre las dos lecturas de las escalas en los puntos donde se encuentra el nivel del ¹agua en la manguera. La altura total del proyecto se obtiene sumando estas discrepancias ¹desde la casa de máquinas hasta el depósito de presión

Figura 8

Método de Nivel con Manguera



Fuente: Ortiz Flores Ramiro, Pequeñas centrales hidroeléctricas MCGRAWHILL, 2001

3.1.2 Turbinas

Determinación de la potencia de una turbina. ³

Calcular la potencia hidráulica de una turbina requiere conocer tanto el caudal de diseño como la altura del salto neto. La ecuación siguiente ilustrará la conexión entre la potencia, el caudal y el salto neto de la turbina.

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H_N \cdot \eta_t$$

$$P_{el\acute{e}ctrica} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H_N}{\eta_t \cdot \eta_m \cdot \eta_g}$$

Donde:

$$\eta_T = \eta_t \cdot \eta_m \cdot \eta_g$$

$$\eta_t \begin{cases} 0.80 \\ 0.95 \end{cases} \quad \eta_m \begin{cases} 0.80 \\ 0.99 \end{cases} \quad \eta_g \begin{cases} 0.92 \\ 0.99 \end{cases}$$

Donde:

P = potencia mecánica en KW.

Q = caudal volumétrico (m^3/s).

H_N = salto neto (mca).

η_t = rendimiento global de la turbina.

η_m = rendimiento de la transmisión mecánica entre turbina y generador.

η_g = rendimiento del generador eléctrico

$P=35000$ w

$H=10,2$ m

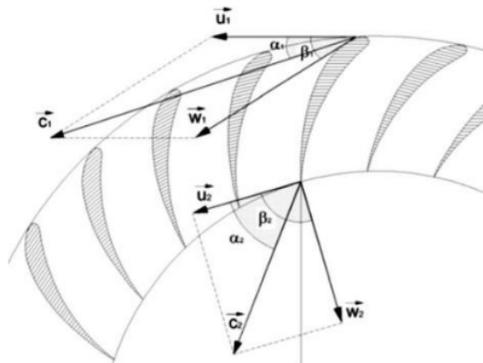
3.1.3. Triángulo de Velocidades

El flujo dinámico axial o radial del agua en las turbinas hidráulicas crea un conjunto de fuerzas vectoriales llamadas velocidades tangenciales, absolutas y relativas en la entrada y salida del rotor, lo que resulta en la generación de velocidades absolutas y tangenciales en estas áreas. En la entrada del rotor, el agua ingresa con una velocidad absoluta \vec{c}_1 y el ángulo α_1 . La velocidad relativa y tangencial conforman un ángulo β_1 .

Como se puede observar en la Figura 9, la velocidad relativa que, en todo momento, como a la entrada como salida del alabe siempre es tangente a su perfil de salida.

3
Figura 9

Composición de los Triángulos de Velocidades de un Rotor de la Turbina.



Fuente: Silva Elías, (2007)

Donde:

\vec{u}_1, \vec{u}_2 = velocidades tangenciales a la entrada y salida del rodete

\vec{c}_1, \vec{c}_2 = componentes de las velocidades absolutas a la entrada y salida del rodete

\vec{w}_1, \vec{w}_2 = componentes de las velocidades relativas a la entrada y salida del rodete

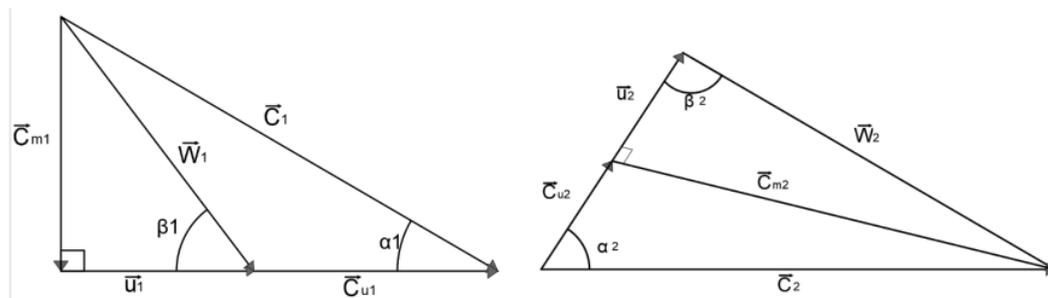
$\vec{c}_{m1}, \vec{c}_{m2}$ = velocidades absolutas en la dirección meridional **3** a la entrada y salida del rodete.

$\vec{c}_{u1}, \vec{c}_{u2}$ = velocidades absolutas **3** en la dirección tangencial a la entrada y salida del rodete.

En la Figura 10, se observa la relación vectorial de las velocidades del flujo de agua.

Figura 10

Configuración del Triángulos de Velocidades en la Entrada y Salida del Rodete.



Fuente: Elaboración propia

Por lo que, ³ efectuando las relaciones trigonométricas en los triángulos de velocidades vistos de las velocidades, se obtiene las siguientes ecuaciones:

$$c_{m1} = c_1 \cdot \text{sen } \alpha_1 = w_1 \cdot \text{sen } \beta_1$$

$$c_{m2} = c_2 \cdot \text{sen } \alpha_2 = w_2 \cdot \text{sen } \beta_2$$

$$c_{u1} = c_1 \cdot \text{cos } \alpha_1$$

$$c_{u2} = c_2 \cdot \text{cos } \alpha_2$$

3.1.2.1 ¹ Criterios para la elección del tipo de turbina

La elección de las turbinas hidráulicas debe basarse en los siguientes criterios:

La diferencia de altura del agua (salto geodésico).

El flujo de agua (caudal).

La velocidad de rotación.

Consideraciones sobre cavitación.

La velocidad de llenado del embalse.

Consideraciones de costos

3.1.2.2 Clasificación según el Rodete

Las turbinas Francis son de diseño radial con admisión centrífuga y un tubo de succión. Estas turbinas se fabrican para operar en condiciones de rendimiento óptimo y se pueden clasificar en ⁶ tres tipos principales: lentas, normales y rápidas. Estas categorías se distinguen entre sí principalmente por ⁶ la forma del rodete.

Utilizando la ecuación fundamental de las turbinas en su estado de rendimiento óptimo $\alpha_2 = 90^\circ$ resulta:

Ecuación fundamental de las turbinas

$$c_1 u_1 \cos \alpha_1 = n_{hid} \cdot g \cdot H_n \quad \text{ó} \quad c_1 n u_1 = n_{hid} \cdot g \cdot H_n$$

Fuente: Ecuación de Euler

⁶ El ángulo β_1 es de gran importancia por su influencia sobre la velocidad tangencial y el número de RPM, y el rendimiento hidráulico oscila en un intervalo de ⁶ 0,85 y 0,95.

Los triángulos de velocidades en la entrada se presentan de acuerdo a la representación mostrada, y se diseñan los rodetes en base a los coeficientes de velocidad óptimos

Figura 11

Coefficientes Óptimos De Velocidad Del Rodete

lentos, $u_1 < c_{1n}$; $\xi_1 < \mu_1$
normales, $u_1 = c_{1n}$; $\xi_1 = \mu_1$
rápidos, $u_1 > c_{1n}$; $\xi_1 > \mu_1$

Tabla 4

Cuadro de cargas de luminarias de postes a suministrar

CUADRO DE CARGAS						
DESCRIPCION	CONSUMO UNITARIO(W)	CANTIDAD	P.I (W)	F.D (%)	MAXIMA DEMANDA (W)	I.N (A)
LUMINARIAS	100	250	25000	0,8	20000	90,91
OTROS EQUIPOS	10000	1	10000	0,8	8000	36,36
POTENCIA TOTAL					28000	127,27
CORRIENTE NOMINAL+ RESERVA (25%)					159,09	

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.3 CÁLCULO DE DISEÑO DE INGENIERIA

CONDICIONES DE DISEÑO:

$$P_e = 2800 \text{ W}$$

Potencia total

$$P_T = \frac{P_e}{n_t \cdot n_m \cdot n_g}$$

$$P_T = \frac{2800}{0,95 \cdot 0,99 \cdot 0,92}$$

$$P_T = 32360 \text{ W}$$

$$P_T = \frac{32360}{750} = 42,57 \text{ HP}$$

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD ROTACIONAL

$$N = \frac{60 \cdot f}{\#P}$$

$$N = \frac{60 \cdot 60}{22}$$

$$N = 163,3 \text{ RPM}$$

CÁLCULO DE LA VELOCIDAD ESPECIFICA

$$H_n = 10,2 \text{ m}$$

$$N = 163,3 \text{ RPM}$$

$$N_s = \frac{N \cdot \sqrt{P_T}}{H_n^{5/4}}$$

$$N_s = \frac{163,3 \cdot \sqrt{42,57}}{10,2^{5/4}}$$

$$N_s = 58,34 \text{ rpm}$$

SELECCIÓN DE LA TURBINA

Una forma de categorizar el tipo de turbina se basa en la potencia en caballos de vapor (CV) en la ecuación, y estos rangos se detallan en la tabla 5:

Tabla 5

Clasificación de la turbina según la Velocidad Específica N_s

TURBINAS PELTON	$N_s \leq 100$
TURBINAS FRANCIS	$50 \leq N_s \leq 350$ (400)
TURBINAS KAPLAN	$N_s \geq 300$

Fuente: Héctor García Gutiérrez, Arturo Nava Mastache

Como se puede notar en esta clasificación, el espectro de las turbinas Francis es muy amplio, ya que abarca una parte de las turbinas Pelton y también de las turbinas Kaplan. Además, esta tendencia a ampliarse continúa con valores de N_s en el orden de 400.

Con base en la velocidad específica, las turbinas de reacción del tipo Francis se pueden clasificar según la Tabla 6, que presenta la ecuación que vincula la velocidad específica con la altura de diseño, la potencia necesaria y las revoluciones. Esta clasificación permite categorizar las turbinas Francis en diversas clases según su velocidad específica, expresada en unidades del S.I.

Tabla 6

Categorización de las turbinas Francis según la velocidad específica

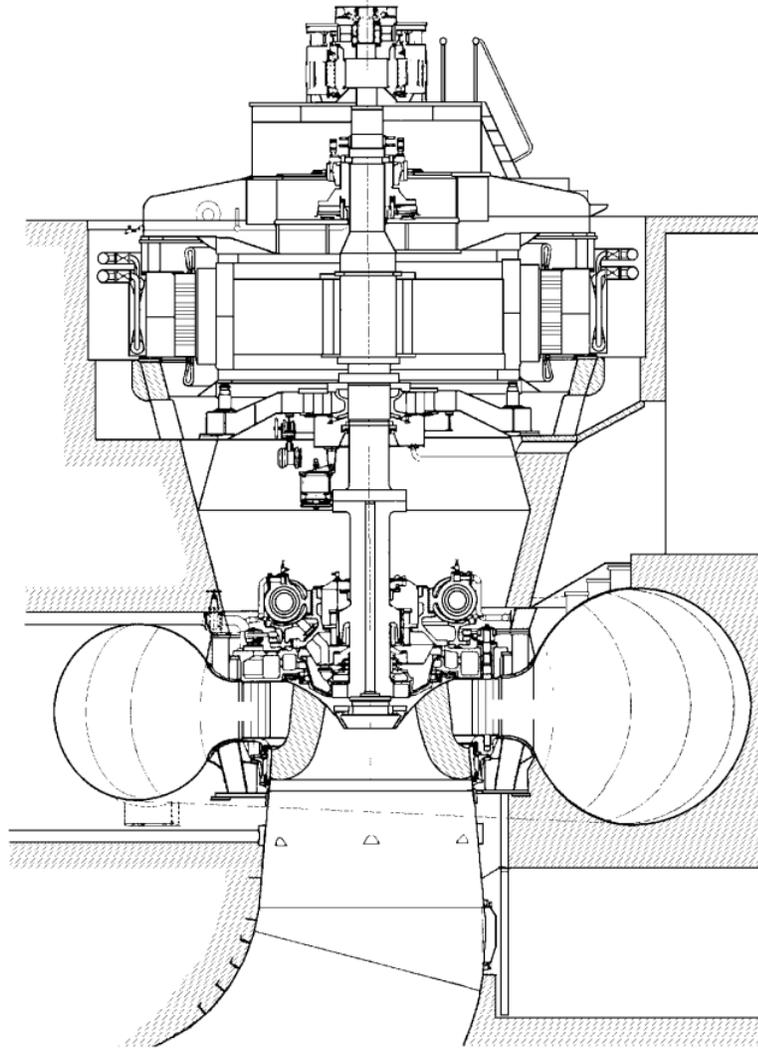
LENTA	$50 \leq N_s < 150$	$(D1 > D3)$
NORMAL	$150 \leq N_s < 250$	$(D1 \cong D3)$
RÁPIDA	$250 \leq N_s \leq 350$	$(D1 < D3)$

Fuente: Héctor García Gutiérrez, Arturo Nava Mastache

Es importante destacar que la clasificación mencionada anteriormente puede experimentar cambios según el ⁵ criterio de los fabricantes y el año en que se diseñe la turbina. Sin embargo, la mayoría de estas máquinas se ajustan a dicho criterio. En base a lo expuesto, se llega a la conclusión de que la elección más adecuada sería una turbina Francis de tipo lenta.

Figura 12

3 *Esquema General del Montaje de una Turbina Francis*



Fuente: Fernández Diez, (1996).

2.1.2.3 ¹ Resumen y caudales a los que trabajan las turbinas

La tabla a continuación presenta un resumen de los flujos de agua y las alturas a las que operan cada una de las turbinas

Tabla 7

Caudales a los que Trabaja en las Turbinas

² Tipo de turbina	Horquillas de salto
Kaplan y hélice	$2 < H < 20$
Francis	$6 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1300$
Michel-banki	$3 < H < 200$
Turgo	$50 < H < 250$

Fuente: Ortiz Flores, Ramiro Pequeñas centrales hidroeléctricas, McGrawHill, 2001

3.1.3 Generador

3.1.3.1 Criterios para la elección del generador

- Tensión eléctrica requerida
- Cantidad de energía a producir
- Velocidad de rotación
- ¹ Tipo de conexión entre la turbina y el generador
- Para potencias elevadas, se aconseja utilizar generadores síncronos
- En instalaciones de menor escala, se sugiere emplear generadores asíncronos

3.1.3.2 ¹ Cálculo y dimensionamiento del generador

Elegiremos la potencia del generador basándonos en el cálculo de la potencia que puede ser generada, utilizando la fórmula que se presenta a continuación:

Potencia en vatios (W) = Caída de agua (metros) x Caudal en litros por segundo x 6 (factor).

Para elegir la potencia adecuada de nuestro generador, es crucial realizar este cálculo con precisión.

Consumo: Se refiere a la potencia que utiliza la carga y se suele medir en KW o Kva durante un determinado período de tiempo, con un valor específico de factor de potencia.

Consumo máximo: Corresponde al nivel más alto de demanda registrado en una instalación o sistema durante un periodo de tiempo específico, generalmente en horas.

Factor de utilización: En muchas ocasiones, la carga no mantiene una constancia a lo largo del año o durante un período determinado que se considere representativo. Esto se debe a que, por ejemplo, en las industrias, estos valores varían según la producción estacional de la misma.

3.2 CONSTRUCCIÓN, DISEÑO O SIMULACIÓN DE LA HERRAMIENTA/MODELO/ SISTEMA

3.2.1 Calculo de la Turbina

En la siguiente tabla del COES nos indica el caudal mensual durante los años del 1995 al 2004

Figura 13

Caudales Anual Del Rio Mantaro – Junin

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Ene	61.4	96.1	98.2	169.1	152.2	271.5	357.4	238.4	348.2	124.5
Feb	106.8	171.5	211.9	320.9	300.2	376.2	421.4	326.9	405.0	196.5
Mar	259.5	251.2	285.8	421.4	424.7	441.2	434.3	438.0	441.2	238.4
Abr	317.9	317.9	303.1	441.2	451.4	441.2	441.2	441.2	441.2	252.0
May	310.8	326.9	303.1	434.6	454.2	441.2	441.2	441.2	438.0	238.4
Jun	265.9	294.4	268.7	388.9	434.6	438.0	428.0	409.3	392.1	222.4
Jul	222.4	246.6	227.7	335.9	395.3	392.1	388.9	363.6	335.9	209.3
Ago	147.6	191.4	176.4	260.3	329.9	342.0	320.9	294.4	277.2	131.3
Set	103.3	126.8	133.6	193.9	285.8	274.4	268.7	217.1	201.6	102.5
Oct	73.3	77.4	81.5	176.4	241.1	241.1	209.3	191.4	113.4	91.5
Nov	49.8	46.0	79.4	142.8	164.2	157.0	214.5	238.4	73.3	79.4
Dic	51.2	57.5	81.5	106.8	183.9	183.9	227.7	297.3	102.5	131.3

Fuente: www.coes.org.pe/dataweb/2004

La Mini Central FEMA utiliza el flujo del río Mantaro, a través de un canal de conducción que dirige el agua hacia la mini central

Figura 14

Canalización para la Mini Central



Fuente: Elaboración propia

Posee una longitud de aproximadamente 2 metros y una profundidad de 2 metros.

Su velocidad se estima en alrededor de 0.75 metros por segundo.

Por lo tanto, para determinar el caudal promedio

$$Q = V \times A$$

Reemplazando

$$Q = 0.75 \times (2 \times 2) \text{ m}^3/\text{s}$$

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

Tiene dos reservorios de agua:

Figura 15

Reservorio Nuevo Ubicado en la Derecha



Fuente: Elaboración propia

Figura 16

Reservorio Antigo Ubicado en la Izquierda



Fuente: Elaboración propia

- Utilizando método de nivel con manguera
- Se obtuvo un salto neto de 8 metros

Figura 17

Altura del Reservorio hacia el Cuarto de Maquinas

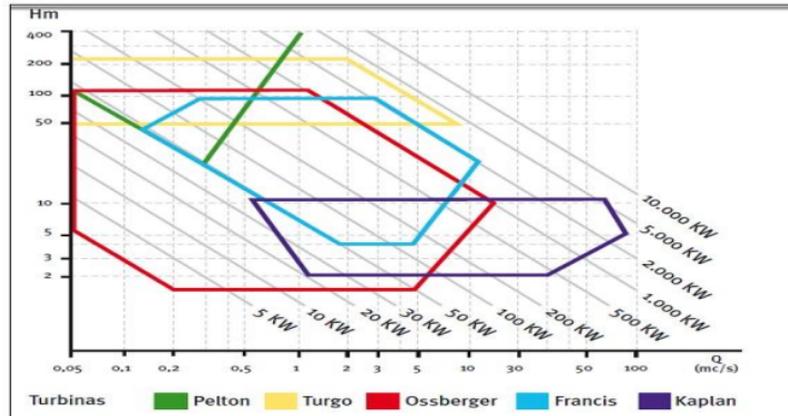


Fuente: Elaboración propia

A partir de los valores ¹ de alturas y caudales proporcionados en la tabla, procedemos a seleccionar el tipo de turbina que sería adecuado para la mini central FEMA. La elección de la turbina debe cumplir con ciertos requisitos para garantizar un rendimiento óptimo dadas las condiciones de altura y caudal en la planta. Para este propósito, nos apoyaremos en el diagrama que relaciona saltos de agua y tipos de turbinas

Figura 18

Curva Relación Entre Altura y Caudal de los Diferentes Tipos de Turbina



Fuente: Manual de energías renovables

A partir de los datos obtenidos en la curva, hemos identificado que, para las condiciones de caudal y alturas específicas de la mini central FEMA, las opciones de turbinas adecuadas incluyen los tipos Kaplan, Francis y Ossberger (también conocidas como turbinas Michel Banki).

Como resultado del análisis de las turbinas, hemos optado por la utilización de una turbina tipo Francis de eje horizontal debido a las siguientes consideraciones:

- Esta turbina mantiene un rendimiento constante en diferentes flujos de agua de entrada.
- La construcción de la infraestructura civil requerida no implica cambios significativos en las estructuras existentes.
- Al no realizar modificaciones sustanciales en las instalaciones actuales, se minimizará el impacto generado por el proyecto.

3.2.2 Elección del generador

Al seleccionar el generador, debemos tener en cuenta que en la Comunidad de Muquiyauyo actualmente hay 150 postes de luz, y se espera iluminar aproximadamente 100 postes adicionales en áreas no cubiertas. Dado que cada poste consume entre 80 y 120 watts, estimamos una demanda máxima de 20,000 watts para los 100 postes adicionales, lo que equivale a 0.25 MW.

Y otros equipos eléctricos que consumen aproximadamente 0.1MW

Tendríamos una necesidad básica de 0.35 MW

Figura 19

Mini central Fema



Fuente: Elaboración propia

3.2.2.1 Selección del generador.

En el mercado, los generadores más comúnmente empleados ⁷ son el generador síncrono y el asíncrono. La tabla siguiente detalla algunas de las características fundamentales de estos generadores.

Tabla 8

Tabla Comparativa de las Características del Generador

TABLA DE COMPARACIÓN	
GENERADOR DE INDUCCIÓN	GENERADOR SÍNCRONO
ESTRUCTURA DEL ROTOR	
Barras de cobre no aisladas	Cable o barras aisladas
Relativamente pocos conductores ⁸	Bobinado con muchas vueltas
Pocas pero grandes conexiones soldadas	Muchas pequeñas conexiones
Pocos componentes básicos	Muchos componentes básicos
EXCITACIÓN	
Requiere una fuente externa	Necesidad de un medio de excitación de Corriente continua
No existen ni las escobillas ni los anillos rozantes ¹⁰	Escobillas, anillos rozantes o imanes permanentes
CONEXIÓN A LA RED	
Mínima alteración, ya que utiliza un dispositivo que va midiendo la velocidad y cierra en contacto cuando se alcanza la velocidad de sincronismo	Requiere un complejo equipamiento para el control y sincronización
COSTES	
Bajo precio	Alto precio

¹ Fuente: Harper William, manual de instalaciones eléctricas

A partir de los datos presentados en la tabla 6, se puede concluir que el generador de inducción es la opción más adecuada para las mini centrales, ya que ofrece las características óptimas para su implementación en proyectos hidroeléctricos de pequeña escala, como un generador de 0.2 MW.

3.2.2.2 Tensión de los generadores

La tensión de los generadores que emplearemos en la planta de tratamiento será de 440V, ya que este valor es una norma estándar para motores de la potencia que tendrán las turbinas.

3.3 REVISIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS

Como es bien sabido, en el mercado existen numerosas ofertas de mini turbinas que se fabrican en serie para reducir costos. Por lo tanto, hemos realizado un cálculo orientativo de los componentes de estas turbinas, ya que al momento de llevar a cabo el proyecto, esta podría ser la opción más viable. A partir de los resultados obtenidos en el cálculo de los componentes de las mini turbinas para la mini central FEMA, podemos notar que las dimensiones son aproximadas entre sí. Esto se debe a que, en potencias pequeñas, las variaciones en el rendimiento no tienen un impacto significativo en la potencia de salida de las turbinas.

A partir de la información sobre el flujo de entrada a la planta, podemos deducir las siguientes observaciones:

El flujo de entrada a la planta se mantiene bastante constante, lo cual es una ventaja.

Los meses que muestran una disminución en el flujo de entrada son los comprendidos entre julio y noviembre de cada año.

CONCLUSIONES

- A través de los cálculos efectuados y respaldados por los gráficos que relacionan el salto de agua con el tipo de turbina, se ha determinado que la mini central hidroeléctrica funcionará con una turbina Francis J.M.VOITH con una velocidad de rotación de 500 RPM y un salto neto de 10.2 metros. Además, se utilizará un generador eléctrico de la marca SIEMENS, modelo WJF, con una potencia efectiva de 0.2 MW, una tensión de 4.4 KV y una velocidad de rotación de 500 RPM.
- La altura del embalse se establece en 10.2 metros, y según los cálculos teóricos, la mini central debería ser capaz de satisfacer la demanda de energía para el funcionamiento del alumbrado público. Esto se debe a que este sistema requiere 100 kW de carga, y las mini centrales tienen la capacidad de generar 155 kW.

RECOMENDACIONES

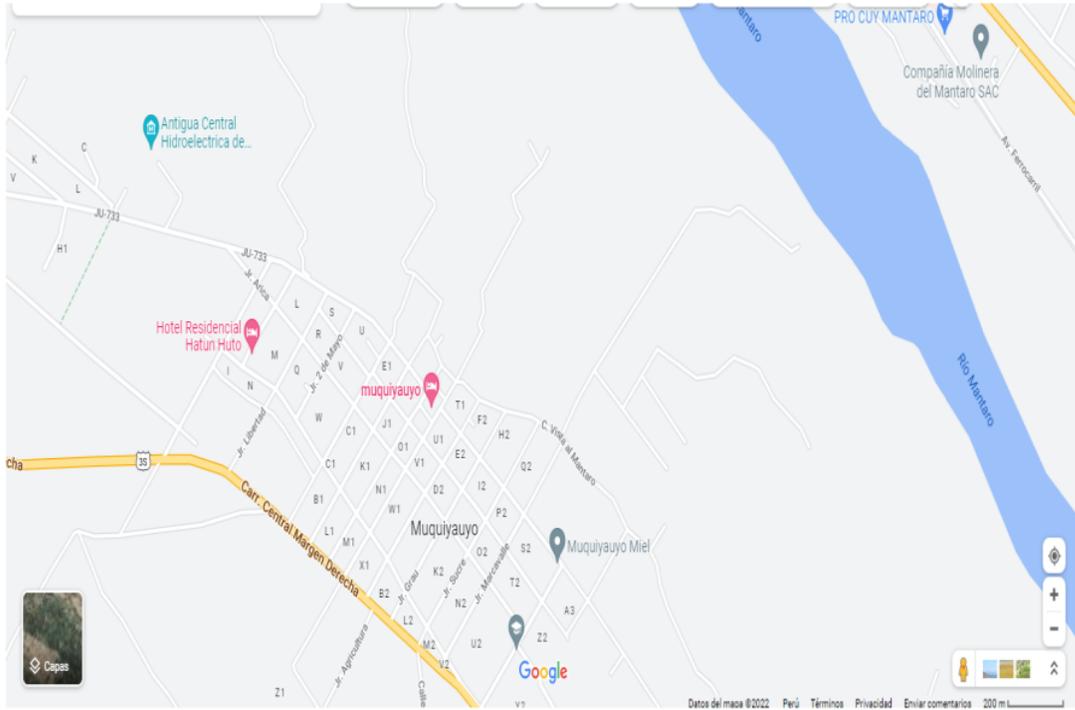
- Al seleccionar la turbina y el generador, es esencial considerar tanto el salto de agua como el flujo constante, incluso durante la temporada de menor caudal.
- Se debe llevar a cabo un control continuo de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, en los sistemas de conducción para prevenir posibles averías y garantizar un rendimiento óptimo de la turbina. Esto es fundamental para evitar que afecte negativamente a la generación eléctrica.
- Es importante evaluar de manera constante si la potencia generada cumple con los requisitos de carga necesarios para la iluminación de la comunidad de Muquiyauyo - Huancayo.

BIBLIOGRAFÍA

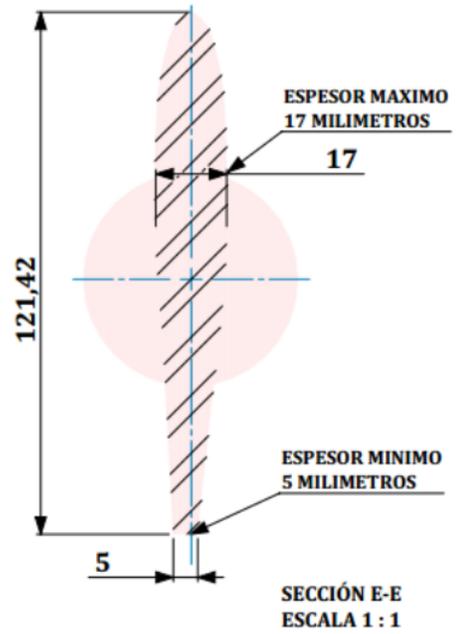
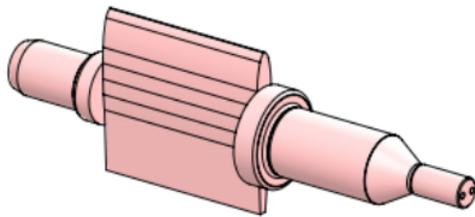
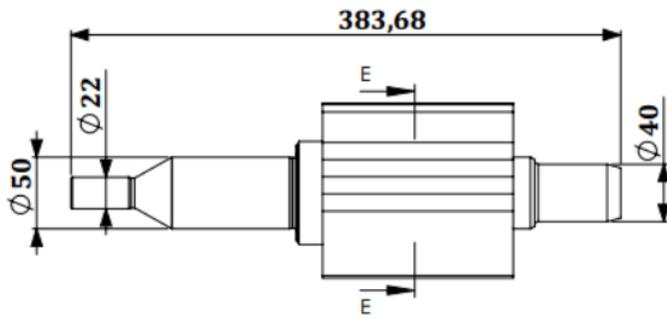
- STEPHEN j. (2000). Chapman, Máquinas eléctricas, 3 edición, editorial Mc México: Graw hill,
- GRAINGER Jhon j. (2002). William d. Stevenson jr. 1 edición Mexico: McGraw hill, 2002
- VIII encuentro latinoamericano y del Caribe sobre pequeños aprovechamientos hidroenergeticos1999
- ORTIZ Ramiro “ pequeñas centrales hidroeléctricas” segunda edición, editorial mexicana 1982
- Seminario de centrales mini eléctricas; Recuperado de: <http://www2.ing.puc.cl/ich/DIHA%203.0/Seminarios/Tehel%20-2021%20junio.pdf>
- Recuperado de : <http://www.itdg.org.pe/>
- Recuperado de: http://www.meer.gov.ec/index.php?searchword=PROYECTOS&ordering=&searchphrase=all&Itemid=1&option=com_search
- Recuperado de: <http://www.cc.muquiyauyo.org>

ANEXOS

UBICACIÓN DEL DISTRITO DE MUQUIYAUYO - HUANCAYO - JUNIN

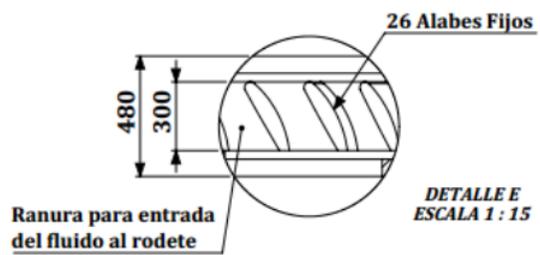
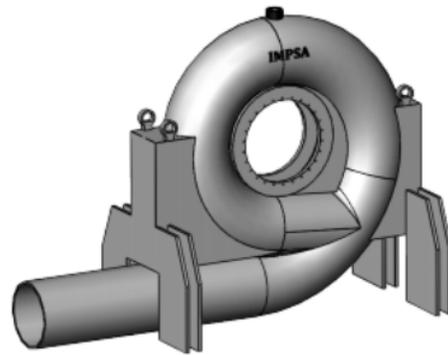
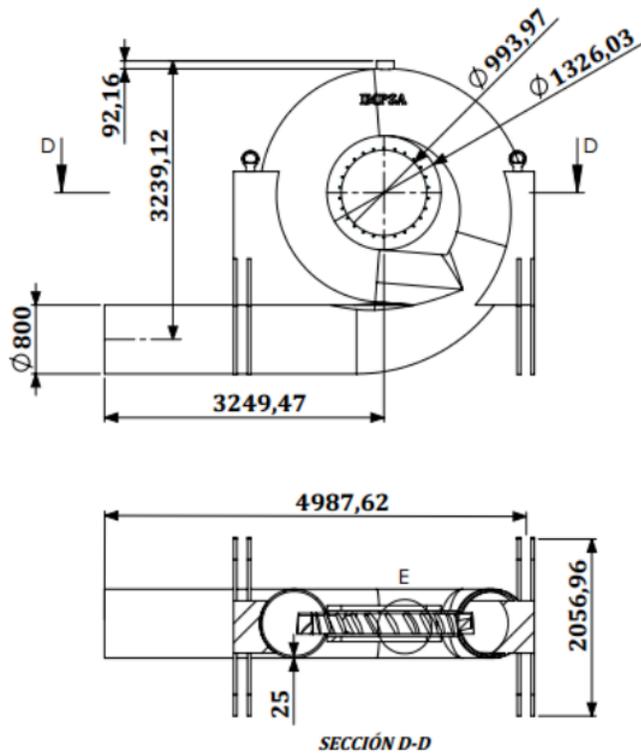


PLANO ALABE DIRECTRIZ - TURBINA



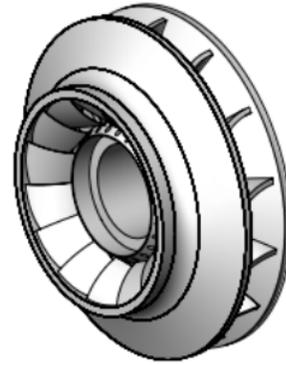
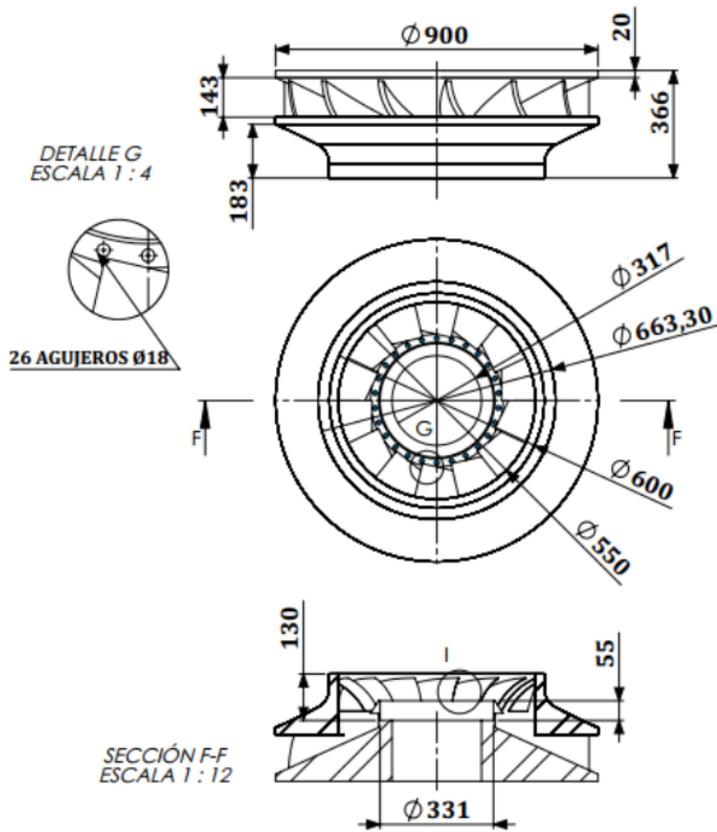
PIEZA	CANTIDAD	MATERIAL	UNIDAD
ALABE DIRECTRIZ	26	ACERO	mm

PLANO CAMARA ESPIRAL -TURBINA



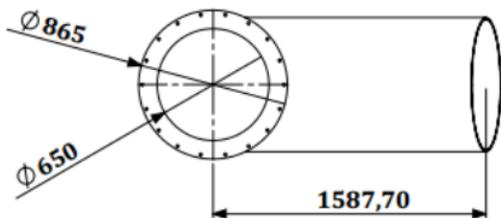
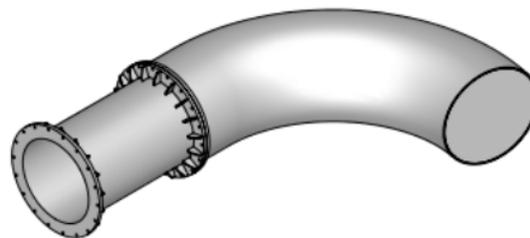
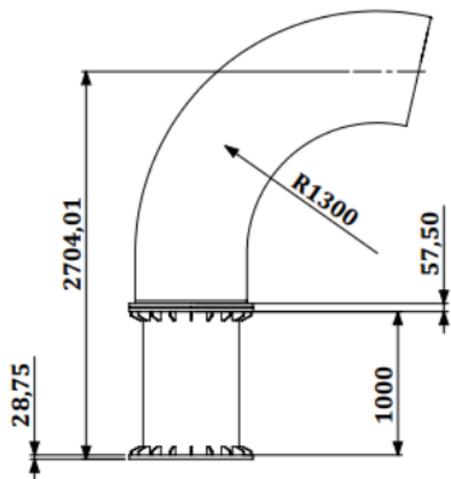
PIEZA	CANTIDAD	MATERIAL	UNIDAD
CAMARA ESPIRAL	01	ACERO	mm

PLANO RODETE FRANCIS



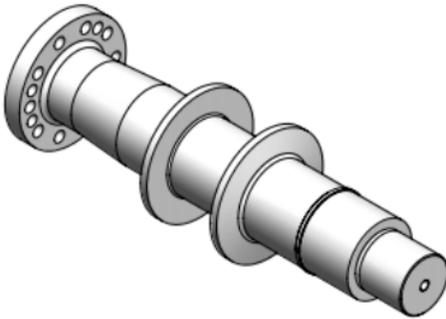
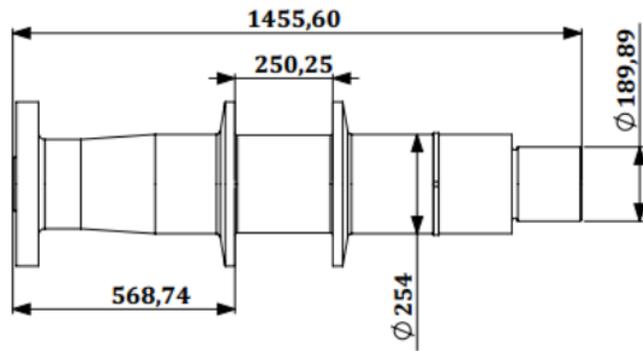
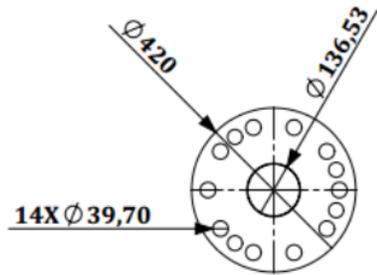
PIEZA	CANTIDAD	MATERIAL	UNIDAD
RODETE FRANCIS	01	ACERO	mm

PLANO TUBO DIFUSOR - TURBINA



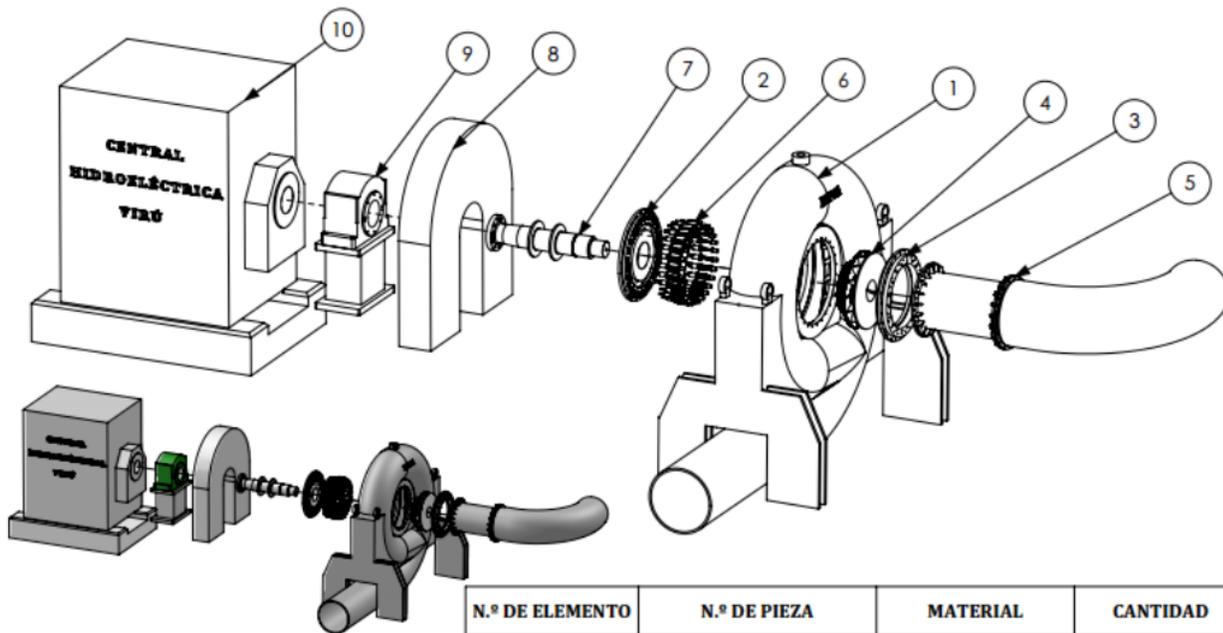
PIEZA	CANTIDAD	MATERIAL	UNIDAD
TUBO DIFUSOR	01	ACERO	mm

PLANO EJE - TURBINA



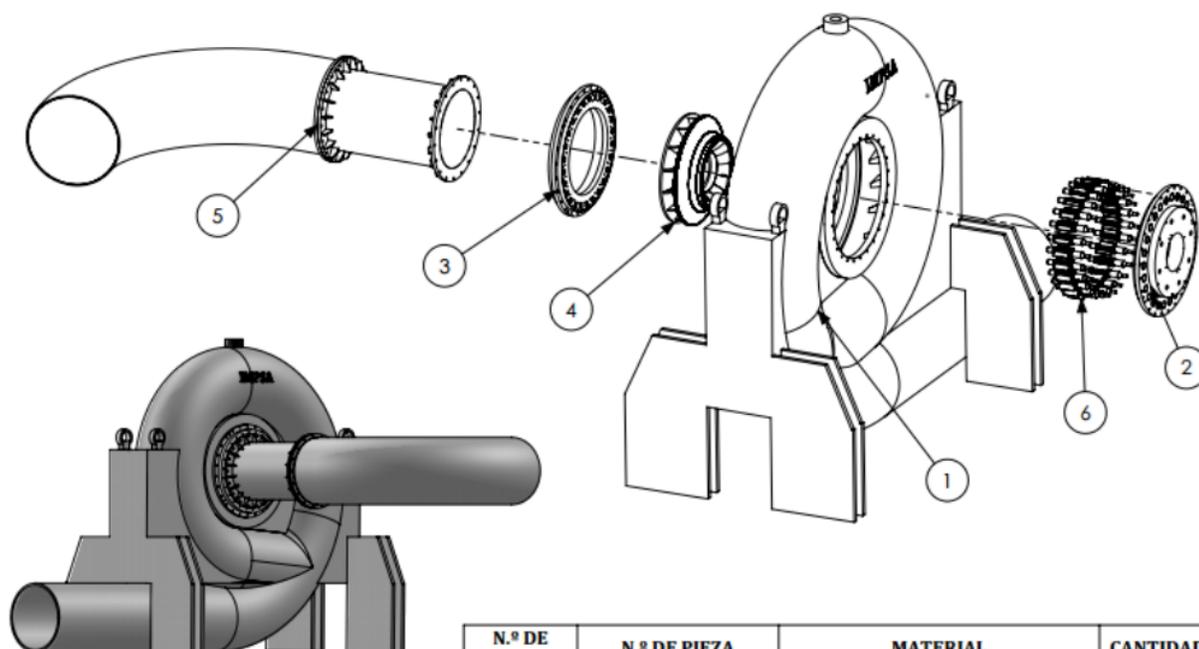
PIEZA	CANTIDAD	MATERIAL	UNIDAD
EJE	01	ACERO	mm

VISTA EXPLOSIONADA GRUPO DE GENERACIÓN ELÉCTRICA



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD
1	CAMARA ESPIRAL		1
2	TAPA SUPERIOR		1
3	TAPA INFERIOR		1
4	RODETE FRANCIS		1
5	TUBO DIFUSOR		1
6	ALABE DIRECTRIZ		26
7	EJE		1
8	FRENO DE TURBINA		1
9	COJINETE		1
10	GENERADOR ELECTRICO		1

VISTA EXPLOSIONADA - TURBINA FRANCIS



N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD
1	CAMARA ESPIRAL	ACERO	1
2	TAPA SUPERIOR	ACERO	1
3	TAPA INFERIOR	ACERO	1
4	RODETE FRANCIS	ACERO	1
5	TUBO DIFUSOR	ACERO	1
6	ALABE DIRECTRIZ	ACERO	26

SELECCIÓN DE LA TURBINA Y GENERADOR PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA MINI CENTRAL FEMA

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	7%
2	1library.co Fuente de Internet	3%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3%
4	repositorio.untels.edu.pe Fuente de Internet	3%
5	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
6	idoc.pub Fuente de Internet	1%
7	html.rincondelvago.com Fuente de Internet	1%
8	gredos.usal.es Fuente de Internet	1%
9	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	

1 %

10

rabfis15.uco.es

Fuente de Internet

1 %

11

repository.unab.edu.co

Fuente de Internet

1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Activo