

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA



**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PICO CENTRAL
HIDROELÉCTRICA, EN LA QUEBRADA HONDA RÍO SECO EN EL
SECTOR EL PALMO - CENTRO POBLADO LA CASCARILLA – JAÉN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO
ELECTRICISTA**

AUTORES: Bach. Cerdán Monteza Junior Franklin

Bach. Camacho Brito Ivan

ASESORES:

Dr. Ing. Ricardo Ángel Shimabuku Ysa

Mg. Ing. Montenegro Juárez Jannier Alberto

JAÉN-PERÚ, MARZO 2024

NOMBRE DEL TRABAJO

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PICO
CENTRAL HIDROELÉCTRICA, EN LA QUE
BRADA HONDA RÍO SECO EN EL SECTOR**

AUTOR

**Junior Franklin Cerdán Monteza Ivan Ca
macho Brito**

RECUENTO DE PALABRAS

15872 Words

RECUENTO DE CARACTERES

85398 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

110 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.4MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 2, 2024 4:40 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 2, 2024 4:42 PM GMT-5

● 16% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 6% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
Dr. Alexander Humán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

Resumen

FORMATO 03: ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 24 de julio del 2024, siendo las 16:00 horas, se reunieron de manera presencial los integrantes del Jurado:

Presidente: Mg. Jaime Odar Honorio Acosta

Secretario: Mg. José Andrés Fernández Mera

Vocal: Dr. Deibi Eric García Campos

Para evaluar la Sustentación del **Informe Final** de:

- Trabajo de Investigación
 Tesis
 Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA PICOCENTRAL HIDROELÉCTRICA EN LA QUEBRADA HONDA RIO SECO EN EL SECTOR EL PALMO - CENTRO POBLADO LA CASCARILLA - JAÉN**, cuyos autores son los estudiantes/egresados/ bachilleres: Camacho Brito Ivan y Cerdán Monteza Junior Franklin, de la Carrera Profesional de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

Aprobar Desaprobar Unanimidad Mayoría Con la

siguiente mención:

a) Excelente	18,19,20	()
b) Muy bueno	16, 17	()
c) Bueno	14, 15	(15)
d) Regular	13	()
e) Desaprobada	12 ó menos	()

Siendo las 16:30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.



Secretario
Mg. José Andrés Fernández Mera



Presidente
Mg. Jaime Odar Honorio Acosta



Vocal
Dr. Deibi Eric García Campos

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
2.1. Objeto de estudio.....	13
2.2. Localización del Proyecto.....	13
2.3. Población, muestra y muestreo.....	14
2.5. Materiales.....	14
2.5.1. Equipos.....	14
2.6. Características del Proyecto.....	15
2.7. Procedimiento.....	16
2.7.1. Cálculos para determinar los parámetros de diseño.....	16
2.7.2. Elaboración del plano de construcción.....	16
2.7.3. Obras civiles.....	17
2.7.4. Determinación del costo económico y financiero del proyecto.....	17
III. RESULTADOS.....	17
3.1. Requerimiento Energético.....	17
3.2. Caudal disponible.....	17
3.2.1. Medición del caudal con flotador.....	17
3.2.2. Determinación del caudal de diseño.....	20
3.3. Altura.....	20
3.3.1. Altura bruta.....	20
3.3.2. Altura neta.....	21
3.3.3. Topografía del terreno.....	21
3.4. Cálculo del diámetro interno de la tubería de presión.....	23
3.5. Diagrama de Moody.....	24
3.5.1. Determinación de la rugosidad relativa (ϵ).....	25
3.5.2. Determinación del número de Reynolds.....	26
3.5.3. Determinación de las pérdidas primarias (Hrp).....	27
3.5.4. Determinación de las pérdidas secundarias (Hrs).....	28
3.5.4.1. Pérdidas por conexión, cámara de carga con tubería de presión K1.....	31
3.5.4.2. Pérdidas en válvula de compuerta. K2.....	31
3.5.4.3. Pérdidas por acoplamientos de la tubería de presión k3.....	31
3.5.4.5. Pérdidas en contracción brusca de la tubería (reducción de 3 in a 1in) K4B.....	31
3.6. Obras Civiles.....	34
3.6.1. Obras de captación.....	34
3.6.2. Obras de captación directa.....	35
3.7. Sistema de Conducción.....	35
3.7.1. Dimensionamiento del desarenador y tanque de presión.....	35
3.7.2. Cálculo de las paredes del tanque.....	41
3.7.3. Altura mínima del agua sobre la tubería de presión.....	42
3.7.4. Diseño de la Turbina y Generador en Casa de Máquinas.....	44

3.8.	Parámetros de diseño de la turbina Pelton.....	50
3.8.1.	Velocidad de entrada del agua en la tobera.....	51
3.8.5.	Rendimiento del inyector.....	55
3.8.6.	Geometría de la cuchara Pelton en función del diámetro del chorro.....	56
3.8.6.1.	Dimensiones de la cuchara.....	56
3.8.6.2.	Número de cucharas.....	56
3.8.6.3.	Ancho de la cuchara “B”.....	57
3.8.6.4.	Profundidad de la cuchara (t) según tabla varía de 0,6d hasta 0,9d.....	57
3.8.6.5.	Largo de la cuchara (L) según tabla de 2,3d hasta 2,8d.....	58
3.8.6.6.	Punto de cruce de las trayectorias de dos álabes continuos.....	58
3.8.6.7.	Espesor de los álabes o cucharas.....	59
3.8.7.	Fuerza radial centrífuga F_c	59
3.8.8.	Fuerza del chorro.....	59
3.8.9.	Fuerza que imprime el chorro de agua sobre los álabes (T).....	60
3.9.	Sistema Electromecánico.....	61
3.9.1.	Sistema Electromecánico.....	61
3.9.2.	Generador eléctrico.....	61
3.9.3.	Selección de generador eléctrico.....	62
3.11.	Red eléctrica.....	68
3.11.1.	Tipo de cable seleccionado.....	68
3.12.	Sistema de protección.....	69
3.12.1.	Instalación de pararrayo.....	69
3.12.2.	Instalación de pozo a tierra.....	71
3.13.	Manual de operaciones y mantenimiento.....	72
3.14.	Mantenimiento de la pico central hidroeléctrica.....	73
3.15.	Análisis económico.....	73
3.15.1.	Inversión.....	73
3.15.2.	Costos indirectos.....	77
3.15.3.	Valor de la depreciación.....	78
3.15.4.	Determinación del costo de la energía.....	78
3.15.4.1.	Mantenimiento.....	78
3.16.	Costo anual equivalente de la inversión y mantenimiento.....	82
3.17.	Costo nivelado de la energía (LCOE).....	82
3.18.	Flujo de caja.....	83
3.19.	Determinación del VAN y TIR.....	84
3.20.	Relación beneficio / costo.....	87
3.21.	Instalación de las obras civiles.....	88
3.21.1.	Desarenador y tanque de Presión.....	88
3.21.2.	Tubería de presión y conducción.....	90
3.21.3.	Instalación de la turbina y generador.....	91
3.21.4.	Prueba en marcha y funcionamiento.....	92
4.	DISCUSIONES.....	95
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	96
5.1.	Conclusiones.....	96
5.2.	Recomendaciones.....	96
6.	BIBLIOGRAFÍA.....	97

7.	ANEXO.....	100
7.1.	Plano topográfico del área del proyecto.....	100
7.2.	Cotizaciones, sustento de los costos de instalación.	101
7.2.1.	Gastos generales.	101
7.2.2.	Compra de la turbina Pelton	102

ÍNDICE DE TABLA

Tabla N°1	:Requerimiento energético en el sector El Palmo	17
Tabla N°2	: Tiempos medidos en épocas de invierno.....	18
Tabla N°3	: Factor de potencia.	19
Tabla N°4	: Rugosidad Absoluta	26
Tabla N°5	: Propiedades Físicas del agua.....	27
Tabla N°6	: Valores de K para cálculo de pérdidas locales	29
Tabla N°7	: Valores de Kc para una contracción brusca.....	30
Tabla N°8	: Seleccionamos la eficiencia de grupo generador nGR.	34
Tabla N°9	: Dosificación de concreto – cantidad por metro cúbico.	46
Tabla N°10	: Velocidad máxima del agua.	49
Tabla N°11	:Dimensiones de las cucharas Pelton en función del diámetro del chorro	58
Tabla N°12	:Selección del generador de acuerdo a la potencia de salida.....	62
Tabla N°13	: Valores de C de corrección de potencia, según la condición de trabajo.	64
Tabla N°14	:Selección de sección de banda de la correa	65
Tabla N°15	: Fracción de tabla de correas trapezoidales norteamericanas.....	67
Tabla N°16	: Tabla de datos técnicos de cable de cobre THW	68
Tabla N°17	: Radios de protección.	70
Tabla N°18	: Costos directo del proyecto.....	73
Tabla N°19	: Costo por Topografía	74
Tabla N°20	: Costos de transporte.	74
Tabla N°21	: Costos para las obras civiles	74
Tabla N°22	: Fuente: Elaboración Propia.	75
Tabla N°23	: Costo de la tubería de presión y accesorios.....	75
Tabla N°24	: Costo de materiales de la instalación eléctrica.....	76
Tabla N°25	: Costo por mantenimiento	76
Tabla N°26	: Costo de materiales de mantenimiento	77

Tabla N°27 : Costos indirectos del proyecto.	77
Tabla N°28 : Costos de la pico central hidroeléctrica.....	77
Tabla N°29 : Cantidad de horas paradas por mantenimiento de la Pico Central.	79
Tabla N°30 : Producción de energía en un año	80
Tabla N°31 : Valor actual.....	81
Tabla N°32 : Costo de la energía consumida.....	83
Tabla N°33 : Flujo de caja anual del proyecto de la PCH.	83
Tabla N°34 : Cálculo del TIR.....	86
Tabla N°35 : Beneficio total.....	87

ÍNDICE DE GRÁFICAS

GRÁFICA N°1 : Curva duración de caudales:	20
GRÁFICA N°2 : Diagrama de Moody	25
GRÁFICA N°3 : Selección eficiencia de turbina con relación a caudal.....	33
GRÁFICA N°4 : El módulo de elasticidad del concreto	47

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N°1	:Sector El palmo – Santa Maria – C.P. La Cascarilla.	13
FIGURA N°2	: Topografía del área de ejecución del proyecto.	22
FIGURA N°3	: Resistencia al flujo en conducto a presión.	29
FIGURA N°4	: Relación valor de K1 con diámetros D1/D2.	30
FIGURA N°5	: Desarenador y tanque de presión.	39
FIGURA N°6	: Medidas del Desarenador y tanque de presión	39
FIGURA N°7	: Angulo de entrada del desarenador y tanque de presión.	40
FIGURA N°8	: Medidas de entrada del desarenador y tanque de presión.	40
FIGURA N°9	: Salida de la parte frontal del tanque de presión	41
FIGURA N°10	: Altura mínima del agua sobre la tubería de presión.	43
FIGURA N°11	: Ubicación del sistema de generación en la casa de máquinas.	44
FIGURA N°12	: Soporte de Generador y turbina	45
FIGURA N°13	: Soporte de la turbina.	45
FIGURA N°14	: Altura del Soporte de Turbina y Generador.	46
FIGURA N°15	: Descripción de dimensiones del canal de descarga.	50
FIGURA N°16	: Trayectoria relativas del rodete.	51
FIGURA N°17	: Cuchara de turbina pelton.	52
FIGURA N°18	: Trayectoria de las cucharas.	56
FIGURA N°19	: Elementos del sistema de transmisión	63
FIGURA N°20	: Pararrayo Franklin de 10 mts de altura.	70
FIGURA N°21	Instalación de pozo a tierra	71
FIGURA N°22	Instalación de pozo a tierra para las viviendas.	71
FIGURA N°23	Instalación de un pozo a tierra	72

RESUMEN.

La energía eléctrica es un servicio básico al que toda familia debe tener acceso. En el Perú existen zonas rurales que no disponen de este servicio, tal es el caso del sector El Palmo en el centro poblado La Cascarilla en la provincia de Jaén, departamento de Cajamarca; dado que este sector se encuentra alejado de la red pública de media tensión y baja tensión. El problema mencionado se solucionó mediante el diseño y construcción de una pico central hidroeléctrica en la quebrada Honda Río Seco. En este sentido se cuantificó la máxima demanda requerida de energía eléctrica para cuatro familias, se realizó el estudio topográfico del área de trabajo, aprovechando para medir la altura bruta y determinar la longitud de la tubería desde el tanque de presión hasta la casa de máquinas y se realizaron si mediciones del caudal, con la cual se dimensionaron y seleccionaron la tubería de conducción, la turbina Pelton y el generador eléctrico. Además, se construyeron obras civiles como bocatoma, desarenador, tanque de presión y casa de máquinas. La pico central hidroeléctrica a pleno funcionamiento genera una potencia de 3,623 kW y satisface las necesidades básicas de las cuatro familias del sector. La evaluación económica y financiera determinó que el proyecto es factible y viable, considerando que cada familia paga S/. 0,23 céntimos el kW-h, que es menos de la mitad del precio que ofrece Electro Oriente S/. 0,702 kW-h por suministrar energía eléctrica en la ciudad de Jaén.

Palabras clave: Pico central hidroeléctrica, Turbina Pelton, Generador eléctrico, tanque de presión, casa de máquinas.

ABSTRACT.

Electricity is a basic service that every family should have access to. In Peru there are rural areas that do not have this service, such is the case of the El Palmo sector in the La Cascarilla town center in the province of Jaén, department of Cajamarca; given that this sector is far from the medium voltage and low voltage public network. The aforementioned problem was solved through the design and construction of a hydroelectric power plant in the Honda Rio Seco ravine. In this sense, the maximum required demand for electrical energy for four families was quantified, a topographic study was carried out to measure the gross height and determine the length of the pipe from the pressure tank to the power house, and fifteen flow measurements were made, with which the conduction pipe, the Pelton turbine and the electrical generator were sized and selected. In addition, civil works such as intake, sand trap, pressure tank and power house were built. The fully operational pico hydroelectric plant generates a power of 3,623 kW and satisfies the basic needs of the four families in the sector. The economic and financial evaluation determined that the project is feasible and viable, considering that each family pays S/. 0,23 cents per kW-h, which is less than half the price offered by Electro Oriente s/. 0,702 kW-h for supplying electrical energy in the city of Jaén.

Keywords: Pico hydroelectric plant, Pelton turbine, Electric generator, pressure tank, power house.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú hasta el año 2020 la electrificación rural ha avanzado en un 82,2 % por lo que el 17,8 % de la población no cuenta con acceso a un servicio eléctrico (comexPeru, 2020). Asimismo, según el Plan Nacional 2014-2025 se tiene destinado llegar hasta un 91,2 % de población con el servicio eléctrico. El Ministerio de Energía y Minas (MINEM), indica que existen zonas rurales que no se han considerado, debido a las grandes distancias que se ubican respecto a las líneas de interconexión y eso genera no suministrar la energía a todos los pueblos rurales según la Dirección General de Electrificación (DGE), en el artículo Guía para la formulación de proyectos de electrificación rural, modulo II pág. 14. (Dirección General de Electrificación, 2022).

Según el MINEM a nivel de Cajamarca la electrificación rural ha alcanzado hasta un 93 %, por lo que 7 % de población rural no cuenta con energía eléctrica y se alumbra con diferentes artefactos que funcionan con combustible como es la gasolina, Diésel y entre otros.

(Dirección General de Electrificación, 2022)

El sector El Palmo ubicado entre el caserío Santa María y centro poblado La Cascarilla, no disponía de energía eléctrica, debido a su ubicación geográfica, la red pública de media tensión y baja tensión esta aproximadamente a unos 3 km de distancia del sector, y no es posible la interconexión por el costo elevado que implicaría suministrar energía al sector, en dicho sector existe viviendas de 4 familias que se encuentran separadas aproximadamente por un 1km de distancia entre ellas. Las familias, antes de la puesta en marcha de la pico central, se alumbraban con velas y mecheros. Además, para las tareas agrícolas se utilizaban equipos (grupos electrógenos, motobombas, etc.), que consumen combustibles fósiles, lo cual resulten costos elevados y contaminación del medio ambiente.

Con la finalidad de mejorar la calidad de vida de las cuatro familias que habitan en dicho sector, se diseñó y construyó la pico central hidroeléctrica, con el propósito de dotar de energía eléctrica limpia y renovable aprovechando los recursos hídricos y geográficos de la quebrada Honda Río Seco, proporcionando 3,616 kW-h para cubrir necesidades energéticas básicas y esenciales de los habitantes del sector El Palmo.

Es importante mencionar la investigación de Medina & Sigchi, (2021) quienes realizaron el diseño y análisis de la implementación de un sistema de una Pico Central Hidroeléctrica en la ciudad de Cuenca Ecuador, determinando los parámetros óptimos de los componentes tales

como caudal ($Q = 0,13 \text{ m}^3/\text{s}$), salto hidráulico ($H = 8 \text{ m}$) y una turbina Michell-Banki con una potencia mecánica de 6,12 kW, y una potencia eléctrica 4,9 kW con una eficiencia del 80 %, concluyendo que a través de la construcción e implantación de una turbina de este tipo los costos son relativamente económicos y el usuario contará con energía renovable toda la vida. Así mismo Capristano & Muñoz, (2022), realizaron un diseño de una mini central hidroeléctrica en el Centro Poblado de Quitaracsa - Trujillo, en el cual determinaron los parámetros para el dimensionamiento. En su trabajo obtuvieron una demanda energética de 35 kW, así también determinaron usar una turbina Pelton de 16 cucharas con un generador de 4 polos y 900 rpm con un salto hidráulico de 85,79 m y una longitud de 196,75m. Además, un caudal de ($Q = 0,95 \text{ m}^3/\text{s}$).

A continuación, los objetivos de la investigación son:

Objetivo general.

- Diseñar y construir una pico central hidroeléctrica en la quebrada Honda Río Seco en el sector El Palmo - centro poblado La Cascarilla – Jaén.

Objetivo específico:

- Determinar los parámetros de dimensionamiento del sistema de generación de energía.
- Elaborar el plano de construcción de la pico central hidroeléctrica en el sector El Palmo - centro poblado La Cascarilla – Jaén.
- Seleccionar los equipos, máquinas, dispositivos, materiales.
- Determinar el costo económico y financiero de la pico central hidroeléctrica.
- Construir la pico central hidroeléctrica en el sector El Palmo - centro poblado La Cascarilla – Jaén.

II. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1. Objeto de estudio

El objeto de estudio es proporcionar energía eléctrica a cuatro familias del sector El Palmo centro poblado La Cascarilla - provincia de Jaén, mediante el diseño y construcción de una pico central hidroeléctrica en la quebrada Honda Río Seco.

2.2. Localización del Proyecto.

La pico central hidroelectrica (PCH), se instaló en el sector El Palmo centro poblado La Cascarilla – Jaen – Cajamarca. El cual esta ubicado a 30km de la provincia de Jaén y S 05°44'13.4", W 078°55'14.0".

FIGURA N°1 Sector El palmo – Santa Maria – C.P. La Cascarilla.



Fuente: Google Earth.

2.3. Población, muestra y muestreo.

Considerando que el objeto de estudio es el diseño y construcción de la pico central hidroeléctrica en la quebrada Honda Río Seco en el sector El Palmo, no fue necesario aplicar técnicas de selección de muestra y muestreo.

2.4. Métodos de estudios

De acuerdo con el propósito es una investigación aplicada, ya que se analizó y evaluó la viabilidad de una pico central hidroeléctrica, en base a la determinación del caudal con la cual se diseñó y construyó la PCH, es decir se aplicó conocimiento ya establecido para resolver un determinado problema.

De acuerdo a los medios que se utilizaron para obtener los datos es una investigación documental y de campo, ya que se ha buscado fines de carácter documental para desarrollar los cálculos y determinar el caudal de diseño para la pico central hidroeléctrica. Además se utilizó el método científico para obtener nuevos conocimientos en la realidad, y diagnosticar los problemas que se presentan en la zona como es la falta de energía eléctrica.

2.5. Materiales

2.5.1. Equipos.

- Diseño de la pico central hidroeléctrica.
 - Laptop: modelo Hp CORE i5.
 - Útiles de escritorio: lapiceros, cuaderno, mesa, sillas, Wifi.
 - Excel: Hoja de cálculo que se utilizó para realizar los cálculos del caudal, curvas características, el VAN y el TIR.
 - Software SolidWorks: En este software se diseñó los elementos de la pico central hidroeléctrica, tales como tanque de presión, desarenador, tubería de conducción, casa de máquinas y equipos electromecánicos.
 - Software AutoCAD, se utilizó para procesar los datos de la topografía.
- Construcción de la pico central.
 - Se utilizó 10 unidades de cemento y 3 metros cúbicos de arena fina para las obras civiles.

- Se utilizó tubería de PVC, 58 metros con diámetros de 6', 3' y 2' desde el tanque de presión hasta la casa de máquinas.
- Generador eléctrico de 4 polos y modelo ST-5.
- Turbina Pelton con 1 inyector y 14 alabes.
- Voltímetro, se utilizó para medir la tensión en las viviendas de las 4 familias.
- Se utilizó equipo topográfico satelital Rover GNSS Trimble R8s, los datos recopilados se procesaron en Excel y posteriormente en civil 3D, en el cual calculamos la altura bruta debido al desnivel que existe, la altura bruta que nos brindó el equipo es de 22m.
- Casa de máquinas, lugar donde se alojan la turbina y generador eléctrico.
- Tanque de presión y desarenador.
- Válvulas
- Luminarias, tomacorrientes, interruptores se utilizaron en vivienda de las 4 familias.

2.5.2. Técnicas.

- Se realizó el estudio topográfico del área a ejecutar el proyecto.
- Determinación del caudal por el método el flotador y caudal de diseño mediante cálculo de curva de duración.
- Selección de equipos electromecánico, turbina, tubería de conducción y conductor eléctrico.
- Se procesó todos estos datos en gabinete.

2.6. Características del Proyecto

Para el diseño y construcción de la pico central hidroeléctrica, se realizó un estudio exhaustivo del sitio para determinar su idoneidad, esto incluye la medición de caudal que se realizó por el método flotador y estudio topográfico.

Además, el río cuenta con un flujo de agua constante y suficiente caída vertical que genera energía de manera eficiente, de acuerdo a esto logramos determinar y seleccionar el

diámetro adecuado para la tubería de conducción y presión, también los equipos adecuados como turbina Pelton y generador.

Finalmente, después de la puesta en marcha la PCH requerirá un plan de operación y mantenimiento para su funcionamiento óptimo y seguro a lo largo de su vida útil.

2.7. Procedimiento

2.7.1. Cálculos para determinar los parámetros de diseño.

Mediante el método el flotador determinamos el caudal de la quebrada Honda Río Seco. Este método es práctico y sencillo, se basa en la medición del tiempo para una distancia determinada que recorre un volumen de agua delimitada por el lecho. El área “A” se determinó mediante la base “b” de la sección del lecho por el ancho “h”. Además, Para determinar la velocidad del agua en la quebrada, se midió el tiempo varias veces en una determinada distancia, luego determinamos el promedio del tiempo y remplazamos en la formula $V=d/t$.

2.7.2. Elaboración del plano de construcción.

Para realizar el diseño de la pico central hidroeléctrica, utilizamos equipo topográfico satelital Rover GNSS Trimble R8s, con el cual determinamos la altura bruta, longitud de la tubería de presión y delimitamos el área de estudio. Con la determinación del caudal de diseño logramos seleccionar una tubería según tabla. Además, determinamos el área de la sección trasversal y velocidad del caudal dentro de la tubería.

Así mismo utilizamos el Diagrama de Moody para determinar la rugosidad absoluta, relativa, número de Reynolds y factor de fricción, con estos datos logramos determinar las pérdidas en la tubería, con la cual se obtiene la altura Neta.

Con esto determinamos la potencia hidráulica. Además, según tabla seleccionamos una turbina Pelton, eficiencia de la turbina, eficiencia del generador y faja de trasmisión, así mismo, una vez determinada la potencia producida realizamos la selección de equipos.

2.7.3. Obras civiles.

A través del software SolidWorks, se diseñó el tanque de presión junto con el desarenador, casa de máquinas, tubería de presión, generador eléctrico, turbina Pelton. Además, para la construcción se seleccionó el tipo de cemento 280 kg/m³.

3.7.4. Determinación del costo económico y financiero del proyecto.

Con la hoja de cálculo Excel realizamos la suma de los egresos del proyecto y luego lo calculamos en un flujo de caja. Además, se determinó el costo nivelado para hallar el precio del kW-h, así mismo con estos datos determinamos el VAN y el TIR del proyecto.

III. RESULTADOS

3.1. Requerimiento Energético.

Tabla N°1 :Requerimiento energético en el sector El Palmo

Artefactos	Cantidad	Pot. Nominal. (watt)	Pot. Total. (watt)
Motor eléctrico	1	1118	1118
Alumbrado	28	20	560
Televisión	2	120	240
Refrigeradora	2	350	700
Licuada	4	300	1200
Requerimiento energético			3258

Fuente: Elaboración Propia.

3.2. Caudal disponible.

La medición del caudal nos ofrece un panorama del comportamiento de recurso hídrico, se obtiene usando el siguiente método.

3.2.1. Medición del caudal con flotador.

Se basa en la medición del tiempo para una distancia determinada que recorre un volumen de agua delimitada por el lecho de la quebrada.

- Elegimos un tramo de sección recta del curso de la quebrada.

- Medimos una longitud (L=1,5m), es el tramo seleccionado.
- Medimos la sección transversal de la quebrada (ancho = 1m)
- La profundidad promedio de la quebrada es:(profundidad = 0,076m)

El área que utiliza es la lámina de agua en la quebrada, se calcula con la siguiente ecuación.

$$A = b * h \dots \dots \dots (1)$$

Reemplazar:

$$A = 1m * 0,076m$$

$$A = 0,076 m^2$$

Determinamos el tiempo que recorre el corcho una determinada distancia en la quebrada Honda Río Seco.

Tabla N°2 : Tiempos medidos en épocas de invierno

N° de Mediciones	Tiempo (s)
T_1	1,96
T_2	2,01
T_3	2,03
T_4	1,97
T_5	2,02
$T_{promedio}$	1,998

Fuente: Elaboración Propia.

➤ La velocidad del agua en la quebrada se determina en relación longitud/ tiempo, calculamos con la siguiente ecuación:

$$v = \frac{L}{t} \dots \dots \dots (2)$$

Remozamos:

$$v = \frac{1,5m}{1,998s}$$

$$v = 0,751 \frac{m}{s}$$

- A continuación, seleccionamos el factor de corrección para determinar el caudal.

$$C = 0,5$$

- Determinación de Factor de Corrección Fc para cálculo de caudales por el método del Flotador.

Tabla N°3: Factor de potencia.

TIPO DE CAUCE	FACTOR DE CORRECCIÓN FC
Canal revestido en concreto, profundidad del agua > 15	0,8
Canal en Tierra, profundidad del agua > 15 cm	0,7
Riachuelos profundidad del agua > 15 cm	0,5
Canales de tierra profundidad del agua < 15 cm.	0,25 – 0,5

Fuente: (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015)

- A través de la siguiente formula calculamos el caudal, como ya tenemos los diferentes parámetros.

$$Q = C * V * A \left(\frac{m^3}{S} \right) \dots \dots \dots (3)$$

Reemplazamos:

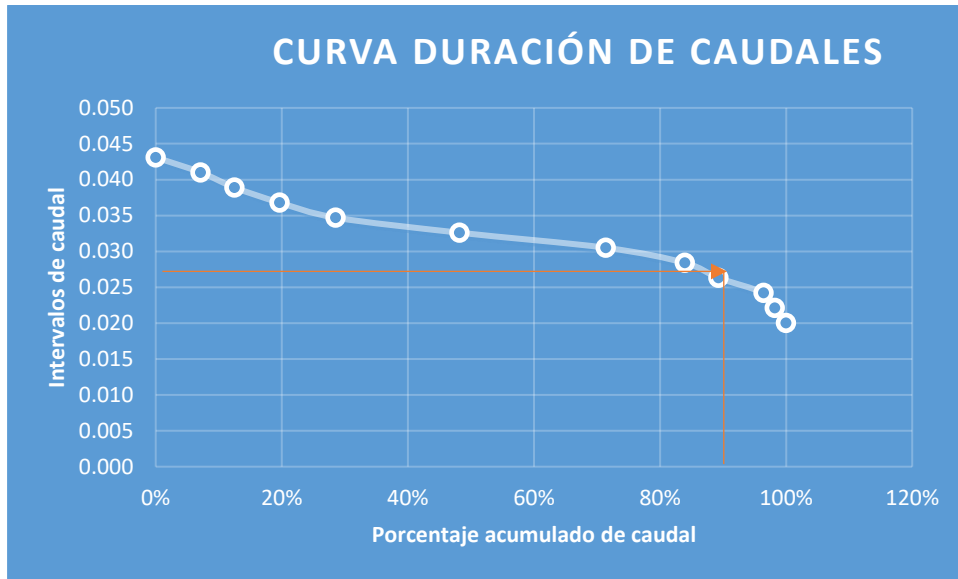
$$Q = 0,5 * 0,751 \left(\frac{m^2}{S} \right) * 0,076(m)$$

$$Q = 0,0285 \left(\frac{m^3}{S} \right)$$

$$Q = 28,5(L/s)$$

3.2.2. Determinación del caudal de diseño.

GRÁFICA N°1 : Curva duración de caudales:



Fuente: elaboración propia

- Para calcular el caudal de diseño, utilizamos la gráfica de curva de duración. Esto nos indica las diferentes medidas de caudal que se han tomado en un año, se mantiene constante en un 85% las medidas de caudal dentro de un intervalo de caudal, seleccionando el intervalo con más frecuencia en el año.

Eso nos indica que la pico central hidroeléctrica va contar con un caudal constante todo el año.

Donde caudal de diseño:

$$Q_0 = 0,027 \frac{m^3}{s}$$

$$Q_0 = 27 \frac{L}{s}$$

3.3. Altura

3.3.1. Altura bruta.

La capacidad de generación mediante el empleo de agua está determinada por el salto o caída que se pueda obtener, y depende mucho de la topografía que tenga el terreno. A este salto se le conoce como altura bruta (H_b). Para calcularla se utilizó equipo topográfico satelital Rover GNSS Trimble R8s, los datos recopilados se procesaron en Excel y posteriormente en civil 3D, obteniendo la altura bruta debido al desnivel que existe. La altura bruta que nos brindó el equipo es de $22m$.

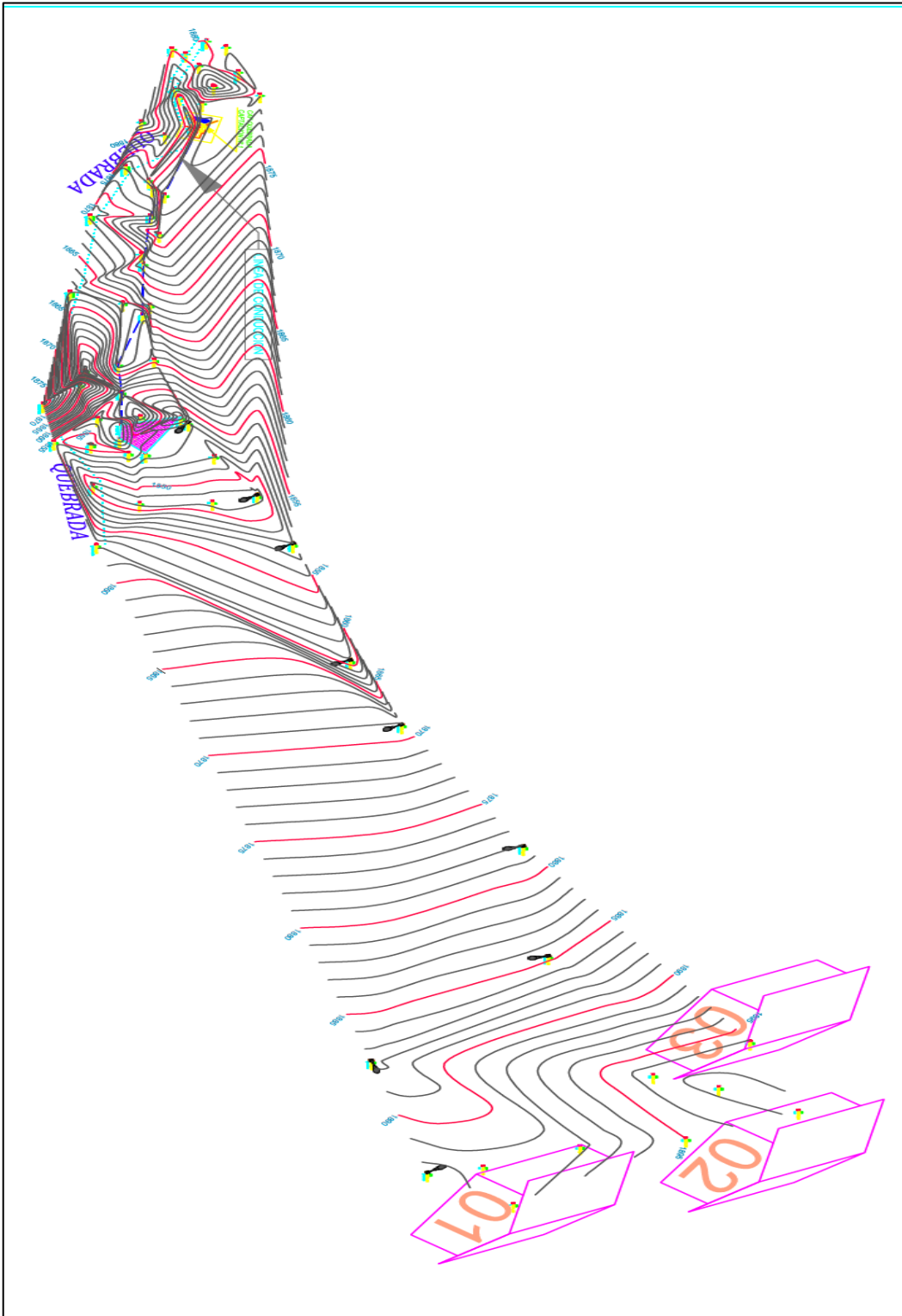
3.3.2. Altura neta.

Es el resultado de restarle a la altura bruta todas las pérdidas de carga o fricción que se deben al rozamiento del agua con las paredes de la tubería de presión y accesorios necesarios instalados para el control del paso del agua.

3.3.3. Topografía del terreno

Se realizó la topografía del área de estudio, para determinar la altura bruta, la altura neta y la longitud de la tubería de conducción.

FIGURA N°2 : Topografía del área de ejecución del proyecto.



Fuente: Elaboración propia.

3.4. Cálculo del diámetro interno de la tubería de presión.

Para calcular el diámetro interno de la tubería de presión, se selecciona con relación al caudal de diseño en la siguiente tabla

✓ Donde:

✓ $Q_0 = \text{caudal de diseño}$

✓ $D_i = \text{diametro interior}$

$$Q = 0,027 \frac{m^3}{s} * \frac{3600s}{1h} = 97,2 \frac{m^3}{h}$$

$$D_i = 0,125m = 5 \text{ pulg.}$$

- Por motivo que 5 pulgadas no es un diámetro comercial seleccionamos un diámetro 6 pulgadas y 0,150 m, para una tubería de PVC.

Relación Diámetro interior de la tubería– caudal.

DIÁMETRO TUBERÍA		CAUDAL		
m	pulg.	m ³ /h	l/s	gal/min.
0,050	2	11 – 14	3 – 4	40 – 70
0,075	3	25 – 40	7 – 11	110 – 175
0,100	4	50 – 79	14 – 22	225 – 350
0,125	5	90 – 140	25 – 38	400 – 600
0,150	6	140 – 230	38 – 63	600 – 1.000
0,175	7	220 – 340	60 – 95	950 – 1.500
0,200	8	290 – 470	80 – 130	1.300 – 2.100
0,250	10	500 – 790	140 – 220	2.200 – 3.500
0,300	12	790 – 1.260	220 – 350	3.500 – 5.500
0,350	14	1.150 – 1.800	320 – 500	5.000 – 8.000
0,500	20	2.950 – 4.540	820 – 1.260	13.000 – 20.000

Fuente: Relación diámetro - caudal (Industroal, 2018)

- Ahora determinaremos la velocidad que circula el agua dentro de la tubería con la siguiente ecuación.

Donde:

✓ $Q_0 = \text{caudal}$

✓ V = velocidad.

✓ A = área.

$$Q = v.A \dots\dots\dots (4)$$

➤ Donde el área de la sección transversal de la tubería es:

$$A = \frac{\pi D_i^2}{4} \dots\dots\dots (5)$$

➤ Reemplazamos la ecuación 5 en la ecuación 4.

$$v = \frac{4Q_0}{\pi D_i^2} \dots\dots\dots (6)$$

Reemplazamos:

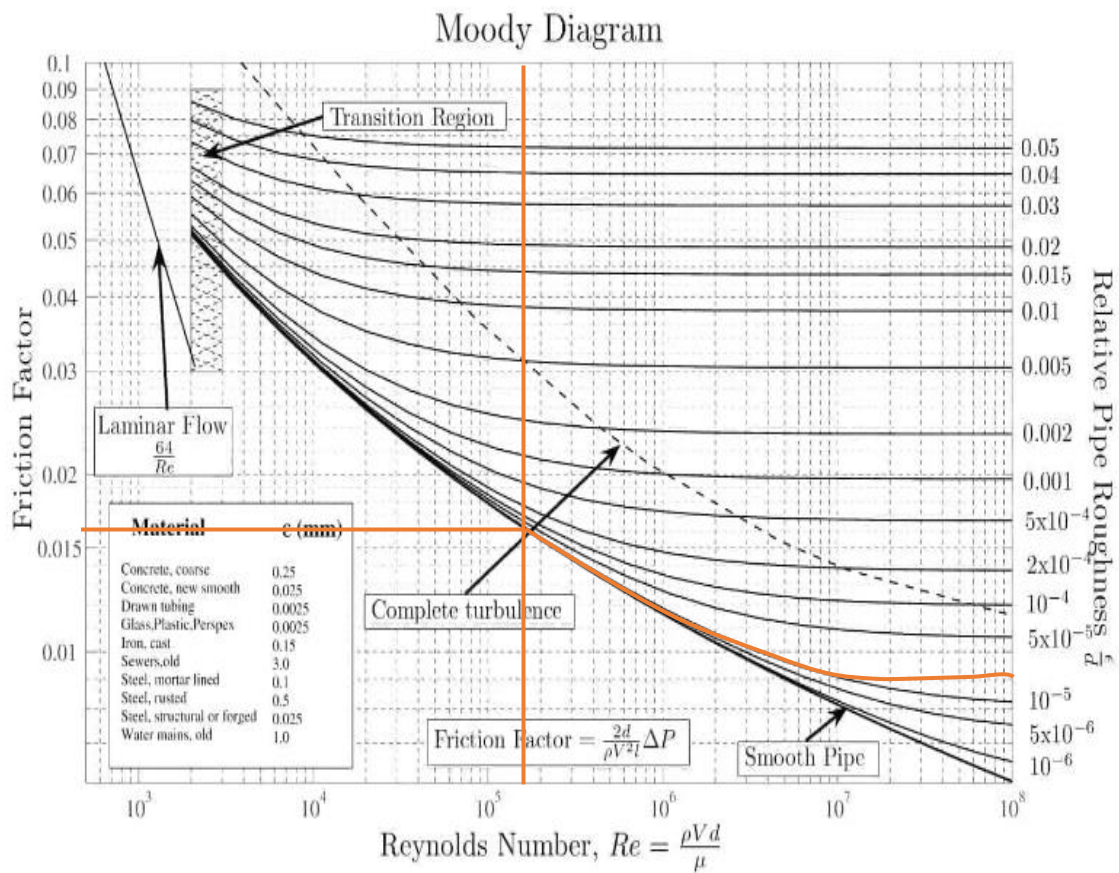
$$v = \frac{4 * (0,027)}{\pi(0,150)^2}$$

$$v = 1,53 \frac{m}{s}$$

3.5. Diagrama de Moody.

El diagrama de Moody es utilizado para determinar el factor de fricción, producido a lo largo de las paredes internas de la tubería.

GRÁFICA N°2 : Diagrama de Moody



Fuente: diagrama de Moody (Cañadas, 1993).

Para usar este diagrama primero debemos determinar la rugosidad relativa (S), y el número de Reynolds (Re).

3.5.1. Determinación de la rugosidad relativa (ϵ).

- Para determinar la rugosidad relativa S se utiliza la ecuación

$$S = \frac{K}{D_i} \dots \dots \dots (7)$$

Donde:

S = Rugosidad Relativa

K = Rugosidad Absoluta del Material (mm)

Tabla N°4 : Rugosidad Absoluta

	Rugosidad absoluta k (mm)		Manning n		Hazen-Williams C	
	nueva	en servicio	nueva	en servicio	nueva	en servicio
Fundición	0,100	0,200	0,012	0,017	130	100
Hormigón	0,300	3,000	0,013	0,017	140	110
Acero	0,030	0,100	0,008	0,011	120	90
PE	0,005	0,030	0,007	0,009	150	140
PVC-O	0,003	0,060	0,007	0,009	150	140
PRFV	0,030	0,060	0,009	0,010	110	100

Fuente: Rugosidad Absoluta (Tuberías de PVC-O TOM500, Club iagua)

- La rugosidad absoluta para tubería de PVC es $K = 0.003\text{mm}$

Reemplazando los valores conocidos en la ecuación.

$$S = \frac{0,003}{150} = 2 * 10^{-5}$$

3.5.2. Determinación del número de Reynolds.

Remplazamos en la ecuación.

$$R_e = \frac{V * D_i}{\gamma} \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

R_e = Numero de Reynolds

γ = viscosidad cinemática del agua (m^2/s)

$$R_e = \frac{1,53 * 0,150}{1,306 * 10^{-6}} = 1,75 * 10^5$$

Obtenido el número de Reynolds (R_e) y la rugosidad relativa (S) determinamos el factor de fricción (f) en el diagrama de moody.

De acuerdo al digrama el factor de fricción es: $f = 0,0160$

Tabla N°5 : Propiedades Físicas del agua.

PROPIEDADES FÍSICAS DEL AGUA							
Temperatura (°C)	Peso específico (kN/m ³)	Densidad (kg/m ³)	Módulo de elasticidad (kN/m ²)	Viscosidad dinámica (N·s/m ²)	Viscosidad cinemática (m ² /s)	Tensión superficial (N/m)	Presión de vapor (kN/m ²)
0	9,805	999,8	1,98 · 10 ⁶	1,781 · 10 ⁻³	1,785 · 10 ⁻⁶	0,0765	0,61
5	9,807	1000,0	2,05 · 10 ⁶	1,518 · 10 ⁻³	1,519 · 10 ⁻⁶	0,0749	0,87
10	9,804	999,7	2,10 · 10 ⁶	1,307 · 10 ⁻³	1,306 · 10 ⁻⁶	0,0742	1,23
15	9,798	999,1	2,15 · 10 ⁶	1,139 · 10 ⁻³	1,139 · 10 ⁻⁶	0,0735	1,70
20	9,789	998,2	2,17 · 10 ⁶	1,102 · 10 ⁻³	1,003 · 10 ⁻⁶	0,0728	2,34
25	9,777	997,0	2,22 · 10 ⁶	0,890 · 10 ⁻³	0,893 · 10 ⁻⁶	0,0720	3,17
30	9,764	995,7	2,25 · 10 ⁶	0,708 · 10 ⁻³	0,800 · 10 ⁻⁶	0,0712	4,24
40	9,730	992,2	2,28 · 10 ⁶	0,653 · 10 ⁻³	0,658 · 10 ⁻⁶	0,0696	7,38
50	9,689	988,0	2,29 · 10 ⁶	0,547 · 10 ⁻³	0,553 · 10 ⁻⁶	0,0679	12,33
60	9,642	983,2	2,28 · 10 ⁶	0,466 · 10 ⁻³	0,474 · 10 ⁻⁶	0,0662	19,92
70	9,589	977,8	2,25 · 10 ⁶	0,404 · 10 ⁻³	0,413 · 10 ⁻⁶	0,0644	31,16
80	9,530	971,8	2,20 · 10 ⁶	0,354 · 10 ⁻³	0,364 · 10 ⁻⁶	0,0626	47,34
90	9,466	965,3	2,14 · 10 ⁶	0,315 · 10 ⁻³	0,326 · 10 ⁻⁶	0,0608	70,10
100	9,399	958,4	2,07 · 10 ⁶	0,282 · 10 ⁻³	0,294 · 10 ⁻⁶	0,0589	101,33

Fuente: propiedades físicas del agua (EDDY, 1995).

3.5.3. Determinación de las pérdidas primarias (H_{rp})

Las pérdidas primarias son aquellas pérdidas de superficie que se dan en el contacto del fluido con la tubería, para tramos de tubería de flujo uniforme y sección constante. Para ello se utiliza la ecuación general de DARCY-WEISBACH (Blasco Laffón, 2008).

$$H_{rp} = f * \frac{L}{D_i} * \frac{V^2}{2g} \dots \dots \dots (9)$$

Donde:

H_{rp} = pérdidas primarias (m)

L = 58,7 metros, longitud de la tubería de presión.

g = 9,81 m/s² aceleración de gravedad.

$$H_{rp} = 0,016 * \frac{58,7 * 1,53^2}{0,150 * 2 * 9,81} = 0,747m$$

3.5.4. Determinación de las pérdidas secundarias (Hrs)

Las pérdidas secundarias son aquellas que se dan en transiciones (estrechamiento o expansiones de corriente), en toda clase de accesorios de tubería. Las pérdidas secundarias se determinan con la siguiente ecuación DARCY- WEISBACH.

$$H_{rs} = \frac{K * V^2}{2g} \dots \dots \dots (10)$$

Donde:

H_{rs} = Pérdidas secundarias (m)

K = Factor asociado a cada accesorio a utilizar.

- Las pérdidas secundarias se producen en:
- Pérdidas por conexión de tubería de presión con la cámara de carga (K1)
- Pérdidas en válvula de compuerta. K2
- Pérdidas por acoplamientos de la tubería de presión k3
- Pérdidas en contracción brusca de la tubería (reducción de 6 pulg. a 3 pulg.) K4A.
- Pérdidas en contracción brusca de la tubería (reducción de 3 pulg. a 1 pulg.) K4B.

Parte A: tipos de pérdidas

Parte B: valores de K

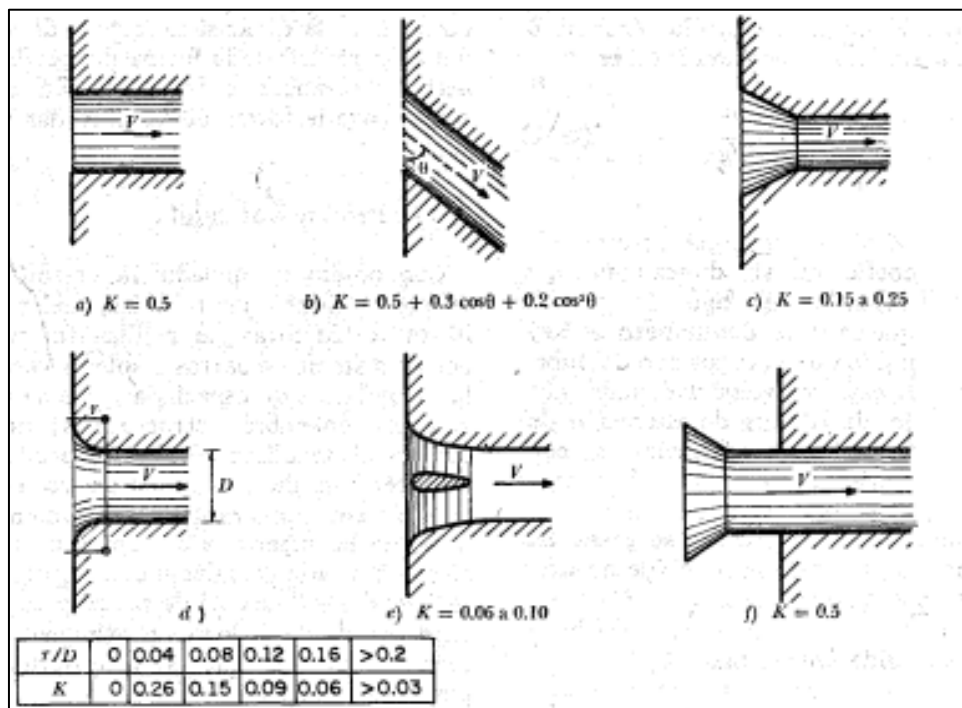
Tabla N°6 : Valores de K para cálculo de pérdidas locales

Accesorios	Cantidad: n°	Coficiente "K"
Conexión a ras de la pared	1	$K_1 = 0.04$
Válvula/completamente/abierta.	2	$K_2 = 0.2$
Conexión abocinada	9	$K_3 = 0.05$
Contracción brusca	2	$K_{4A} = D_1/d_2 = 0.37$
		$K_{4B} = D_3/d_4 = 0.43$

Fuente: valores de K para cálculo de pérdidas locales (Sotelo, 1994).

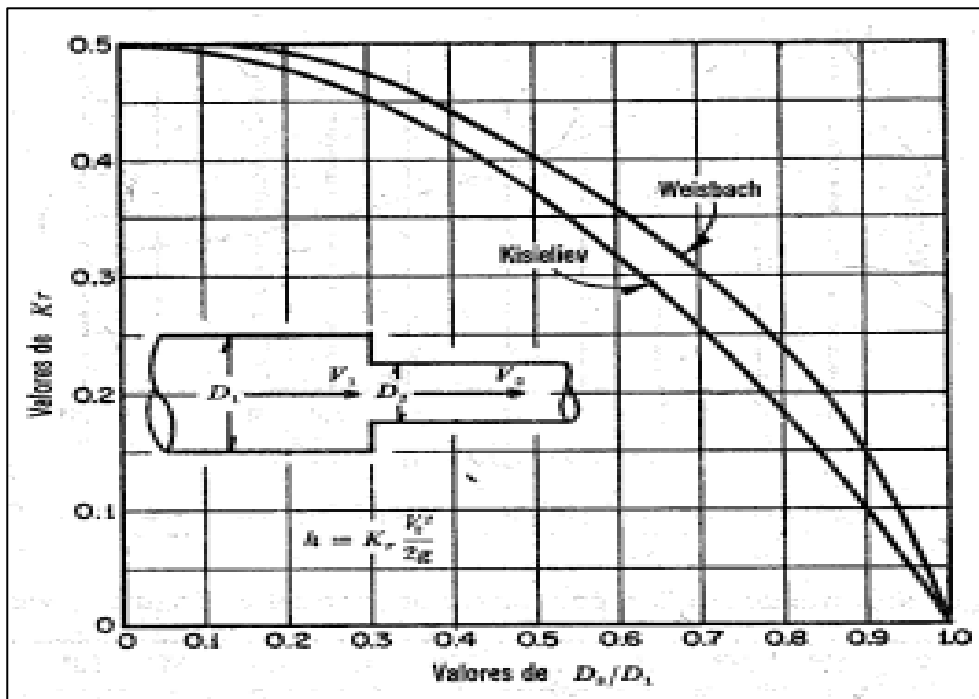
Los valores del coeficiente "K" presentes en la tabla 07 se obtuvieron de la siguiente figura, gráfica y tabla.

FIGURA N°3 : Resistencia al flujo en conducto a presión.



Fuente: (Coz et al., 1995)

FIGURA N°4 : Relación valor de K1 con diámetros D1/D2.



Fuente: (Coz et al., 1995)

Tabla N°7 : Valores de K_c para una contracción brusca

D_1/D_2	k_c
1.20	0.08
1.40	0.17
1.60	0.26
1.80	0.34
2.00	0.37
2.50	0.41
3.00	0.43
4.00	0.45
5.00	0.46

Fuente: valores de K_c para una contracción brusca (Sotelo, 1994).

3.5.4.1. Pérdidas por conexión, cámara de carga con tubería de presión K1.

Donde: $K_1 = 0,04$

$$H_{rs} = \frac{0,04 * 1,53^2}{2 * 9,81}$$

$$H_{rs1} = 0,0048m$$

3.5.4.2. Pérdidas en válvula de compuerta. K2

Donde: $K_2 = 0,2$

$$H_{rs} = 2 * \frac{0,2 * 1,53^2}{2 * 9,81}$$

$$H_{rs2} = 0,048m$$

3.5.4.3. Pérdidas por acoplamientos de la tubería de presión k3

Donde: $K_3 = 0,05$

$$H_{rs} = 9 * \frac{0,05 * 1,53^2}{2 * 9,81}$$

$$H_{rs3} = 0,054m$$

3.5.4.4. Pérdidas en contracción brusca de la tubería (reducción de 6 in a 3in) K4A.

Donde: $K_{4A} = 0,37$

$$H_{rs} = \frac{0,37 * 1,53^2}{2 * 9,81}$$

$$H_{rs4A} = 0,044m$$

3.5.4.5. Pérdidas en contracción brusca de la tubería (reducción de 3 in a 1in) K4B.

Donde: $K_{4B} = 0,43$

$$H_{rs} = \frac{0,43 * 1,53^2}{2 * 9,81}$$

$$H_{rs4B} = 0,051m$$

- Realizamos la sumatoria de los valores de las pérdidas que se producen en cada una de las acciones.

$$H_{rs} = H_{rs1} + H_{rs2} + H_{rs3} + H_{rs4A} + H_{rs4B}$$

$$H_{rs} = 0,0048m + 0,048m + 0,054m + 0,044m + 0,051m$$

$$H_{rs} = 0,202m$$

- Una vez determinado los valores de la altura bruta, pérdidas primarias y pérdidas secundarias determinamos la altura neta en la siguiente ecuación.

$$H_n = H_B - H_{rp} - H_{rs} \dots \dots \dots (12)$$

Remplazamos los valores conocidos en la ecuación.

$$H_n = 22 - 0,747m - 0,202m$$

$$H_n = 21,051m$$

- Conociendo la altura neta determinamos la potencia hidráulica con la siguiente ecuación del manual de centrales eléctricas pág. 134. (Coz et al., 1995).

$$P_h = g * Q_0 * H_n \dots \dots \dots (kW) \dots \dots \dots (11)$$

Remplazamos los valores conocidos en la ecuación.

$$P_h = 9,81 * 0,027 * 21,051 \dots \dots \dots (kW)$$

$$p_h = 5,58(kW)$$

- Para determinar la potencia a generar en el sistema utilizaremos la siguiente ecuación del manual de centrales eléctricas pág. 15 (Coz et al., 1995).

$$P = n_T * n_G * n_{Tr} * P_h \dots \dots \dots (kW) \dots \dots \dots (12)$$

Donde:

n_T = Rendimiento de la turbina.

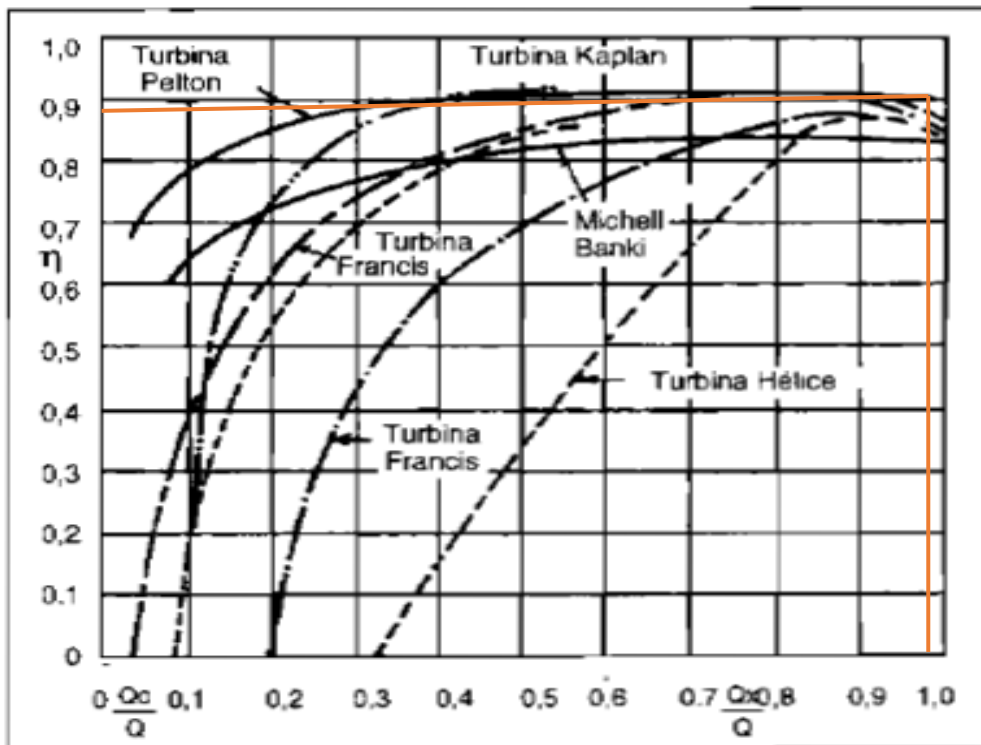
n_G = Rendimiento del generador

$$n_{Tr} = \text{Rendimiento de trasmision}$$

- Determinamos la eficiencia de la turbina n_T en la siguiente gráfica, rendimiento y caudal nominal, $\frac{Q_0}{Q}$.

$$\frac{Q_0}{Q} = \frac{0.027 \text{ m}^3/\text{s}}{0.0285 \text{ m}^3/\text{s}} = 0,947$$

GRÁFICA N°3 : Selección eficiencia de turbina con relación a caudal.



Fuente: (Coz et al., 1995).

$$n_T = 0,89$$

En un generador cuando incurre en pérdidas, su rendimiento es menor al 100%. El rendimiento de un generador está relacionado por la potencia del circuito de carga y los vatios totales generados por el generador, generalmente los generadores eléctricos comerciales dicha relación puede ser mayor al 95%. Por tanto, tomamos un valor de 96% de rendimiento del generador (Zurita, 2014).

$$n_G = 0,96$$

Tabla N°8 : Seleccionamos la eficiencia de grupo generador n_{GR} .

Tabla 4.2		Eficiencia del grupo de generación (η_{GR})			
Potencia (kW)	TIPO DE TURBINA				
	PELTON	MICHELL-BANKI	FRANCIS	AXIAL	
<50	58-65%	54-62%	59-65%	58-66%	
51-500	65-69	62-65	66-70	66-70	
501-5000	69-73	65*	70-74	70-74	

Fuente: (Coz et al., 1995).

$$n_{GR} = 0,65$$

- Determinamos la eficiencia de transmisión n_{Tr} en la siguiente ecuación del manual de centrales eléctricas pág. 134. (Coz et al., 1995).

$$n_{GR} = n_T * n_G * n_{Tr} \dots \dots \dots (13)$$

$$\frac{n_{GR}}{n_T * n_G} = n_{Tr}$$

$$n_{Tr} = \frac{0,65}{0,89 * 0,96}$$

$$n_{Tr} = 0,76$$

Remplazamos en la siguiente ecuación para determinar la potencia a generar.

$$P = n_T * n_G * n_{Tr} * P_h \dots \dots (kW)$$

$$P = 0,89 * 0,96 * 0,76 * 5,58 \dots \dots (kW)$$

$$P = 3,623 \text{ kw}$$

La potencia a generar o potencia útil satisface la demanda requerida.

3.6. Obras Civiles

3.6.1. Obras de captación.

Determinamos como obras de captación o bocatomas a toda estructura hidráulica construida sobre el cauce de la quebrada Honda Río Seco, cuya función es regular y captar un determinado caudal de agua, para generar energía eléctrica con la fuerza de la gravedad del agua.

Existen diferentes tipos de obras de captación, pero principalmente se agrupa en dos.

- Por derivación directa.
- Con almacenamiento de agua.

En relación a nuestro proyecto estamos utilizando la captación por derivación directa, porque la generación es en pequeña escala.

3.6.2. Obras de captación directa.

El agua que circula en el río se capta sin almacenarla, por esto, el caudal que tenemos debe ser constante en todo el año y mayor al caudal de captación.

3.7. Sistema de Conducción.

El sistema de conducción es el encargado de conducir el caudal de agua necesario desde la bocatoma hasta en desarenador o tanque de presión. Se pueden adecuar diferentes tipos de canales:

- Canal de tierra sin revestimiento.
- Canal de tierra con sello o revestimiento.
- Canal de mampostería o concreto.

En caso de nuestro proyecto no se optó por alguno estos sistemas de conducción, porque es proyecto pequeño y los sistemas de conducción tienen un costo elevado para su construcción, entonces el proyecto por ser a pequeña escala se tomó como sistema de conducción a tubería de PVC de 6 pulgadas de diámetro, teniendo en cuenta que el caudal de diseño circule libremente a través de la tubería y llegue al desarenador, para ello tenemos que darle una inclinación adecuada a la tubería, esto se calcula con la altura piezométrica.

3.7.1. Dimensionamiento del desarenador y tanque de presión.

3.7.1.1. Determinación del volumen del tanque

Para dimensionar el tanque de presión consideramos principalmente el volumen y la altura mínima del agua sobre el sistema de conducción.

$$V = \frac{0.693 * A * V_0^2}{i * g} \dots (13.1)$$

Donde.

V = Volumen del agua en el tanque m^3 .

A = Sección de la tubería m^2 .

V_0 = velocidad del agua en la conducción $\frac{Q}{A}$ m/s .

$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$ aceleración de la gravedad.

$i = 1\% = 0.01$ pendiente. (estimado)

$$V = \frac{0.693 * 0.018 * (1.5)^2}{0.1 * 9.81}$$

$$V = 0.286 m^3$$

El agua captada del río y conducida a través de la tubería hacia la turbina, transporta pequeñas partículas de material sólido en suspensión (como arena) que produce el rápido desgaste de los álabes. Para disminuir el rápido desgaste de los álabes utilizamos desarenador.

Utilizamos la siguiente ecuación del manual de centrales eléctricas pág. (Coz et al., 1995).

$$W = \frac{Q_0}{V_H * d_d} \dots \dots (14)$$

$$L_d = \frac{V_H}{V_d} * d_d * f \dots \dots (15)$$

Donde.

W = Ancho del desarenador. (m)

L_d = Longitud del desarenador. (m)

Q_0 = Caudal de diseño. (m^3/s)

V_H = Velocidad horizontal del agua en el desarenador. (m/s)

V_d =Velocidad de decantación de la partícula. (m/s)

d_d = Profundidad de decantación. (m)

f =Factor de seguridad se recomienda de 2 a 3.

- Utilizamos los datos que ya se tienen para determinar el ancho del tanque de presión y desarenador.

$$Q_0 = 0.027 \text{ m}^3/\text{s}$$

$V_H < 0.2$ m/s, para nuestro caso asumimos 0.1 m/s.

$V_d = 0.03$ m/s, para tamaño de partícula, 0.3 mm.

$d_d = 0.35$ m. se recomienda menores 1 m.

$$f = 2$$

Remplazamos en las siguientes ecuaciones:

$$W = \frac{0,027}{0,1 * 0,35}$$

$$W = 0.771\text{m}$$

Donde:

$$L_d = \frac{V_H}{V_d} * d_d * f$$

$$L_d = \frac{0,1}{0,03} * 0,35 * 2$$

$$L_d = 2,3\text{m}$$

- La capacidad del tanque de presión 0.286 m^3 .

$$d_r = \frac{\text{capacidad del tanque}}{W * L_d} \dots (16)$$

- Se determino la profundidad mínima de recolección d_r .

$$d_r = \frac{0.286 \text{ m}^3}{0,771 * 2,3} = 0.161 \text{ cm}$$

Tomamos el ancho para el desarenador de 0,771 m y una profundidad de recolección 16,1cm con la finalidad de aumentar la capacidad del tanque, y no tenga que limpiarse con mucha frecuencia debido a los sólidos acumulados.

Se determino la longitud de entrada L_e , con la siguiente ecuación del manual de centrales eléctricas pág. 74 (Coz et al., 1995).

$$L_e = \frac{W-W'}{2 \tan \alpha} < \frac{1}{3} L_d \dots \dots \dots (17)$$

Donde:

W = Ancho del desarenador en m. (0,771m)

W' = Ancho del canal de conducción en m. (Diámetro de la tubería 0,150 m)

α = Ángulo de entrada al desarenador. (30° estimado).

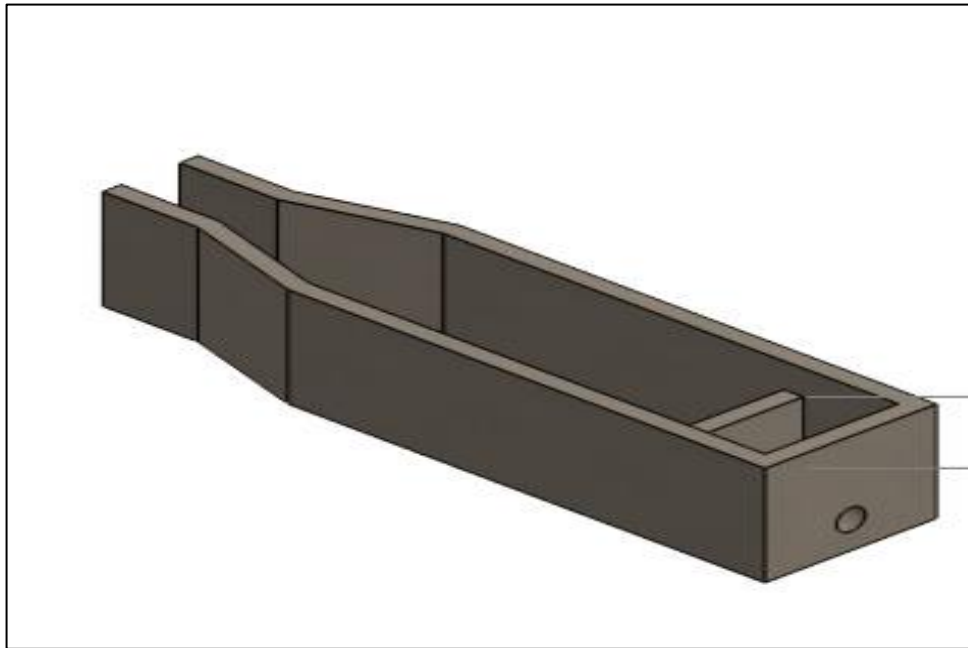
Reemplazando en la ecuación:

$$L_e = \frac{0,771 - 0,15}{2 \tan 30} < \frac{1}{3} * 2$$

$$L_e = 0,54 < 0,67$$

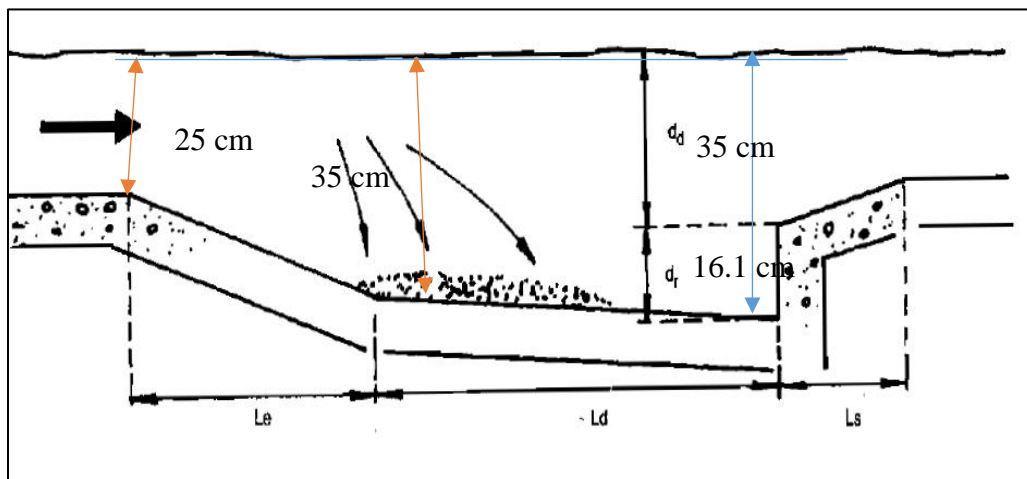
Con el resultado obtenido se dice que el desarenador se construirá con una longitud de entrada de 0,67m.

FIGURA N°5 : Desarenador y tanque de presión.



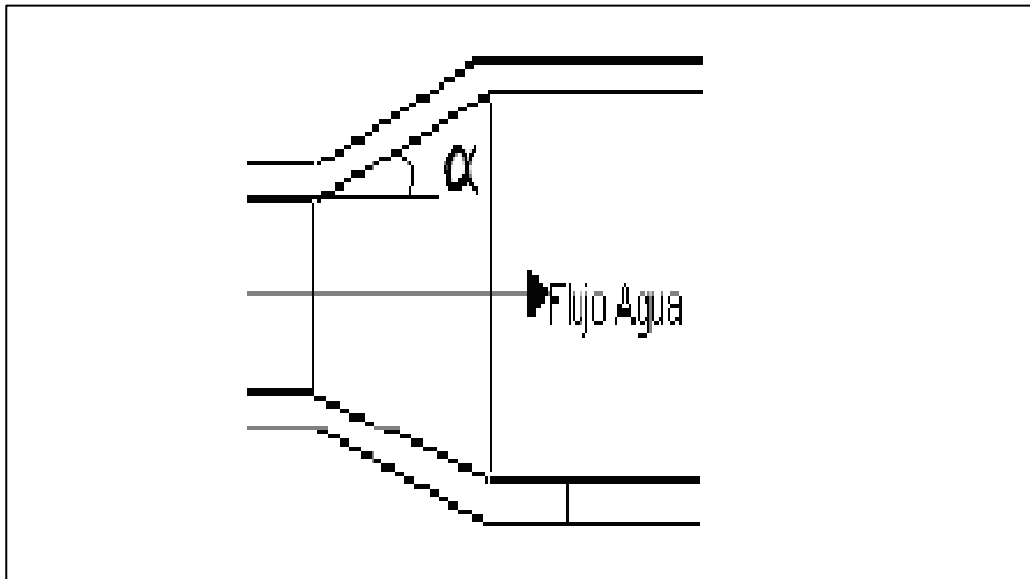
Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N°6 : Medidas del Desarenador y tanque de presión



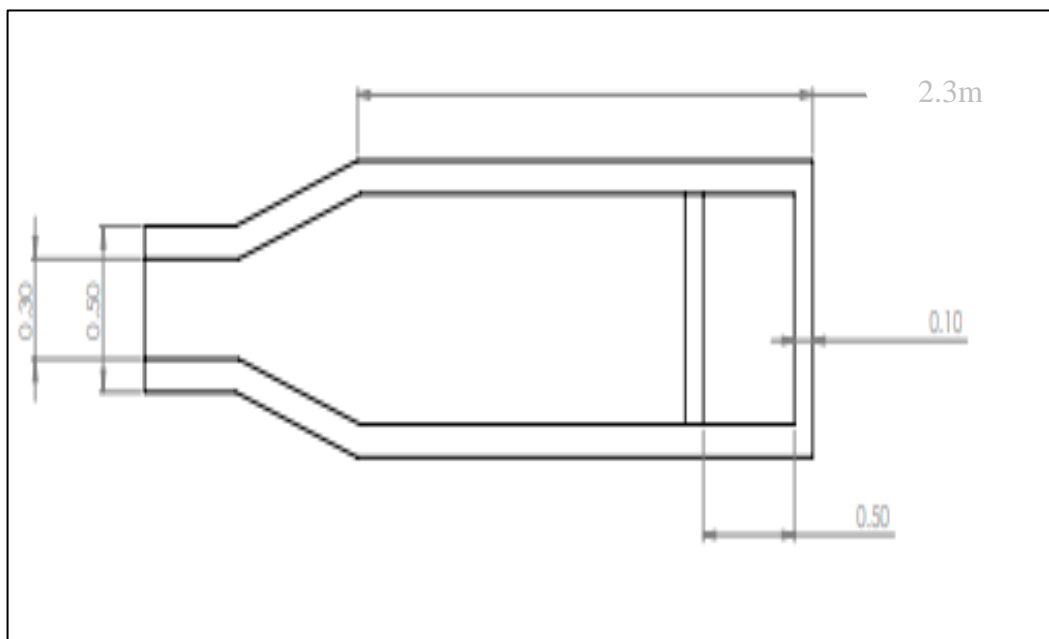
Fuente: Manual de Centrales Hidráulicas (Coz et al., 1995)

FIGURA N°7 : Angulo de entrada del desarenador y tanque de presión



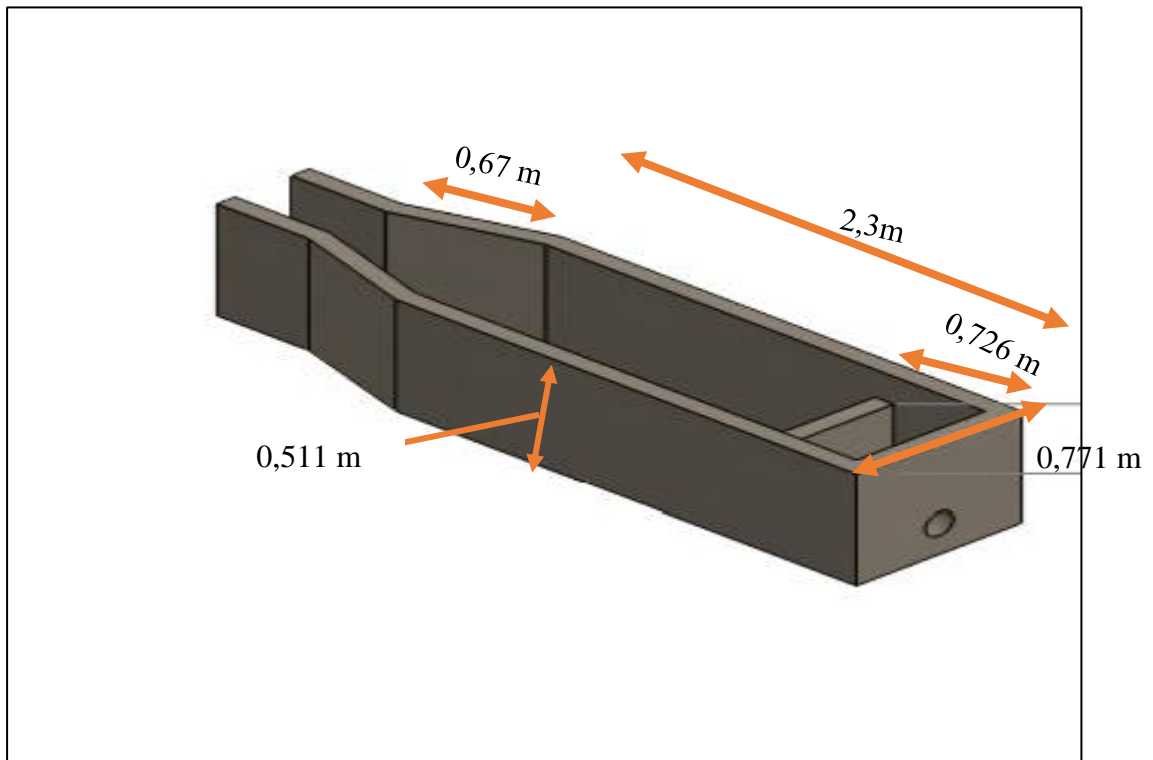
Fuente: Manual de Centrales Hidráulicas (Coz et al., 1995)

FIGURA N°8 : Medidas de entrada del desarenador y tanque de presión



Fuente: elaboración propia.

FIGURA N°9 : Salida de la parte frontal del tanque de presión



Fuente: Elaboracion Propia

En nuestro proyecto se construyó el desarenador conjuntamente con el tanque de presión tal como se indica en la figura N° 10

3.7.2. Cálculo de las paredes del tanque.

Con esta ecuación determinamos la presión que existe en el fonde del tanque y así logramos seleccionar el material.

$$P_T = P_{Atm} + P_h \dots \dots \dots (18)$$

Donde:

P_T =presión en el fondo del tanque.

P_{Atm} =presión atmosférica $101300P_a$

ρ = densidad de agua ($1000 \frac{kg}{m^3}$)

g = gravedad ($9,81 \frac{m}{s^2}$)

h =altura (1m)

Remplazamos en la ecuación.

$$P_T = P_{Atm} + (\rho * g * h)$$

$$P_T = 101300 + (1000 * 9,81 * 1)$$

$$P_T = 111110 P_a$$

Convertimos la presión del fondo del tanque a $\frac{KN}{cm^2}$ para determinar la resistencia del material que se utilizará.

$$P_T = 111110 \frac{N}{m^2} * \frac{m^2}{(100cm)^2}$$

$$P_T = 111110 \frac{N}{10000 cm^2}$$

$$P_T = 11,1110 \frac{N}{cm^2} * 10^{-3}$$

$$P_T = (11,1110 \frac{N}{cm^2}) * 10^{-3}$$

$$P_T = 0,0111 \frac{KN}{cm^2}$$

La resistencia a compresión de acuerdo a lo especificado en la norma UNE-EN 772-1, la resistencia a compresión mínima admisible de los ladrillos macizos será de $100 \frac{kg}{cm^2}$.

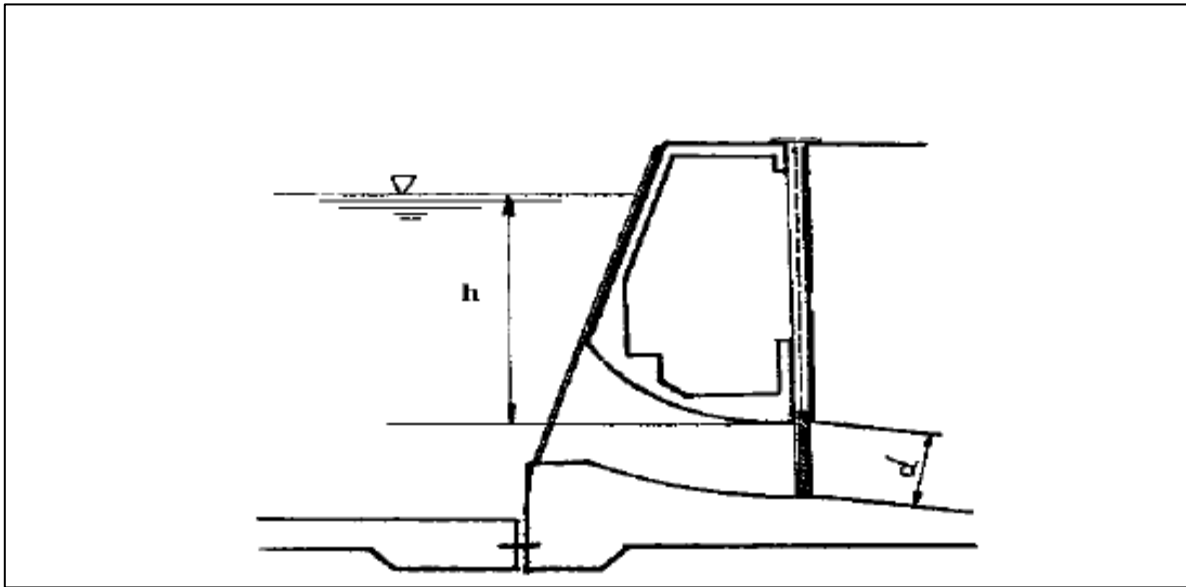
➤ Como la resistencia del ladrillo es $0,981 \frac{KN}{cm^2} > 0,0111 \frac{KN}{cm^2}$

De acuerdo a los resultados obtenidos se demuestra que las paredes del tanque se construyeron de ladrillo.

3.7.3. Altura mínima del agua sobre la tubería de presión.

Para determinar a qué altura del tanque de presión debemos instalar la tubería de presión, se tuvo en consideración que no debe entrar aire al sistema de conducción y a la vez maximizar la economía.

FIGURA N°10 : Altura mínima del agua sobre la tubería de presión.



Fuente: Manual de centrales eléctricas (Sánchez et al., 1995).

La altura del agua sobre la tubería de presión puede determinarse con la siguiente ecuación.

- Para salida de forma frontal del flujo se utiliza la siguiente ecuación del manual de centrales eléctricas (Coz et al., 1995).

$$h = 0,543 * V_0 * \sqrt{d} \dots \dots \dots (19)$$

Donde.

h = Altura mínima (m)

V_0 = Velocidad del agua en la tubería de presión (1,5 m/s).

D = Diámetro interior de la tubería de presión (0,150 m).

Remplazamos los datos en la ecuación.

$$h = 0,543 * 1,5 * \sqrt{0,150}$$

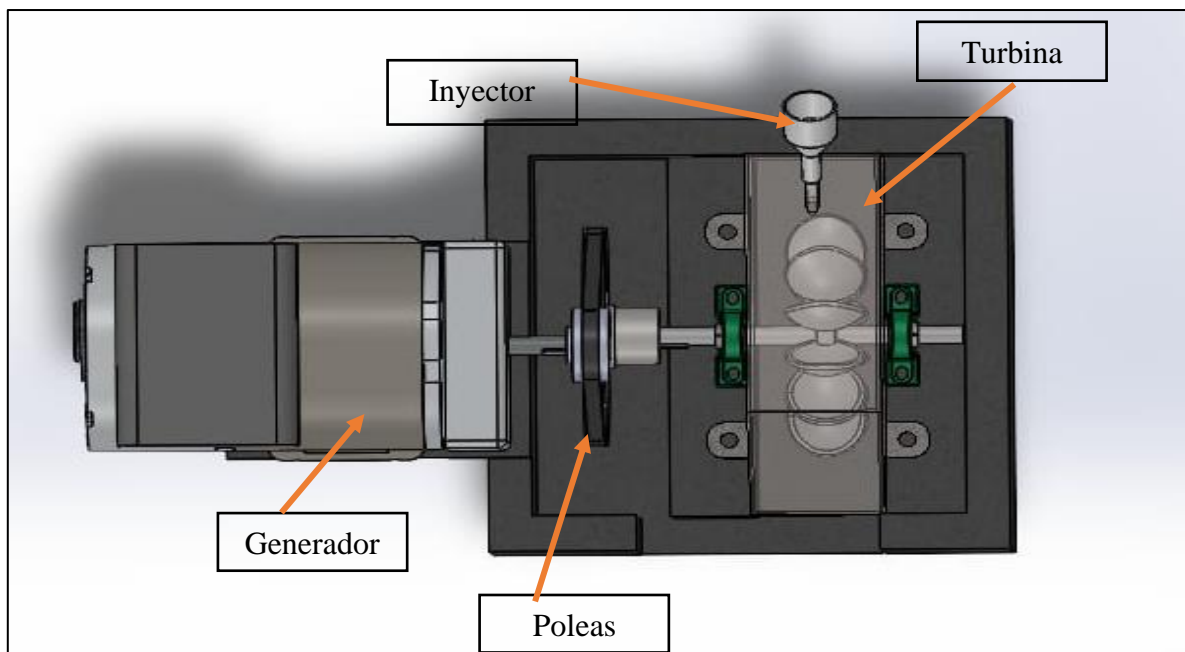
$$h = 0,315\text{m}$$

3.7.4. Diseño de la Turbina y Generador en Casa de Máquinas.

La casa de máquinas es el lugar donde están ubicados los equipos electromecánicos. El área de la casa de máquinas depende de las dimensiones de los equipos que albergará.

La ubicación de los equipos de generación de energía eléctrica deben estar bien definidos, para un óptimo funcionamiento.

FIGURA N°11 : Ubicación del sistema de generación en la casa de máquinas.



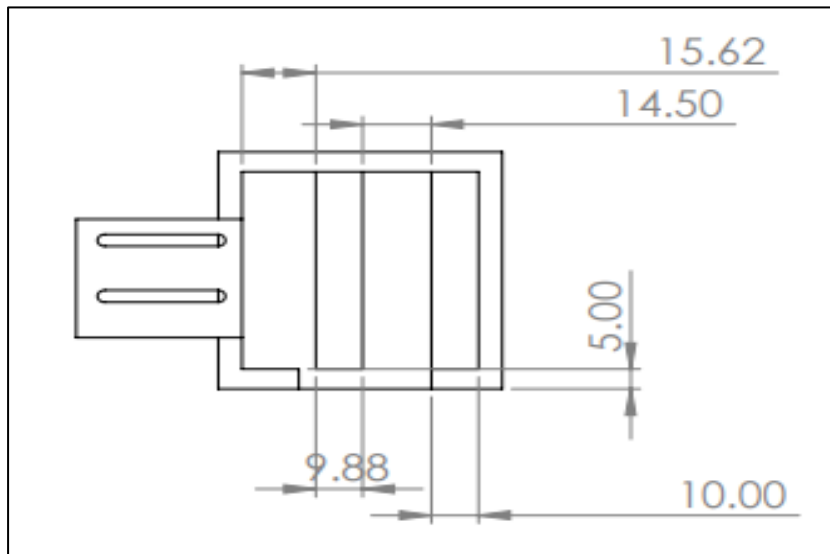
Fuente: Elaboración propia.

3.7.4.1. Cimentación

Las bases donde se apoyarán los equipos electromecánicos se denomina cimientos. Se optó por construirlos de concreto y además sirven para aislar los agentes destructivos como son: La humedad, el agua, lodo, etc.

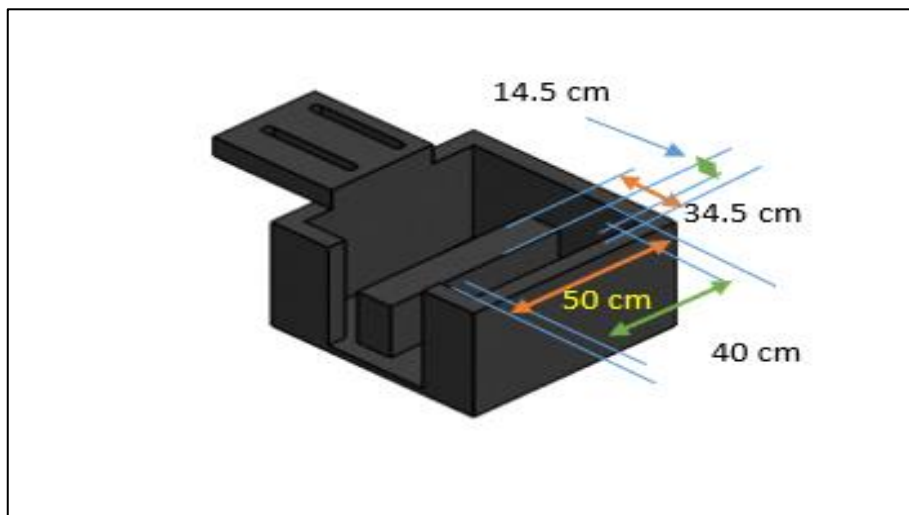
- Para soporte de la turbina:

FIGURA N°12 : Soporte de Generador y turbina



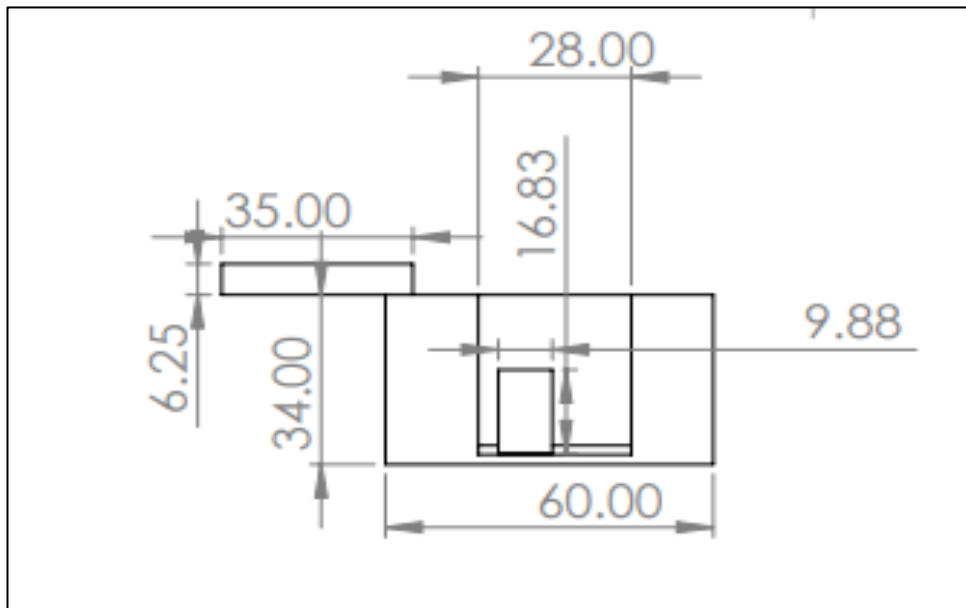
Fuente : Elaboracion propia.

FIGURA N°13 : Soporte de la turbina



Fuente : Elaboracion propia.

FIGURA N°14 : Altura del Soporte de Turbina y Generador



Fuente : Elaboracion propia.

Para nuestro proyecto se optó por varillas de acero de diametro 3/8 con cemento 280kg/cm y eslum de (3 a 4 cm). Selecciomnamos este tipo de cemento para tener una mejor resistencia y compresion del concreto. El coeficiente de trabajo (f_c) para la compresion del concreto.

Tabla N°9: Dosificacion de concreto – cantidad por metro cúbico.

CANTIDADES (cmt · ar · gr)	RESISTENCIA			CEMENTO (cmt)	ARENA mt^3 (ar)	GRAVA mt^3 (gr)	AGUA Lts (promedio)
	kg/ CM^2	PSI	Mpa				
1 - 2 - 2	280	4000	27	420	0,67	0,67	190
1 - 2 - 2 - 2,5	240	3555	24	380	0,60	0,76	180
1 - 2 - 3	226	3224	22	350	0,55	0,84	170
1 - 2 - 3,5	210	3000	20	320	0,52	0,90	170
1 - 2 - 4	200	2850	19	300	0,48	0,95	158
1 - 2,5 - 4	189	2700	18	280	0,55	0,89	158
1 - 3 - 3	168	2400	16	300	0,72	0,72	158
1 - 3 - 4	159	2275	15	260	0,63	0,83	163
1 - 3 - 5	140	2000	14	230	0,55	0,92	148
1 - 3 - 6	119	1700	12	210	0,50	1,00	143
1 - 4 - 7	109	1560	11	175	0,55	0,98	133
1 - 4 - 8	99	1420	10	160	0,55	1,03	125

Fuente: (Aceros Arequipa, 2023)

➤ El coeficiente de trabajo (f_c) para la compresión del concreto .

$$f_c = 0,225 * f'_c \dots \dots \dots (20)$$

Donde: f'_c = coeficiente de ruptura e igual a: $f'_c = 280 \text{ kg/cm}^2$

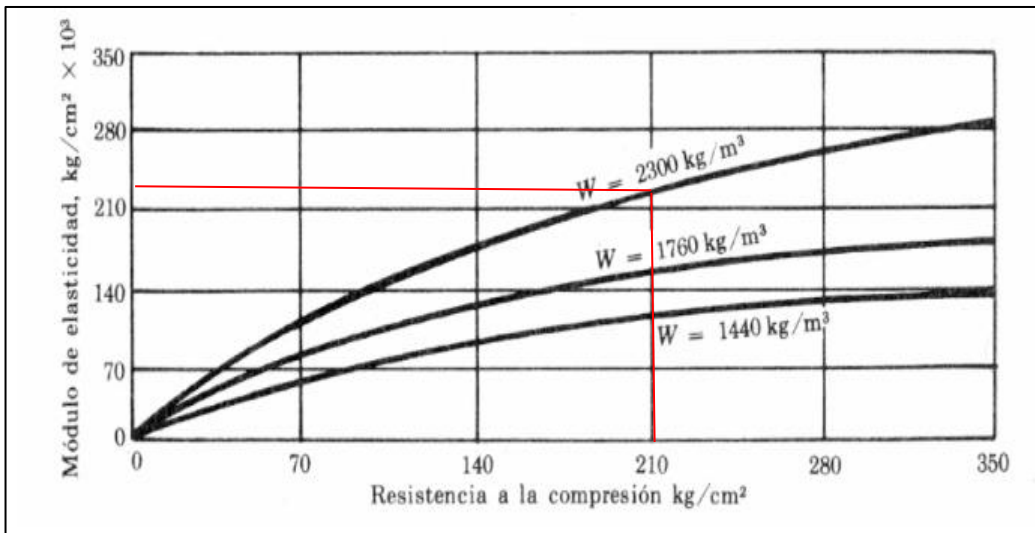
Reemplazando:

$$f_c = 0.225 * 280$$

$$f_c = 63 \text{ kg/cm}^2$$

El módulo de elasticidad del acero es: $2,1 * 10^6 \text{ kg/cm}^2$

GRÁFICA N°4 : El módulo de elasticidad del concreto



Fuente: El módulo de elasticidad del concreto (Gandica, 2012).

Seleccionamos el peso unitario del concreto $W = 2300 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ y la resistencia de la compresión

$f'_c = 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$, obtenemos un módulo de elasticidad para el concreto $280 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$.

➤ La relación del módulo de elasticidad es.

$$n = \frac{E_{ac}}{E_c} \dots \dots \dots (21)$$

$$n = \frac{E_{ac}}{E_c} = \frac{2,1 * 10^6}{280 \times 10^3}$$

$$n = 7.5$$

La relación del módulo de elasticidad “n=7,5” es la máxima permisible en el soporte de la turbina, por este motivo para un mejor diseño tomamos “n-1”.

➤ Para determinar el factor de seguridad “fs” lo determinamos con la siguiente ecuación.

$$fs = (n - 1) * fc + 600 \dots \dots \dots (22)$$

Remplazamos.

$$fs = (7.5 - 1) * 63 + 600$$

$$fs = 1009.5 \frac{kg}{cm^2}.$$

Ahora determinamos la carga que soporta la columna, con la siguiente ecuación.

$$m = A_c * fc + A_s * fs \dots \dots \dots (23)$$

Remplazamos:

$$m = 580 * 63 + 3,14 * 1009,5$$

$$m = 39709,83kg$$

3.7.4.2. Canal de descarga.

Este canal nos permite retornar el agua sin ninguna dificultad, desde la salida de la turbina hasta la quebrada, para luego siga el cause y aguas abajo ser utilizado para diferentes actividades.

Para realizar el dimensionamiento del canal de descarga, debemos asegurar la estabilidad y resistencia del concreto, ahora calculamos el área que debe tener el canal con la siguiente ecuación.

$$A = \frac{Q}{V_0} \dots \dots \dots (24)$$

V_0 = Velocidad recomendada según tabla (m/s).

A = Area del canal m^2 .

Q_0 = Caudal de diseño ($27 l/s$)

Tabla N°10 : Velocidad máxima del agua.

Materiales	Velocidad maxima	
	Menores 0.3m de profundidad	Menores 1m de profundidad
Arena	0.3 m/s	0.5 m/s
Arcilla	0.8 m/s	2 m/s
Concreto	1.5 m/s	2 m/s

Fuente: Velocidades máximas admisibles según tipo de revestimiento (Sanchez, 2017)

- Como tenemos que el canal es de concreto seleccionaremos una velocidad del agua 1.5 m/s y con un caudal (27 l/s).

Remplazando los datos de la ecuación.

$$A = \frac{0,027}{1.5}$$

$$A = 0.024 \text{ m}^2$$

- Para determinar la altura del canal utilizamos la siguiente ecuación del manual de centrales eléctricas Pag. 86 (Coz et al., 1995).

$$H = \sqrt{\frac{A}{2}} \dots \dots \dots (25)$$

Remplazamos:

$$H = \sqrt{\frac{0,024}{2}}$$

$$H = 0,109 \text{ m} = 10,9 \text{ cm}$$

- Luego determinamos el ancho del canal utilizando la siguiente ecuación del manual de centrales eléctricas. Pag. 86. (Coz et al., 1995).

$$B = 2H \dots \dots \dots (26)$$

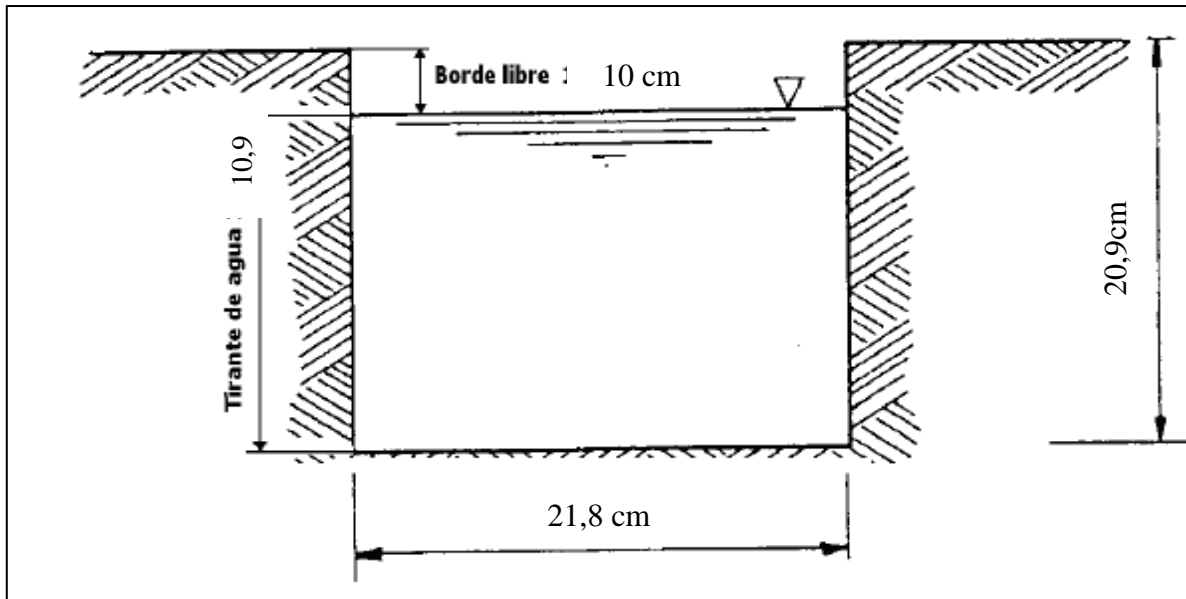
Remplazamos:

$$B = 2 * 10,9$$

$$B = 21,8\text{cm}$$

- Para los bordes del canal tomamos 10 cm

FIGURA N°15 : Descripción de dimensiones del canal de descarga.

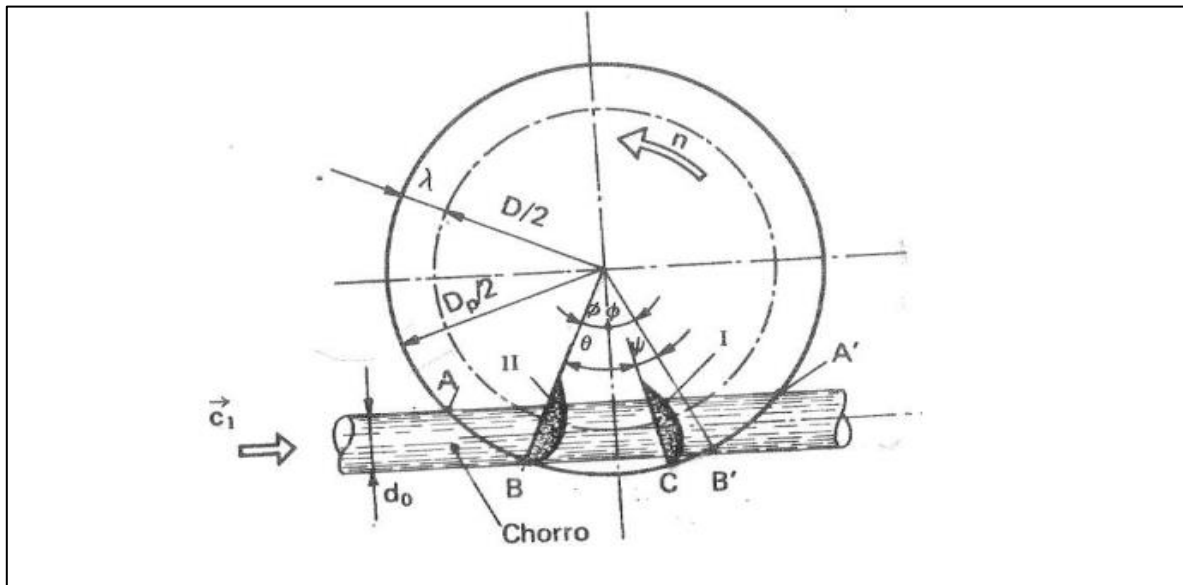


Fuente : Elaboracion propia.

3.8. Parámetros de diseño de la turbina Pelton.

El coeficiente de pérdidas por fricción (Δ), se impone como 0,05 esto equivale a un 5% de pérdida por fricción. Además, se tiene que la eficiencia de la turbina es 0,75.

FIGURA N°16 : Trayectoria relativas del rodete.



Funte: trayectoria del rodete (CORTÉS, 2012)

3.8.1. Velocidad de entrada del agua en la tobera.

Para determinar el número de revoluciones del rodete de turbina ($N_s =$ velocidad específica), primero debemos calcular la velocidad del chorro a la salida del inyector. Se calcula con la siguiente ecuación del manual de centrales eléctricas Pag. 148. (Coz et al., 1995).

$$c_1 = k_c * \sqrt{2 * g * H_n} \dots \dots \dots (27)$$

K_c = coeficiente de velocidad, varia desde 0,97 y 0,98. utilizamos 0,97

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$, aceleración de la gravedad.

$H_n = 21,05 \text{ m}$, altura neta

Remplazando los valores en la ecuación.

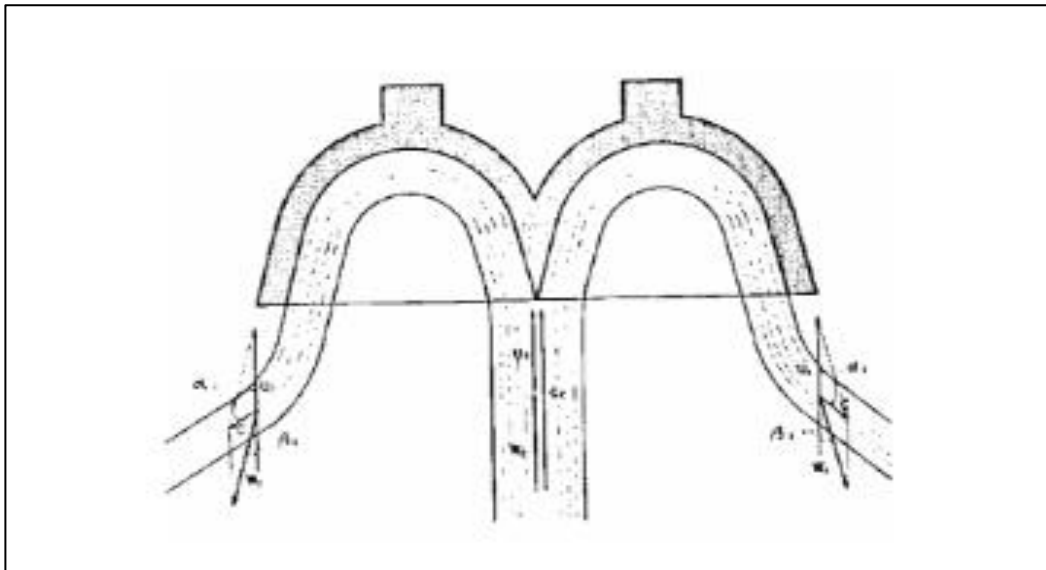
$$c_1 = 0,97 * \sqrt{2 * 9,81 * 21,05}$$

$$c_1 = 19,71 \text{ m/s}$$

➤ La velocidad $c_1 = c_2$ por la distancia que existe entre la cuchara y la tobera.

Como el diámetro del rodete de la turbina pelton es 31cm encontramos el número de revoluciones.

FIGURA N°17 : Cuchara de turbina pelton



Fuente: Manual de centrales eléctricas (Coz et al., 1995).

- Ahora determinamos la velocidad tangencial con la siguiente ecuación.

$$U_2 = K_u * C_2 * \cos\beta_2 \dots \dots \dots (28)$$

Donde:

K_u = Coeficiente de velocidad tangencial que sale de la relación

$$K_u = \frac{K_u''}{K_c} \dots \dots \dots (29)$$

- Su valor varía entre 0.44 y 0.48

C_2 = Velocidad absoluta a la entrada de la cuchara que es igual a la velocidad del chorro en la salida de la tobera C_1

β_2 = ángulo que forma la componente de la velocidad absoluta C_2 y la velocidad tangencial U_2 . Para el caso de nuestra turbina Pelton el ángulo de inclinación tiende a cero grados.

- Reemplazamos en la ecuación número 37 y tomamos la velocidad C_2 y estimamos un valor de $K_u = 0,47$, se obtiene el valor teóricamente de U_2 .

Donde.

$$U_2 = K_u * C_2 * \cos\beta_2 \dots \dots \dots (30)$$

$$U_2 = 0,47 * 19,71 \frac{m}{s} * \cos 0^\circ$$

$$U_2 = 9,26 \frac{m}{s}$$

Para determinar el numero de revoluciones utilizamos la siguiente ecuación.

$$U_2 = \frac{\pi * D_p * N}{60} \dots \dots \dots (31)$$

Donde.

- ✓ D_p = diámetro Pelton está entre (37 -39 cm).
- ✓ N = numero de revoluciones (rpm)

$$N = \frac{60 * 9,26 \frac{m}{s}}{\pi * 0,39m}$$

$$N = 453 \text{ rpm}$$

3.8.2. Número específico de revoluciones.

- Determinamos la potencia al eje con la siguiente ecuación.

$$P_{eje} = P_h * n_T \dots \dots \dots (32)$$

Donde.

$$P_h = 5,58 \text{ kW, potencia hidráulica}$$

$$n_T = 0,89, \text{ eficiencia de la turbina}$$

$$P_{eje} = 5,58 \text{ kW} * 0,89$$

$$P_{eje} = 5,58 \text{ kW} * 0,89$$

$$P_{eje} = 4,97 \text{ kW}$$

Convertimos a caballos a vapor la potencia al eje.

$$P_{eje} = 6,76 \text{ CV}$$

- Se tienen dos ecuaciones para el número específico de revoluciones, utilizamos la segunda ecuación porque ya tenemos la potencia al eje y la velocidad nominal lo cual permite obtener el diámetro del rodete. (Coz et al., 1995).

$$N_s = 240 * \delta * \sqrt{z} \dots \dots \dots (33)$$

$$N_s = N * P_{eje}^{\frac{1}{2}} * H_n^{-\frac{5}{4}} \dots \dots \dots (34).$$

Donde:

P_{eje} = potencia al eje, [CV]

N = velocidad nominal, 453 rpm)

H_n = Altura neta

Z = números de chorros

Remplazamos:

$$N_s = 453 * 6,76^{1/2} * 21,05^{-5/4}$$

$$N_s = 26 \text{ rpm}$$

3.8.3. Diámetro pelton

El diámetro pelton corresponde a la circunferencia media de las cucharas tangente a la línea media del chorro, lo determinamos con la siguiente ecuación del manual de centrales eléctricas(Coz et al., 1995).

$$D_p = (37 \text{ a } 39) * \frac{\sqrt{H}}{N} \dots \dots \dots (35)$$

Remplazamos.

$$D_p = 37 * \frac{\sqrt{21,05}}{453}$$

$$D_p = 0,375 \text{ cm}$$

Por ser una turbina de bajo N_s se considera el valor bajo 37.

3.8.4. Diámetro del chorro

El diámetro del flujo “d” se calcula con la siguiente ecuación del manual de centrales eléctricas Pág. 148 (Coz et al., 1995), esta ecuación considera que el flujo que proviene de la tobera tiene una forma cilíndrica.

Donde.

d = Diámetro del chorro.

D = Diámetro del rodete.

$$d = \sqrt{\frac{4 * Q_0}{\pi * C_1}} \dots \dots \dots (36)$$

Reemplazamos:

$$d = \sqrt{\frac{4 * 0,027}{\pi * 19,71}}$$

$$d = 4,17cm$$

- El diámetro del rodete “D” se calcula según la ecuación del manual de centrales eléctricas

$$D = \frac{240 * d}{N_s} \dots \dots \dots (37)$$

Reemplazamos:

$$D = \frac{240 * 0,0417}{26}$$

$$D = 0,39 m$$

3.8.5. Rendimiento del inyector.

El rendimiento del inyector encontramos con la siguiente ecuación del manual de centrales eléctricas. (Coz et al., 1995).

$$n_{iny} = \frac{c_1^2}{2 * g} \dots \dots \dots (38)$$

- Como ya se tiene los datos reemplazamos en la ecuación.

$$n_{iny} = \frac{19,71^2}{2 * 9,81}$$

$$n_{iny} = 0,94 \rightarrow 94\%$$

3.8.6. Geometría de la cuchara Pelton en función del diámetro del chorro.

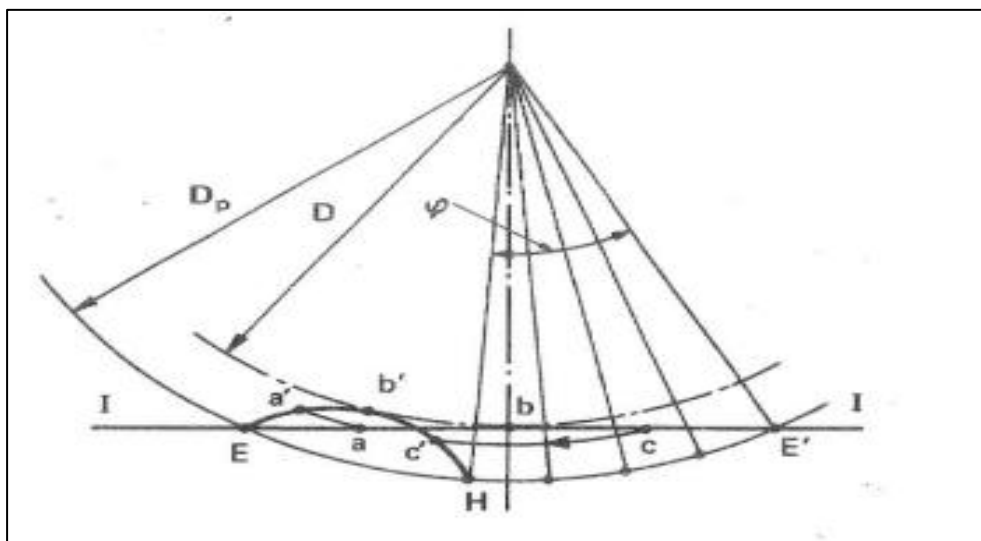
Los álabes del rodete tienen una forma de cuchara o de una elipse. Las cucharas son construidas con acero inoxidable.

El estudio del rodete pretende determinar la forma de la cucharas, la geometría del rodete, el número de cucharas y la orientación de las cucharas en el rodete.

3.8.6.1. Dimensiones de la cuchara

Las cucharas es la parte más importante de la turbina y para su diseño determinamos un estudio del fluido dinámico del problema.

FIGURA N°18 : Trayectoria de las cucharas



Fuente: trayectoria de las cucharas (CORTÉS, 2012) .

3.8.6.2. Número de cucharas.

Para determinar el número de cucharas utilizamos la siguiente ecuación del manual de centrales eléctricas Pag. 144 (Coz et al., 1995).

$$z = \frac{D_p * \pi}{2 * d} \dots \dots \dots (39)$$

Donde:

z = Número de cucharas

D_p = diámetro de las puntas

d = diámetro del flujo del inyector

➤ Reemplazando en la ecuación.

$$z = \frac{0,375m * \pi}{2 * 0,0417m}$$

$$z = 14,12$$

➤ Para diseño tomamos 14 cucharas.

3.8.6.3. Ancho de la cuchara “B”

El ancho de la cuchara depende del diámetro del flujo del inyector que según tabla varía de 2,5d hasta 4d.

NOTA: Se utilizó las ecuaciones del manual de centrales eléctricas, para determinar el ancho y el largo de los álabes, Pag. 143. (Coz et al., 1995).

$$b = 2,5 * d \dots \dots \dots (40)$$

Reemplazamos la ecuación:

$$b = 2,5 * 4,17cm$$

$$b = 10,425cm$$

3.8.6.4. Profundidad de la cuchara (t) según tabla varía de 0,6d hasta 0,9d.

$$t = 0,6 * d \dots \dots \dots (41)$$

Reemplazamos la ecuación:

$$t = 0,6 * 4,17\text{cm}$$

$$t = 0,025\text{m} = 2,5\text{cm}$$

3.8.6.5. Largo de la cuchara (L) según tabla de 2,3d hasta 2,8d.

$$L = 2,6 * d \dots \dots \dots (42)$$

Remplazamos la ecuación:

$$L = 2,6 * 4,17\text{cm}$$

$$L = 10,842 \text{ cm}$$

Tabla N°11 Dimensiones de las cucharas Pelton en función del diámetro del chorro

b (Ancho de la cuchara)	L (Largo de la cuchara)	t (Profundidad de la cuchara)	β_1 =Ángulo de salida del agua de la cuchara.	β_2 =Ángulo de entrada del agua a la cuchara.
2.5d	2.5d	0.6d	140°	5°
A	A	A	A	A
4,0d	3,5d	0,9d	180°	20°
$b = 10,425\text{cm}$	$L = 10,842 \text{ cm}$	$t = 2,5\text{cm}$	$\beta_1=150^\circ$	$\beta_2=12^\circ$

Fuente: diseño de las álabes (CORTÉS, 2012).

3.8.6.6. Punto de cruce de las trayectorias de dos álabes continuos.

- Calculamos con la siguiente ecuación del manual de centrales eléctricas, (Coz et al., 1995).

$$K = 0,1358 * D \dots \dots \dots (43)$$

Donde:

K = Punto de cruce de las trayectorias de los puntos exteriores de dos álabes continuos.

D = diámetro del rodete.

$$K = 0,1358 * 0,417$$

$$K = 0,056m$$

3.8.6.7. Espesor de los álabes o cucharas.

➤ Calculamos con la siguiente fórmula. (Coz et al., 1995).

$$X = K - t \dots \dots \dots (44)$$

Donde:

K = Punto de cruce de las trayectorias de los puntos exteriores de dos álabes continuos.

t = Profundidad de las cucharas.

X= Espesor de la cuchara.

$$X = 0,028 \text{ cm} - 0,025 \text{ cm}$$

$$X = 3,1\text{mm}$$

3.8.7. Fuerza radial centrífuga F_c .

$$F_c = \frac{m * u_1^2}{D} \dots \dots \dots (45)$$

NOTA: Consideramos la masa ($m = 0.05\text{kg}$) del álabe y material acero inoxidable.

$$F_c = \frac{0,05 * 9,75^2}{0,417}$$

$$F_c = 11,4 \text{ N}$$

3.8.8. Fuerza del chorro.

Para determinar la fuerza del chorro con la que cae sobre las cuchara o álabes, utilizamos la siguiente ecuación del manual de centrales electricas (Coz et al., 1995).

$$F_{ch} = \rho * Q(K_C \sqrt{2 * g * H_n} - u_1)(1 + K_m * \cos\beta_2) \dots \dots \dots (46)$$

F_{ch} = fuerza del chorro en N

ρ = densidad del agua

u_1 = velocidad tangencial

K_m = coeficiente de álabes o cazalote; $K_m = 1$ considerado.

β_2 = ángulo de salida de la tobera $5^\circ < \beta_2 < 20^\circ$; $\beta_2 = 12^\circ$

➤ Reemplazamos en la siguiente ecuación.

$$F_{ch} = 1000 * 0,027(0,97 * \sqrt{2 * 9,81 * 21,05} - 9,75)(1 + 1 * \cos 12^\circ)$$

$$F_{ch} = 542,11N$$

3.8.9. Fuerza que imprime el chorro de agua sobre los álabes (T).

La fuerza que ejerce el chorro del agua sobre los álabes, se convierte en torque N.m. que se calcula con la siguiente ecuación del manual de centrales eléctricas (Coz et al., 1995).

$$T = \frac{P_{eje}}{w} \dots \dots \dots (47)$$

Donde:

T = torque N.m

P_{eje} = potencia al eje.

w velocidad angular.

➤ La velocidad angular w se determina con la siguiente ecuación.

$$w = 2\pi * N \dots \dots \dots (48)$$

Donde:

N = velocidad nominal 453 rpm.

Remplazamos en la ecuación.

$$w = 2\pi * 453rpm$$

$$\omega = 2846,28 \text{ rpm}$$

$$\omega = 2846,28 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{1 \text{min}}{60 \text{s}}$$

$$\omega = 47,438 \frac{\text{rev}}{\text{seg}} = 47,438 \text{Hz}$$

- Ahora para determinar el torque reemplazamos.

$$T = \frac{3616\omega}{47,438 \text{Hz}}$$

$$T = 76,23 \text{ N.m.}$$

3.9. Sistema Electromecánico.

3.9.1. Sistema Electromecánico.

La potencia mecánica proveniente de una turbina hidráulica se puede aplicar a diferentes máquinas y equipos sin embargo la aplicación más frecuente es para generar energía eléctrica.

3.9.2. Generador eléctrico

Los generadores eléctricos son máquinas eléctricas rotativas que se acoplan directamente a los rodets de la turbina y así transformar la energía mecánica a energía eléctrica (Borja, 2012).

3.9.3. Selección de generador eléctrico.

Tabla N°12 Selección del generador de acuerdo a la potencia de salida.

Model	Rated Power (KW)	Voltage (V)		Current (A)		Power Factor (cos)	Number of poles	50hz / 60Hz / Speed(r.p.m)
		In series	In parallel	In series	In parallel			
ST-2	2KW	230	115	8.7	17.4	1.0	4	1500 / 1800
ST-3	3KW	230	115	13	26	1.0	4	1500 / 1800
ST-5	5KW	230	115	21.8	43.5	1.0	4	1500 / 1800
ST-7.5	7.5KW	230	115	32.6	65.2	1.0	4	1500 / 1800
ST-10	10KW	230	115	43.5	87	1.0	4	1500 / 1800
ST-12	12KW	230	115	52.2	104	1.0	4	1500 / 1800
ST-15	15KW	230	115	65.3	130	1.0	4	1500 / 1800
ST-20	20KW	230	115	87	174	1.0	4	1500 / 1800

Fuente: (GEN JET POWER, 2018)

- De acuerdo a la potencia útil o de salida, seleccionamos un generador de 4 polos modelo ST-5, de 1500 a 1800 rpm, que genera hasta 5 KW.

3.10. Diseño del sistema de transmisión

La pico central hidroelectrica en la quebrada honda rio seco, genera una continua conversion de energia hidraulica en energia mecanica en la turbina pelton, y de energia mecanica a energia electrica en el generador.

Donde la velocidad de giro de la turbina, esta relacionado con la altura neta, caudal y el diametro de los rodete. Esto no coincide con la velocidad del rodete del generador y por esto determinamos el sistema de trasmision de movimientos y potencia mecanica entre la turbina y el generador.

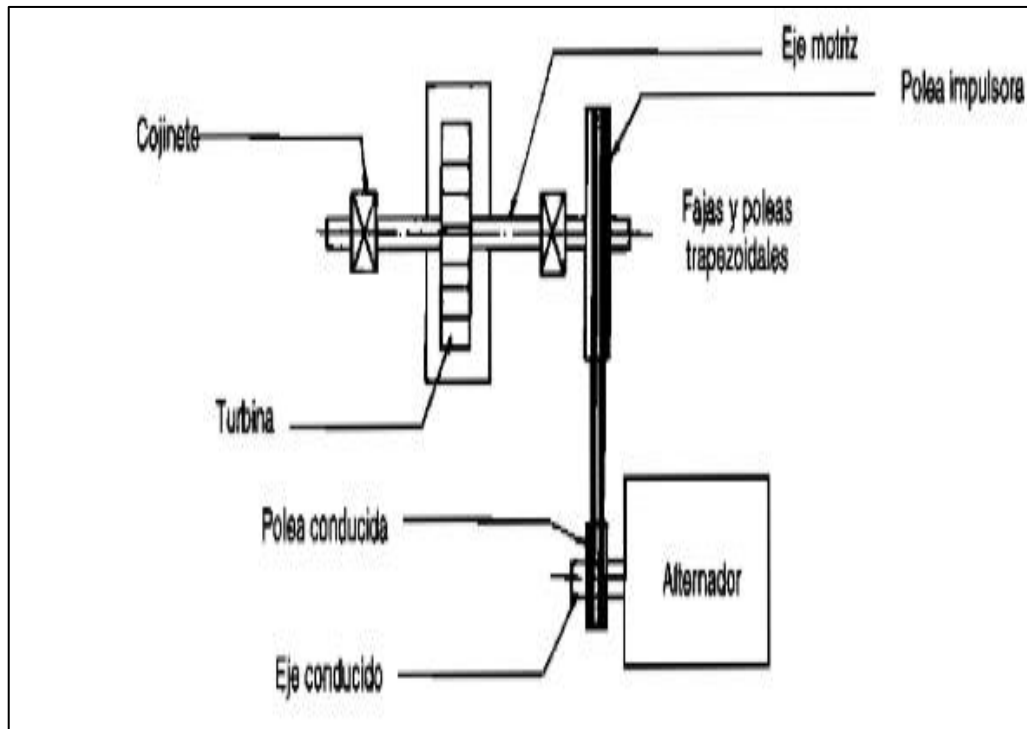
3.10.1. Elementos del sistema de transmisión

En todo sistema de transmisión de movimiento y potencia mecánica se distinguen dos tipos de elemento.

- Elemento conductor o Motriz
- Elemento conducido

Los elementos mecánicos que conforman el sistema de transmisión son los siguientes.

FIGURA N°19 : Elementos del sistema de transmisión



Fuente: Manual de centrales eléctricas (Coz et al., 1995).

En nuestro caso la turbina pelton y el generador eléctrico, giran a una velocidad de 1800 rpm para el cual seleccionamos el sistema de bandas, de acuerdo al manual de centrales hidroelectricas.

- ✓ $P = 3,623 \text{ kW}$; potencia a transmitir
- ✓ $N_1 = 453 \text{ rev/min}$; de la polea mayor (polea de la turbina)
- ✓ $N_2 = 1800 \text{ rev/min}$; de la polea menor (de la polea del generador)

3.10.2. Relación de transmisión (i).

Donde.

$$i = \frac{N_2}{N_1} \dots \dots \dots (49)$$

$$i = \frac{1800 \text{ rpm}}{453 \text{ rpm}} = 3,97$$

3.10.3. Potencia corregida P_c .

La potencia que se transmite por las correas vienen dadas en las tablas siguientes, calculada bajo la hipótesis de una carga constante para lo cual la potencia corregida se determinó con la siguiente ecuación del manual de centrales eléctricas pag. 143.

Donde.

$$P_c = P * C \dots \dots \dots (50)$$

- ✓ P_c = Potencia corregida, CV .
- ✓ P = Potencia a transmitir (CV) (3,623 Kw =4,93CV).
- ✓ C = Factor de potencia según las condiciones de trabajo.

Tabla N°13 : Valores de C de corrección de potencia, según la condición de trabajo.

Tipo de servicio	Condiciones de trabajo	Motor eléctrico	Motor de explosión	
			n. oil.> 4	n. oil. < 4
Ligero	Servicio intermitente-funcionamiento ≤ 6 horas diarias ninguna punta de carga	1	1.1	1.2
Normal	Funcionamiento de 6-16 horas día-punta de carga $\leq 150\%$ del trabajo a plena carga	1.2	1.3	1.4
Pesado	Puntas de carga o puesta en marcha $\leq 250\%$ del trabajo a plena carga – servicio continuo 16-24 h día.	1.4	1.5	1.6
Muy pesado	Puntas de carga > 250% del trabajo a plena carga – funcionamiento continuo.	1.6	1.8	2

Fuente: Manual de centrales eléctricas (Coz et al., 1995).

- ✓ Consideramos un valor de $C = 1,6$.

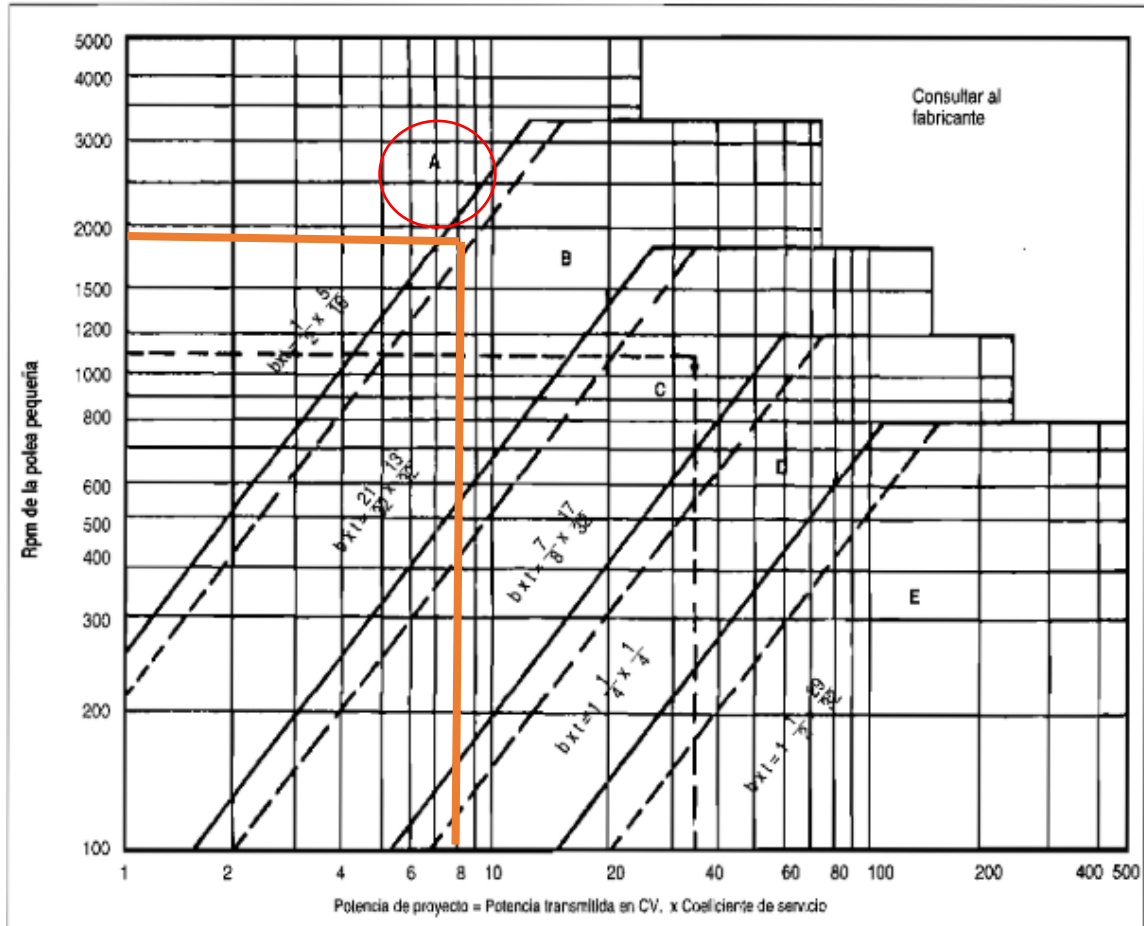
$$P_c = 4,93CV * 1,6$$

$$P_c = 7,888 CV$$

3.10.4. Sección de banda.

Se determinó la sección de banda en la siguiente figura, en relación a la potencia a transmitir corregida con el número de revoluciones por minuto de la polea menor.

Tabla N°14 Selección de sección de banda de la correa



Fuente: Manual de centrales eléctricas (Coz et al., 1995).

Como la polea menor (generador) gira a 1800rpm y la potencia corregida 7,865 CV la sección recomendada es el tipo A como se muestra en la figura 15.

3.10.5. Elección de los diámetros primitivos d_2 y D_1 de las poleas.

Al disponer de la polea matriz de la (turbina), con un diámetro primitivo de (D_1 30 cm) se calcula el diámetro de la polea conducida al generador mediante la siguiente ecuación del manual de centrales eléctricas pag. 171 (Coz et al., 1995).

$$i = \frac{D_1}{d_2} \dots \dots \dots (51)$$

$$d_2 = \frac{D_1}{i} = \frac{30}{3,97} = 7.556 \text{ cm}$$

3.10.6. Distancia entre ejes.

fijamos la distancia entre ejes, para considerar los límites es decir que debe ser mayor o igual a D_1 pero menor o igual a $3(d_2 + D_1)$.

Por el motivo que no estaba considerado previamente y por motivo de la instalación, determinamos tomando el siguiente criterio.

- Para un i que comprende entre 1 y 3.

$$I \geq \frac{(i + 1) * d_2}{2} + d_2 \text{ (mm)} \dots \dots \dots (52)$$

- Para $i \geq 3$

$$i \geq D_1 \text{ (mm)}$$

De acuerdo a lo obtenido en la relación de transmisión $i = 3.97$ tomamos el segundo criterio.

$$I = 300 \text{ mm}$$

3.10.7. Longitud primitiva de la banda.

Se calculó la longitud primitiva L , para un caso más común de transmisión por banda.

$$L = 2I + 1.57(D_1 + d_2) + \frac{(D_1 - d_2)^2}{4I} \text{ (mm)} \dots \dots \dots (53)$$

- Ahora reemplazamos en la ecuación.

$$L = 2(300) + 1,57(300 + 75.56) + \frac{(300 - 75.56)^2}{4(300)} \text{ (mm)}$$

$$L = 1231 \text{ mm}$$

Con la tabla N° seleccionamos la longitud primitiva de la banda L , más aproximada al valor determinado.

Tabla N°15 : Fracción de tabla de correas trapezoidales norteamericanas

SECCIÓN A		SECCIÓN B		SECCIÓN C		SECCIÓN D	
D min = 3 pulg (7,62 cm)		D min = 5,4 pulg (13,71 cm)		D min = 9 pulg (22,86 cm)		D min = 13 pulg (33 cm)	
Correa núm.	Longitud primitiva pulg (cm)	Correa núm.	Longitud primitiva pulg (cm)	Correa núm.	Longitud primitiva pulg (cm)	Correa núm.	Longitud primitiva pulg (cm)
A26	27,3 (69,3)	B35	36,8 (93,4)	C51	53,9 (136,9)	D120	123,3 (313,1)
A31	32,3 (82,0)	B38	39,8 (101,1)	C60	62,9 (159)	D128	131,3 (333,5)
A35	36,3 (92,2)	B42	43,8 (111,2)	C68	70,9 (180)	D144	147,3 (374,1)
A38	39,3 (99,8)	B46	47,8 (121,4)	C75	77,9 (197,8)	D158	161,3 (409,7)
A42	43,3 (109,9)	B51	52,8 (134,1)	C81	83,9 (213,1)	D173	176,3 (447,8)
A46	47,3 (120,1)	B55	56,8 (144,2)	C85	87,9 (223,2)	D180	183,3 (465,5)
A51	52,3 (132,8)	B60	61,8 (156,9)	C90	92,9 (235,9)	D195	198,3 (503,6)
A55	56,3 (143,0)	B68	69,8 (177,2)	C96	98,9 (251,2)	D210	213,3 (541,7)
A60	61,3 (155,7)	B75	76,8 (195,0)	C105	107,9 (274,0)	D240	240,8 (611,6)
A68	69,3 (176,0)	B81	82,8 (210,3)	C112	114,9 (291)	D270	270,8 (687,8)
A75	76,3 (193,0)	B85	86,8 (220,4)	C120	122,9 (312,1)	D300	300,8 (764,0)
A80	81,3 (206,5)	B90	91,8 (233,1)	C128	130,9 (332,4)	D330	330,8 (840,2)
A85	86,3 (219,2)	B97	98,8 (250,9)	C144	146,9 (373,1)	D360	360,8 (916,4)
A90	91,3 (231,9)	B105	106,8 (271,2)	C158	160,9 (408,6)	D390	390,8 (992,6)
A96	97,3 (247,1)	B112	113,8 (289,0)	C173	175,9 (446,7)	D420	420,8 (1068,8)
A105	106,3 (270,0)	B120	121,8 (308,3)	C180	182,9 (464,5)	D480	480,8 (1221,2)

Fuente: manual de centrales eléctricas (Coz et al., 1995).

3.10.8. Velocidad de la banda.

Determinamos con la siguiente ecuación la velocidad de la banda.

$$v = 0,052 * \frac{d_2 * N_2}{1000}$$

$$v = 0,052 * \frac{0,1259 * 1800}{1000} = 11,78 \text{ m/s}$$

3.11. Red eléctrica

3.11.1. Tipo de cable seleccionado.

La energía eléctrica es transmitida mediante red, en nuestro caso utilizamos un cable THW 90 5,26mm².

Tabla N°16 : Tabla de datos técnicos de cable de cobre THW .

CARACTERÍSTICAS ALAMBRES Y CABLES THW-LS/THHW-LS 75 °C / 90 °C 600 VOLTS								
ALAMBRES								
CALIBRE AWG	ÁREA NOMINAL DE LA SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	CONSTRUCCIÓN NÚMERO DE ALAMBRES	ESPESOR NOMINAL DEL AISLAMIENTO (mm)	MASA TOTAL APROXIMADA (kg/km)	DIÁMETRO NOMINAL DEL CONDUCTOR (mm)	AMPACIDAD		RESISTENCIA ELÉCTRICA NOMINA
						75 °C	90 °C	A CD 20 °C (Ohm/km)
14	2,08	1	0,76	26,95	3,15	25	25	8,290 0
12	3,31	1	0,76	39,19	3,58	25	30	5,250 0
10	5,26	1	0,76	58,53	4,11	35	40	2,280 0

Fuente: Ficha Técnica THW (Eléctricos, 2015)

- Para determinar si el cable es el adecuado realizamos los siguientes cálculos.

Donde:

potencia a generar $P = 3,623 \text{ kw}$

factor de potencia asumido $\cos(\theta) = 0,9$

resistencia del aluminio $\rho_{20^\circ\text{C}} = 0,00228 * \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$

sección del conductor. $A = 5,26\text{mm}^2$

longitud de desde la casa de máquinas hasta las viviendas $L = 160\text{m}$

- Por medio de la siguiente ecuación determinamos la resistencia del conductor (R).

$$R = \frac{\rho * L}{A} \dots \dots (54)$$

$$R = \frac{0,00228 * \Omega \frac{\text{mm}^2}{\text{m}} * 160\text{m} * 2}{5,26\text{mm}^2}$$

$$R = 0,139\Omega$$

- Al tener la resistencia del cable, determinamos las pérdidas que existen.

$$P_{LC} = I^2 * R \dots \dots \dots (55)$$

Donde:

P_{LC} = Pérdidas en la red de conducción

I = Corriente a la salida del generador; Seleccionamos según tabla nº17. 35 Amp.

$$P_{LC} = 35^2 * 0,139$$

$$P_{LC} = 170,25\text{w}$$

- El porcentaje de caída de tensión lo determinamos con la siguiente ecuación.

$$\Delta V\% = \frac{100 * I * R}{V} \dots \dots \dots (56)$$

Donde:

$\Delta V\%$ = caída de tensión.

V = voltaje del generador.

$$\Delta V\% = \frac{100 * 35 * 0,139}{220}$$

$$\Delta V\% = 2,21$$

La caída de tensión para el conductor de cobre está dentro de lo permitido que es 5% como máximo.

3.12. Sistema de protección

3.12.1. Instalación de pararrayo.

Se consideró un pararrayo tipo franklin para proteger los equipos electromecánicos, el cual se instaló con una bajada a tierra. Las normas de protección contra el rayo se considera una onda de cargas directas de rayos con un tiempo de subida de 10 μs hasta el 90% del valor pico 100 kA, y tiene de cola hasta 350 μs con un 50% de su valor pico

Se considero una altura ($h=10m$) para el pararrayo sobre los equipos electromecánicos y el radio a proteger de ($D=20m$), con un nivel de protección I. tomando como referencia las normas técnicas UNE 21186, NF C17-102 Y NP4426 (Pararrayos y accesorios , 2020).

Tabla N°17 : Radios de protección.

Ref. →	NIVEL DE PROTECCIÓN I (D=20 m)				NIVEL DE PROTECCIÓN II (D=30 m)				NIVEL DE PROTECCIÓN III (D=45 m)				NIVEL DE PROTECCIÓN IV (D=60 m)			
	AT-1515 AT-2515	AT-1530 AT-2530	AT-1545 AT-2545	AT-1560 AT-2560	AT-1515 AT-2515	AT-1530 AT-2530	AT-1545 AT-2545	AT-1560 AT-2560	AT-1515 AT-2515	AT-1530 AT-2530	AT-1545 AT-2545	AT-1560 AT-2560	AT-1515 AT-2515	AT-1530 AT-2530	AT-1545 AT-2545	AT-1560 AT-2560
2	13	19	25	31	15	22	28	35	18	25	32	39	20	28	36	43
4	25	38	51	63	30	44	57	69	36	51	64	78	41	57	72	85
6	32	48	63	79	38	55	71	87	46	64	81	97	52	72	90	107
8	33	49	64	79	39	56	72	87	47	65	82	98	54	73	91	108
10	34	49	64	79	40	57	72	88	49	66	83	99	56	75	92	109
20	35	50	65	80	44	59	74	89	55	71	86	102	63	81	97	113
60	35	50	65	80	45	60	75	90	60	75	90	105	75	90	105	120

Fuente: (Pararrayos y accesorios , 2020)

FIGURA N°20 : Pararrayo Franklin de 10 mts de altura.



Fuente: Elaboración propia.

3.12.2. Instalación de pozo a tierra

Se instaló 2 puestas a tierra, con el fin de proteger los equipos electromecánicos y las viviendas en el sector el palmo. Para la instalación de las puestas a tierra, se consideró dos varillas copperweld 5/8" x 2.4 mts, dos conectores AB de una pulgada y conductor de cobre de 35mm². Así mismo, se utilizó tierra de chacra con bentonita para bajar la resistencia del terreno.

FIGURA N°21 Instalación de pozo a tierra



Fuente: elaboración propia

FIGURA N°22 Instalación de pozo a tierra para las viviendas



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA N°23 Instalación de un pozo a tierra



Fuente: elaboración propia.

Se realizó las mediciones de los dos pozos a tierra con el equipo telurómetro, obteniendo un valor de $5,8 \Omega$. Según el Código Nacional de Electricidad, en la sección 060-712 se establece que la resistencia para un pozo a tierra no debe exceder los 25Ω (Mininas, 2011).

3.13. Manual de operaciones y mantenimiento

La puesta en marcha de la pico central hidroeléctrica, significa que debemos tener en cuenta los siguientes pasos.

- a. Tener la consideración que la tubería este totalmente llena de agua.
- b. El equipo electromecánico debe estar conectado por la faja con la turbina.
- c. Hacer girar manualmente el volante de inercia de la turbina en sentido de las manecillas del reloj, para confirmar que no hay impedimento o rose.
- d. Después de estas simples recomendaciones, manipulamos la válvula manualmente, hasta alcanzar la velocidad necesaria del generador y de la turbina, fijándonos en el voltaje 220 V y la frecuencia 60Hz.
- e. Una vez que el equipo se encuentre funcionando estable y alcanzado su voltaje y frecuencia, se procede a energizar el sistema.

3.14. Mantenimiento de la pico central hidroeléctrica.

El mantenimiento se realizará con personal que será capacitado previamente, para poder realizar la limpieza o mantenimiento de la bocatoma, desarenador, tubería de condición de PVC, turbina Pelton de acción, generador y equipamiento eléctrico, el mantenimiento y limpieza será ejecutada de acuerdo al cronograma respectivo.

3.15. Análisis económico

El análisis económico de un proyecto de generación eléctrica es importante para orientar a la toma de decisión entorno a ejecutar o no, puesto que este proyecto mejorará la calidad de vida de las familias del sector el palmo.

3.15.1. Inversión.

La inversión de la pico central hidroeléctrica tiene un valor S/ 17604 y se divide en la siguiente manera.

Tabla N°18 : Costos directo del proyecto.

Descripción	Sub. Total. S/.
Costo por topografía	500
Costo de transporte	500
Costo por mano de obra	2700
Costos de materiales para las obras civiles	1090
Costos de materiales para la instalación hidráulica	613
Costos de materiales para la instalación eléctrica	10601
Total	16004

Fuente: Elaboración Propia.

- La topografía se realizó con la finalidad de determinar el área de estudio, altura bruta y la longitud donde se instaló la tubería.

Tabla N°19 : Costo por Topografía

	Unidad	Precio	Total
Alquiler de equipo	1	500	500
Total			500

Fuente: Elaboración Propia.

- Estos costos representan el traslado del material desde la provincia de Jaén hasta 1km antes de la pico central.

Tabla N°20 : Costos de transporte.

Descripción	Unidad	Cantidad	Pre. Unitario S/.	Sub. Total. S/.
Cemento, Tubería y ladrillo.	Und	1	150	150
Generador, Turbina, conductor eléctrico y artefactos.	Und	1	50	150
Pasajes	Und	10	20	200
Total.				S/ 500

Fuente: Elaboración Propia.

- Estos costos representan la compra de cemento, arena y ladrillo.

Tabla N°21 : Costos para las obras civiles

Descripción	Unidad	Cantidad	Pre. Unitario S/.	Sub. Total. S/.
Cemento	Und	20	32	640
Arena	m ³	10	20	200
Ladrillo	Und	500	0,5	250
Total.				S/ 1090

Fuente: elaboración propia.

- Los costos por mano de obra representan lo siguiente.

Costo por mano de obra

Tabla N°22 : Fuente: Elaboración Propia.

Descripción	Unidad	Cantidad	Pre. Unitario S/.	Sub. Total. S/.
Bocatoma, desarenador tanque depresión, casa de maquinas	Und	1	1000	1000
Instalación de la tubería de conducción y presión	Und	1	250	250
Instalación de red eléctrica	Und	1	1500	1500
Total.				S/ 2700

Tabla N°23 : Costo de la tubería de presión y accesorios.

Descripción	Unidad	Cantidad	Pre. S/.	Unitario	Sub. Total. S/.
Tubería PVC de 6Ø in (3m) 0.5MPa	Und	3	95		285
Tubería PVC de 3Ø in (6m) 0.5MPa	Und	8	32		256
Reductor PVC de 3 a 6 Ø	Und	1	12		12
Pegamento de PVC.	Und	5	8		40
Válvulas de 3Ø y 6 Ø	Und	2	10		20
Total.					S/ 613

Fuente: elaboración propia.

Tabla N°24 : Costo de materiales de la instalación eléctrica

Descripción	Unidad	Cantidad	Pre. Unitario S/.	Sub. Total. S/.
Turbina Pelton	Und	1	3500	3500
Generador	Und	1	2629	2629
Conductor cobre THW 10mm	Metros	450	1.40	630
Sistema de protección	Und	1	1220	1220
Cable N° 14	Metros	600	1.2	720
Luminarias 20watt	Und	18	20	360
Llave diferencial 20A	Und	4	110	440
Luminaria 100w	Und	8	30	240
Interruptor termomagnético 20A	Und	4	30	120
Tomacorrientes	Und	16	12	192
Interruptores	Und	10	10	100
Sócate	Und	26	5	130
Postes de madera	Und	5	20	100
Perno ojo 5/8 x10"	Und	5	8	40
Preforme	Und	10	8	80
Total.				S/ 10601

Fuente. Elaboración propia.

➤ Costo de mantenimiento en un año es: S/1280,485

Tabla N°25 : Costo por mantenimiento

	Costo /Hora (S/)	Total Horas/año	Costo por /año	Beneficios (42.33%)	Costo anual de mano de obra
MANO DE OBRA	25	18	450	190,485	640,485
TOTAL					S/. 640,485

Fuente: elaboración propia.

Tabla N°26 : Costo de materiales de mantenimiento

Materiales de mantenimiento	Unidades	P. unitario	cantidad anual	costo anual
Grasa para rodaje	Kg	40	1	40
Carbones	Und	10	4	40
Faja	Und	80	2	160
Rodajes	Und	50	8	400
TOTAL				S/. 640

Fuente: Elaboración propia

3.15.2. Costos indirectos

Con la instalación de la pico central hidroeléctrica, las familias del sector El Palmo, ve reflejado los beneficios en el ahorro significativo con relación a los combustibles fósiles que consumían. Además, la electrificación brinda una mejor calidad de vida en el sector.

Tabla N°27 : Costos indirectos del proyecto.

Descripción	Sub. Total. S/.
Alimentación	1500
Imprevistos	100
Total	1600

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N°28 : Costos de la pico central hidroeléctrica

Descripción	Sub. Total. S/.
Costo directo	16004
Costo Indirectos	1600
Total	17604

Fuente: Elaboración Propia.

3.15.3. Valor de la depreciación.

Para determinar la depreciación del proyecto de la pico central hidroeléctrica utilizamos la depreciación lineal, en donde el bien pierde su valor cada año desde el primer día que fue instalado hasta el último día de su vida útil.

La vida útil de la pico central es de 15 años y obras civiles se considera 20 años.

Según la ecuación de la sección del libro para determinar el VAN y el TIR (Marcos Roberto Mete, 2012)

Donde:

$$VR_n = V_i - V_i * \frac{n}{N} \dots \dots \dots (57)$$

VR_n = Valor residual en el año n, en soles.

V_i = Valor inicial del bien, en el año de su instalación. (costo inicial + costo de mantenimiento)

N = Vida útil del bien.

n = Tiempo de uso del proyecto.

➤ Valor residual de la obra civiles.

$$VR_n = V_i - V_i * \frac{n}{N}$$

$$VR_n = S/ 28564 - S/ 28564 * \frac{15}{20}$$

$$VR_n = S/7141$$

3.15.4. Determinación del costo de la energía.

3.15.4.1. Mantenimiento

Para el mantenimiento de la Pico Central Hidroeléctrica consideramos las siguientes paradas en un año.

Tabla N°29 : Cantidad de horas paradas por mantenimiento de la Pico Central.

	Engrase /rodajes	Limpieza/ desarenador/tanque de presión	Cambio carbones	Cambio de faja	Cambio rodajes	Verificación de alabes	Horas/Hombres
1	X	X					1
2	X	X					1
3	X	X	X		X		2
4	X	X					1
5	X	X					1
6	X	X	X	X	X	X	3
7	X	X					1
8	X	X					1
9	X	X	X		X		2
10	X	X					1
11	X	X					1
12	X	X	X	X	X	X	3
TOTAL							18 horas

Fuente: Elaboración propia.

- El tiempo de vida útil que se consideró es de 15 años para la pico central hidroeléctrica, y si multiplicamos por las 18 horas pérdidas por mantenimiento en un año.

$$18h * 15 = 270 h$$

Como el mantenimiento siempre se hace de día entre las 8:00 am – 3:00 pm.

- Determinamos cuantas horas tiene un año.

$$365 \text{ días} * \frac{24 \text{ horas}}{\text{día}} = 8760 \text{ horas}$$

La producción de energía (PE) 100% en un año

$$PE = 8760 \text{ horas} * 3,623\text{KW} = 31737,48 \text{ kwh}$$

Tabla N°30 : Producción de energía en un año

Porcentaje	Horario Desde/hasta			horas	Días /porcentual	Días	horas	Kw	Producción (Kwh)/año
25%	8:00pm-6:00am	8:00 am - 11:00am		13	$\frac{13}{24} * 365$	197,71	4730,4	$3,623 * 25 \% = 0,904$	4284,28
50%	6:00am	8:00am	2:00pm - 4:00pm	4	$\frac{4}{24} * 365$	60,83	1460-18	$3,623 * 50 \% = 1,808$	2596
75%	11:00am	2:00pm	6:00pm-8:00pm	5	$\frac{5}{24} * 365$	76,1	1826	$3,623 * 75 \% = 2,712$	4952,11
100%	4:00pm	6:00pm		2	$\frac{2}{24} * 365$	30,42	730	$3,623 * 100 \% = 3,616$	2640
Total				24	8760h		14464,4		

Fuente: elaboración propia.

Ahora como ya determinamos la producción de energía en un año, determinamos para los 15 años de vida útil de la central.

$$14464,4 \frac{\text{kWh}}{\text{años}} * 15 \text{ años} = 216916 \text{ kWh}$$

Producción de energía en un día.

$$\frac{14464,4\text{kWh}}{365} = \frac{39,6\text{kWh}}{\text{día}}$$

Tabla N°31 : Valor actual

Año	Gasto anual de mantenimiento	Tasa de interés (8%) $m = \left[\frac{1}{(1+i)^n} \right]$	Valor presente del costo anual
1	1280,48	0,926	1185,63
2	1280,48	0,857	1097,81
3	1280,48	0,7938	1016,49
4	1280,48	0,735	941,20
5	1280,48	0,681	871,50
6	1280,48	0,632	806,92
7	1280,48	0,583	747,15
8	1280,48	0,540	691,80
9	1280,48	0,500	640,56
10	1280,48	0,463	593.12
11	1280,48	0,429	549,18
12	1280,48	0,397	508,50
13	1280,48	0,3677	470.83
14	1280,48	0,340	435.95
15	1280,48	0,315	403.66
Total			10960,24

Fuente: Elaboración propia.

3.16. Costo anual equivalente de la inversión y mantenimiento.

Para determinar el costo anual equivalente utilizamos la siguiente ecuación.

Donde:

A: Costo anual equivalente.

P: Inversión (S/ 17604)

i: Tasa de interés (8%)

T=Mantenimiento (S/ 10960.24)

n: años de vida útil (15años)

$$A = (P + T) * \left[\frac{i}{1 - (1 + i)^{-n}} \right] \dots \dots \dots (58)$$

Reemplazamos.

$$A = (28564,24) * \left[\frac{0,08}{1 - (1 + 0,08)^{-15}} \right]$$

$$A = s/ 3337,15$$

3.17. Costo nivelado de la energía (LCOE).

- Se calcula el costo nivelado de la energía para un año.

$$\text{LCOE.} = \frac{\text{Costo equivalente de la inversión y mantenimiento}}{\text{La producción de energía}} \dots (59)$$

$$\text{LCOE.} = \frac{3337,15}{14464,4} = 0,231 \frac{\text{S/}}{\text{kWh}}$$

Tabla N°32 : Costo de la energía consumida.

Energía consumida por un día (kW-h)	39,6 kW-h
Energía consumida por un año (kW-h)	14464,4 kW-h.
Costo nivelado de la energía (kW-h)	S/ 0,231
Ingreso por consumo de energía anual	S/ 3341,27

Fuente: Elaboración Propia

3.18. Flujo de caja.

El flujo de caja utilizado es el valor anual de energía y luego lo sumamos el valor residual de la PCH

Tabla N°33 : Flujo de caja anual del proyecto de la PCH.

Determinación del flujo de caja .							
Año	Beneficios			Costos			Flujo de caja
	Valor de energía	Valor Residual	Benef. Total	Inversión	Operac. y Manten.	Costo Total.	
0	0	0	0	17604	0	17604	-17604
1	3341,27	0	3341,27		1185,62963	1185,62963	2155,64037
2	3341,27	0	3341,27		1097,80521	1097,80521	2243,46479
3	3341,27	0	3341,27		1016,48631	1016,48631	2324,78369
4	3341,27	0	3341,27		941,191026	941,191026	2400,078974
5	3341,27	0	3341,27		871,473172	871,473172	2469,796828
6	3341,27	0	3341,27		806,919604	806,919604	2534,350396
7	3341,27	0	3341,27		747,147781	747,147781	2594,122219
8	3341,27	0	3341,27		691,803501	691,803501	2649,466499
9	3341,27	0	3341,27		640,558797	640,558797	2700,711203
10	3341,27	0	3341,27		593,109998	593,109998	2748,160002
11	3341,27	0	3341,27		549,175924	549,175924	2792,094076
12	3341,27	0	3341,27		508,496226	508,496226	2832,773774
13	3341,27	0	3341,27		470,829839	470,829839	2870,440161
14	3341,27	0	3341,27		435,953554	435,953554	2905,316446
15	3341,27	7141	3341,27		403,660698	403,660698	2937,609302

Fuente: Elaboración Propia.

3.19. Determinación del VAN y TIR.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_j}{(1+i)^t} \dots \dots \dots (60)$$

Donde:

I_0 =inversión inicial. (S/ 17604)

i =tasa de interés vigente (8%)

t = vida útil (15 años)

F_c = Flujo neto de caja.

$$VAN_{\text{año1}} = \frac{2155,64037}{(1 + 0,08)^1} = 1996$$

$$VAN_{\text{año2}} = \frac{2243,46479}{(1 + 0,08)^2} = 1923,41$$

$$VAN_{\text{año3}} = \frac{2324,78369}{(1 + 0,08)^3} = 1845,5$$

$$VAN_{\text{año4}} = \frac{2400,078974}{(1 + 0,08)^4} = 1764,13$$

$$VAN_{\text{año5}} = \frac{2469,796828}{(1 + 0,08)^5} = 1680,9$$

$$VAN_{\text{año6}} = \frac{2534,350396}{(1 + 0,08)^6} = 1594,4$$

$$VAN_{\text{año7}} = \frac{2594,122219}{(1 + 0,08)^7} = 1514$$

$$VAN_{\text{año8}} = \frac{2649.466499}{(1 + 0,08)^8} = 1431,42$$

$$VAN_{\text{año9}} = \frac{2700,711203}{(1 + 0,08)^9} = 1351$$

$$VAN_{\text{año10}} = \frac{2748,160002}{(1 + 0,08)^{10}} = 1273$$

$$VAN_{\text{año11}} = \frac{2792,094076}{(1 + 0,08)^{11}} = 1197,5$$

$$VAN_{\text{año12}} = \frac{2832,773774}{(1 + 0,08)^{12}} = 1125$$

$$VAN_{\text{año13}} = \frac{2870,440161}{(1 + 0,08)^{13}} = 1055,5$$

$$VAN_{\text{año14}} = \frac{2905,316446}{(1 + 0,08)^{14}} = 989,12$$

$$VAN_{\text{año15}} = \frac{2937,609302}{(1 + 0,08)^{15}} = 926,1$$

Si sumamos el flujo de caja nos da un total de S/ 21632,52

Remplazamos:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_j}{(1 + i)^t} = -17604 + 21669$$

$$VAN = S/4065$$

Tabla N°34 : Cálculo del TIR

TIR	FLUJO DE CAJA	
	-17604	
	2155,64	
	2243,46	
	2324,78	
	2400,08	
	2469,80	
	2534,35	
	2594,12	TIR = 11%
TIR	2649,47	
	2700,71	
	2748,20	
	2792,10	
	2832,77	
	2870,44	
	2905,32	
	2937,61	

Fuente: Elaboración propia.

Como el TIR es mayor que la tasa de descuento, se dice que el proyecto es viable.

3.20. Relación beneficio / costo.

La relación beneficio/costo, representa tanto a los ingresos como a los egresos, donde los ingresos deben ser favorables para el dueño del proyecto. Para ello se realiza un análisis de la relación beneficio / costo (B/C), la cual puede ser mayor, menor o igual que 1.

Ahora, si:

$(B/C) > 1$, significa que los ingresos son mayores que los egresos y son favorables para el proyecto.

$(B/C) = 1$, los ingresos y egresos son iguales, proyecto indiferente.

$(B/C) < 1$, los ingresos son menores que los egresos, lo cual no es favorable para el proyecto.

➤ Utilizamos la siguiente ecuación para calcular la relación beneficio / costo

Tabla N°35 : Beneficio total.

N°	Rentabilidad por año	Beneficio $m=P*[1/(1+i)^n]$
1	3341,27	3094,69
2	3341,27	2865,46
3	3341,27	2653,20
4	3341,27	2456,67
5	3341,27	2274,70
6	3341,27	2106,20
7	3341,27	1950,20
8	3341,27	1805,73
9	3341,27	1671,97
10	3341,27	1548,12
11	3341,27	1433,44
12	3341,27	1327,26
13	3341,27	1228,94
14	3341,27	1137,91
15	10483,27	3304,76
TOTAL		30859,23

Fuente: Elaboración propia.

$$R_{B-c} = \frac{VALOR ACTUAL TOTAL BENEFICIOS}{VALOR ACTUAL TOTAL COSTOS} \dots \dots (61)$$

En la siguiente tabla se determinó los beneficios y los costos, los cuales son estimados para la vida útil de la pico central hidroeléctrica con una tasa de descuento $i=8\%$.

$$R_{B-c} = \frac{30859,23}{28564,24} = 1,08$$

Como se aprecia el resultado de la relación beneficio / costo es mayor que 1, lo cual significa que el proyecto es rentable y la inversión se recuperará en los primeros años de uso.

3.21. Instalación de las obras civiles

3.21.1. Desarenador y tanque de Presión

El desarenador y el tanque de presión están constituidos en una sola obra civil, para eso se realizó lo siguiente.

- Se realizó la excavación del hoyo con sus medidas respectivas.
- Se realizó una sub-base con piedra de 15cm para la cimentación.

- Esta imagen expresa la etapa de la construcción del tanque de presión y el desarenador. Este tanque se realizado de ladrillo y mortero 280 kg/m^3 .



a)



b)



c)



d)

3.21.2. Tubería de presión y conducción.

- La tubería de PVC, se instaló desde el tanque de presión hasta la casa de máquinas que tiene una longitud de 58 m



e)



f)



g)



h)

3.21.3. Instalación de la turbina y generador

- Se instaló de acuerdo a lo diseñado.
- Los apoyos del generador y turbina Pelton, se construyeron con mortero 280 kg/m^3 y acero 3/8. Además, una vez instalado los equipos electromecánicos, se colocó la faja seleccionada.



i)



j)



k)



l)

3.21.4. Prueba en marcha y funcionamiento

La prueba en marcha del sistema se realizó con toda normalidad, dando inicio que fluya el agua por la tubería de presión, permitiendo que el chorro mueva a los álabes de la turbina y a través del sistema de transmisión realice el movimiento del generador, produciendo de esta manera la energía eléctrica.

Realizamos algunas mediciones a la pico central hidroeléctrica, para determinar los parámetros reales en su funcionamiento de potencia, la frecuencia, la corriente, el voltaje,

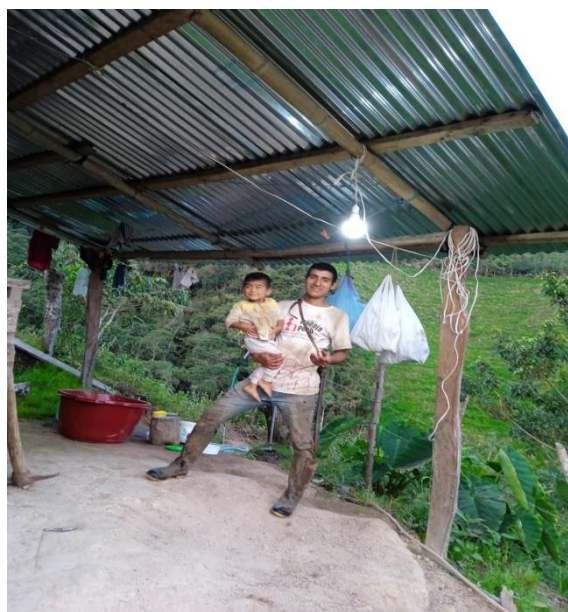
Para hallar estos valores, se realizaron pruebas variando el caudal que ingresa al sistema, con ayuda de la válvula, con una carga constante 3616W, la altura neta de 21.05 m se mantiene constante.

➤ Estas imágenes expresan la llegada de energía eléctrica a las viviendas de cada familia en el sector El Palmo, utilizando los recursos hídricos del sector.

➤ Vivienda de Familia 01



m)



n)

➤ vivienda de Familia 02 y 03



o)



p)



q)



r)

➤ Vivienda de familia 04.



4. DISCUSIONES

Según Capristano & Muñoz, (2022) realizaron un diseño de una minicentral hidroeléctrica en el Centro Poblado de Quitaracsa - Trujillo, en la cual determinaron los parámetros para el diseño. Obtuvieron una demanda energética de 35 KW, así también determinaron usar una turbina Pelton de 16 cucharas con un generador de 4 inyectores y 900 rpm. Concluyendo que llevar a cabo el proyecto de energía eléctrica traería mucho desarrollo al sector rural y el cumplimiento de algunas demandas eléctricas que no se abastece.

Para la instalación de la pico central hidroeléctrica en la quebrada Honda Río Seco en el sector El Palmo centro poblado La Cascarilla Jaén – Cajamarca, determinamos los siguientes parámetros, una potencia de 3,616 kW con un turbina Pelton de 14 álabes y solo un inyector, caudal 27 L/seg y una altura neta de 21.05m. Concluyendo que llevar a cabo este proyecto nos permite mejorar la economía de las familias y su calidad vida en el sector.

- EL proyecto de pico central hidroeléctrica en pequeña escala, generan impactos ambiental lo más mínimos.
- Este proyecto nos permite que en zonas rurales tenga buena aceptación y especialmente en zonas alejadas a la ciudad, donde es de difícil acceso que llegue el interconectado nacional. Siendo una alternativa para los habitantes de este sector El Palmo para que gocen de un servicio básico, como es la energía eléctrica.
- Según las pruebas y funcionamiento de la pico central hidroeléctrica Honda Río Seco en el sector El Palmo centro poblado La Cascarilla – Jaén -Cajamarca; presenta valores aceptables para trabajar de manera eficiente a cargas parciales, llegando a plena carga con una eficiencia de la turbina en el orden del 72%.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones

- Con el desarrollo de esta investigación aplicada no experimental, se cumplió con el objetivo principal, que fue diseñar y construir la pico central hidroeléctrica, con la cual mejoró la calidad de vida de los habitantes de este sector El Palmo centro poblado la Cascarilla – Jaén- Cajamarca.
- De acuerdo al caudal que se tiene, se diseñó y dimensionó la turbina Pelton. Además, se determinó la potencia a generar de 3.6 kW, satisfaciendo la potencia requerida en el sector.
- Para el dimensionamiento del proyecto se ha seleccionado una turbina Pelton de 14 álabes, 453 rpm y para el generador de 4 polos y 1800 rpm.
- El presupuesto total del proyecto es de S/28564,24 realizando la evaluación económica y financiera VAN y TIR. Se determinó que el proyecto es rentable ya que el kWh es 0.23 céntimos y realizando un cuadro comparativo esto representa la tercera parte con relación a la empresa que ofrece este servicio en la zona rural.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda seguir los pasos o acciones del mantenimiento tanto en las obras civiles como del sistema turbo-generador.
- Se recomienda mantener constante el nivel del agua en la bocatoma con el fin de evitar el paro inesperado del sistema.
- Se recomienda que se realice la limpieza del desarenador y tanque de presión para evitar que se acumule gran cantidad de sedimentos pudiendo estos obstaculizar el paso del agua hacia la turbina.
- Se recomienda revisar el estado de la carcasa de la turbina cada 6 meses con la finalidad de evitar que se corra.

6. BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

Medina, E., & Sigchi, B. (2021). *Diseño y análisis para la implementación de un sistema de pico -aprovechamiento en generacion hidroelectrica*. Cuenca, Ecuador. Obtenido de [Diseño y análisis para la implementación de un sistema de pico -aprovechamiento en generacion hidroelectrica: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21296/1/UPS-CT009370.pdf](https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21296/1/UPS-CT009370.pdf)

Aceros Arequipa. (2023). *Construyendo Seguro*. Obtenido de [Construyendo Seguro: https://www.construyendoseguro.com/como-hacer-una-buena-dosificacion-del-concreto/](https://www.construyendoseguro.com/como-hacer-una-buena-dosificacion-del-concreto/)

Blasco Laffón, B. (2008). *FUNDAMENTOS FÍSICOS EN LA EDIFICACIÓN II* (Vol. II). DELTA PUBLICACIONES. Obtenido de https://www.google.com.pe/books/edition/Fundamentos_f%C3%ADsicos_de_la_Edificaci%C3%B3n/kfCx8se_0zgC?hl=es-419&gbpv=1&dq=PERDIDAS+PRIMARIAS+EN+UNA+TUBERIA&pg=PA111&printsec=frontcover

Borja, V. M. (2012). *Fundamentos de la generación de a electricidad*. Universitat Politècnica de València: Departamento de Ingeniería Rural. Obtenido de <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/168574/Vel%C3%A1zquez%20-%20Fundamentos%20de%20la%20generac%C3%B3n%20de%20la%20electrcdad.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cañadas, M. A. (1993). *HIDRÁULICA APLICADA A PROYECTOS DE RIEGO*. MURCIA - ESPAÑA. Obtenido de https://www.google.com.pe/books/edition/Hidr%C3%A1ulica_aplicada_a_proyectos_de_rieg/_kzM0ey4ckC?hl=es-419&gbpv=1&dq=diagrama+de+moody&pg=PA67&printsec=frontcover

Capristano, R., & Muñoz, J. (2022). *Diseño de una Mini Central Hidroeléctrica para Dotar de Energía a Centro Poblado de Quitaracsa*. Obtenido de [Diseño de una Mini Central Hidroeléctrica Dotar de Energía a Centro Poblado de Quitaracsa: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/100311/Capristano_MRPMu%C3%B1oz_SJE-SD.pdf?sequence=1](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/100311/Capristano_MRPMu%C3%B1oz_SJE-SD.pdf?sequence=1)

comexPeru. (14 de Febrero de 2020). *INEI*. Obtenido de [INEI: https://www.comexperu.org.pe/articulo/electrificacion-rural-no-perdamos-las-energias#:~:text=Seg%C3%BAn%20el%20%20%20%20reporte%20del,no%20cuenta%20con%20este%20servicio.](https://www.comexperu.org.pe/articulo/electrificacion-rural-no-perdamos-las-energias#:~:text=Seg%C3%BAn%20el%20%20%20%20reporte%20del,no%20cuenta%20con%20este%20servicio.)

CORTÉS, J. C. (2012). *DISEÑO DE RODETE DE TURBINA HIDRÁULICA TIPO PELTON PARA MICROGENERACIÓN*. Santiago de Chile. Obtenido de https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/112366/cf-ferrada_ls.pdf

Coz, F., Sánchez, T., Viani, B., & Segura, J. (1995). *Manual de Mini y Micro Centrales Hidraulicas*. Lima. Obtenido de <http://funsepa.net/soluciones/pubs/Njc1.pdf>

Dirección General de Electrificación, R. (7 de Enero de 2022). *Más de 168 mil habitantes de zonas rurales accederían a la energía eléctrica durante el 2022*. Obtenido de [Más de](#)

168 mil habitantes de zonas rurales accederían a la energía eléctrica durante el 2022: https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/instrumentos_metod/energia/Disenio_ELECTRIFICACION_RURAL_corregido.pdf

EDDY, M. (1995). *Ingeniería de aguas residuales*. Mc Graw Hill. 3ª. Obtenido de https://es.scribd.com/archive/plans?doc=272072843&metadata=%7B%22context%22%3A%22archive_view_restricted%22%2C%22page%22%3A%22read%22%2C%22action%22%3A%22download%22%2C%22logged_in%22%3Atrue%2C%22platform%22%3A%22web%22%7D

Eléctricos, C. (2015). *construyendo*. Obtenido de [construyendo: https://construyendo.co/electricidad/cable-electrico.php](https://construyendo.co/electricidad/cable-electrico.php)

Gandica, A. C. (2012). *Fundamentos de Diseño Estructural*. Venezuela. Obtenido de https://es.slideshare.net/HugoAranda2/fundamentos-de-diseo-estructural-materiales?from_action=clip&slide_index=19

GEN JET POWER. (2018). *JET POWER*. Obtenido de JET POWER: <https://jet-power.cn/product/ST-Series-Single-Phase-Alternator.html>

GUAYARA, A. M. (2017). *DISEÑO DE UNA PICO CENTRAL HIDROELÉCTRICA EN LA LOCALIDAD DE*. Obtenido de *DISEÑO DE UNA PICO CENTRAL HIDROELÉCTRICA EN LA LOCALIDAD DE*: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15273/1/Trabajo%20de%20Graduacion%20PCH.pdf>

HIDRAULICAS, C. D. (24 de marzo de 2015). Obtenido de <http://clasificaciondeturbinas.blogspot.com/2015/03/clasificacion-de-turbinas-hidraulicas.html>

Industroal, P. (10 de 04 de 2018). <https://rodavigo.net/catalogos/MULTIDRONET/12%20Ap%20C3%A9ndice/03%20Tablas%20de%20equivalencias%20y%20c%20A%20Ilculo%20de%20di%20C3%A1metros.pdf>. Obtenido de <https://rodavigo.net/catalogos/MULTIDRONET/12%20Ap%20C3%A9ndice/03%20Tablas%20de%20equivalencias%20y%20c%20A%20Ilculo%20de%20di%20C3%A1metros.pdf>: <https://www.microscopio.pro/el-impresionante-caudal-de-agua-en-una-tuberia-de-1-2-pulgada/>

Marcos Roberto Mete. (2012). En M. R. Mete, *Instituto de Investigacion en Ciencias Económicas y Financieras* (pág. 69). VOL 7: (67-85), MARZO 2014. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/pdf/rfer/v7n7/v7n7_a06.pdf

Mazur, G. (2014). Principio de puesta a tierra. En G. Mazur. Jonathan F. Gosse. Obtenido de <https://es.rs-online.com/euro/pdf/es/principios-de-puesta-a-tierra.pdf>

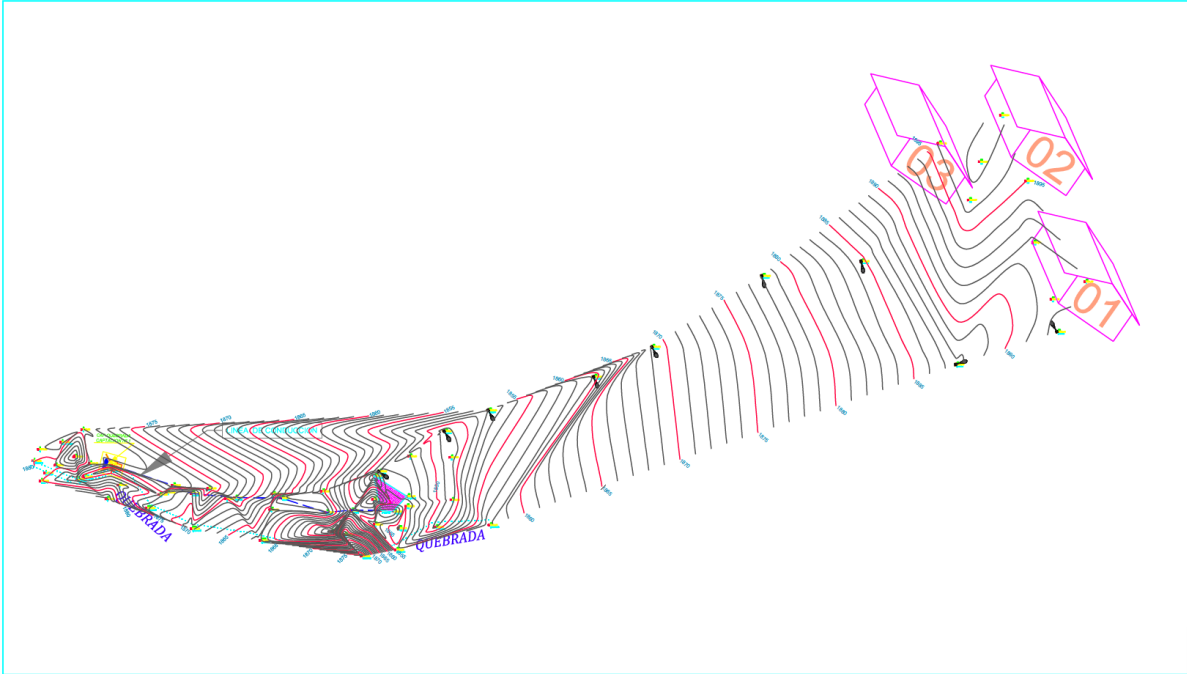
Medina, & Singchi. (2021). ECUAD.

Mininas, M. d. (2011). CÓDIGO NACIONAL DE ELÉCTRICIDAD SUMINISTRO 2011. En M. d. Mininas. Lima. Obtenido de <https://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2011/Mayo/05/RM-214-2011-MEM-DM.pdf>

- Ministerio de Agricultura y Riego. (2015). MANUAL N°5 MEDICION DE AGUA. En M. D. RIEGO. LIMA: DGIAR. Obtenido de <https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/manual-riego/manual5.pdf>
- Olivares, J. S. (19 de Octubre de 2017). ALTuras Piezométricas. Valencia, España. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=WcC8RIjR7dU>
- Orlando, B. Z. (2021). *Desarenador de Centrales Hidroelectricas*. Callao. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/514882839/DESARENADOR-central-hidroelectrica>
- Pararrayos y accesorios . (2020). *Guía de diseño e instalación mediante pararrayo con dispositivo de cebado* . Obtenido de Guía de diseño e instalación mediante pararrayo con dispositivo de cebado : https://at3w.com/upload/ficheros/02_pararrayos_y_accesorios_es.pdf
- Sanchez, J. M. (2017). *Diseño hidráulico y modelamiento en HECRAS del canal de concreto y de obras de arte del*. Obtenido de https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/623042/Torres_SJ.pdf
- Sotelo, G. (1994). *Hidraulica General*. MEXICO: Limusa SA. Obtenido de https://www.academia.edu/38544755/Hidr%C3%A1ulica_General_Vol_1_Fundamentos_Gilberto_Sotelo_%C3%81vila
- Tuberías de PVC-O TOM500. (Club iagua). *iagua*. Obtenido de Club iagua: <https://www.iagua.es/noticias/molecor/tuberias-pvc-o-tom500-maxima-eficiencia-energetica-transporte-agua>
- Zurita, R. R. (2014). *Centrales Hidraulicas*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1096/13/UPS-CT002113.pdf>

7. ANEXO


7.1. Plano topográfico del área del proyecto.



Fuente. Elaboración propia.

7.2. Cotizaciones, sustento de los costos de instalación.

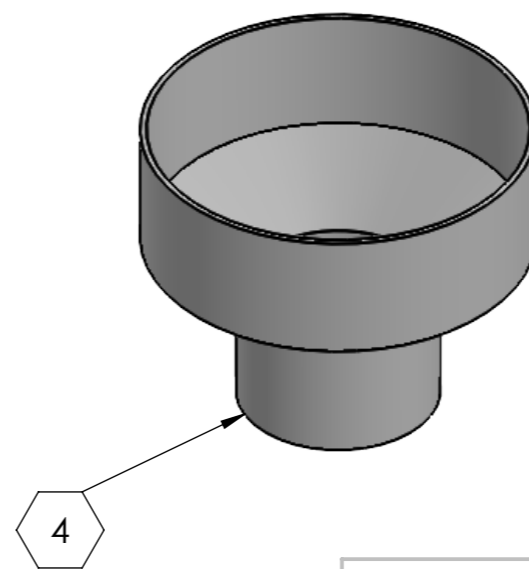
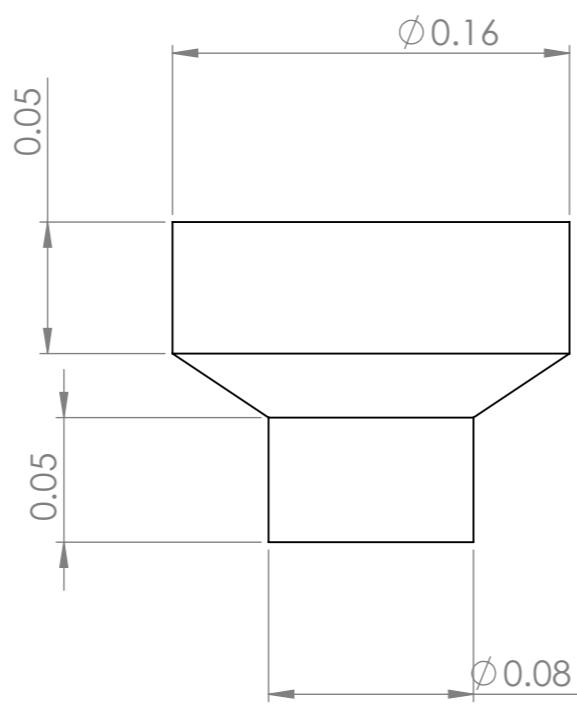
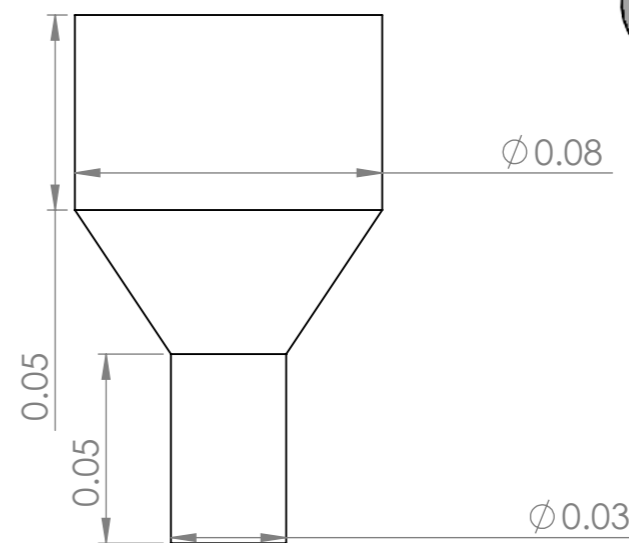
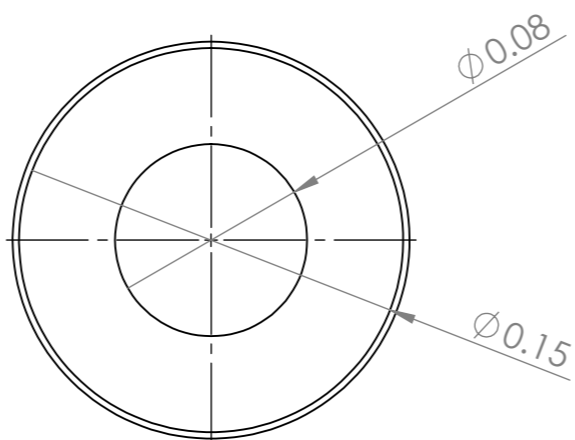
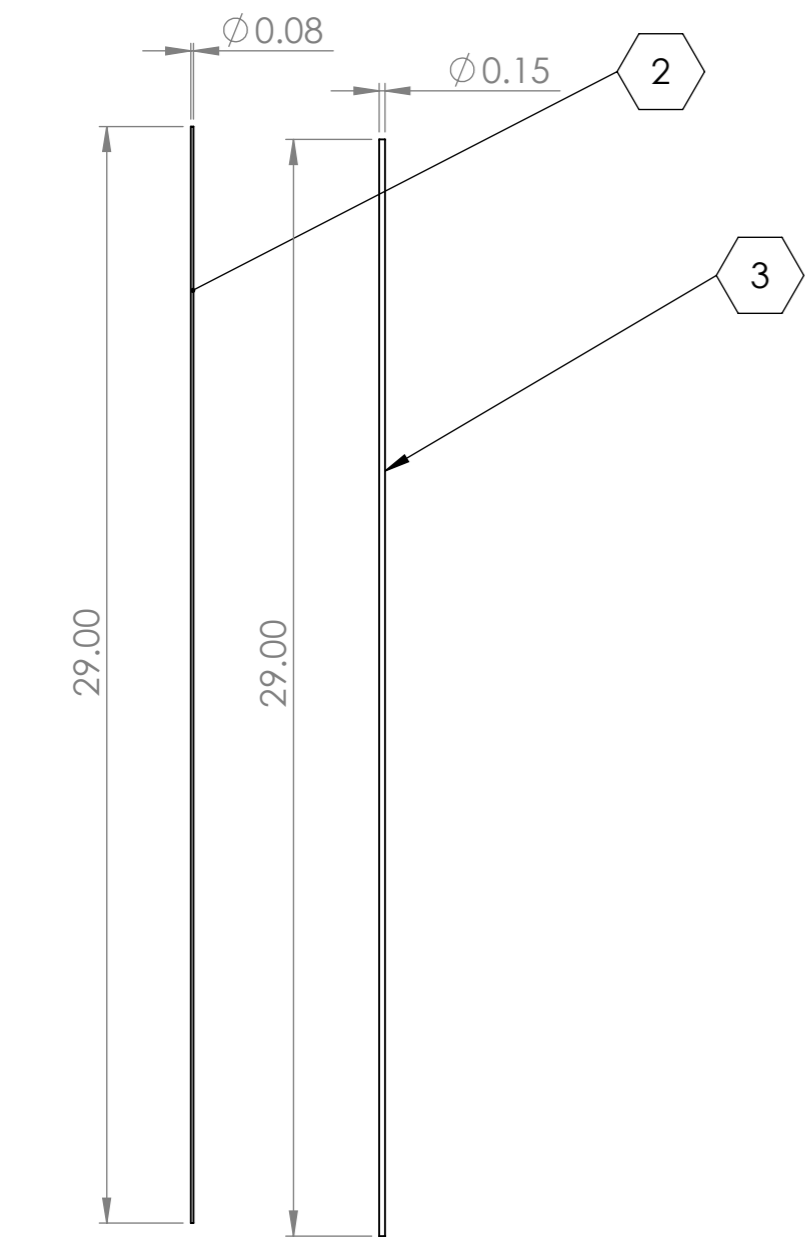
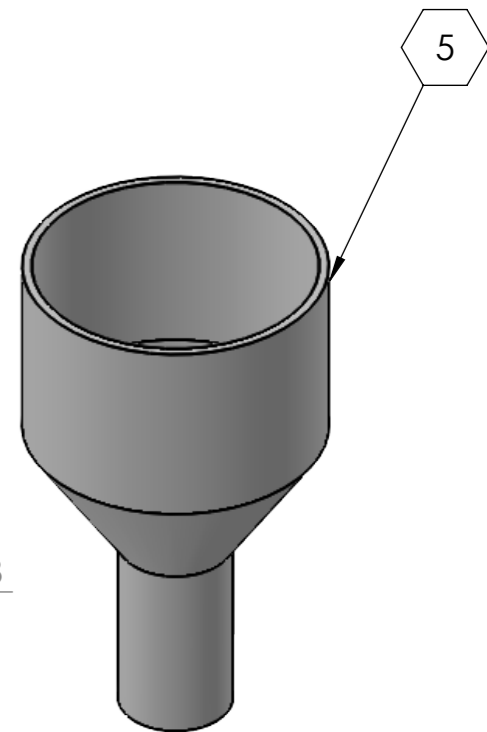
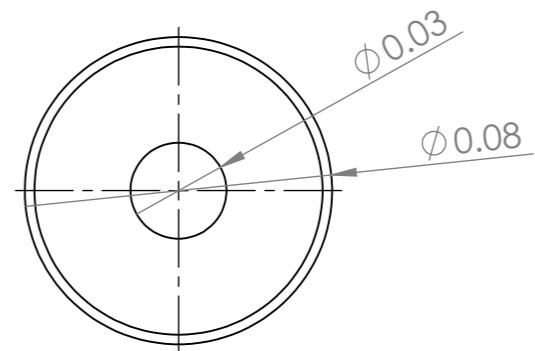
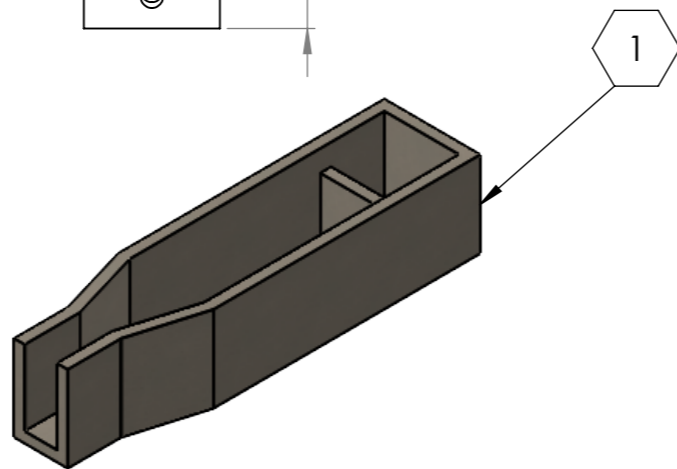
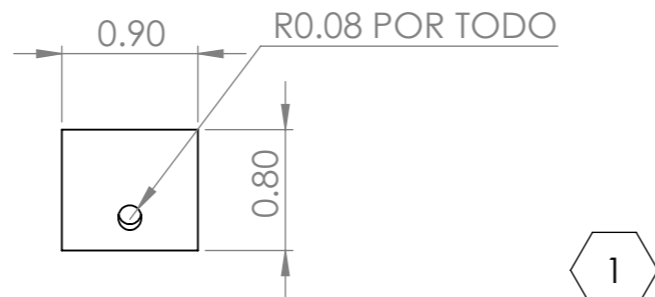
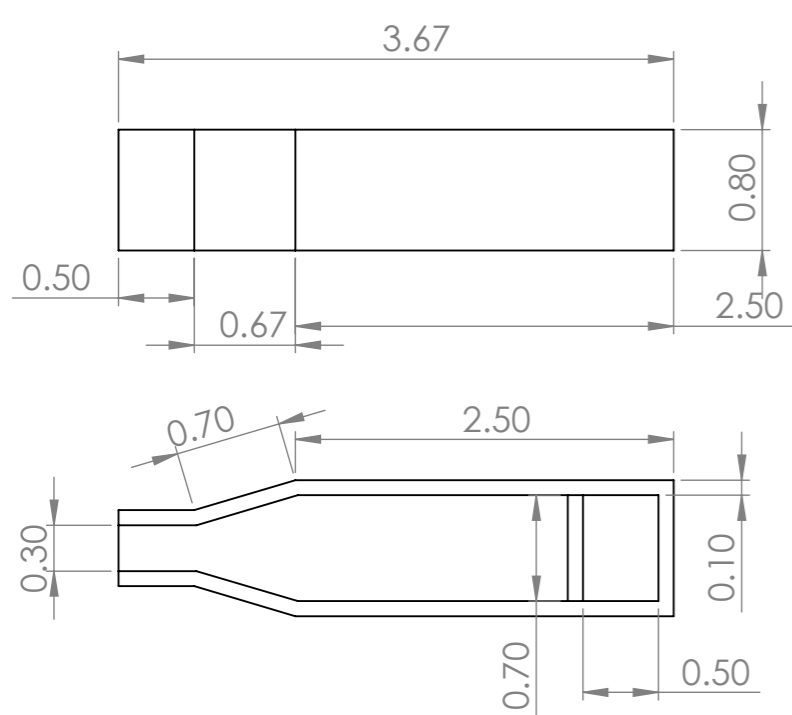
7.2.1. Gastos generales.

 REDLUZ Energía y Construcción S.A.C.	REDLUZ ENERGIA Y CONSTRUCCION S.A.C. OTR. VILLA MONTEGRANDE MZ. A LT. 10 SEC. VILLAMONTEGRANDE JAEN JAEN CAJAMARCA	R.U.C. N° 20609156857 BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA B001-00000008	
NOMBRE: JUNIOR FRANKLIN CERDAN MONTEZA DNI: 74420230 EMISIÓN: 2023-12-17 15:20:09 MONEDA: SOL (PEN)			
CANTIDAD	CÓDIGO y DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
320 METROS	CONDUCTOR COBRE THW 10MM	1.300	416.00
1 UNIDAD	VOLTIMETRO	80.000	80.00
1 UNIDAD	AMPERIMETRO	140.000	140.00
600 METROS	CABLE THW14 AWG+PLUS COLOR NEGRO INDECO	1.200	720.00
18 UNIDADES	LUMINARIA LED 24W	20.000	360.00
4 UNIDADES	INTERRUPTOR DIFERENCIAL 20AMP	110.000	440.00
4 UNIDADES	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 20AMP	30.000	120.00
12 UNIDADES	TOMACORRIENTE 2P+T BTICINO	7.000	84.00
10 UNIDADES	INTERRUPTOR SIMPLE	5.000	50.00
18 UNIDADES	SOCKET	3.000	54.00
4 UNIDADES	PERNO OJO 5/8x10"	10.000	40.00
8 UNIDADES	PREFORME	10.000	80.00
OP. EXONERADA			2,584.00
IGV			
IMPORTE TOTAL (S/)			2,584.00
SON: DOS MIL QUINIENTOS OCHENTA Y CUATRO CON 00/100 SOLES			

7.2.2. Compra de la turbina Pelton

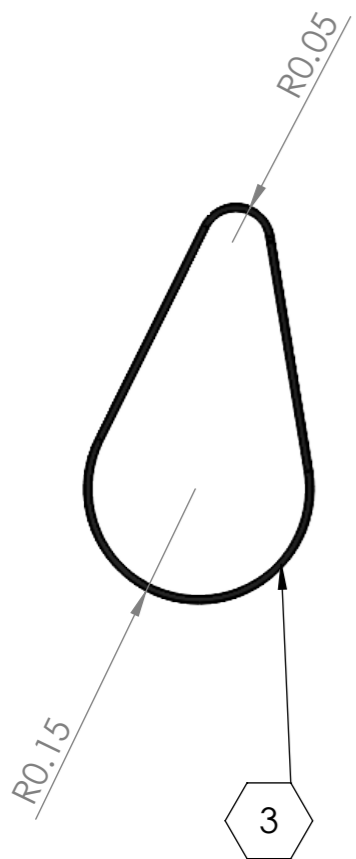
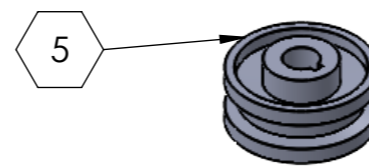
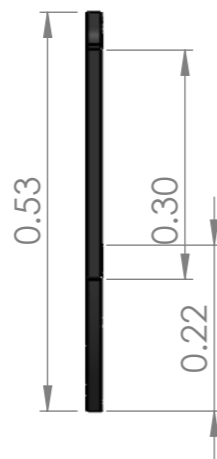
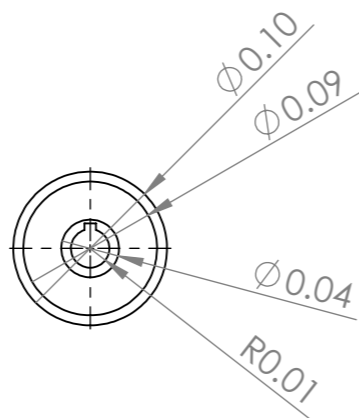
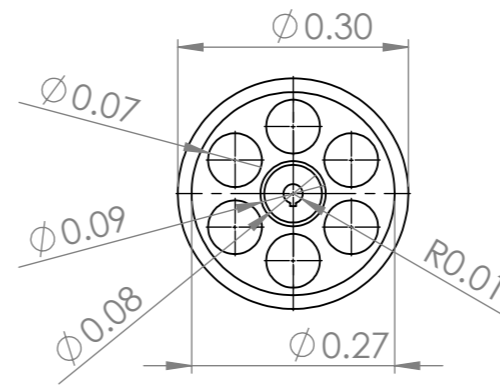
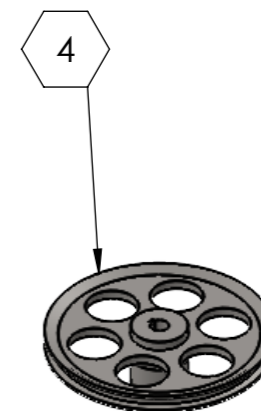
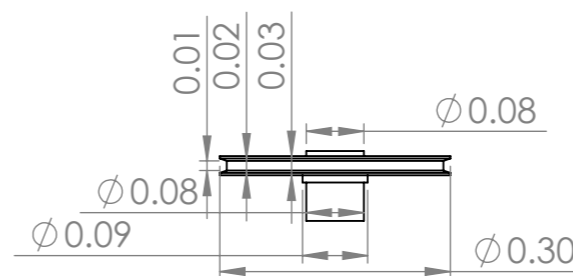
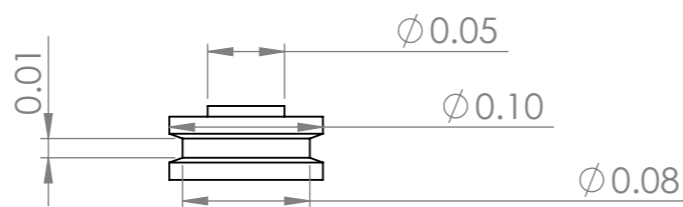
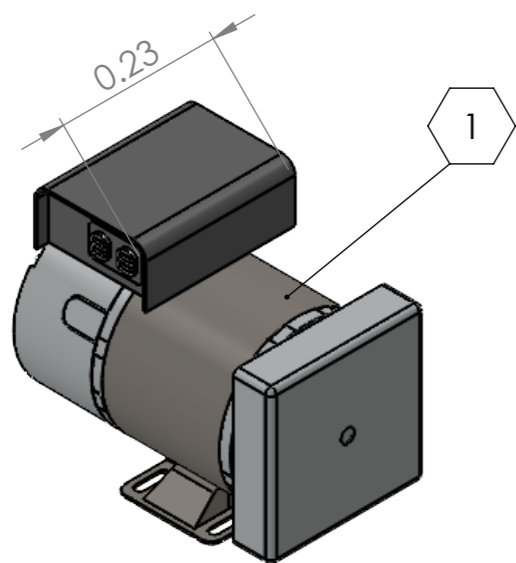
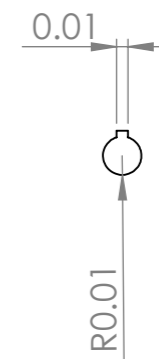
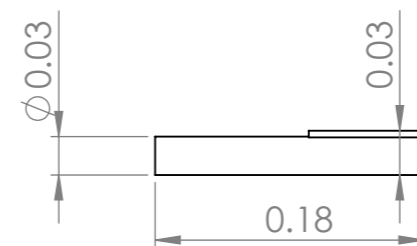
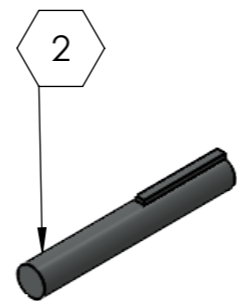
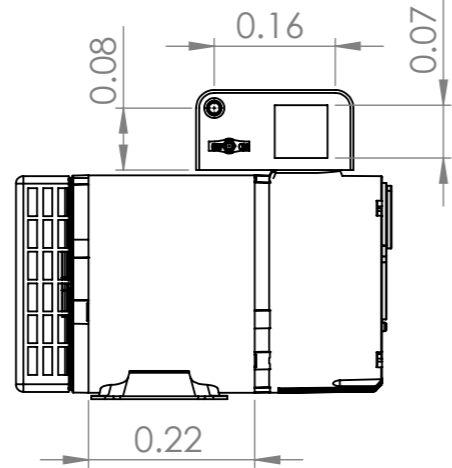
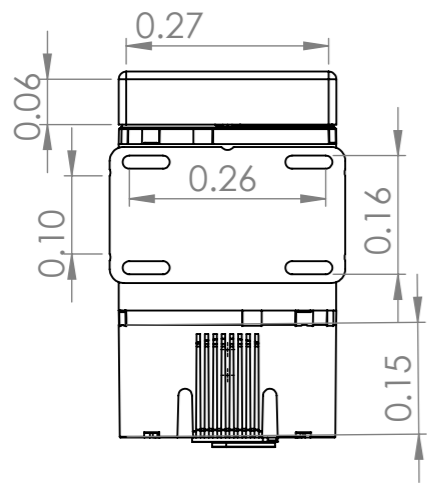
METALECTRIC J&R SAC CAL. RIO CHUNCHUCA 406 H.U. URBANIZACIÓN JAEN - JAEN - CAJAMARCA		BOLETA DE VENTA ELECTRONICA RUC: 20609787351 EB01-28				
Fecha de Vencimiento :	:					
Fecha de Emisión :	:	26/02/2024				
Señor(es) :	:	IVAN CAMACHO BRITO				
DNI :	:	74659350				
Tipo de Moneda :	:	SOLES				
Observación :	:					
Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER
1.00	UNIDAD	CONSTRUCCIÓN DE UNA TURBINA PELTON	3500.00	0.00	3,500.00	0.00
Otros Cargos :						S/ 0.00
Otros Tributos :						S/0.00
ICBPER :						S/ 0.00
Importe Total :						S/3,500.00
SON: TRES MIL QUINIENTOS Y 00/100 SOLES						
(*) Sin impuestos.		Op. Gravada :		S/ 0.00		
(**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.		Op. Exonerada :		S/ 3,500.00		
		Op. Inafecta :		S/ 0.00		
		ISC :		S/ 0.00		
		IGV :		S/ 0.00		
		ICBPER :		S/ 0.00		
		Otros Cargos :		S/ 0.00		
		Otros Tributos :		S/ 0.00		
		Monto de Redondeo :		S/ 0.00		
Importe Total :						S/ 3,500.00
<i>Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe, en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.</i>						

PLANOS DEL PROYECTO



LEYENDA	
1	Tanque de presión y desarenador
2	Tubo PVC 3"
3	Tubo PVC 6"
4	Reducción PVC 6X3"
5	Reducción PVC 3X1"
6	
7	
8	

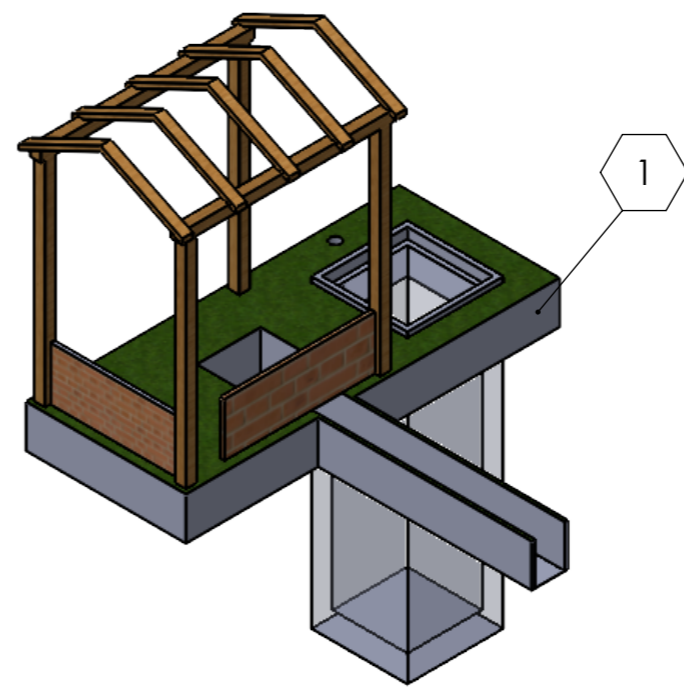
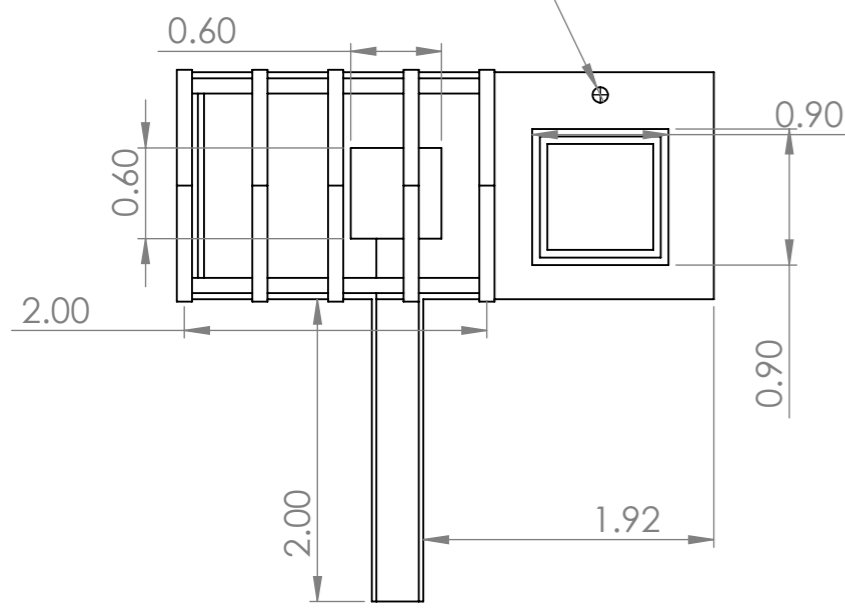
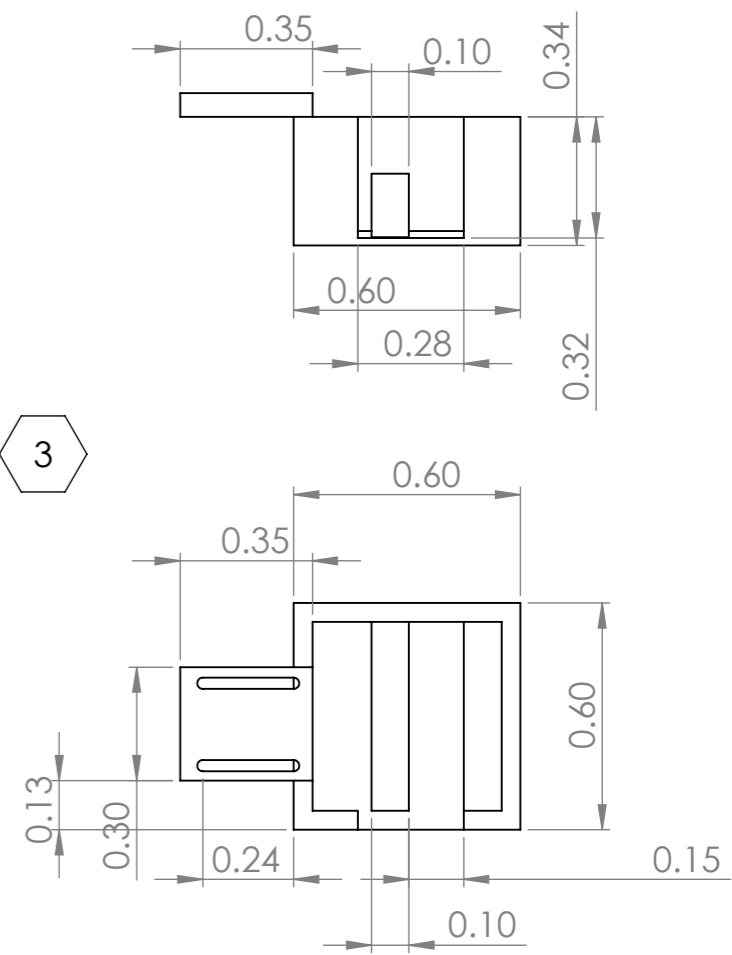
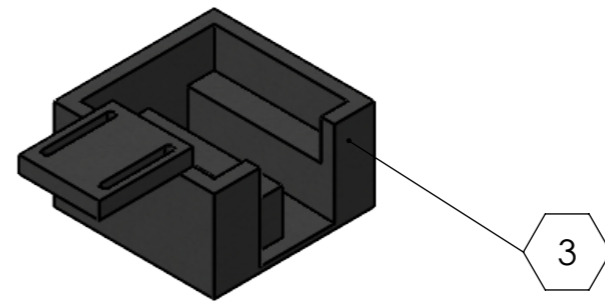
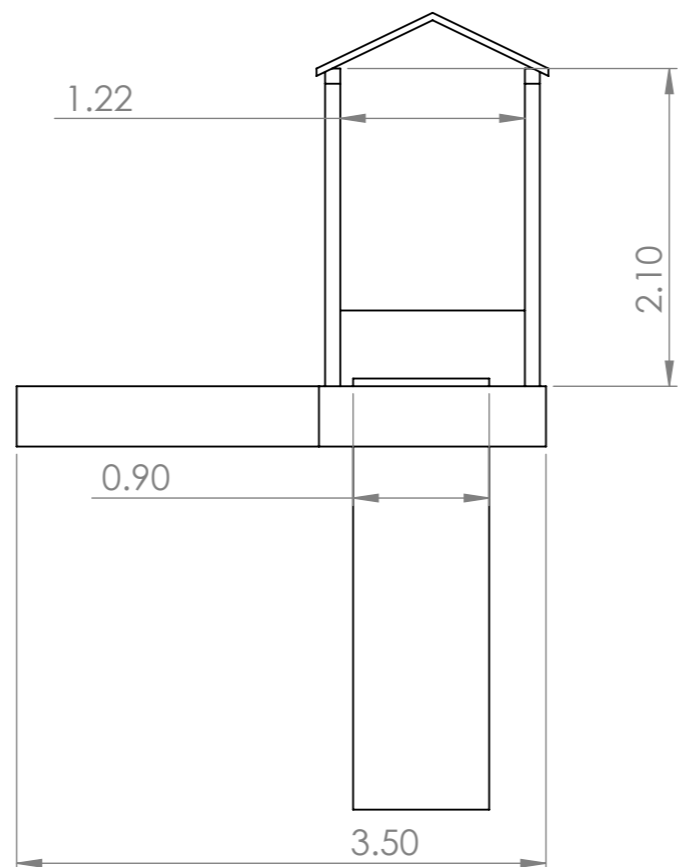
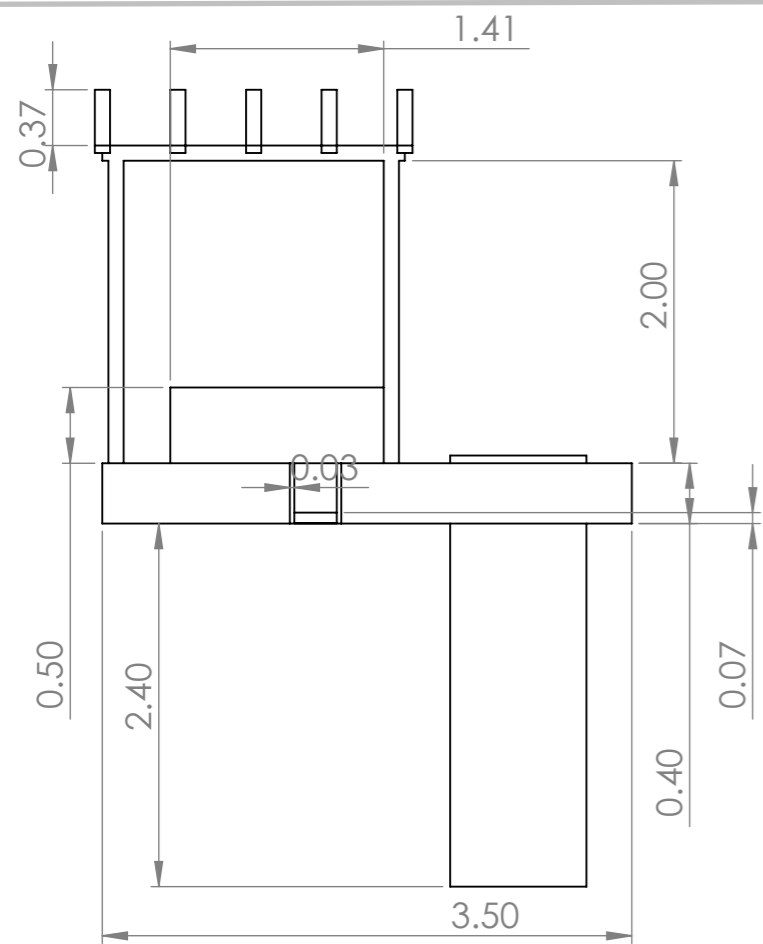
TÍTULO DE PROYECTO:		PICO CENTRAL HIDROELECTRICA	
MEDIDAS:	m	NOMBRE DE SUB-ENSAMBLE	planos de la pico y tuberia
ASUNTO:	PROYECTO (TESIS)	ESCALA:	1:20
FECHA:	20/07/2024	HOJA:	1 DE 7



LEYENDA

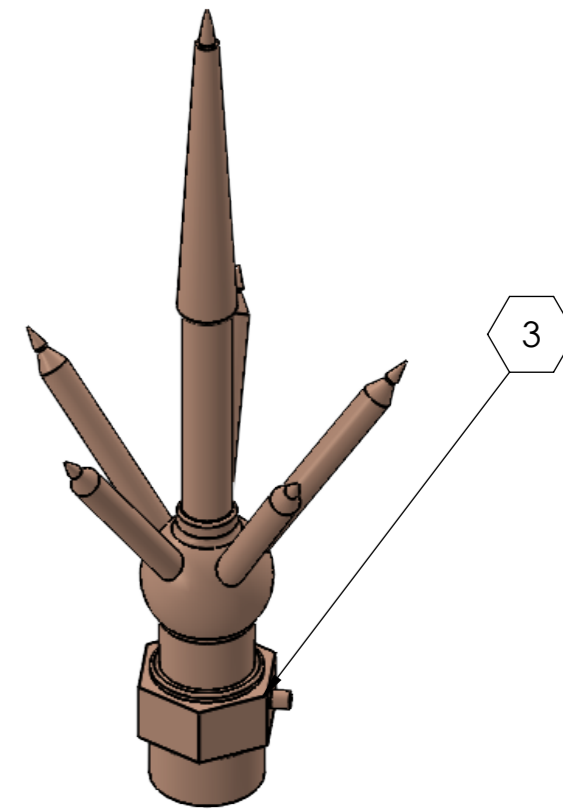
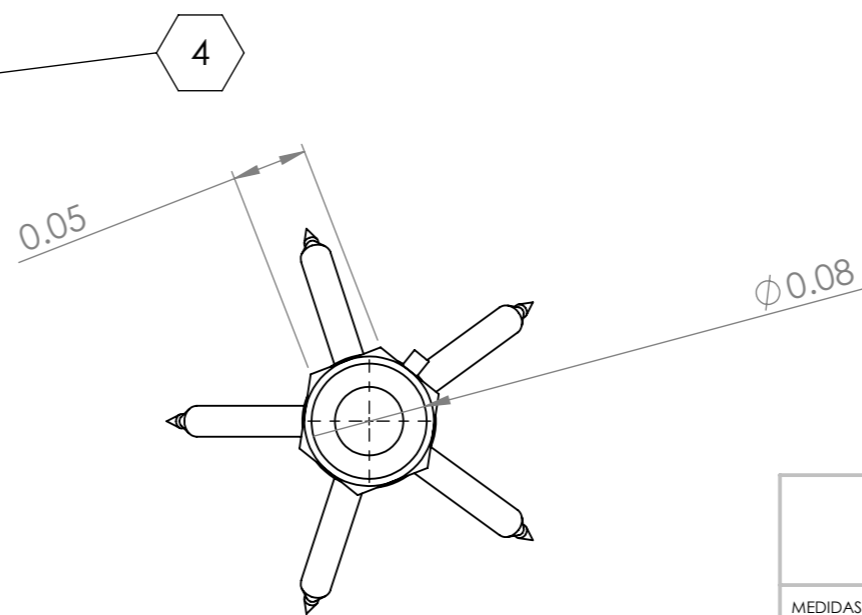
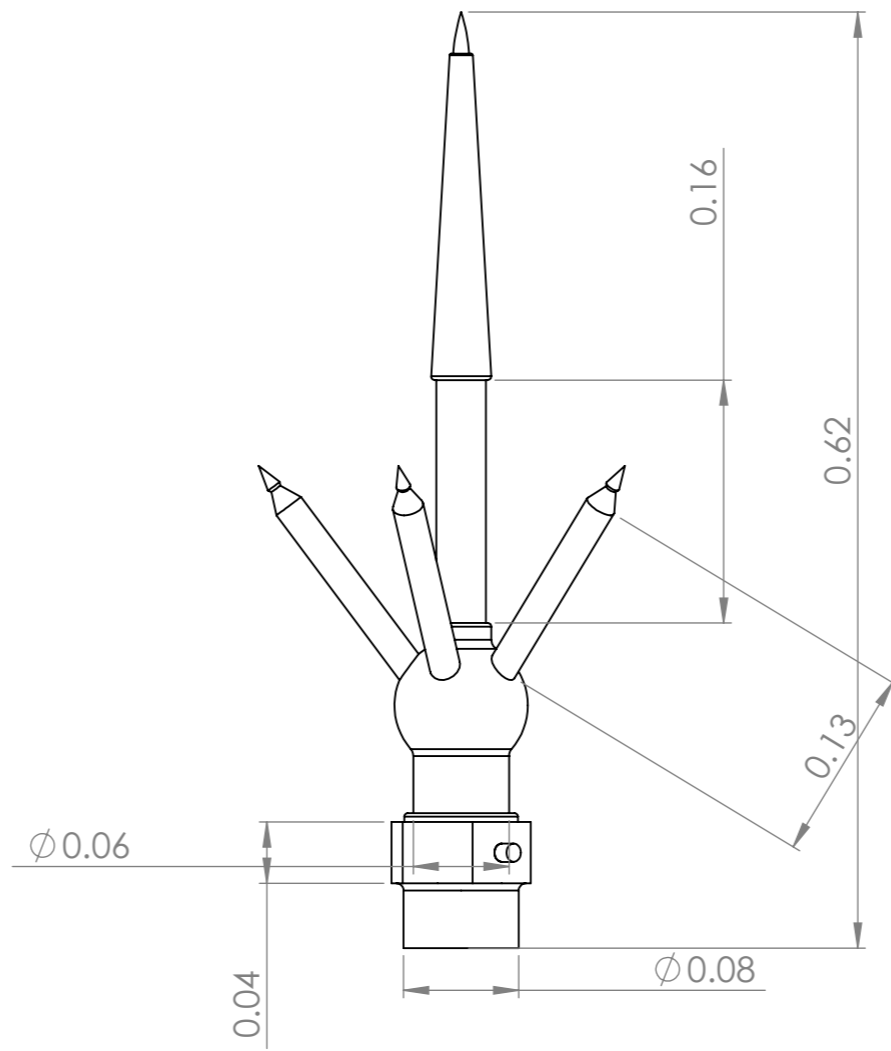
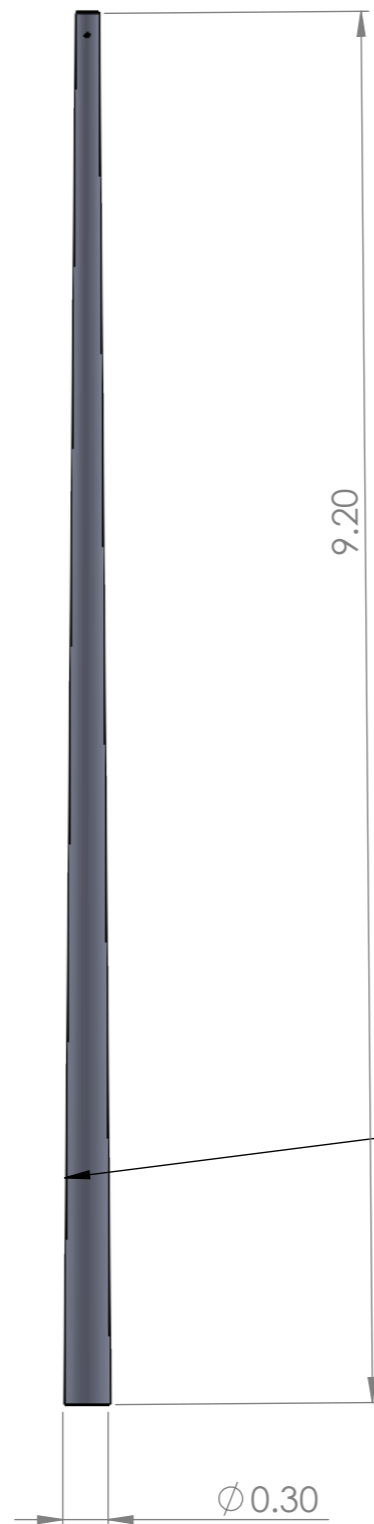
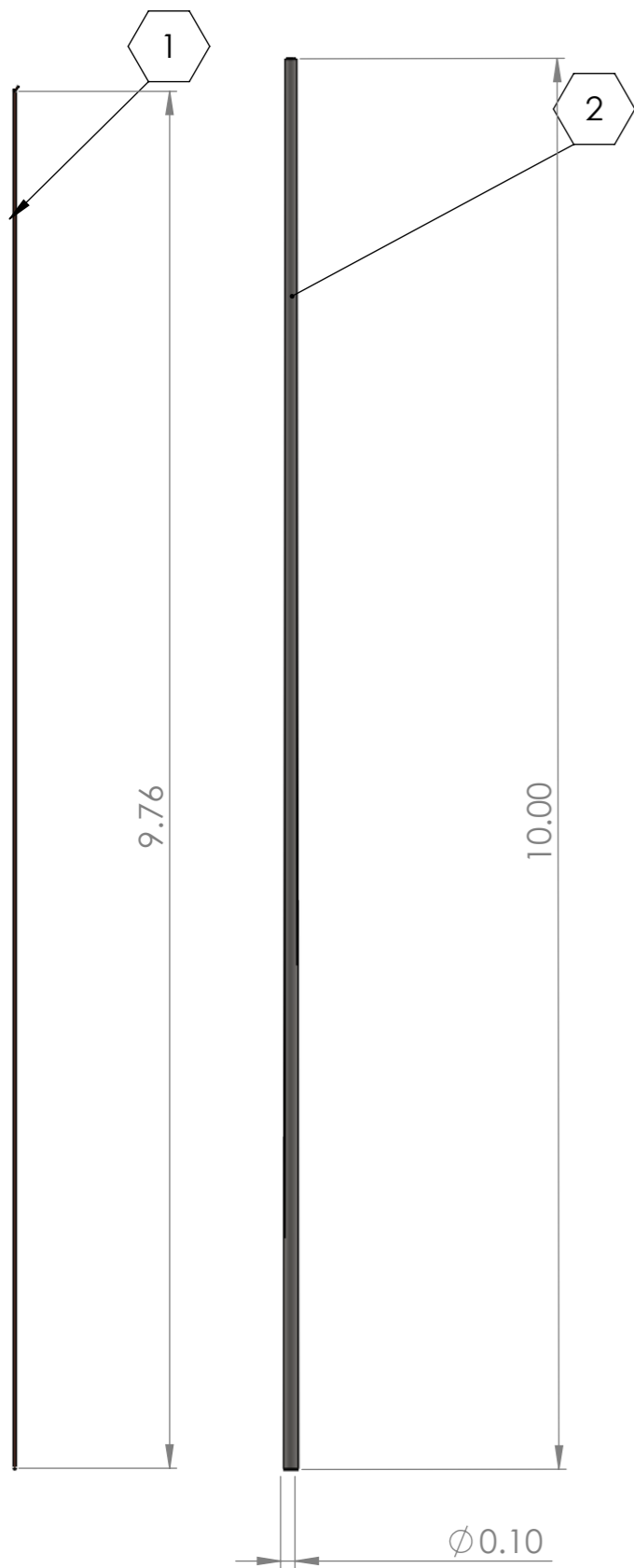
1	Generador
2	Eje de generador
3	Faja de transmision
4	Polea grande
5	Polea pequeña
6	
7	
8	

TÍTULO DE PROYECTO:		PICO CENTRAL HIDROELECTRICA	
MEDIDAS:	m		
ASUNTO:	PROYECTO (TESIS)	NOMBRE DE SUB-ENSAMBLE:	generador y componentes
FECHA:	20/07/2024	ESCALA:	1:10
		HOJA:	2 DE 7



LEYENDA	
1	Casa de maquinas
2	Calamina
3	Armadura de concreto
4	
5	
6	
7	
8	

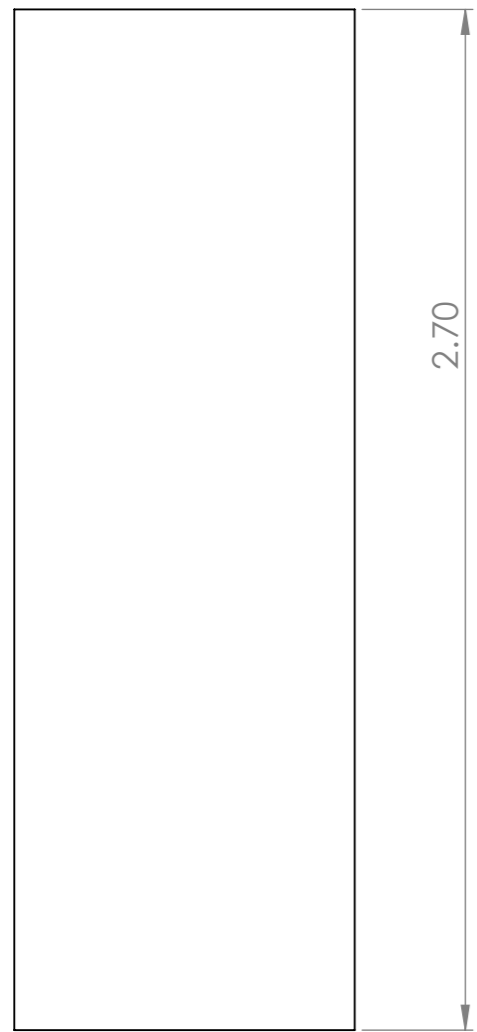
TÍTULO DE PROYECTO:		PICO CENTRAL HIDROELECTRICA	
MEDIDAS:	m	NOMBRE DE SUB-ENSAMBLE	casa de maquinas A3
ASUNTO:	PROYECTO (TESIS)	ESCALA:	1:100
FECHA:	20/07/2024	HOJA:	4 DE 7



LEYENDA	
1	Cable de pararrayo
2	Mastil de pararrayo
3	Pararrayo
4	Poste de luz
5	
6	
7	
8	

MEDIDAS:		TÍTULO DE PROYECTO:	
m		PICO CENTRAL HIDROELECTRICA	
ASUNTO:		NOMBRE DE SUB-ENSAMBLE:	
PROYECTO (TESIS)		Postes y pararrayo	
FECHA:		ESCALA:	HOJA:
20/07/2024		1:100	5 DE 7

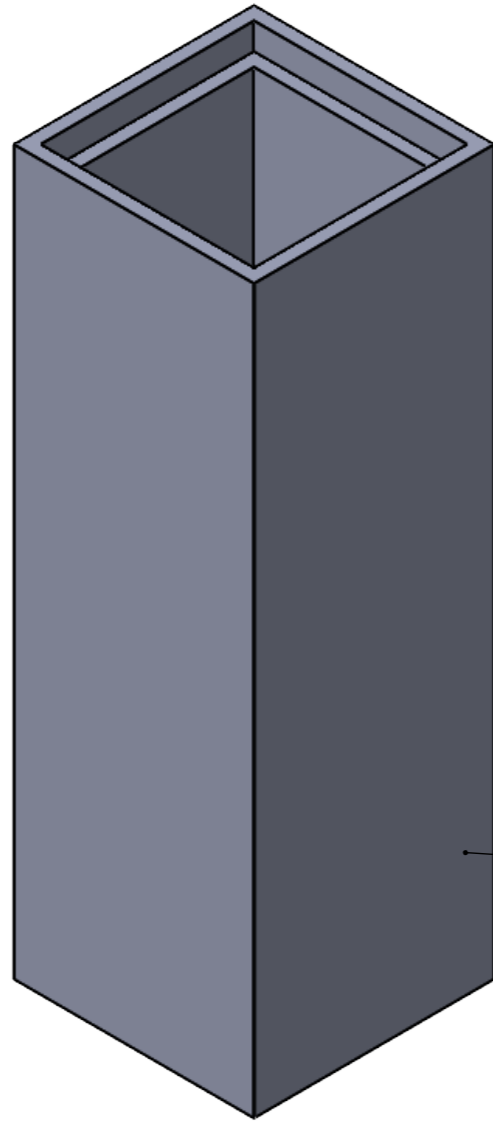
A3



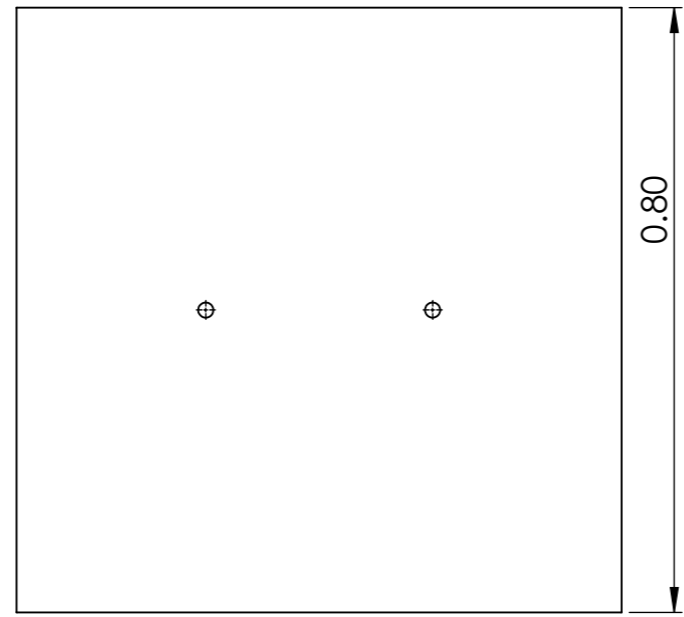
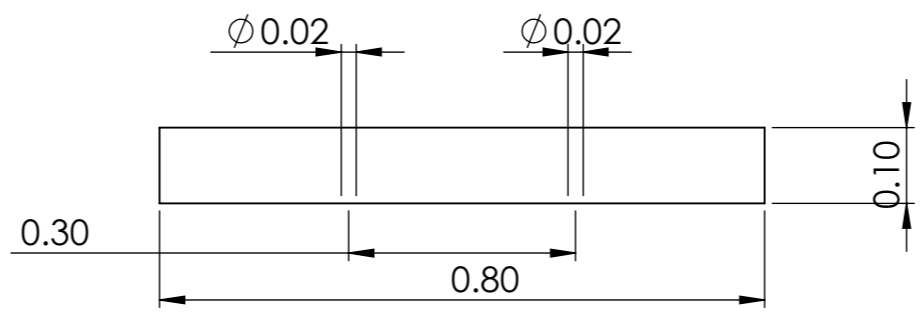
2.70

0.90

0.90



1

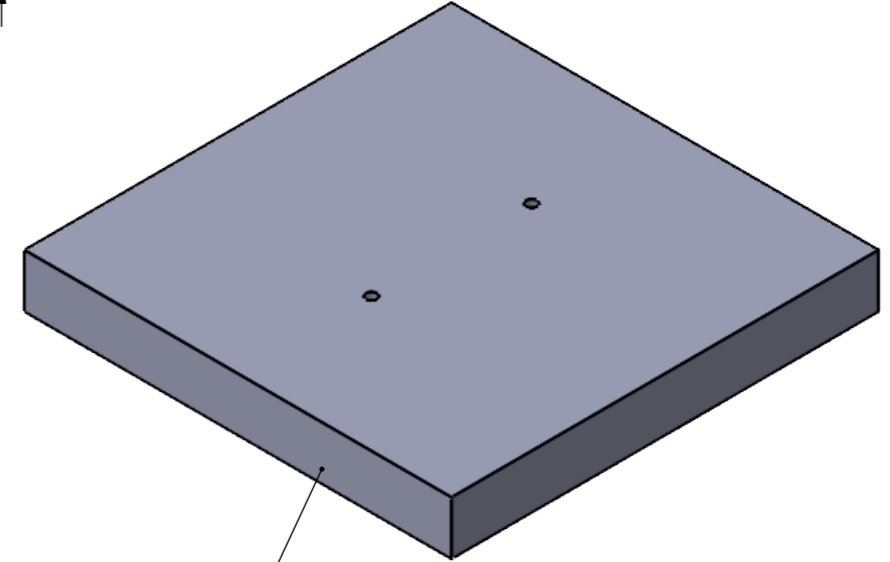
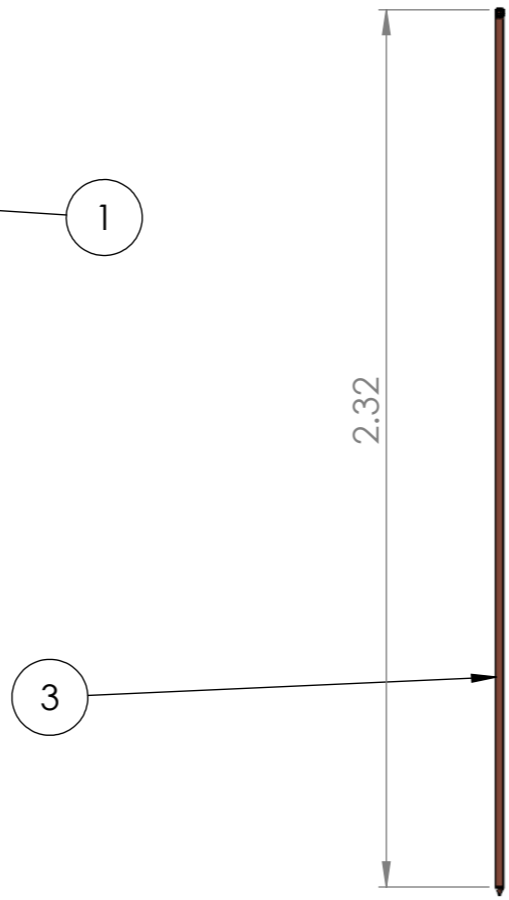


0.80

0.10

3

2.32



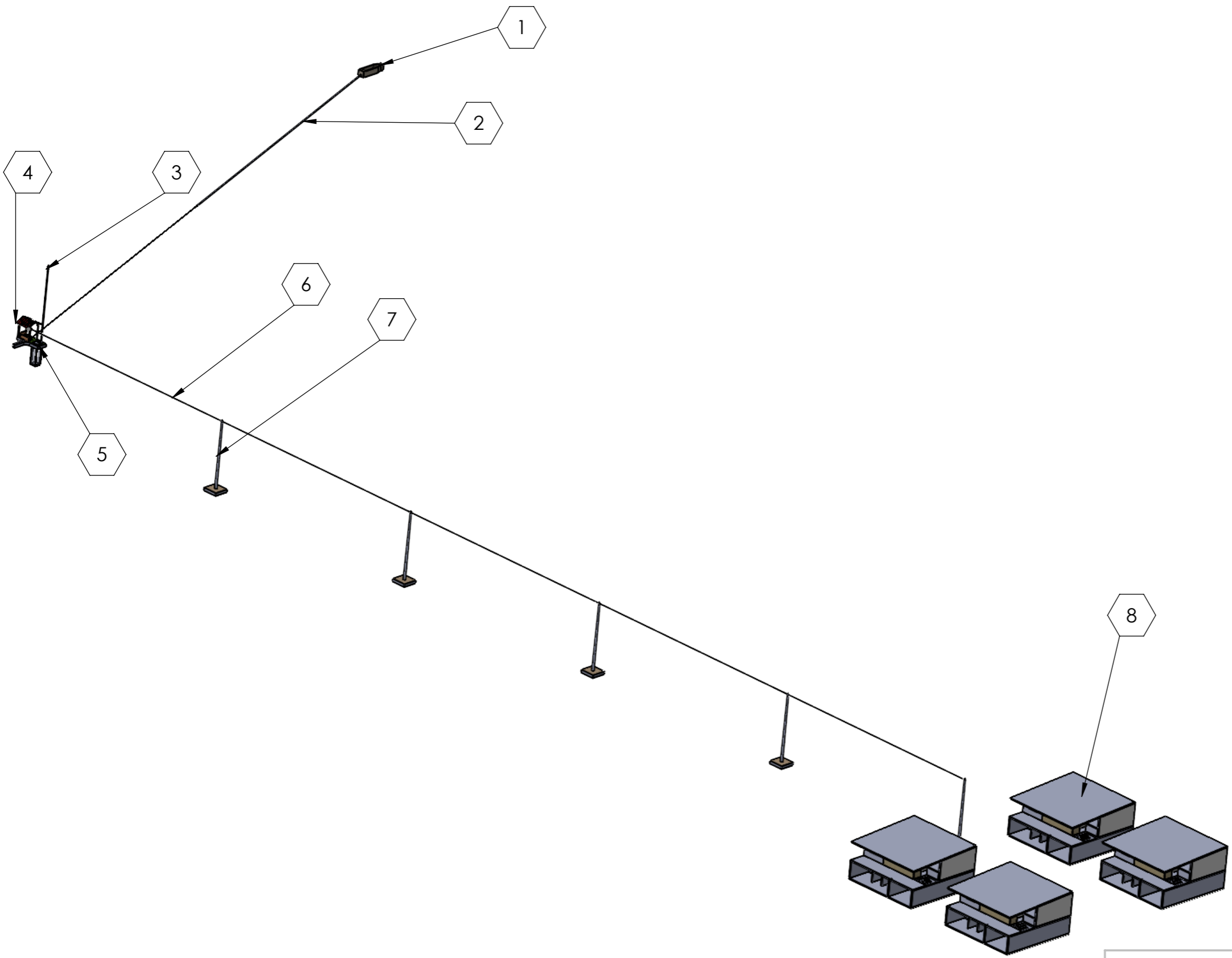
2

LEYENDA

1	Pozo
2	tapa de pozo
3	Varilla de cobre
4	
5	
6	
7	
8	

MEDIDAS:		TÍTULO DE PROYECTO:	
m		PICO CENTRAL HIDROELECTRICA	
ASUNTO:		NOMBRE DE SUB-ENSAMBLE	
PROYECTO (TESIS)		Pozo a tierra	
FECHA:		ESCALA:	HOJA:
20/07/2024		1:50	6 DE 7

A3



LEYENDA	
1	Tanque de presion y desarenador
2	Tuberia
3	Pararrayo
4	Casa de maquinas
5	Pozo tierra
6	Cableado eléctrico
7	Posteado eléctrico
8	Viviendas

TÍTULO DE PROYECTO:		
PICO CENTRAL HIDROELECTRICA		
MEDIDAS:	m	
ASUNTO:	PROYECTO (TESIS)	NOMBRE DE SUB-ENSAMBLE Plano general del proyecto
FECHA:	20/07/2024	ESCALA: 1:2000
		HOJA: 7 DE 7