



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**Simulación de generador hidroeléctrico basado en el tornillo
de Arquímedes para suministrar energía eléctrica en el fundo
San Miguel-Balsapuerto**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTORES:

Alcantara Otiniano, Jorge Luis (orcid.org/0000-0002-4785-1748)

Velasquez Maza, David (orcid.org/0000-0002-9815-1354)

ASESORA:

Sovero Lazo, Nelly Roxana (orcid.org/0000-0001-5688-2258)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y Simulación de Sistemas Electromecánicos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2023

Dedicatoria

Le dedico este trabajo a mis padres que me apoyaron en los malos buenos momentos.

A mi esposa Milagros y mi hijo Jorge, por su comprensión y apoyo en el trayecto de la carrera universitaria dándome esa motivación y amor de familia para culminar esta etapa de mi vida.

Alcántara Otiniano, Jorge Luis

A Dios principalmente, por permitir alcanzar y llegar a esta etapa tan importante de mi vida. Por los triunfos y a la vez por los obstáculos que me hicieron valorar a cada momento lo importante que es la vida y cuán importante es valorarla. A mi familia por haber estado presente en cada momento de mi vida, felicitándome por los logros y así también dándome fuerzas en los momentos difíciles, a mis docentes por siempre apostar por mi entereza en los estudios, por exigirme y retarme a siempre querer aprender más para lograr convertirme en un buen profesional. A mis amigos / colegas, por el gran equipo que formamos y nos permitió ir avanzando durante toda esta etapa de nuestra formación como buenos profesionales. Especialmente a mi profesor Sergio Pretell, por sus consejos, enseñanzas y sobre todo por la gran apuesta que tomo en que me convertiría en un excelente profesional.

Velásquez Maza, David

Agradecimiento

Dios, tu amor y tu bondad no tienen fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu ayuda, y cuando caigo y me pones a prueba, aprendo de mis errores y me doy cuenta de los pones en frente mío para que mejore como ser humano, y crezca de diversas maneras.

El amor recibido, la dedicación y la paciencia con la que cada día se preocupaban mis padres por mi avance y desarrollo de esta tesis, es simplemente único y se refleja en la vida de un hijo Gracias a mi esposa porque en todo momento fue un apoyo incondicional en mi vida.

Alcántara Otiniano, Jorge Luis

Doy gracias a Dios por haberme brindado la oportunidad de ya estar por culminar una carrera más en mi vida profesional. Doy gracias a mis padres por apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida. También deseo agradecer al Senati y a la Universidad Cesar Vallejo, por haberme brindado sus enseñanzas y permitirme formarme como un profesional.

Velásquez Maza, David



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SOVERO LAZO NELLY ROXANA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Simulación de Generador hidroeléctrico basado en el tornillo de Arquímedes para suministrar energía eléctrica en el fundo San Miguel-Balsapuerto", cuyos autores son VELASQUEZ MAZA DAVID, ALCANTARA OTINIANO JORGE LUIS, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 12 de Julio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SOVERO LAZO NELLY ROXANA DNI: 20048561 ORCID: 0000-0001-5688-2258	Firmado electrónicamente por: NRSOVEROS el 20- 07-2023 10:40:56

Código documento Trilce: TRI - 0587704



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, ALCANTARA OTINIANO JORGE LUIS, VELASQUEZ MAZA DAVID estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Simulación de Generador hidroeléctrico basado en el tornillo de Arquímedes para suministrar energía eléctrica en el fundo San Miguel-Balsapuerto", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
VELASQUEZ MAZA DAVID DNI: 40333637 ORCID: 0000-0002-9815-1354	Firmado electrónicamente por: VDVELASQUEZV el 25-07-2023 19:55:16
ALCANTARA OTINIANO JORGE LUIS DNI: 44436319 ORCID: 0000-0002-4785-1748	Firmado electrónicamente por: JALCANTARAOT el 25-07-2023 18:59:38

Código documento Trilce: INV - 1366066

Índice de Contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor	iv
Declaratoria de Originalidad de los Autores	v
Índice de Contenido	vi
Índice de Tablas	vii
Índice de Figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	10
3.1. Tipo y diseño de investigación	10
3.2. Variables y operacionalización	10
3.3. Población, muestra y muestreo	10
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	11
3.5. Procedimientos	12
3.6. Método de análisis de datos	12
3.7. Aspectos éticos	13
IV. RESULTADOS	14
V. DISCUSIÓN	18
VI. CONCLUSIONES	22
VII. RECOMENDACIONES	23
VIII. BIBLIOGRAFICAS	24
ANEXOS	0

Índice de Tablas

Tabla 1: Instrumentos de selección de datos del proyecto	11
Tabla 2: <i>Caudal de la Provincia de Balsapuerto</i>	14
Tabla 3: Potencia generada por caudal de ingreso..	15
Tabla 4: Valores promedios de θ , α N, utilizados para el diseño	16
Tabla 5: Parámetros usados para el diseño del hidro generador.	16
Tabla 6: Costo Total.	167
Tabla 7: Resultado de la simulación	43
Tabla 8: Tipo de vivienda	50
Tabla 9: Consumo energético global	51
Tabla 10: <i>Multiplicador (Valores de entrada y salida)</i>	52
Tabla 11: <i>Características del motor seleccionado</i>	53
Tabla 12: Costes de materiales	54
Tabla 13: Costo de instalación y mano de obra	54
Tabla 14: Presupuesto de conexión eléctrica en el fundo San Miguel	55

Índice de Figuras

<i>Figura 1:</i> Imagen de la ubicación del Fundo San Miguel	11
<i>Figura 2:</i> Imagen de la ubicación del Fundo San Miguel	14
<i>Figura 3:</i> Análisis interno de flujo	41
<i>Figura 4:</i> Fluido de agua a temperatura ambiente	41
<i>Figura 5:</i> Datos de rugosidad enfocados en el diseño	42
<i>Figura 6:</i> Condiciones de entrada para la simulación	42
<i>Figura 7:</i> Campo de presiones	46
<i>Figura 8:</i> Campo de velocidades	46
<i>Figura 9:</i> Trayectoria de flujos	47
<i>Figura 10:</i> Diseño finalizado del hidro generador.	48
Figura 11: Selección de batería	48
Figura 12: Caja de conexión impermeable	53

Resumen

El trabajo propuesto plantea realizar un diseño hidroeléctrico de bajo caudal para generar energía eléctrica en el fundo San Miguel, con un método aplicado de carácter explicativo con una recreación de diseño pre-experimental, se tubo población como la ciudad de Balsapuerto, siendo el escenario realizado donde se tomó por conveniencia una vivienda que contenga canal de regadío. Los resultados en cuanto a su planeamiento tuvieron un desarrollo del hidro generador contemplando los parámetros de configuración basado en el caudal del canal siendo de 2.70 L/s, con un ángulo de 30°, su eficiencia del mecanismo fue de 70%, con un costo de S/. 5338.50 soles peruanos, para sustentar energía eléctrica. En conclusión, su diseño y análisis flujo dinámico del hidro generador fue sustentado con el uso del software de diseño SolidWorks (CFD), generando una salida de energía eléctrica de 0.6kw del cual mediante un dinamo de conversión mecánica a eléctrica fomenta una inducción a la vivienda para suministro eléctrico.

Palabras clave: Caudal, energía eléctrica, turbina de arquímedes, eficiencia.

Abstract

The proposed work proposes to carry out a low-flow hydroelectric design to generate electricity in the San Miguel farm, with an applied method of an explanatory nature with a recreation of a pre-experimental design, a population such as the city of Balsapuerto was tubed, the scenario being carried out. where a house containing an irrigation canal was taken for convenience. The results regarding its planning had a development of the hydro generator contemplating the configuration parameters based on the channel flow being 2.70 L/s, with an angle of 30°, its efficiency of the mechanism was 70%, with a cost of S/. 5338.50 Peruvian soles, to sustain electrical energy. In conclusion, its design and dynamic flow analysis of the hydro generator was supported by the use of SolidWorks (CFD) design software, generating an electrical energy output of 0.6kw, which through a mechanical to electrical conversion dynamo promotes an induction to the home for electricity supply.

Keywords: Flow, electric power, Archimedean turbine, efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

El aumento económico y la forma agresiva de la sobrepoblación incrementan el uso o método de crear energía eléctrica a raíz de fuentes renovables. (Ansari, Zhang y Singh 2022) Íntegro a una creciente instancia que; al mismo tiempo crea contaminación ambiental cuando no se desarrolla con un pensamiento teórico y científico, se requiere efectuar nuevas fuentes o métodos con energías renovables para una creación energética en beneficio de la comunidad, tanto en superficies urbanas como rurales. Siendo una de estas la energía hidroeléctrica a menor escala, la cual es propensa a explotar los recursos naturales como ríos o arroyos. (Kuriqi et al. 2021)

Uno de los mecanismos para la creación de energía renovable es la turbina de Arquímedes, que fue planteada, diseñada y elaborada por primera vez en 1999, mostrando un gran impacto sin precedentes desde los estándares de diseño hasta su desarrollo y presentación (Pauwels et al. 2020); según sea la circunstancia para uso, generando una conexión intercultural mediante pruebas empíricas donde se establecen una gran relación entre el juicio sobre la transformación y creación de energía mediante la corriente del agua, teniendo como conceptos su geometría, rendimiento energético y ángulo de inclinación de la turbina de arquímedes; es decir, las turbinas de Arquímedes cambian la energía viable del agua en energía formada. (Durrani, Mujahid y Uzair 2019)

Sin embargo, su labor principal de la turbina es desigual al de otros diseños o mecanismos sobre la creación de energía hidroeléctrica, siendo está inducida inicialmente con la presión hidrostática que reside en sus hélices, así como del peso volumétrico del agua situado o planteado en distintas dimensiones o niveles ya sea en canales de riego, riachuelos, ríos (Patil et al. 2019); adyacente a su forma oblicua sobre el movimiento dinámico (turbina Kaplan). Esta conversión de energía es completamente diferente al de las hidro turbinas de tipo impulso (turbina Pelton) o de reacción (Sari et al. 2021)

No obstante, en su totalidad los compendios sobre el conocimiento de la Turbina de Arquímedes se concentran de forma precisa en lo experimental, desde su diseño a escala menor ensayada en laboratorios. Con la publicación

de Dellinger CFD (**Computational Fluid Dynamics**) planteo e hizo muestra que mediante los modelos experimentales se puede conseguir dicha generación eléctrica constante para diferentes ambientes de una vivienda través de modelos experimentales, evitando instalaciones sin resultado alguno o simplemente desperdiciar tiempo y economía.(Lyons et al. 2020)

De acuerdo a las indagaciones ejecutadas, las turbinas que cuentan potencial hidroeléctrico son las que difieren en una eficacia de un 80% en movimientos bajos entre los 30° a 25°, según su geometría 30° a más de inclinación se generará menor eficiencia, a causa de la merma de energía, fuga y al flujo del agua. (Durrani, Mujahid y Uzair 2019) En una escala existente, los diseños de turbinas para escalas pequeñas tienden a generar inclinaciones mínimas, es decir; menos problemas en su curvatura del material a diferencia de los tornillos largos que pueden crear problemas de curvatura, restricciones de carga y grandes mermas por fricción. Estas turbinas pueden contar con inclinaciones inferiores para garantizar una mejor eficiencia energética, donde esté concentrada a una velocidad constante de flujo libre, fundamentalmente en los canales de riego, trochas o ríos.(Guo et al. 2020)

En la actualidad existen diferentes tecnologías donde realizan una generación de energía eléctrica, esencialmente son aplicadas en las zonas rurales del Perú, en contexto va direccionado a la creación de sistemas sobre la generación térmica en áreas aisladas de la comunicación, a ello se le adjunta las condiciones climatológicas y los gases de efecto invernadero; se requiere encontrar fuentes renovables donde se minimice la contaminación ambiental, en este caso la aplicación de mecanismos generadores de energía eléctrica en donde son aplicados por el uso de los canales de riego, caudal de quebradas y ríos; el aprovechamiento del recurso hídrico es muy indispensable ya que su fuente es inagotable.

La problemática establecida en el Fundo San Miguel vivienda ubicada en el km. 25 carretera Yurimaguas-Balsapuerto no cuenta con suministro eléctrico, lo que dificulta los quehaceres del hogar, así mismo el no contar con electricidad conlleva a los moradores a utilizar productos inflamables para iluminar o tener mayor tiempo para trabajar en sus actividades cotidianas; donde en

consecuencia se sufren accidentes, minimizando el desarrollo sociocultural y calidad de vida, por lo que se plantea un aprovechamiento y uso de los recursos naturales como fuente de energía renovable que, mediante un diseño se logre crear energía eléctrica en beneficio de la vivienda.

Por lo tanto, según la problemática establecida en la investigación se deduce que: ¿Es posible realizar un diseño hidroeléctrico de bajo caudal para sustentar la demanda eléctrica de una vivienda?

Se desglosaron algunas preguntas en base a la propuesta como la pregunta principal ¿En qué medida un diseño hidroeléctrico de bajo caudal generará electricidad en el fundo San Miguel-Balsapuerto?, asimismo de forma más implícita se detalló las preguntas específicas ¿Cuál es el caudal para realizar un diseño y generar electricidad en el fundo San Miguel-Balsapuerto?, ¿Cuál es la configuración que requiere un diseño hidroeléctrico para crear energía eléctrica en el fundo San Miguel-Balsapuerto?, ¿Cuál será el costo beneficio para la implementación de un diseño hidroeléctrico de bajo caudal para generar electricidad en el fundo San Miguel-Balsapuerto?

Por lo tanto, la investigación tiene como objetivo general; Realizar un diseño hidroeléctrico de bajo caudal para generar energía eléctrica en el fundo San Miguel. Así mismo; los objetivos específicos serán las necesidades que se desea buscar como sustento del proyecto; Evaluar el caudal del agua en la zona del fundo San Miguel-Balsapuerto; Diseñar y simular el mecanismo hidroeléctrico de bajo caudal en el software SolidWorks; Costo-beneficio de la implementación del diseño hidroeléctrico en el fundo San Miguel.

II. MARCO TEÓRICO

Se plantearon investigaciones con la finalidad de mostrar firmeza y relevancia de teorías e investigaciones sobre el tema seleccionado en este proyecto.

Simmons; Dellinger; Lyons; Terfous y Lubitz (2021). Probó la producción de energía de tres generadores de tornillo Arquímedes a escala de laboratorio. Se ensayaron a diferentes ángulos de inclinación correspondientes a sus longitudes con el fin de mantener una cabeza constante para cada tornillo. Se utilizaron experimentos de ensayos para desarrollar una visión sobre el ángulo de inclinación que produce energía del tornillo de Arquímedes. A continuación, se compararon las simulaciones dinámicas de fluidos computacionales con los datos experimentales y se evaluó su precisión. Se encontró que el modelo era aceptable y luego se usó para extender el conjunto de datos a un total de siete ángulos de inclinación en el rango de $\beta = 10$ grados y -40 grados. Se descubrió que los generadores de tornillo de Arquímedes con ángulos de inclinación menos profundos producían más potencia. También se observó que los ángulos de inclinación menos profundos corresponden a tornillos más largos y, por lo tanto, a mayores costos de infraestructura civil. Los autores sugieren que el ángulo de inclinación ideal para la instalación de un generador de tornillo de Arquímedes está entre β igual a 20 grados y 25 grados según esta prueba a escala de laboratorio.

Dellinger; Simmons; Lubitz y Garambois (2019). La simulación dinámica (CFD) de un Arquímedes tornillo generador (ASG) se llevó a cabo junto con experimentos a escala de laboratorio para determinar el efecto de ángulo de inclinación y número de Blades en la producción y el rendimiento de energía ASG. Se encontró un buen acuerdo entre el modelo y experimento; El modelo CFD tenía errores relativos en la eficiencia hidráulica de menos del 2% en casos óptimos. Ambas cosas las llevaron a cabo experimentos y simulaciones CFD. Por ángulos de inclinación entre 10 grados y 38 grados. Posteriormente se usó CFD para simular el efecto de tres números diferentes de cuchillas (3, 4 y 5) de un ASG con común diseño parámetros. Se encontró que las pérdidas por fugas por desbordamiento y espacio aumentan con inclinaciones más altas; estas pérdidas disminuyeron con la suma de cuchillas. Para esta configuración

particular de ASG, las 5 palas del tornillo generaron la mayor parte del poder. Los tornillos de 4 y 5 palas tuvieron sus mayores eficiencias en ángulos de inclinación entre 20 grados y 24,5 grados. Las 3 palas de tornillo se encontraron que tenía sus eficiencias más altas en ángulos de inclinación comparativamente más bajos, con la búsqueda de simulación es el ángulo óptimo de aproximadamente 15,5 grados. Tanto las simulaciones CFD como los experimentos mostraron que la fuga de desbordamiento comenzó a ocurrir mucho antes en ángulos de inclinación más altos.

Siswantara; Warjito; Budiarmo; Harmadi y Gumelar (2019). La turbina Arquímedes es adecuada para operar en condiciones de baja altura (< 5 m) y en una amplia gama de condiciones de descarga. Sin embargo, uno de los problemas en la implementación de las turbinas de Arquímedes es el valor óptimo del ángulo α debido a que varios estudios han arrojado resultados diferentes. El presente estudio investigó el efecto del ángulo α en el rendimiento de una turbina de Arquímedes mediante un método experimental. El método experimental fue elegido para determinar la potencia de salida generada y para estudiar el fenómeno de las pérdidas por fugas de desbordamiento en el proceso de conversión de energía. El experimento se realizó con una descarga de $0.00106 \text{ m}^3/\text{s}$, un ángulo α entre 36° y 44° , y tres cargas diferentes. Según los resultados del experimento, el ángulo α más alto generó más potencia, pero menos eficiencia de la turbina; esto se debió a que aumentó el valor de la cabeza efectiva, lo que también incrementó la potencia disponible. Esto demostró que el ángulo α no influye mucho en la cantidad de energía generada. Además, se encontró que la predicción de que el desbordamiento causa pérdidas cuando aumenta el ángulo α era inexacta porque estaba más influenciada por el valor de la carga que por el valor del ángulo α . Por lo tanto, el ángulo α no afecta en gran medida el rendimiento de la turbina.

Shahverdi; Loni; Maestre y Najafi (2021). Las turbinas de tornillo de Arquímedes (AST, por sus siglas en inglés) pueden convertirse en un dispositivo popular para generar electricidad a partir de energía hidráulica en lugares con altura muy baja o casi nula. En este artículo, el rendimiento de los AST se investiga numéricamente utilizando la dinámica de fluidos

computacional (CFD) para evaluar diferentes velocidades de rotación del tornillo, caudales volumétricos y ángulos de inclinación. El modelo numérico se valida con datos experimentales y muestra que los resultados calculados con 5 millones de celdas de malla conducen a un error relativo del 0,69 % para un caudal volumétrico de 1,13 l/s, una velocidad de rotación de 10 rad/s y una inclinación ángulo de 24.9°. Las simulaciones se utilizan para evaluar cómo cambian el par mecánico y la eficiencia con el caudal volumétrico y el ángulo de inclinación. Según los resultados, CFD es una herramienta confiable para el estudio del comportamiento de AST, prediciendo su rendimiento y visualizando campos de presión y velocidad.

Khan, Khattak; Ulasayar; Imaran y Munir (2019). La turbina de tornillo de Arquímedes (AST) se hizo de utilidad de preferencia plantas de energía fluvial alta velocidad y baja altura, entre los parámetros se tuvo el número de álabes que fue de gran importancia para la generación de energía, el trabajo de investigación propuso el análisis de Dinámica de Fluidos Computacional sobre un modelo 3D con simulación numérica del flujo de agua con turbulencia constante en el paso de una turbina Arquímedes, se analizó utilizando el código de flujo de fluidos en ANSYS, con la finalidad de investigar diversos datos de un área o lugar seleccionado, a su vez, los resultados se representan en términos de presión, torsión, potencia mecánica y eficiencia. El rendimiento de los parámetros bajo un número variable de álabes se analiza utilizando el código de flujo de fluidos en ANSYS. Se investigan diseños múltiples para los datos de un sitio seleccionado y los resultados se representan en términos de presión, torsión, potencia mecánica y eficiencia. Se diseña e investiga un nuevo modelo analítico y se determinan todos los parámetros de salida para lograr la máxima potencia de salida.

Siswantara; Gumelar; Budiarsa; Harmadi y Warjito (2018). En Indonesia, 2.519 aldeas no tienen acceso a la electricidad. Esto se debe a que su ubicación es de difícil acceso. La utilización de energía hidroeléctrica a pequeña escala mediante el uso de un modelamiento del tornillo de Arquímedes de tipo pico hidro podría ser una solución alternativa. Este mecanismo operó en condiciones de cabeza baja con un amplio rango de descarga de agua. Los objetivos de este estudio son determinar el valor del ángulo de pendiente crítico

(a) que causa la fuga de desbordamiento y observar los efectos de la variación del ángulo de pendiente de la turbina en la eficiencia de la turbina. Este estudio se compone de método analítico, seguida de un experimento. Los resultados de ambos métodos revelan diferencias significativas. El cálculo analítico predijo que la descarga en su salida reduciría eficiencia de la turbina de forma drástica. Sin embargo, el experimento encontró que la fuga de desbordamiento no disminuye significativamente la eficiencia de la turbina. Este resultado implica que los efectos previstos del fenómeno de fuga por desbordamiento descritos en la metodología analítica de este estudio son inexactos. Además, este resultado sugiere que no es necesario determinar el valor crítico de α para evitar la fuga por desbordamiento.

Dragomirescu (2021). Los tornillos de Arquímedes se han utilizado durante siglos, pero solo para bombear agua. En las últimas décadas, apareció un interés creciente por utilizarlas también como turbinas hidráulicas para la generación de electricidad. Si bien los tornillos de Arquímedes ya están bien optimizados para funcionar como bombas, aún se realizan estudios para identificar aquellos parámetros que aseguren las mejores prestaciones cuando funcionan como turbinas. Este artículo propone un procedimiento simple y eficiente en el diseño del tornillo de Arquímedes que operará como una turbina. Las fórmulas más importantes propuestas en el artículo son aquellas para calcular el diámetro exterior y la velocidad de rotación del tornillo. La condición impuesta para encontrar el diámetro es la maximización del par producido. El cálculo del diámetro requiere estimar el volumen de los cubos de agua que se forman entre las palas del tornillo. Es prácticamente imposible encontrar una fórmula analítica para este volumen, pero se puede encontrar fácilmente una estimación aproximada. Esta estimación aproximada se corrige posteriormente en función de la regresión de los datos disponibles para las turbinas que ya funcionan con buenas eficiencias.

Pauwels; Baeyens; Toming; Schneider; Buysse y Coeck (2020). Propusieron una turbina de Arquímedes (AST) utilizando las dimensiones de velocidad del agua y la baja altura, por lo tanto, la salida potencial en AST depende de distintos parámetros del lugar, la investigación propone un análisis mediante el CFD con una propuesta de modelo 3D con simulación numérica del flujo hídrico

en condiciones de turbulencia constante por el paso de una hidro generador de Arquímedes, el rendimiento de los parámetros bajo un número variable de álabes se analiza utilizando el código de flujo de fluidos en ANSYS, generando diversos diseños tomando datos de un sitio seleccionado y los resultados que se representan en términos de presión, torsión, potencia mecánica y eficiencia. Se diseña e investiga un nuevo modelo analítico y se determinan todos los parámetros de salida para lograr la máxima potencia de salida.

Las turbinas son accionadas por el agua, donde a su vez, se genera la energía mecánica teniendo como entrada y salida un canal de riego; no obstante, la turbina está conectada a un generador rotativo eléctrico (alternador), que realiza la transformación de energía mecánica inducida por la fuerza del agua en las hélices de la turbina donde esta se convierte en energía eléctrica. (Jati et al. 2021)

Un sistema hidroeléctrico es aquel que, convierte la energía entrante hídrica de un canal, río, riachuelo, en electricidad renovable. Este suceso está compuesto por distintos procedimientos, basada en la conversión de energía potencial creada por las masas de agua. (SJ Williamson 2019)

(Álvarez Lozano 2017) El ángulo de una recta inclinada es aquella que, como resultado formada por una intersección, la tangente o pendiente del ángulo está determinada por una inclinación de una recta, lo que en contexto se le conoce como tangente inversa.

Puede estar limitado por la geometría, diseño o pendiente del lugar donde se realizará la instalación. Los ángulos de inclinación menores a los 20° incrementan su longitud en el tornillo y a más de 30° reducen la capacidad del mismo. (Siswantara et al. 2019)

(Hely Perez 2017) La pendiente de un vector (m), es la pendiente con relación a un eje positivo X. Se define como el cociente entre la inclinación y el avance entre dos puntos cualesquiera de la recta.

(Sanchez y Guillermo 2019) Se le llama rentabilidad al rendimiento adquirido de

una fuente de inversión; así mismo, es dicha capital invertida y dada en forma de porcentaje, del beneficio de un recurso propuesto.

El rendimiento es el coeficiente del trabajo útil proporciona una máquina en un lapso de tiempo ocurrido y el trabajo suministrado hacia una máquina. (Newton 2019)

R (%)

La turbina de arquímedes tiene forma helicoidal y oscilación de movimiento sin fin, es utilizado para la extracción de caudales de agua, cualquier tipo de fluido o masa sólida, pudiéndose inducir en la hélice. (Hidrometalica 2022).

(Salgueiro Vargas 2021). La turbina de arquímedes es un dispositivo que consiste en una superficie helicoidal, dentro de un cilindro cuyo eje está inclinado de tal modo que su interior quede dentro del agua.

Al aplicar una fuerza en cualquier punto de una masa rígida, este generalmente realiza una rotación creando un movimiento constante o por destiempo sobre un eje, esta fuerza que hace girar cualquier cuerpo en reposo se la conoce como torque o momento de fuerza. (Sites 2016)

Es el movimiento radial o velocidad angular, donde se caracteriza por tener una magnitud rápida, variando considerablemente el ángulo en un vector girando sobre el centro circular. Esta velocidad angular también recibe el nombre de frecuencia cíclica.

Para hallar el valor del caudal consigna la fórmula:; donde Q (caudal), t (tiempo) y V (volumen). Naturalmente y por configuración matemática el volumen se mide en litros y el tiempo está dado en segundos. (Iagua 2018)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo Aplicada; se pretende diseñar un mecanismo que cumpla las condiciones y dimensiones para un caudal constante, teniendo consideraciones sobre la lumínica y suministro eléctrico dentro de la vivienda.

Nivel Explicativo; esta característica será indispensable en los procesos para decidir sobre tipo de material y las características que serán adecuadas, mediante estudios matemáticos.

Diseño Pre Experimental, puesto no analizaremos la variable independiente ya que; no tendrá manipulación alguna para generar resultados, solo estableciendo conceptos y análisis de teorías.

3.2. Variables y operacionalización

VI: Diseño hidroeléctrico: El mecanismo hidroeléctrico tiene forma helicoidal y oscilación de movimiento sin fin, es utilizado para la extracción de caudales de agua, cualquier tipo de fluido o masa sólida, pudiéndose inducir en la hélice. (Hidrometalica 2022)

VD: Suministro eléctrico: La energía hidroeléctrica convierte la fuente hidráulica de una corriente de agua artificial o natural, en energía eléctrica renovable (Iagua 2018). En su proceso de funcionalidad cuenta con diversas etapas, basándose en una energía potencial con el aprovechamiento de la cantidad y fuerza del agua. (Green Power 2019)

3.3. Población, muestra y muestreo

La población: La ciudad de Balsapuerto, fue el escenario realizado donde se tomó de las viviendas que contenga electrodomésticos y canal de regadío; así mismo se contemplaron dichos criterios de selección para el diseño hidroeléctrico, tales como: el caudal, la demanda energética de la vivienda para suministro eléctrico.

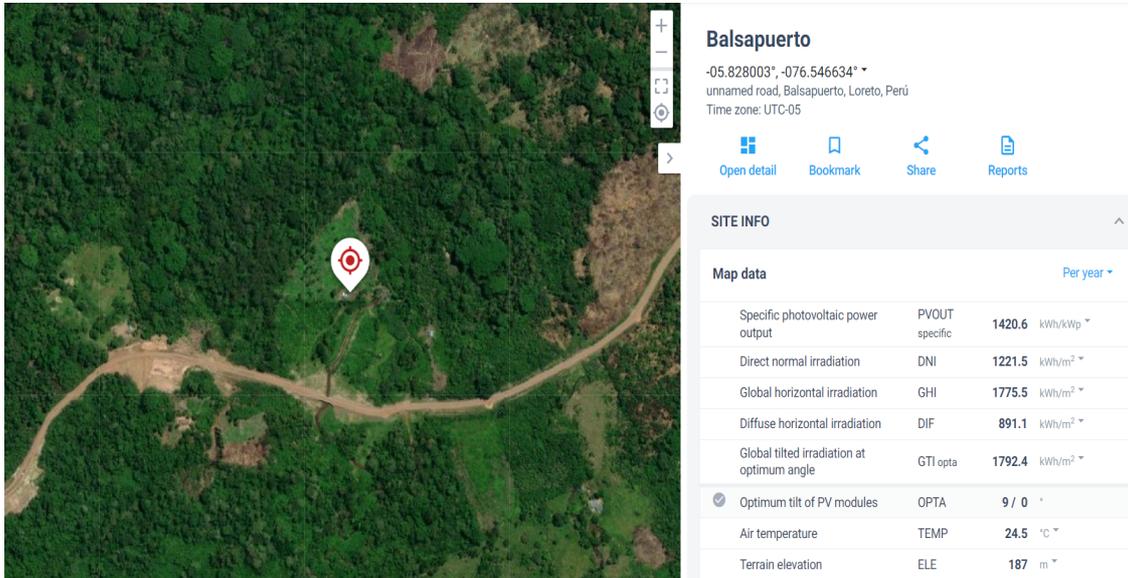


Figura 1: Imagen de la ubicación del Fundo San Miguel

Fuente: (Global Solar Atlas., 2023)

- ✓ **Criterios de inclusión:** Vivienda rural, suministro eléctrico, artefactos, caudal del agua.
- ✓ **Criterios de exclusión:** Personas.

La **muestra:** La demanda eléctrica se enfoca en las viviendas que componen el fundo san miguel que cuentan con accesorios y artefactos eléctricos que serán escenario de la aplicación y muestra para investigación, de donde se tomarán los datos para el desarrollo del proyecto, haciendo uso de una toma de vivienda que cuente con las necesidades para el sustento de la investigación.

Muestreo: Por conveniencia (QuestioPro 2022)

Unidad de análisis: Caudal

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Las **técnicas** usadas en el proyecto son: El análisis documental y la encuesta que serán de utilidad sobre la condición de la vivienda, con el fin de contar con un cuadro estadístico.

Los instrumentos serán la ficha de registro y el cuestionario.

Tabla 1: *Instrumentos de selección de datos del proyecto*

TECNICAS	USO	INSTRUMENTOS
----------	-----	--------------

Encuesta (caudal promedio anual, electrodomésticos)	Entrevistar a las personas que viven en el Fundo San Miguel-Balsapuerto	Cuestionario.
Análisis documental (Cálculo velocidad angular; potencia requerida de vivienda)	Recopilación de información de fuentes confiables	Ficha de registro y reporte de inspección

Fuente: Elaboración Propia

Los datos sobre la distribución energética para iluminar y energizar los ambientes del fundo San Miguel será distribuido en conocimiento de:

- El diseño hidroeléctrico
- El caudal del riachuelo
- Suministro eléctrico

Confiabilidad y Validación

Los instrumentos serán validados y evaluados por especialistas en desarrollo de investigaciones científicas, en base a criterios de validez y confiabilidad de herramientas donde se determinaron la confiabilidad de dicha investigación (Santos Sánchez., 2017)

Instrumentos:

- Cuestionario.
- Fichas de registro.

3.5. Procedimientos

Se centró en el estudio de una casa rural con falta de energía eléctrica en la zona de balsapuerto, se tomó una casa por conveniencia contando con un riachuelo o canal de regadío, los mismos que se necesitan para el diseño de un mecanismo hidroeléctrico de bajo caudal, en tanto, con este diseño se llegará a conocer cuál es el ángulo que influye para un rendimiento energético factible y confiable.

3.6. Método de análisis de datos

Se emplearán fuentes informativas que detallen la elaboración y el desarrollo de la investigación, aplicando técnicas estadísticas con la recolección de datos

para posteriormente realizar un cálculo matemático sobre el diseño e implementación; mediante el software SolidWorks e AutoCAD se darán cabida a los diseños y simulación flujo dinámico, por otro lado, se hizo uso del Microsoft Excel y Microsoft Word donde se detallaron los datos numéricos y condiciones de estudio mencionado por los investigadores.

3.7. Aspectos éticos

El análisis de la investigación propuesta manifiesta originalidad de manera ética, con el fin de brindar a detalle la importancia del proyecto de investigación. Se muestra un análisis de datos estudiados con veracidad, responsabilidad y compromiso de los autores, con fines académicos y respetando aquellas citas de autoría, figuras y tablas.

IV.RESULTADOS

4.1 Objetivo específico 1: Evaluar el caudal del agua en la zona del fundo San Miguel-Balsapuerto.

La acreditación de la disponibilidad hídrica y la ejecución del aprovechamiento hídrico en la localidad de Balsapuerto esté enfocada a la captación de agua que se sitúa en la quebrada del Urovico II, entre las coordenadas UTM WGS 84 siguientes: 9 354 983, 00 N; 327 343, 00 E, a una altitud de 235 msnm, dicho estudio acredita una disponibilidad de agua de 1 435 380, 50 m³/año, consta un caudal de 2.70 L/s, como se muestra en el marco.

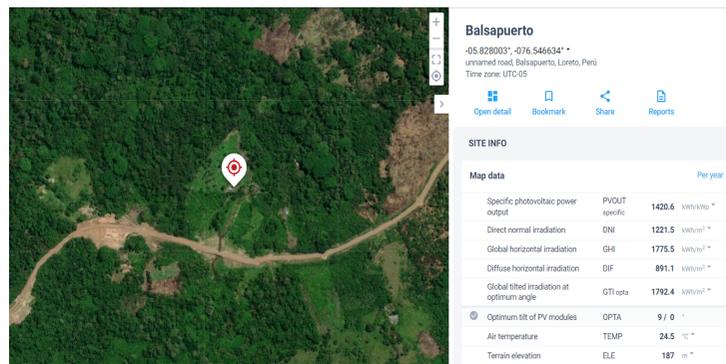


Figura 2: Imagen de la ubicación del Fundo San Miguel

Tabla 2: Caudal de la Provincia de Balsapuerto

Demanda	Meses y año												Total
	Set	oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	
Demanda (Caudal) L/s	2.8	2.4	2.3	2.2	2.5	2.7	2.9	2.4	2.7	2.6	2.8	2.3	2.7

Fuente: (Conhydra., 2019)

Tabla 3: *Potencia generada por caudal de ingreso..*

Caudal de entrada (L/s)	Potencia Generada (kW)
0.583	0.57
1.243	0.93
1.846	1.24
2.394	1.38
2.749	1.47
3.198	1.78
3.639	2.16
4.957	2.78
5.293	3.11
5.384	3.21
6.393	4.09
7.475	5.28
8.273	6.14
9.583	7.32
10	7.95

Fuente: (Santa Cruz Herrera 2019)

4.2 Diseñar y simular el mecanismo hidroeléctrico de bajo caudal en el software SolidWorks.

SIMULACIÓN CFD DE UN TORNILLO DE ARQUIMEDES

Tabla 4: Valores promedios de α , θ , N , planteados en el diseño

(Parámetros)	(Simmons et al. 2021)	(Dellinger et al. 2019)	(Santa Cruz Herrera 2019)	(Hamdi 2019)	(Ding et al. 2019)
θ	20°-25°	20°-24.5°	20°-30°	22°-30°	30°
N	-	-	3	1-Feb	1
α	-	30-44	42°	-	40°

Fuente: Elaboración propia

En este sentido, determinamos un promedio y elegimos razonablemente los siguientes datos:

Por otro lado, se determinan los parámetros cualitativos que intervienen en el diseño de un hidro generador, los cuales se hacen mención en el siguiente cuadro.

Tabla 5: Parámetros usados para el diseño del hidro generador.

Condiciones para la simulación	Simbología	Unidades	Valor
Caudal del lugar			0.0027
Altura del agua			1.2
Ángulo de inclinación		°	30
Número de hilos			1
Densidad			999.19
Gravedad			9.81
Ángulo exterior del helicoide		°	40

Fuente: Elaboración propia

4.3 Evaluar la factibilidad económica para la implementación del diseño hidroeléctrico de bajo caudal.

El presupuesto realizado se deduce en los componentes del que requiere el generador para su correspondiente ensamble contemplando el análisis y el modelo requerido de acuerdo al caudal de estudio propuesto.

Presupuesto de la implementación del hidro generador y la conexión eléctrica.

Tabla 6: *Costo Total*

Descripción	Costo
Presupuesto de componentes	S/ 2,895.00
Presupuesto de instalación y mano de obra	S/ 2,015.00
Presupuesto de materiales eléctricos	S/ 2,228.50
Total	S/.7,138.50

Fuente: Elaboración propia

El presupuesto en el análisis, búsqueda de información, diseño del generador hidroeléctrico para un caudal de 2.7L/s, asciende a S/.5338.50 este costo resulta factible de forma económica y social, por que sustente energía a tres viviendas mediante el recurso natural y renovable, sustentando la demanda eléctrica que necesita el fundo San Miguel en la zona rural de Balsapuerto, comparando con otras tecnologías del mercado como el aerogenerador Aeolos Wind Trubine H500W el cual requiere de velocidad o corriente de aire para diseño tiene un precio de \$ 2789.50 y el conjunto de paneles solares que también puede ser implementado tiene un costo \$3353.06 según Auto Solar con el código AGM y características de 300W-12V.

V. DISCUSIÓN

Simmons; Dellinger; Lyons; Terfous y Lubitz (2021). Probó la producción de energía realizando un ensayo de tres generadores de tornillo Arquímedes, se ensayaron a diferentes ángulos de inclinación correspondientes a sus longitudes, se encontró que el modelo era aceptable y luego se usó para extender el conjunto de datos a un total de siete ángulos de inclinación en el rango de $\beta = 10$ grados y -40 grados. Se descubrió que los generadores de tornillo de Arquímedes con ángulos de inclinación menos profundos producían más potencia, los autores sugieren que el ángulo de inclinación ideal para la instalación de un generador de tornillo de Arquímedes está entre β igual a 20 grados y 25 grados. Dellinger; Simmons; Lubitz y Garambois (2019). La simulación dinámica (CFD) de un Arquímedes tornillo generador (ASG) se llevó a cabo junto con experimentos a una escala para el ensayo donde se determinará el efecto de ángulo de inclinación y número de Alabes en la producción y el rendimiento de energía ASG, teniendo sus ángulos de inclinación entre 10 grados y 38 grados. Posteriormente se usó CFD para simular el efecto de tres números diferentes de cuchillas (3, 4 y 5) de un ASG con común diseño parámetros, los tornillos de 4 y 5 palas tuvieron su mayor eficiencia con ángulo de inclinación de 20° grados y $24,5^\circ$ grados, las 3 palas de tornillo se encontraron que tenía sus eficiencias más altas en ángulos de inclinación comparativamente más bajos, con la búsqueda de simulación es el ángulo óptimo de aproximadamente 15,5 grados.

En el diseño propuesto se hizo referencia a un caudal como base de acuerdo a insumo hídrico en la ciudad de balsapuerto tomando como análisis la fuerza del agua para realizar el diseño del hidro generador y contemplar los parámetros de configuración dando como resultado un diseño con un vector de 2.70 L/s. con una inclinación de 30° grados, generando una gran eficiencia para la generación eléctrica, necesaria para sustentar las necesidades del fundo San Miguel, la eficiencia del sistema es de 70% mediante el análisis CFD que el software SolidWorks, este análisis propuesto hace referencia a los parámetros utilizados para la detalle más real sobre la generación eléctrica.

Siswantara; Warjito; Budiarmo; Harmadi y Gumelar (2019). La turbina Arquímedes puede operar con buenas condiciones sobre una mínima altura de 5m teniendo una amplia gama de condiciones al descargar el agua, este estudio desarrollo un estudio sobre el efecto del ángulo α con dirección al rendimiento que una turbina de Arquímedes puede generar mediante un método experimental, dicho suceso generó una descarga de salida 0.00106 m³/s, en donde el ángulo α oscila entre los 36° y 44°. Dado los resultados del ensayo, se visualizó que el ángulo α mayor generó mayor potencia, pero una mínima eficiencia en la turbina; esto se debe al aumento del valor en la cabeza efectiva, lo que también incrementó la potencia disponible, esto demostró que el ángulo α no influye mucho en la cantidad de energía generada, el ángulo α de tal manera no implica en la afectación del rendimiento de la turbina. Shahverdi; Loni; Maestre y Najafi (2021), el rendimiento de las turbinas de arquímedes se investigan numéricamente haciendo uso de la dinámica de fluidos computacional (CFD) para evaluar diferentes velocidades de giro del tornillo, caudal volumétrico y el ángulo de inclinación para un caudal de volumen 1,13 l/s, con una velocidad de rotación de 10 rad/s y una inclinación ángulo de 24.9°, CFD es una herramienta confiable donde se pudo encontrar la eficiencia con el caudal volumétrico y el ángulo de inclinación.

En el diseño de configuración y conceptual se plantearon análisis donde la propuesta se reflejó descrita en el software de programación solidworks con el análisis flujo dinámico, en donde se da como resultado un caudal de 2.7 l/s con un ángulo de 30° donde la eficiencia del mecanismo se sustentó en 70% lo que denota que, en comparación a los antecedentes, nuestro hidro generador mejora la eficiencia de acuerdo a su ángulo de inclinación y valor del caudal. Mediante el programa CFD, se obtuvo resultados rentables frente a la demanda de energía que requiere nuestra investigación como enfoque.

Khan, Khattak; Ulasyar; Imaran y Munir (2019), se hizo de utilidad de preferencia plantas de energía fluvial alta velocidad y baja altura, entre los parámetros se tuvo el número de álabes que fue de gran importancia para la generación de energía, el trabajo de investigación propuso el análisis de Dinámica de Fluidos Computacional sobre un modelo 3D con simulación numérica del flujo de agua con turbulencia constante en el paso de una turbina Arquímedes, se analizó utilizando el código de flujo de fluidos en ANSYS, con la finalidad de investigar diversos datos de un área o lugar seleccionado, a su vez, los resultados se representan en términos de presión, torsión, potencia mecánica y eficiencia. Siswantara; Gumelar; Budiarto; Harmadi y Warjito (2018), La utilización de energía hidroeléctrica a pequeña escala mediante la aplicación de una turbina de arquímedes de tipo pico podría ser una solución alternada sobre determinar el ángulo de pendiente crítico (α) que causa la fuga por desbordamiento y observar los efectos de la variación del ángulo de pendiente de la turbina en la eficiencia de la turbina, en tanto se calculó de forma analítica una fuga de desbordamiento que reduciría drásticamente la eficiencia de la turbina. Sin embargo, el experimento encontró que la fuga de desbordamiento no disminuye significativamente la eficiencia de la turbina.

El trabajo planteado como hace muestra al uso de la energía renovable, para minimizar el cambio de climático y el gas por efecto invernadero, nuestro planteamiento está sujeto a una mejor calidad de vida con aprovechamiento energético del agua, los materiales y dimensiones son de acuerdo al lugar donde será diseñado dependiente de los costos y condiciones climáticas, se realizó la configuración en el SolidWorks como análisis de flujo dinámico donde se menciona una aplicación de un ángulo de 30° , con una generación de 0.6W como mínimo, esto puede elevarse dependiendo de la velocidad que el tornillo tenga como fin, así mismo; se tiene un costo beneficio sobre la operación del generador teniendo menos consumo económico como en los otros sistemas de generación eléctrica (paneles solares, combustión, entre otros sistemas que generan electricidad con la energía renovable) su costo total en esta implementación es de S/. 5338.50 soles peruanos, este presupuesto se sustenta por las tres viviendas para su suministro energético, este presupuesto está regido a los cambios económicos del mercado, el costo puede ser variado.

Dragomirescu (2021), creciente por utilizarlas también como turbinas hidráulicas para la generación de electricidad, propone un procedimiento simple pero eficiente al diseñar un hidro generador o mecanismo que opere como una turbina. Las fórmulas más importantes propuestas en el artículo son aquellas para calcular el diámetro exterior y la velocidad de rotación del tornillo, el cálculo del diámetro requiere estimar el volumen de los cubos de agua que se forman entre las palas del tornillo, esta estimación aproximada se corrige posteriormente en función de la regresión de los datos disponibles para las turbinas que ya funcionan con buenas eficiencias. Pauwels; Baeyens; Toming; Schneider; Buysse y Coeck (2020), Utilizaron las dimensiones de velocidad del agua y la baja altura, por lo tanto, la potencia de salida de AST depende de distintos parámetros del lugar, la investigación propone un análisis mediante la Dinámica de Fluidos Computacional con un modelo 3D en simulación numérica del flujo hídrico en condiciones de turbulencia constante por el paso de una hidro generador de Arquímedes, el rendimiento de los parámetros bajo un número variable de álabes se analiza utilizando el código de flujo de fluidos en ANSYS, generando diversos diseños tomando datos de un sitio seleccionado y los resultados que se representan en términos de presión, torsión, potencia mecánica y eficiencia. Se diseña e investiga un nuevo modelo analítico y se determinan todos los parámetros de salida para lograr la máxima potencia de salida.

De forma general, el estudio sobre la propuesta de un generador hidroeléctrico tiene como sustento suplir las necesidades de una vivienda que no cuenta con redes o distribución de tensión eléctrica de una concesionaria o empresa tercera, de igual forma, el análisis sobre el uso de recursos renovables en la actualidad viene generando gran impacto puesto que, genera gran rentabilidad de acuerdo a la aplicación y problemática establecida a fines de optimizar recursos económicos y sociales. Este sistema puede ser diseñado y simulado con diversos softwares de análisis flujo dinámico como un sustento sobre aplicaciones futuras, en donde se detalla si la calidad de energía será la necesaria para una demanda energética de la vivienda.

VI. CONCLUSIONES

1. El fundo San Miguel ubicada en la región de Amazonas, provincia de Balsapuerto, carecen de energía eléctrica lo que genera deficiencia en las labores cotidianas, esta problemática radica de manera general en los tres ambientes que cuenta el fundo, dado las deficiencias sobre un tendido eléctrico de costoso recurso económico, se desarrolló la implementación de un mecanismo basado en el tornillo de Arquímedes que trabaja con energía renovable, en este caso el sistema trabaja con la fuerza dinámica del agua, el cual esta fuerza hídrica es convertida mediante un dínamo en energía eléctrica, este lugar cuenta con un riachuelo que garantiza un flujo de agua constante, que como requerimiento para el proyecto es indispensable para la propuesta de un hidro generador de bajo caudal para sustento energético al fundo San Miguel.
2. Se desarrolló un diseño de un mecanismo con las condiciones hídricas, en este contexto el riachuelo tiene un flujo constante de 2.7L/s, esta condición fue indispensable para el diseño y análisis flujo dinámico del hidrogenerador con la aplicación del software de diseño Solidworks (CFD), en ello se constató los datos de ingreso y propuesta que contemplo como resultado una salida de energía eléctrica de 0.6kw del cual mediante un dinamo de conversión mecánica a eléctrica fomenta una inducción a la vivienda para suministro eléctrico del cual sea sustentable para la problemática o falta de energía.
3. En cuanto a los costos y su implementación es variado, ya que requiere del caudal que cuenta el lugar para una propuesta y diseño, así mismo se busca la utilidad de energía limpia para minimizar los efectos invernaderos causantes de energías procesadas que contaminan el medio ambiente, el proyecto es sustentable por que alimenta tres viviendas en paralelo con un hidrogenerador de bajo caudal que suministra energía a una batería recargable, donde éste distribuye energía a la vivienda de manera constante.

VII. RECOMENDACIONES

El fomentar, plantear y proyectarse sobre el uso de energías, recursos o fuentes renovables es una de las respuestas más seguras frente al calentamiento global y contaminación ambiental, frente a estos sucesos es de gran viabilidad proponer mecanismos y sistemas que ayuden a subsanarlas necesidades de los habitantes o moradores independiente de la energía que puedan contar en su ambiente.

El sistema propuesto funcionó en condiciones óptimas sobre la prestación de energía amigable y eficiente con un ensayo inducido a un software de programación lógica de ensayos de fluidos CFD (SolidWorks), para concretar resultados de velocidad, energía y presión dinámica del mecanismo con la fuerza del agua (caudal), en este contexto se pudo concluir el tipo de flujo del cual fue turbulento dentro del sistema y los parámetros que influenciaron en la pérdida de carga, así mismo se puede realizar ensayos con diversos tipos de softwares y material de propuesta, esto se basará en el recurso económico del que contara la persona para su uso.

El costo del análisis y de los elementos que conforman dicho mecanismo hidro generador de bajo caudal, puede plantearse como una propuesta en beneficio social hacia comunidades con poca solvencia energética por parte de concesionarias eléctricas, mejorando de forma directa la calidad y sustentabilidad energética que sostiene una innovación hacia las personas de bajos recursos económicos.

Es de conocimiento para el que necesita realizar este diseño, teniendo deficiencias energéticas en su punto de ubicación, contar con un caudal y realizar un análisis energético que contribuya a la demanda eléctrica que requiere la vivienda, así mismo se contempla baterías, un dinamo generador y el tiempo o constancia hídrica del cual cuenta el lugar para su implementación.

VIII. BIBLIOGRAFICAS

- ÁLVAREZ LOZANO, D., 2017. Evaluación de la orientación y el ángulo de inclinación óptimo de una superficie plana. *Cuenca: Ingeniería ambiental*,
- ANSARI, S., ZHANG, J. y SINGH, R.E., 2022. A review of stabilization methods for DCMG with CPL, the role of bandwidth limits and droop control. *Protection and Control of Modern Power Systems*, vol. 7, no. 1, ISSN 23670983. DOI 10.1186/S41601-021-00222-X.
- CONHYDRA, 2019. Caudal de Balsapuerto, condiciones climatológicas. *Minagri Alto Amazonas* [en línea], [consulta: 3 junio 2023]. Disponible en: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/r.a._ndeg_013-2015-ana-ala-aa.pdf.
- DELLINGER, G., SIMMONS, S., LUBITZ, W.D., GARAMBOIS, P.A. y DELLINGER, N., 2019. Effect of slope and number of blades on Archimedes screw generator power output. *Renewable Energy*, vol. 136, ISSN 18790682. DOI 10.1016/J.RENENE.2019.01.060.
- DING, Y., GADELRAH, K.R., MIZRAHI RODRIGUEZ, K., HUANG, H., ROSS, C.A. y ALEXANDER-KATZ, A., 2019. Emergent symmetries in block copolymer epitaxy. *Nature Communications*, vol. 10, no. 1, ISSN 20411723. DOI 10.1038/S41467-019-10896-5.
- DRAGOMIRESCU, A., 2021. Design considerations for an Archimedean screw hydro turbine. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 664, no. 1, ISSN 17551315. DOI 10.1088/1755-1315/664/1/012034.
- DURRANI, A.M., MUJAHID, O. y UZAIR, M., 2019. Micro hydro power plant using sewage water of Hayatabad Peshawar. *15th International Conference on Emerging Technologies, ICET 2019*, DOI 10.1109/ICET48972.2019.8994728.
- Global Solar Atlas. [en línea], [sin fecha]. [consulta: 3 junio 2023]. Disponible en: <https://globalsolaratlas.info/map?c=-5.356256,-80.740585,11&s=-5.35625,-80.74075&m=site>.

- GÓMEZ LOZADA, J., 2019. Planteamiento de escenarios de estudio para mejorar la eficiencia energética de centros de datos nivel TIER III tipo contenedor en Colombia. [en línea], [consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_electrica/271.
- GREEN POWER, 2019. Central hidroeléctrica. [en línea], [consulta: 26 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.enelgreenpower.com/es/learning-hub/energias-renovables/energia-hidroelectrica/central-hidroelectrica>.
- GUO, P., CHEN, S., CHU, J. y INFIELD, D., 2020. Wind direction fluctuation analysis for wind turbines. *Renewable Energy*, vol. 162, ISSN 18790682. DOI 10.1016/J.RENENE.2020.07.137.
- HAMDI, N., 2019. CFD Study About an Archimed Wind Mill. *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, ISSN 21954364. DOI 10.1007/978-3-030-11827-3_16.
- HELY PEREZ, D., 2017. Pendiente de una Recta y ángulo de inclinación. [en línea], [consulta: 24 junio 2022]. Disponible en: <https://www.geogebra.org/m/znrtspsk>.
- HIDROMETALICA, 2022. Tornillo de Arquímedes | Hidrometálica. [en línea]. S.l.: [consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.hidrometalica.com/tornillo-arquimedes/>.
- IAGUA, 2018. ¿Qué es un caudal? . [en línea], [consulta: 28 junio 2022]. Disponible en: <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-caudal>.
- INEI, 2021. Instituto Nacional de Estadística e Informática. [en línea], [consulta: 26 noviembre 2022]. Disponible en: <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/mas-del-30-de-la-poblacion-que-vive-en-zonas-afectadas-por-heladas-esta-en-edad-vulnerable-9208/>.
- JATI, S.N., MANIK, S.R.O., SARI, D.P. y ADANTA, D., 2021. Feasibility of geoscience to determine the location of micro-hydro power potential for rural areas. *International Energy Journal*, vol. 21, ISSN 1513718X.

KHAN, A., KHATTAK, A., ULASYAR, A., IMRAN, K. y MUNIR, M.A., 2019. Investigation of Archimedean Screw Turbine for Optimal Power Output by Varying Number of Blades. *1st International Conference on Electrical, Communication and Computer Engineering, ICECCE 2019*, DOI 10.1109/ICECCE47252.2019.8940654.

KURIQI, A., PINHEIRO, A.N., SORDO-WARD, A., BEJARANO, M.D. y GARROTE, L., 2021. Ecological impacts of run-of-river hydropower plants—Current status and future prospects on the brink of energy transition. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 142, ISSN 18790690. DOI 10.1016/J.RSER.2021.110833.

LYONS, M., SIMMONS, S., FISHER, M., WILLIAMS, J.S. y LUBITZ, W.D., 2020. Experimental Investigation of Archimedes Screw Pump. *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 146, no. 8, ISSN 0733-9429. DOI 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001786.

MINEM, 2010. Decreto legislativo de promoción de la inversión para la generación de electricidad con el uso de energías renovables. [en línea], [consulta: 11 enero 2023]. Disponible en: https://www.minem.gob.pe/archivos/legislacion-9ozj22z9ap5zz33z-DL_de_promocion_de_la_inversion_para_la_generacion_de_electricidad_con_el_uso_de_energias_renovables_1002.pdf.

NEWTON, 2019. RENDIMIENTO . ,

PATIL, C.K., JIRIMALI, H.D., PARADESHI, J.S., CHAUDHARI, B.L. y GITE, V. V., 2019. Functional antimicrobial and anticorrosive polyurethane composite coatings from algae oil and silver doped egg shell hydroxyapatite for sustainable development. *Progress in Organic Coatings*, vol. 128, ISSN 0300-9440. DOI 10.1016/J.PORGCOAT.2018.11.002.

PAUWELS, I.S., BAEYENS, R., TOMING, G., SCHNEIDER, M., BUYSSE, D., COECK, J. y TUHTAN, J.A., 2020. Multi-species assessment of injury, mortality, and physical conditions during downstream passage through a large archimedes hydrodynamic screw (Albert canal, Belgium).

Sustainability (Switzerland), vol. 12, no. 20, ISSN 20711050. DOI 10.3390/SU12208722.

PÉREZ PANTOJA, P., 2011. Grupo de generación Kaplan tubular para 3.0 Kw de capacidad. [en línea], [consulta: 15 mayo 2023]. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/385>.

QUESTIOPRO, 2022. Muestreo no probabilístico: definición, tipos y ejemplos. [en línea], [consulta: 23 noviembre 2022]. Disponible en: <https://www.questionpro.com/blog/es/muestreo-no-probabilistico/>.

SALGUEIRO VARGAS, K., 2021. Turbina de Tornillo de Arquímedes . *hidrología* [en línea], [consulta: 24 junio 2022]. Disponible en: <https://es.scribd.com/presentation/502898128/Turbina-de-Tornillo-de-Arquimedes>.

SANCHEZ, C. y GUILLERMO, R., 2019. FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE NEGOCIOS Y COMPETITIVIDAD. ,

SANTA CRUZ HERRERA, J.E., 2019. Análisis energético de un Tornillo de Arquímedes para canales de regadío con una caída de 2m y caudal de 2m³ /s. [en línea], [consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/13235/SANTA_JOSE_TORNILLO_ARQUIMEDES.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

SANTOS SÁNCHEZ, G., 2017. Validez y confiabilidad del cuestionario de calidad de vida SF-36 en mujeres con LUPUS, Puebla. [en línea], [consulta: 6 julio 2023]. Disponible en: <https://www.fcfm.buap.mx/assets/docs/docencia/tesis/ma/GuadalupeSantosSanchez.pdf>.

SARI, D.P., SAPUTRA, M.A.A., SYOFII, I. y ADANTA, D., 2021. A Study of The Developing Archimedes Screw as A Turbine. *Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences*, vol. 87, no. 1, ISSN 22897879. DOI 10.37934/arfmts.87.1.151160.

- SHAHVERDI, K., LONI, R., MAESTRE, J.M. y NAJAFI, G., 2021. CFD numerical simulation of Archimedes screw turbine with power output analysis. *Ocean Engineering*, vol. 231, ISSN 00298018. DOI 10.1016/J.OCEANENG.2021.108718.
- SIMMONS, S., DELLINGER, G., LYONS, M., TERFOUS, A., GHENAIM, A. y LUBITZ, W.D., 2021. Effects of Inclination Angle on Archimedes Screw Generator Power Production with Constant Head. *Journal of Hydraulic Engineering*, vol. 147, no. 3, ISSN 0733-9429. DOI 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001854.
- SISWANTARA, A.I., GUMELAR, H.M.S., BUDIARSO, HARMADI, R., WARJITO y ADANTA, D., 2018. Analysis of the Effects of Overflow Leakage Phenomenon on Archimedes Turbine Efficiency. *Proceedings - 2018 4th International Conference on Science and Technology, ICST 2018*, DOI 10.1109/ICSTC.2018.8528687.
- SISWANTARA, A.I., WARJITO, BUDIARSO, HARMADI, R., GUMELAR, M.H. y ADANTA, D., 2019. Investigation of the α angle's effect on the performance of an Archimedes turbine. *Energy Procedia*, vol. 156, ISSN 18766102. DOI 10.1016/J.EGYPRO.2018.11.084.
- SITES, 2016. TORQUE. [en línea]. [consulta: 28 junio 2022]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/fisica1arj/home/torque>.
- SJ WILLIAMSON, B.S., 2019. Selección de turbinas pico hidroeléctricas de cabeza baja utilizando un análisis multicriterio. *Energía renovable* [en línea]. [consulta: 30 mayo 2022]. Disponible en: https://scholar.google.co.uk/citations?view_op=view_citation&hl=en&user=bAKpXvcAAAAJ&citation_for_view=bAKpXvcAAAAJ:u5HHmVD_uO8C.

ANEXOS

Anexo 01: Variables de operacionalización Simulación de Generador hidroeléctrico basado en el tornillo de Arquímedes para suministrar energía eléctrica en el fundo San Miguel-Balsapuerto

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
V.I: Generador Hidroeléctrico	Es un dispositivo que genera energía eléctrica utilizando el principio de tornillo de Arquímedes, está formado por una superficie cilíndrica y que en su contorno tiene instaladas las hélices en forma de espiral. (SJ Williamson 2019)	Tiene un elemento móvil rotativo llamado álabes, el cual se encarga de transmitir la energía del fluido a su eje. Como resultado de esta acción se obtiene un momento de torque, el cual puede ser aplicado para distintos usos: obtener electricidad a partir de un generador hidroeléctrico, (Pérez Pantoja 2011)	Número de álabes	Eficiencia de la turbina ángulo de inclinación.	Razón
			Energía del fluido	Cinética potencial Caudal	Razón
V.D: suministro Eléctrico	Es la intensidad de corriente, o potencia eléctrica, relativa a un intervalo de tiempo específico, que absorbe una determinada carga para funcionar. (Cuéllar 2019).	Tiene relación entre la cantidad producida de un servicio o utilidad y la cantidad de energía consumida para proporcionarla. (Gómez Lozada., 2019)	Energía consumida	potencia tiempo Número de artefactos	Razón

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 02: Ficha de registro

FR 2 - FICHA DE REGISTRO PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS DE CALIFICACIÓN ELÉCTRICA PARA VIVIENDA RURAL.				
Investigadores: Alcántara Otiniano, Jorge Luis Velázquez Maza, David				
Objetivo: Identificar la potencia de salida del generador hidro eléctrico para satisfacer la demanda eléctrica de una vivienda rural (variable dependiente).				
CUADRO DE CALIFICACIÓN ELÉCTRICA PARA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE SUBSISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIA – MINEM.				
Tipo de Habilitación	Sector de Distribución Típico 1 (W)	Sector de Distribución Típico 2 – (W)	Sector de Distribución típico 3 – (W)	Sector de Distribución típico 4 (W)
a) Habilitaciones de baja densidad poblacional, tipo 1 (Zonas R1-S y R1)	1 500 + 3 W/m ² hasta un máximo de 10 kW (suministro trifásico)	800 +1 W/m ² hasta un máximo de 5 kW (suministro trifásico)	-	-
b) Habilitaciones de baja densidad poblacional, tipo 2 (Zona R2)	1 500	800	-	-
c) Habilitaciones de media densidad poblacional, tipo 3 (Zona R3)	1 300	700	-	-
d) Habilitaciones de media densidad poblacional, tipo 4 (Zona R4)	900 (suministro monofásico)	900 (suministro monofásico)	-	-
e) Habilitaciones de alta densidad poblacional, para viviendas	11 W/m ² del área techada total,	11 W/m ² del área techada	-	-

multifamiliares	con un mínimo de 900 W	total, con un mínimo de 700 W		
f) Habilitaciones para vivienda taller (Zona 11-R)	1 000	1 000	-	-
g) Habilitaciones para vivienda en vías de regularización (parcial o totalmente edificadas), calificados como Centros Poblados, incluyendo agrupaciones de vivienda en zonas rurales	700 300 (*) (suministro monofásico)	300 200 (*) (suministro monofásico)	250 200 (*) (suministro monofásico)	200 (suministro monofásico)
h) Habilitaciones para vivienda en vías de regularización (parcial o totalmente edificadas), calificados como Asentamientos Humanos Marginales o Pueblos Jóvenes	700 (suministro monofásico)	400 (suministro monofásico)	300 (suministro monofásico)	250 (suministro monofásico)
i) Habilitaciones pre-Urbanas, tipos pecuarios o huertas (Zona P-U)	2 000	1 500	1 000	1 000
j) Lotizaciones para la industria elemental y complementaria de apoyo a la industria de mayor escala (Zona 11)	4 000	1 100	-	-

Fuente: (Minem 2010)

ANEXO 03: Instrumento de recolección de datos

CUESTIONARIO PARA LA RECOPIACIÓN DE DATA SOBRE LA CALIDADDE VIDA EN LA LOCALIDAD DE BALSAPUERTO_AMAZONAS.

Objetivo:

Cuestionario para la recolección de datos de los pobladores del Balsapuerto con la finalidad de conocer cuántas personas tienen acceso a un canal de regadío y gozan de tener energía eléctrica. Agradeciendo la participación de este cuestionario, el cual tiene un objetivo netamente académico.

Este cuestionario es anónimo, por favor, indicar **SI**, **NO**.

Donde:

- SI: afirmativa
- No: negativa

	Preguntas	Respuesta	
		Si	No
1.	¿Conoce usted un sistema hidroeléctrico de bajo caudal?		
2.	A escuchado sobre ¿un mecanismo que aprovecha la energía del agua para generar electricidad?		
3.	El mecanismo está diseñado basado su eficiencia y número de sus alabes para generar mayor fuerza dinámica. ¿Le gustaría tener información al respecto?		
4.	Este mecanismo hidroeléctrico funciona en base a la fuerza del agua (caudal), ¿su vivienda cuenta con canal de regadío?		
5.	¿Está de acuerdo, en hagamos mediciones en su canal de riego para proponer un diseño que sustente energía a su vivienda?		
6.	¿Sabe usted, que el generador hidroeléctrico tiene conceptos paramétricos o de configuración sobre la energía cinética, potencial?		
7.	¿Cuenta con servicio de electricidad en su hogar?		
8.	¿Tiene electrodomésticos y aparatos eléctricos de primera necesidad en su hogar? Cuales:		
9.	¿Cuenta con un generador o panel solar en su vivienda para sustentar la energía eléctrica?		
10.	¿Su consumo mensual supera los 10 kwh por mes?		

¡Muchas gracias por su participación!

CARTA DE PRESENTACIÓN

Señor: Mg.

Presente

Asunto: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS A TRAVÉS DE JUICIO DE EXPERTO.

Me es muy grato comunicarme con usted para expresarle mi saludo y así mismo, hacer de su conocimiento que, siendo estudiante del programa de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, requiero validar los instrumentos con los cuales recogeré la información necesaria para poder desarrollar mi investigación y con la cual optaré el título de Ingeniero.

El título y nombre de mi proyecto de investigación es: **“Simulación de Generador hidroeléctrico basado en el tornillo de Arquímedes para suministrar energía eléctrica en el fundo San Miguel-Balsa puerto”** y siendo imprescindible contar con la aprobación de profesionales especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, he considerado conveniente recurrir a usted, ante su connotada experiencia en el tema.

El expediente de validación, que le hago llegar contiene:

- Carta de presentación.
- Matriz de consistencia.
- Matriz de operacionalización de las variables.
- Instrumento para validar.

Expresándole mis sentimientos de respeto y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispense a la presente.

Atentamente.



Alcántara Otiniano, Jorge Luis
DNI: 44436319



Velasquez Maza, David
DNI: 40333637

CERTIFICADO DE VALIDEZ DE CONTENIDO DEL INSTRUMENTO

Nombre del instrumento	Cuestionario
Objetivo del instrumento	La viabilidad que tiene la implementación de un un diseño hidroeléctrico de bajo caudal para generar energía eléctrica en el fundo San Miguel
Nombres y apellidos del experto	Peláez Chávez, Victor Hugo
Documento de identidad	47026994
Años de experiencia en el área como ingeniero	7 años
Máximo Grado Académico	Magister
Nacionalidad	Peruana
Institución	Universidad Nacional de Trujillo
Cargo	Ingeniero Mecánico
Número telefónico	951603668
Firma	
Fecha	00 /07/2023

Dimensión	Indicador	Ítem (Preguntas del cuestionario)	Suficiencia	Claridad	Coherencia	Relevancia	Observación
Número de álabes	Eficiencia de la turbina ángulo de inclinación	1,2,3					
Energía del fluido	Cinética, potencial, Caudal	4,5,6					
Energía consumida	Potencia Tiempo Número de artefactos	7,8,9,10					

Crterios	Detalle	Calificación
Suficiencia	El ítem pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Claridad	El ítem se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Coherencia	El ítem tiene relación lógica con el indicador que está midiendo	1: de acuerdo 0: en desacuerdo
Relevancia	El ítem es esencial o importante, es decir, debe ser incluido	1: de acuerdo 0: en desacuerdo

Opinión de aplicabilidad: Aplicable [] Aplicable después de corregir [] No aplicable []

Miércoles, 10 de noviembre del 2021

Firma del Experto Informante

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general
<p>¿En qué medida un diseño hidroeléctrico de bajo caudal generará electricidad en el fundo San Miguel-Balsa puerto?</p>	<p>Realizar un diseño hidroeléctrico de bajo caudal para generar energía eléctrica en el fundo San Miguel.</p>	<p>¿Es posible realizar un diseño hidroeléctrico de bajo caudal para sustentar la demanda eléctrica de una vivienda?</p>
	<p style="text-align: center;">Objetivos específicos</p>	
	<p>Evaluar el caudal del agua en la zona del fundo San Miguel-Balsa puerto</p>	
	<p>Diseñar y simular el mecanismo hidroeléctrico de bajo caudal en el software SolidWorks.</p>	
	<p>Costo-beneficio de la implementación del diseño hidroeléctrico en el fundo San Miguel.</p>	

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
V.I: Generador Hidroeléctrico	Es un dispositivo que genera energía eléctrica utilizando el principio de tornillo de Arquímedes, está formado por una superficie cilíndrica y que en su contorno tiene instaladas las hélices en forma de espiral. (SJ Williamson 2019)	Tiene un elemento móvil rotativo llamado álabe, el cual se encarga de transmitir la energía del fluido a su eje. Como resultado de esta acción se obtiene un momento de torque, el cual puede ser aplicado para distintos usos: obtener electricidad a partir de un generador hidroeléctrico, (Pérez Pantoja 2011)	Número de álaves	Eficiencia de la turbina	Razón
				ángulo de inclinación.	
			Energía del fluido	Cinética	Razón
				potencial	
				Caudal	
V.D: suministro Eléctrico	Es la intensidad de corriente, o potencia eléctrica, relativa a un intervalo de tiempo específico, que absorbe una determinada carga para funcionar. (Cuéllar 2019).	Tiene relación entre la cantidad producida de un servicio o utilidad y la cantidad de energía consumida para proporcionarla. (Gómez Lozada., 2019)	Energía consumida	potencia	Razón
				tiempo	
				Número de artefactos	

Encuesta sobre: La viabilidad que tiene la implementación de un un diseño hidroeléctrico de bajo caudal para generar energía

Preguntas	Respuesta	
	Si	No
11. ¿Conoce usted un sistema hidroeléctrico de bajo caudal?		
12. A escuchado sobre ¿un mecanismo que aprovecha la energía del agua para generar electricidad?		
13. El mecanismo está diseñado basado su eficiencia y número de sus alabes para generar mayor fuerza dinámica. ¿Le gustaría tener información al respecto?		
14. Este mecanismo hidroeléctrico funciona en base a la fuerza del agua (caudal), ¿su vivienda cuenta con canal de regadío?		
15. ¿Está de acuerdo, en hagamos mediciones en su canal de riego para proponer un diseño que sustente energía a su vivienda?		
16. ¿Sabe usted, que el generador hidroeléctrico tiene conceptos paramétricos o de configuración sobre la energía cinética, potencial?		
17. ¿Cuenta con servicio de electricidad en su hogar?		
18. ¿Tiene electrodomésticos y aparatos eléctricos de primera necesidad en su hogar? Cuales:		
19. ¿Cuenta con un generador o panel solar en su vivienda para sustentar la energía eléctrica?		
20. ¿Su consumo mensual supera los 10 kwh por mes?		

Anexo: Información del generador hidroeléctrico

La acreditación de la disponibilidad hídrica y la ejecución del aprovechamiento hídrico en la localidad de balsapuerto esté enfocada a la captación de agua que se sitúa en la quebrada del Urovico II, entre las coordenadas UTM WGS 84 siguientes: 9 354 983, 00 N; 327 343, 00 E, a una altitud de 235 msnm, dicho estudio acredita una disponibilidad de agua de 1 435 380, 50 m³/año, consta un caudal de 2.70 L/s, como se muestra en el marco.

Interpretación: Se realiza el caudal promedio basado en datos mensuales durante todo el año, generando un caudal con el cual se hará planteamiento de los valores que se proponen en la simulación del hidro generador de bajo caudal para suministrar energía eléctrica.

En tanto se referencia la generación de energía consumida mediante un el caudal de entrada y la potencia que este genera para su utilización energética.

- **Consideraciones básicas**

Se consideró que el porcentaje de llenado fue del 50%, los valores que se tomaron en cuenta para el diseño son: θ , N y α fueron considerados de una revisión bibliográfica como soporte en la aplicación y análisis desarrollado.

Aplicación de datos en la simulación CFD: Consideramos las siguientes condiciones:

1. Análisis de flujo interno:

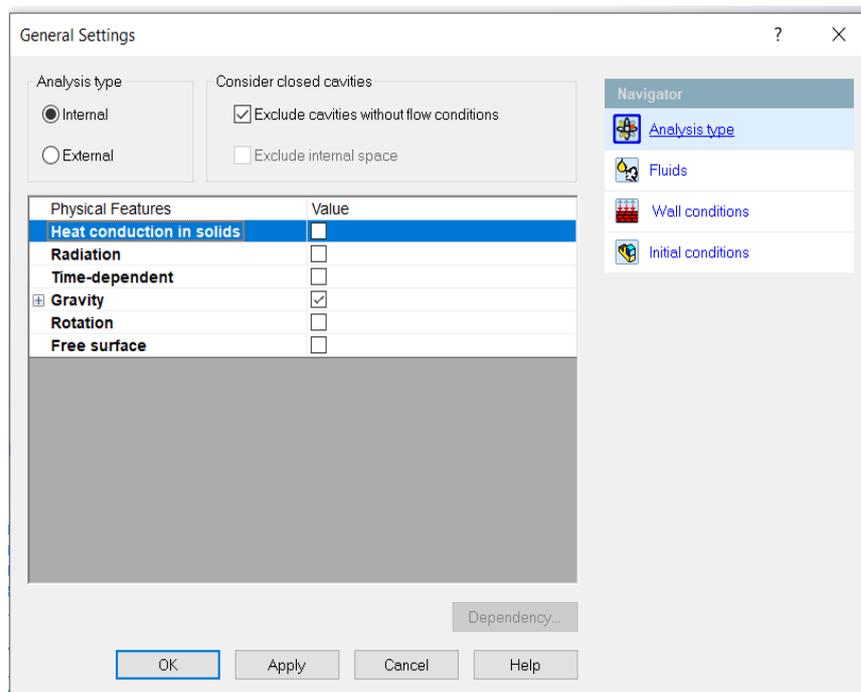


Figura 3: Análisis interno de flujo

2. Fluido operante agua a temperatura ambiente, además de ello se dejó que el software decida qué tipo de flujo es en base a las condiciones impuestas en la entrada.

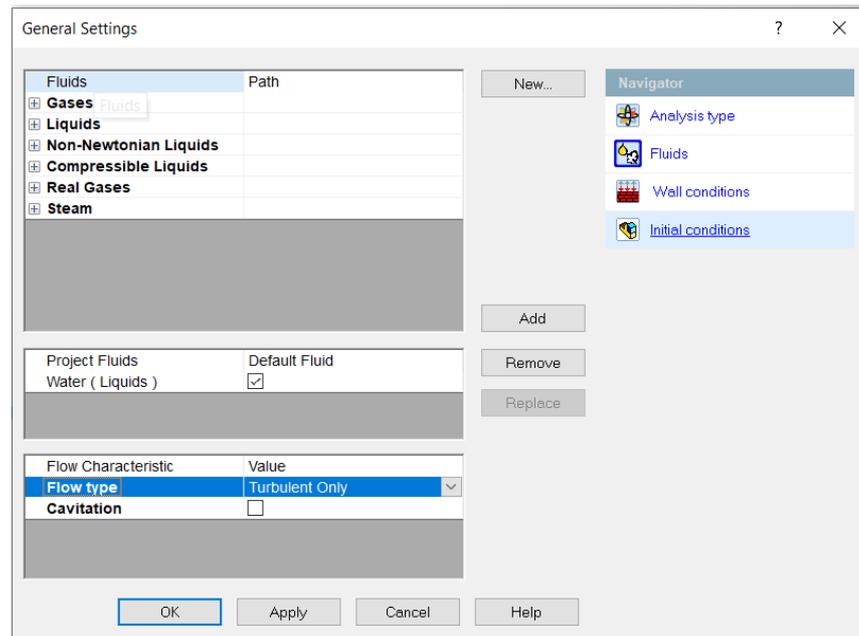
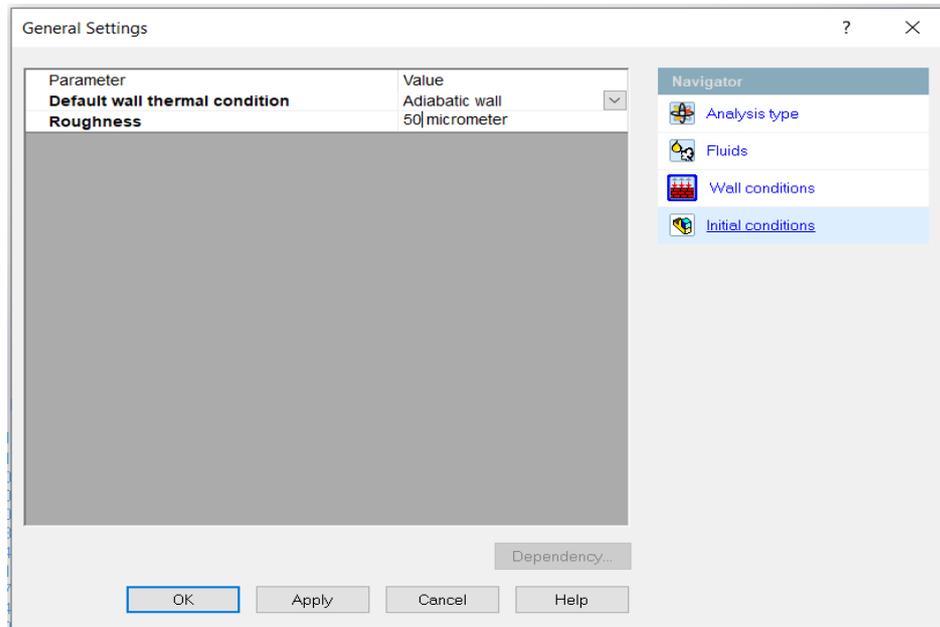


Figura 4: Fluido de agua a temperatura ambiente



3. Para las consideraciones de pared, se consideró una rugosidad de 50 micrómetros, algo promedio dentro de los aceros al carbono.

Figura 5: Datos de rugosidad enfocados en el diseño

4. Finalmente, las condiciones de entrada para la simulación son las siguientes:

- Condición de entrada de flujo: $0.0027\text{m}^3/\text{s}$
- Rugosidad de 100 micrómetros
- Presión ambiental en la salida 103.325MPa y en las paredes superiores.

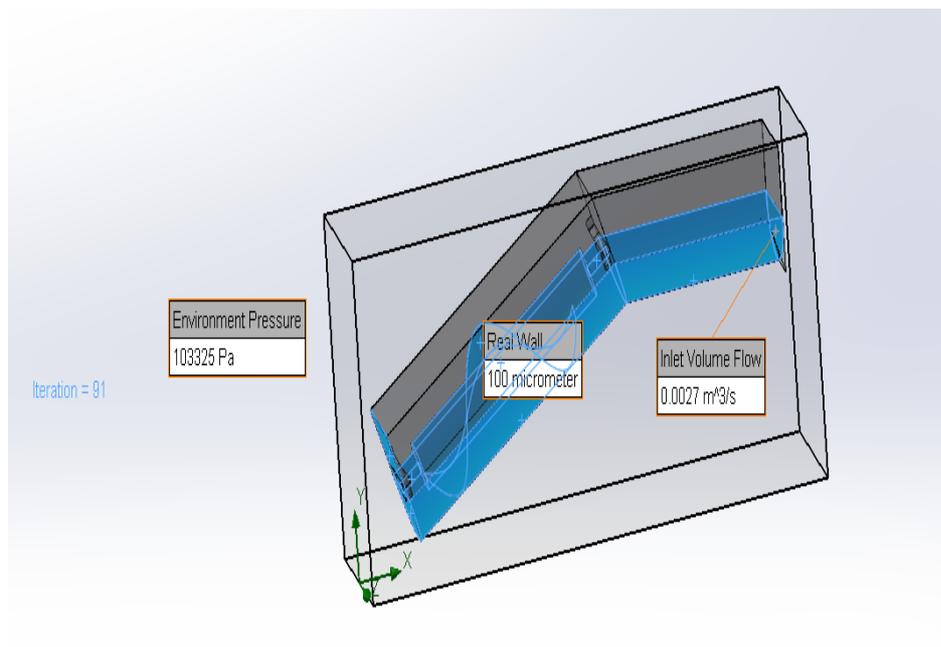


Figura 6: Condiciones de entrada para la simulación

Resultados de la simulación CFD: Dichos resultados están contemplados al análisis computacional de fluidos en SolidWorks terminado.

Tabla 7: Resultado de la simulación

Nombre de la meta	Unid.	Valor promedio	Valor mínimo	Valor máximo	Progreso [%]
Fuerza tangencial	[N]	989.00	989.83	980.50	100
Torque de Tornillo de Arquímedes	[N*m]	372.55	372.86	369.35	100
Potencia en el eje	[W]	715.29	715.89	709.14	100
Pot. teórica	[W]	993.93	993.93	993.93	100
η %	[]	71.97	72.03	71.35	100

Fuente: Elaboración propia

Deducción y análisis

Se puede observar en el cuadro, el resultado en promedio generado al realizar la simulación con una potencia de P. Teórica=993.93Watts, y lo concluido durante el análisis matemático es de P=993.82 Watts, esto nos muestra un error menor a 1%. Por lo tanto, la fuerza tangencia obtenida mediante la simulación es de 986.06N aproximadamente, mientras que la teórica calculada es de 1196.37, además la potencia en el eje obtenida mediante simulación DFC es de 713.12 Watts en comparación con la obtenida mediante calculo analítico la cual resulto ser de 699.74Watts, finalmente lo más resaltante de esto es la eficiencia obtenida, mediante la simulación se llegó a un 71.15% de eficiencia, mientras que los cálculos analíticos mostraron un 70% de eficiencia del sistema, esto indica que nuestro modelo, como mínimo tendrá en la aplicación real una generación de potencia de 699.74Watts.

ANEXO: Indicadores de matriz de operacionalización

	Eficiencia de la turbina	Inercia (Yc)
Área de contacto		
$A = 3/8 \times \pi \times R^2$	50%	$0.4951 \times R$

$A = 9/40 \times \pi \times R^2$	30%	$0.6907 \times R$
$A = 3/20 \times \pi \times R^2$	20%	$0.7544 \times R$
$A = 3/40 \times \pi \times R^2$	10%	$0.8471 \times R$

Energía consumida		
Caudal de entrada (L/s)		Potencia Generada
0.583		0.57
1.243		0.93
1.846		1.24
2.394		1.38
2.749		1.47
3.198		1.78
3.639		2.16
4.957		2.78
5.293		3.11
5.384		3.21
6.393		4.09
7.475		5.28
8.273		6.14
9.583		7.32
10		7.95

Angulo de inclinación			
ϕ	$\text{sen}\phi$		Potencia
15	0.2588		1125.74
16	0.2756		1198.89
17	0.2923		1271.68
18	0.309		1344.08
19	0.3255		1416.07
20	0.342		1487.63
21	0.3583		1558.73
22	0.3746		1629.37
23	0.3907		1699.5
24	0.4067		1769.12
25	0.4226		1838.19
26	0.4383		1906.71
27	0.4539		1974.65
28	0.4694		2041.99
29	0.4848		2108.7
30	0.5		2174.77

Parámetros	Simbología	Unidades
Caudal		
Salto		
Ángulo de inclinación		°
Número de hilos		
Densidad		
Gravedad		
Ángulo exterior del helicoides		°

Resultados calculados de los parámetros

Parámetros de salida	Valor	Unidades
Eficiencia teórica	0.70	unid
Diámetro del helicoides a partir de la eficiencia teórica (d3)	0.81	m
Diámetro del eje hueco (d2)	0.40	m
Longitud de la hélice (Le)	2.40	m
Longitud del eje hueco (Lh)	2.70	m
Avance (P)	1.51	m
Paso (Px)	1.51	m
Angulo Interior (β)	59.21	°
Area (A)	0.19231	m ²
Centroide (Yc)	0.20	m
Fuerza axial (Fx)	1425.78	N
Fuerza tangencial (Fz)	1196.37	N
Torque (T)	379.69	Nm
Velocidad angular (ω)	2.62	rad/s
Potencia teórica (Pot. teórica)	993.82	Watts
Potencia en el eje (Peje)	699.74	Watts
Potencia del sistema	622.41	Watts

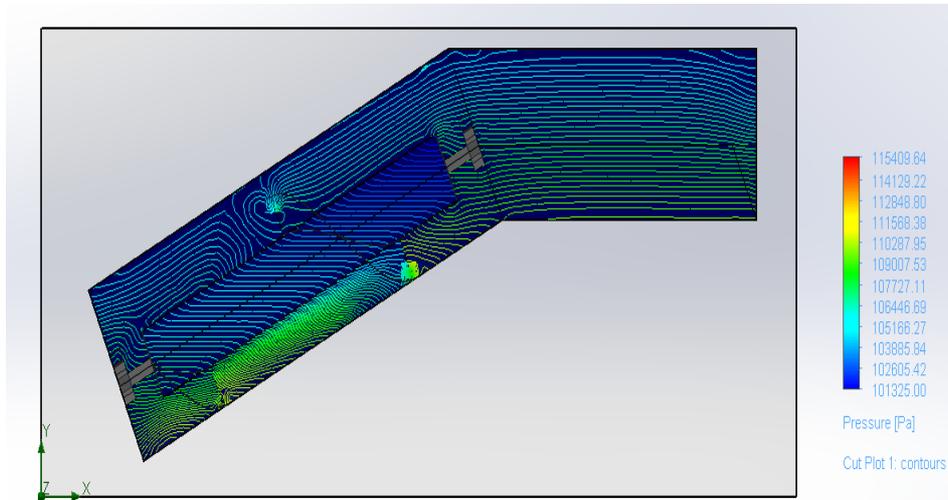


Figura 7: Campo de presiones

Como se puede observar es el resultado muestra una presión de **10325Pa** en la parte superior del tornillo de Arquímedes, el cual coincide con la condición de presión ambiental en la parte superior de nuestro equipo, ya que está expuesto al ambiente, es decir, presión atmosférica.

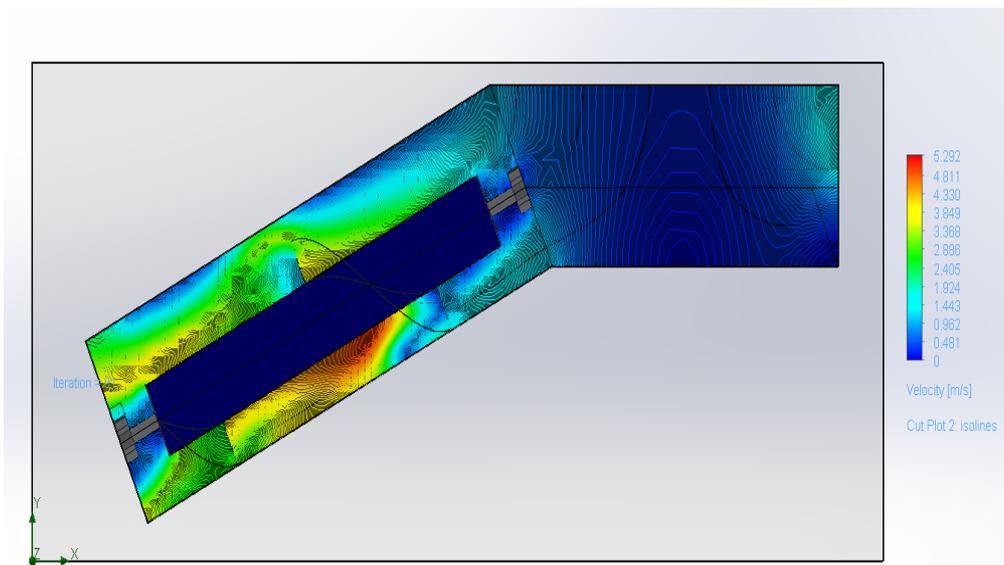


Figura 8: Campo de velocidades

Como se puede observar en la parte de la salida obtenemos una velocidad de **2.5m/s** aproximadamente en promedio, por otro lado, se obtiene una velocidad máxima dentro de la turbina con **5.292m/s**.

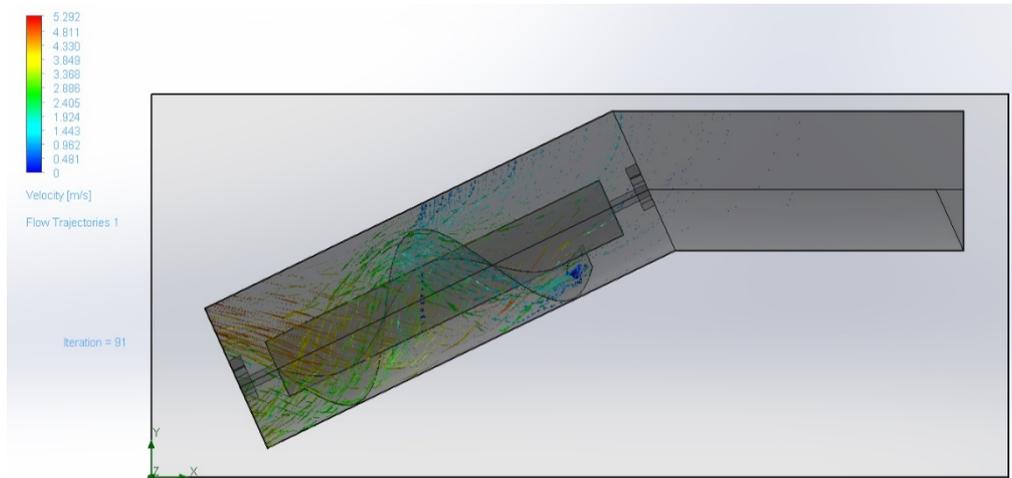


Figura 9: Trayectoria de flujos

En este apartado se muestra las posibles trayectorias del fluido al recorrer el tornillo de Arquímedes, en este caso agua con su respectiva velocidad, teniendo un máximo de 5.292m/s.

Se concluyó diseñar un hidrogenerador de bajo caudal en base al método de arquímedes, este planteamiento se realizó teniendo como criterios y parámetros de uso que el flujo hídrico ingresa hasta el 50% del área de la hélice. Obteniendo un resultado de eficiencia del 70%, la potencia útil del eje es de 700 watts, rotando a 262 RPM con cálculo de torque de 379.69Nm, obteniendo así una potencia del sistema de **622Watts**. Finalmente, para la validación se realizó un análisis CFD, en el cual se obtuvieron resultados muy cercanos a los obtenidos analíticamente, el error de los valores calculados esta entre 1% a 4%, con ello se garantiza la productividad del tornillo de Arquímedes en **0.6 kW** como mínimo.

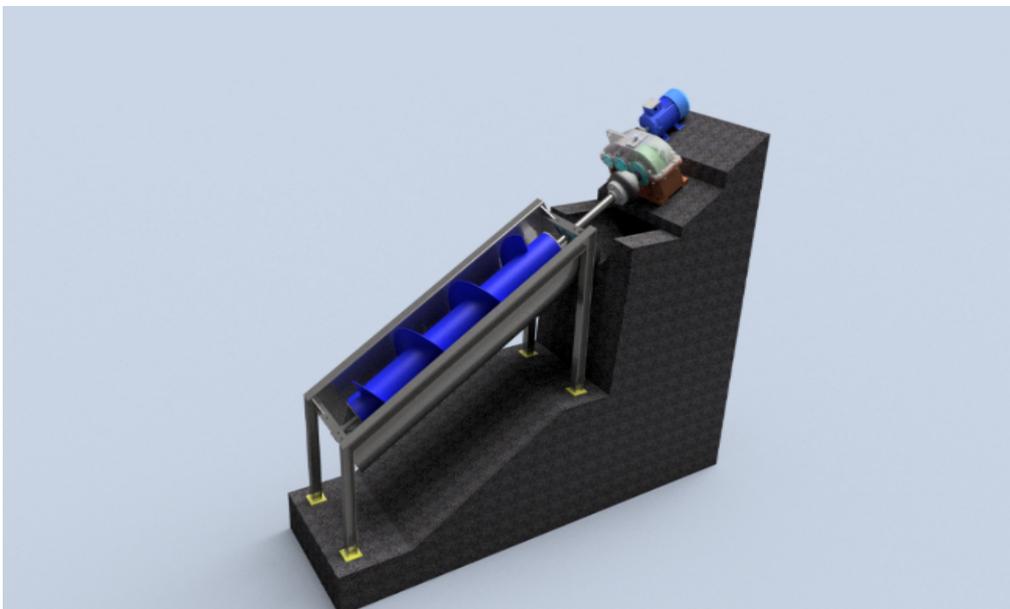


Figura 10: Diseño finalizado del hidro generador.

Por lo tanto, se realizará una selección de una batería de almacenamiento energético con la capacidad o la demanda eléctrica que requiere el fundo San Miguel para su iluminación.

Selección de batería para el almacenamiento de energía eléctrica.



Figura 11: Selección de batería

Mastervolt Batería Litio MLS 12/130

La serie MLS es la hermana menor de la MLI Ultra, para aplicaciones de menor capacidad en los que resulta crucial reducir el peso/ volumen y/o alargar el ciclo de vida. Está diseñado específicamente para que facilitar al máximo su instalación. La serie MLS incluye un conmutador de seguridad integrado, lo que permite ahorrar tiempo durante la instalación y puesta en marcha.

Funcionalidades:

- Modelo básico, ideal para introducirse en la tecnología de lones de Litio.
- Para aplicaciones pequeñas de hasta 90 Ah.
- Sustitución inmediata de las baterías de plomo-ácido.
- Ahorra hasta un 70 % en espacio y peso.
- El triple de duración que las baterías tradicionales.
- Alta eficiencia de ciclo.
- Carga rápida de hasta una hora.
- Alta velocidad de descarga de hasta 1C.

- Sistema de Gestión de Baterías (BMS) integrado.

Especificaciones generales:

- Tensión nominal de la batería: 12 V
- Tensión sin carga, completamente cargado: 12,8 V
- Capacidad nominal de la batería: 10 Ah
- Capacidad energética nominal de la batería: 128 Wh
- Ciclo de vida: ~2000 a 80 % DoD
- Corriente máx. de carga: 10 A (1 C)
- Corriente de descarga continua: 10 A (1 C)
- Max. intensidad de corriente de descarga corta: 25 A durante 30 seg. (2,5 C)
- Intensidad de corriente de descarga máxima: 48 A durante 2 seg. (4,8 C)
- Terminales de la batería: M5
- Posición de montaje: en posición vertical u horizontal
- Dimensiones máx. exterior, laxanxal (incl. terminales/asas): 151 x 65 x 102 mm
- 5,9 x 2,6 x 4,0 pulgadas
- Peso: 1,5 kg, 3,3 libras

Demanda energética del fundo San Miguel-Balsapuerto.

Para ello el gobierno peruano mediante la Ley N° 27345 que declara de interés nacional la Promoción del Uso Eficiente de la Energía y la Política Energética Nacional de largo plazo (2010 – 2040) con el propósito de asegurar el suministro de energía, proteger al consumidor, fomentar la competitividad de la economía nacional y reducir el impacto ambiental negativo del uso y consumo de los energéticos.

A su vez se establece que, el Instituto Nacional de Defensa de la Competitividad y la Propiedad Intelectual (INDECOPI) elabore y apruebe los lineamientos del Etiquetado de Eficiencia Energética (EEE) y fiscalice su cumplimiento en equipos consumidores de energía. Asimismo, mediante decreto supremo N° 026-2010-EM (2010), se crea la Dirección General de Eficiencia Energética (DGEE), encargada de promover la Ley uso Racional de la Energía en concordancia con la Política Energética Nacional 2010- 2040, fomentando la eficiencia energética y el desarrollo de las energías renovables a

nivel nacional. (Minem., 2010)

Tabla 8: *Tipo de vivienda*

Tipo de Vivienda	Casa Independiente
	Departamento en edificio
	Vivienda en quinta
	Vivienda en la vecindad (Callejón, solar o corralón)
	Choza o cabaña (zona rural)
	Vivienda improvisada
	Local no destinado para habitación Humana

Fuente: (Inei., 2021)

Para realizar una posible caracterización de los ambientes en los que está distribuida una vivienda, es necesario identificar los posibles ambientes que podría tener en su interior.

Evaluación de línea energética

Los registros obtenidos en la campaña de mediciones proporcionarán la información que deberá ser evaluada, validada y analizada, afín de verificar la consistencia de datos y descartar los datos no reales. Y servirá para obtener lo siguiente:

- El rendimiento y consumo real de los equipos generadores o consumidores de energía eléctrica o térmica por usos y sectores.
- El rango de eficiencia energética de los equipos o sistemas principales.
- La calidad de energía y su aplicación para la seguridad y confort de las personas (iluminación, ventilación, etc.) y las deficiencias en las instalaciones eléctricas del edificio (seguridad eléctrica).
- La calidad de energía térmica en cuanto al uso, seguridad y confort del personal y las deficiencias en las instalaciones que comprometan la seguridad de las personas.
- Identificación de malos hábitos de consumo.

El fundo San Miguel cuenta con 3 viviendas, que tienen 4 ambientes por

vivienda. Contando con un total de 18 focos led de 8 Watts distribuidos en los 4 ambientes y el frontis de la vivienda, así también cuentan con 03 televisores de 32" y 03 laptop.

Requerimiento energético del Fundo calculando los artefactos

Tabla 099: *Consumo energético global*

Artefactos Eléctricos	Cant.	Potencia Nominal	Potencia Nominal Tot.	Horas Promedio de uso Diario.	Energía consumida por Artefacto al mes	Costo Mensual
	Und.	Watts (W)	Watts (W)	Horas/día	kWh	S/.
Televisor 32"	1	70	70	12	25.20	15.62
Foco Led	6	8	48	12	17.28	10.71
Laptop	1	50	50	12	18.00	11.16
Consumo Total			168		60.48	37.50

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La tabla comprende el consumo energético por ambiente teniendo 168 Watts, ello se deduce a la conversión durante 12 horas con un total de 60.48 kWh, y el costo mensual por vivienda es de S/. 37.49.

Teniendo como un costo general por las tres viviendas un total de S/. 112.47, así mismo, la generación energética en el fundo se simplifica en la eficiencia que el hidro generador emite para la sustentabilidad energética del fundo San Miguel. El kwh en Perú esta S/. 0.62, este dato es referencial para el uso que la vivienda haga en consecuencia a sus actividades diarias.

Consumo Total del fundo San Miguel	168 W x 3 Viviendas	0.5 kW
Potencia Generada por el Hidrogenerador		0.6 kW

En la tabla se comprende que la potencia del hidrogenerador es 0.6 kW y la potencia demanda por las 3 viviendas es 0.5 kW, con esto se sustenta que el mecanismo cumple con el requerimiento energético que el fundo San Miguel necesita para la iluminación y una sostenibilidad socio cultural mediante la utilización de recursos renovables en este caso con el aprovechamiento de la fuerza hídrica (Caudal).

Selección de la caja multiplicadora

Se consta de una velocidad de salida del tornillo es de 262rpm, para que la turbina y el generador trabajen de forma sincronizada se tiene que tener constancia de un acople directo con forma coaxial, en este caso se utilizó una

caja multiplicadora Rogimar de serie 50000 de modelo STM, con disposición de ejes con encastre en la chaveta y de forma paralela con relación de 1:4, este valor está sujeto al hidro generador para la sustentabilidad energética.

Tabla 10: *Multiplicador (Datos de entrada y salida)*

Nombre	Unidad	Variable	Valor
Relación de multiplicación	-	I	4
Velocidad diseño	Rpm	N ⁰	115.22
Velocidad de ingreso	Rpm	N ¹	120
Velocidad de salida	Rpm	N ²	480

Fuente: Elaboración propia

Selección del generador

Se tiene la velocidad de giro de 480 rpm del eje multiplicador, seleccionando el generador que trabaje a esa velocidad, el generador escogido es el Ginlong modelo GL-PMG-500A que contiene las siguientes condiciones de uso y normativa.

Tabla 10: *Características del motor propuesto*

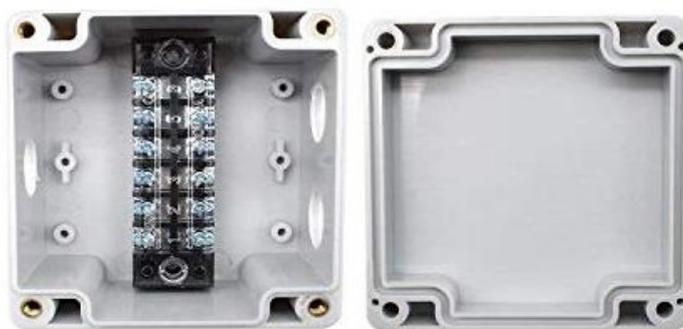
Potencia de salida	Velocidad de carga	Modelo	Vida útil	Eficiencia	Frecuencia	Peso
500W	450rpm	GL-PMG.500A	20 años	0.9	50/60 Hz	14.4 kg

Fuente: Elaboración propia

Al contar con una potencia de salida en el multiplicador e inducirlo al generador Ginlong se tendrá una potencia en base a su salida y eficiencia una magnitud de 383.14W.

Conexionado del generador monofásico con acometida y conexionado eléctrico enbaja tensión para el fundo San Miguel.

El generador monofásico GinLong PMG 500A generará una salida que será conectada a la caja impermeable para su conexión, Meersee 2/3 Polos IP67 y hacia el extremo en paralelo de la caja se alimentará el conductor set de



Cu. 2x4 mm².

Figura 12: Caja impermeable para conexionado

Luego el conductor set de Cu. 2x4 mm² será canalizado hacia el fondo de manera subterránea, este será instalado manteniendo las condiciones de impermeabilidad para que no exista deterioro del conductor por anomalías, humedad, o animales, además el contara con una protección de PVC SAP de 3/4" hasta llegar al murete donde será empotrado, el conductor seguirá su línea hasta la caja porta medidor usando la misma tubería en una distancia referencial de 1.6m, dentro de ello se conectará el cable alimentador con el medidor monofásico electrónico de energía activa de 10-30 A, para finalizar, se conecta al interruptor termo magnético 2X10A, con un conductor tipo TW 4 mm².

Y a la salida de este interruptor termo magnético es instalado en la acometida de la vivienda que alimentará al tablero de distribución al interno.

Se procedió a realizar el presupuesto general de lo requerido para el armado del hidro generador de bajo caudal para sustentar la deficiencia energética en el fundo San Miguel, dichos materiales están sujetos al precio actual, así mismo; los ítems están sujetos al despiece realizado en el software SolidWorks, con sus dimensiones y capacidades correspondientes.

ANEXO: Material o consumibles para instalación eléctrica

Tabla 12: *Costes de materiales*

Ítem	Cantidad	Unidades	Componente	Precio Total
Componentes fabricados				
1	1.5	m	Artesa	S/ 180.00

	2	m	Acople flexible	S/.70.00
3	1.7	m	Tubo	S/ 90.00
4	0.94	m ₂	Hélices	S/. 95.00
5	0.5	m	Base	S/. 60.00
6	2	m	Soporte de chumacera	S/.300.00
Componentes comprados				
7	2	-	Chumaceras SKF-SYJ 100	S/ 300.00
8	1	-	Caja multiplicadora Rogimar Modelo STM 50000	S/. 850.00
9	1	-	Generador Modelo GinLong (12V)	S/. 650.00
10	1	-	Inversor modular que en arreglo trifasico permite voltajes de 400 Vac.	S/. 300.00
Costo total				S/. 2895.00

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, se propuso el número de personas que van a realizar la implementación de la turbina teniendo en cuenta planos de diseño, el tiempo que éste demanda es de 10 días de lunes a viernes de 8am a 17pm (9hr).

Tabla 11: *Costo de instalación y mano de obra*

Personas	Asignación	EPP	ESSALUD	AFP/ONP	Sueldo al mes
Operario	S/.150.00	S/.250.00	S/. 135.00	S/. 150.00	S/.1 215.00
Ayudante	S/. 100.00	S/.70.00	S/. 80.00	S/.100.00	S/.800.00
Costo					S/. 2015.00

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se resume teniendo referencia la tabla mostrada que durante los 10 días trabajados costara un monto de S/. 820.00 por los 10 días trabajados tanto el operario como el ayudante.

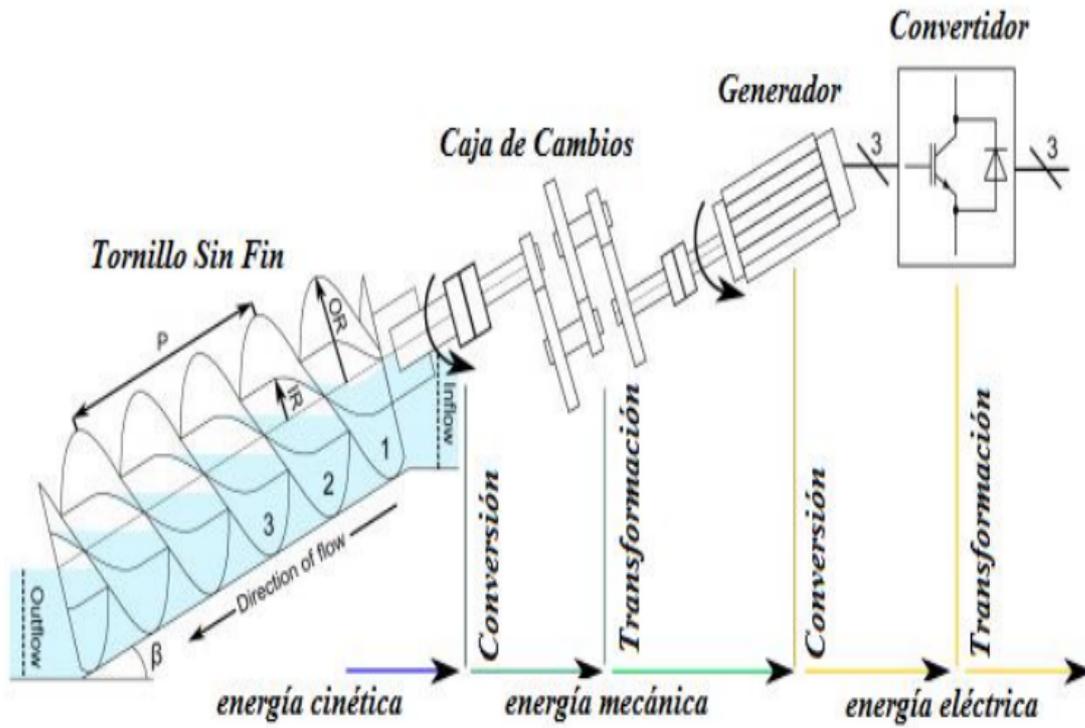
Tabla 12: *Presupuesto de conexión eléctrica en el fundo San Miguel*

MATERIAL PARA CONEXIÓN A VIVIENDA				
Ítem	Descripción	Unid.	Cantidad	Parcial S/.
1	CONDUCTOR DE Cu 2X4 MM ²	m	25.00	164.50
2	CAJA DE METAL PORTA MEDIDOR DE F°G° DE 350 X 150 X 185 MM	unid	1.00	33.50
3	CURVA DE PVC DE 3/4"	unid	2.00	3.50
4	MURETE DE 0.30X0.25X2.40	unid	1.00	137.50
5	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 2X10A, 220V	unid	1.00	15.50
6	MEDIDOR MONOF. ELECTRONICO- ENERGIA ACTIVA, 220V 10-30 A.	unid	1.00	65.50
7	CURVA DE PVC DE 1/2"	unid	2.00	5.00
8	T. DE PVC SEL 1/2"	unid	1.00	10.50

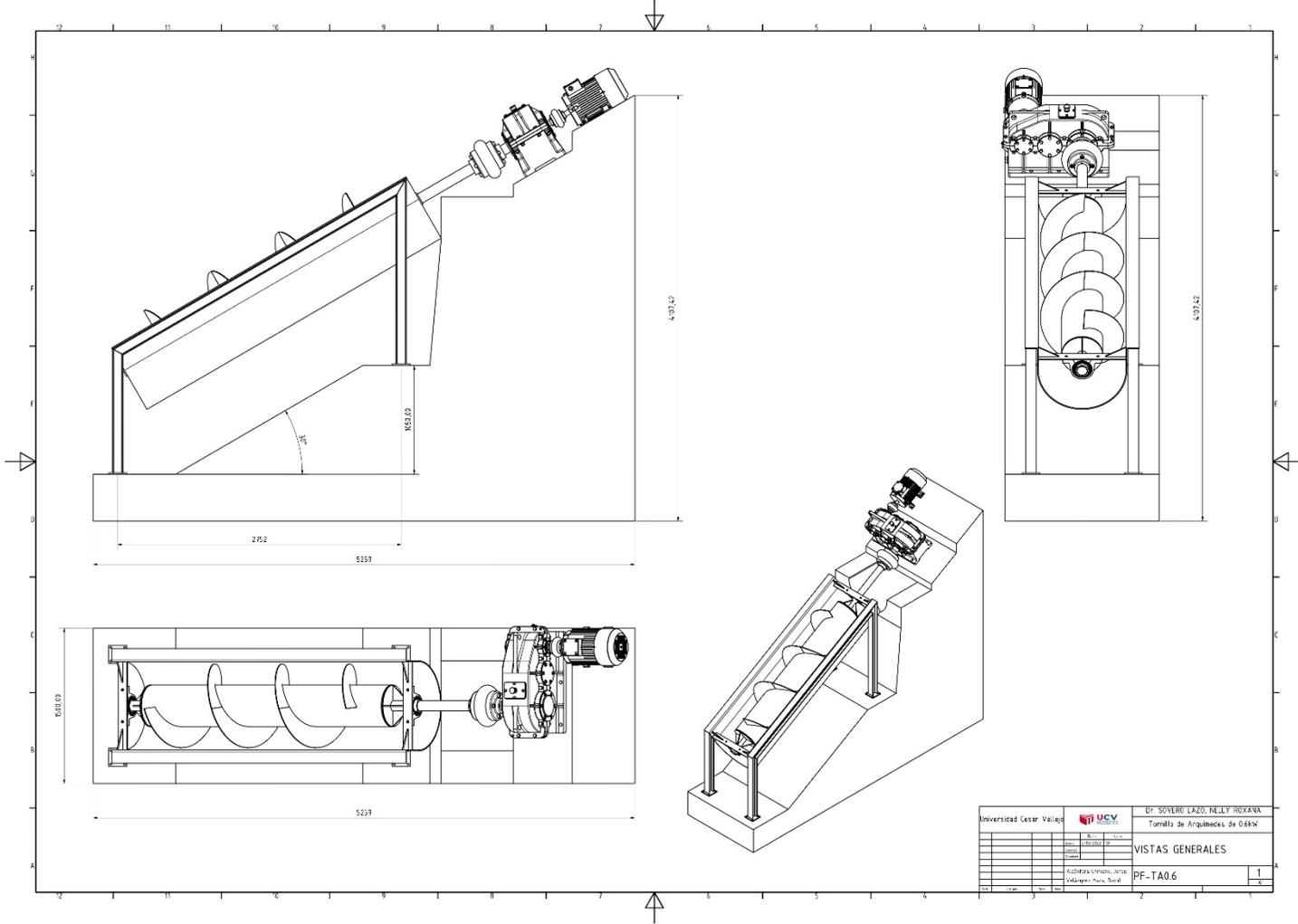
9	TABLERO DE DISTRIBUCIÓN PVC ADOSABLE 6 POLOS	unid	1.00	40.00
10	INTERRUPTOR PARA ALUMBRADO 2X10A, 220 V	unid	1.00	15.00
11	INTERRUPTOR TOMACORRIENTE 2X10A, 220 V	unid	1.00	19.00
12	INTERRUPTOR DIFERENCIAL 2X10 A, 220V	unid	1.00	18.00
13	TUBO DE PVC ¾"	unid	8.00	22.50
14	CAJA PARA CONEXIONADO MEERSEE 2/3 POLOS IP67	unid	1.00	35.00
COMPONENTES DESDE EL GENERADOR HIDROELECTRICO HASTA LA LLAVE DE DISTRIBUCIÓN A LAS VIVIENDAS				
15	Mastervolt Batería Litio MLS 12/130	unid	2	S/. 1660.00
	TOTAL			S/. 2228.50

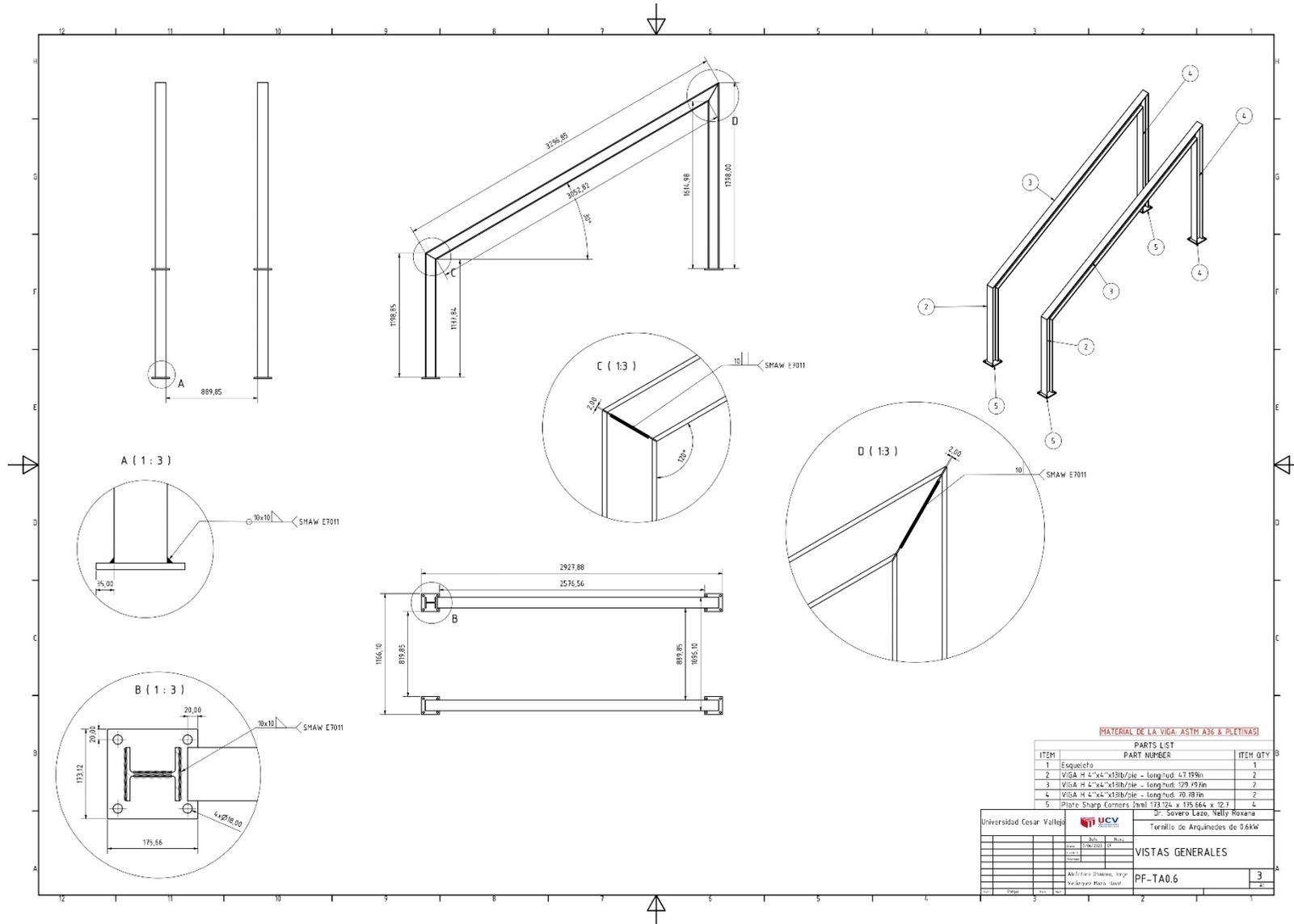
Fuente: Elaboración propia

ANEXO 04: Efecto de inclinación en el transporte a forma de gravedad



Anexo: los planos de fabricación de todo el sistema del tornillo de Arquímedes.

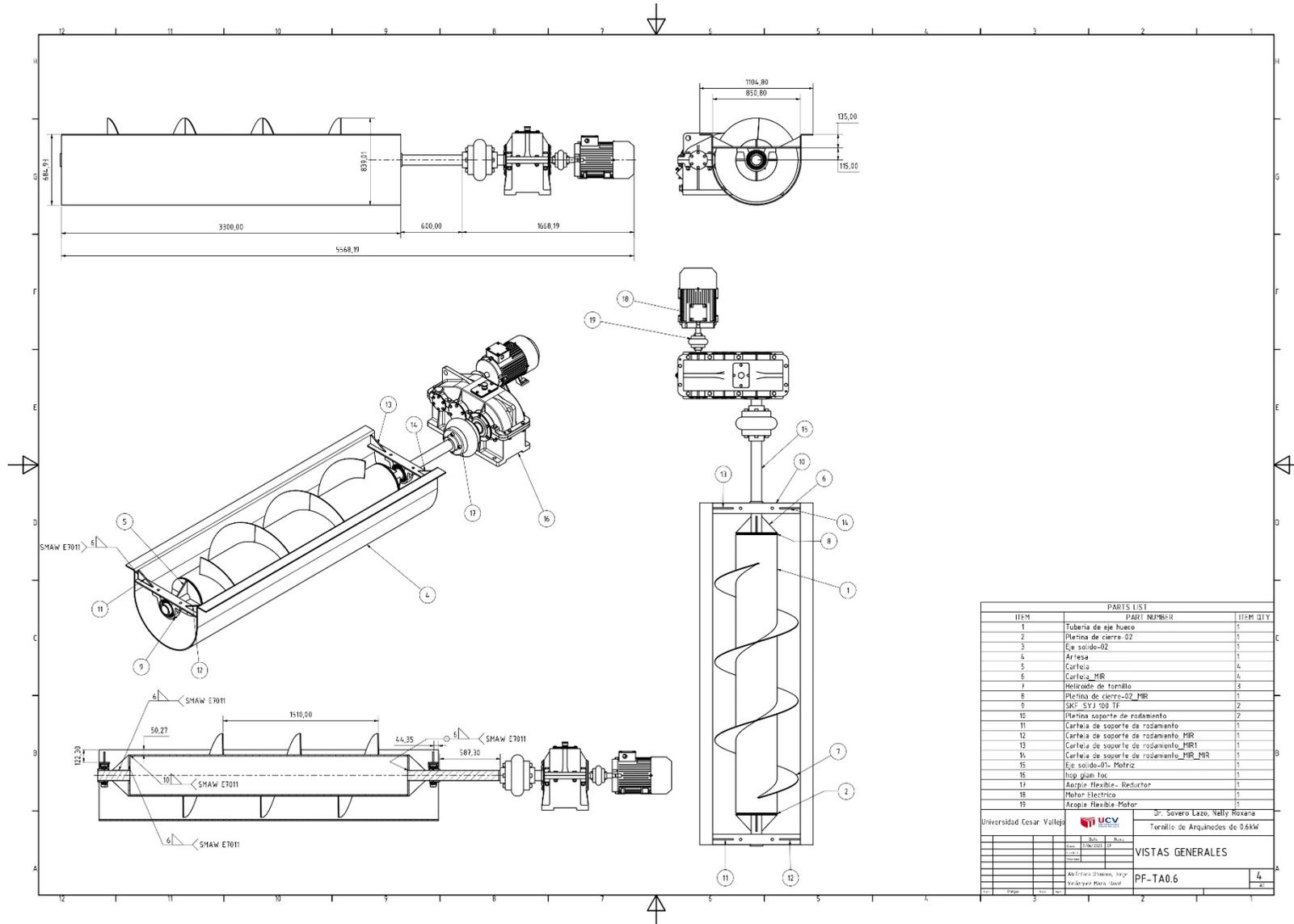




MATERIAL DE LA VIGA: ASTM A36 & PLETNAS

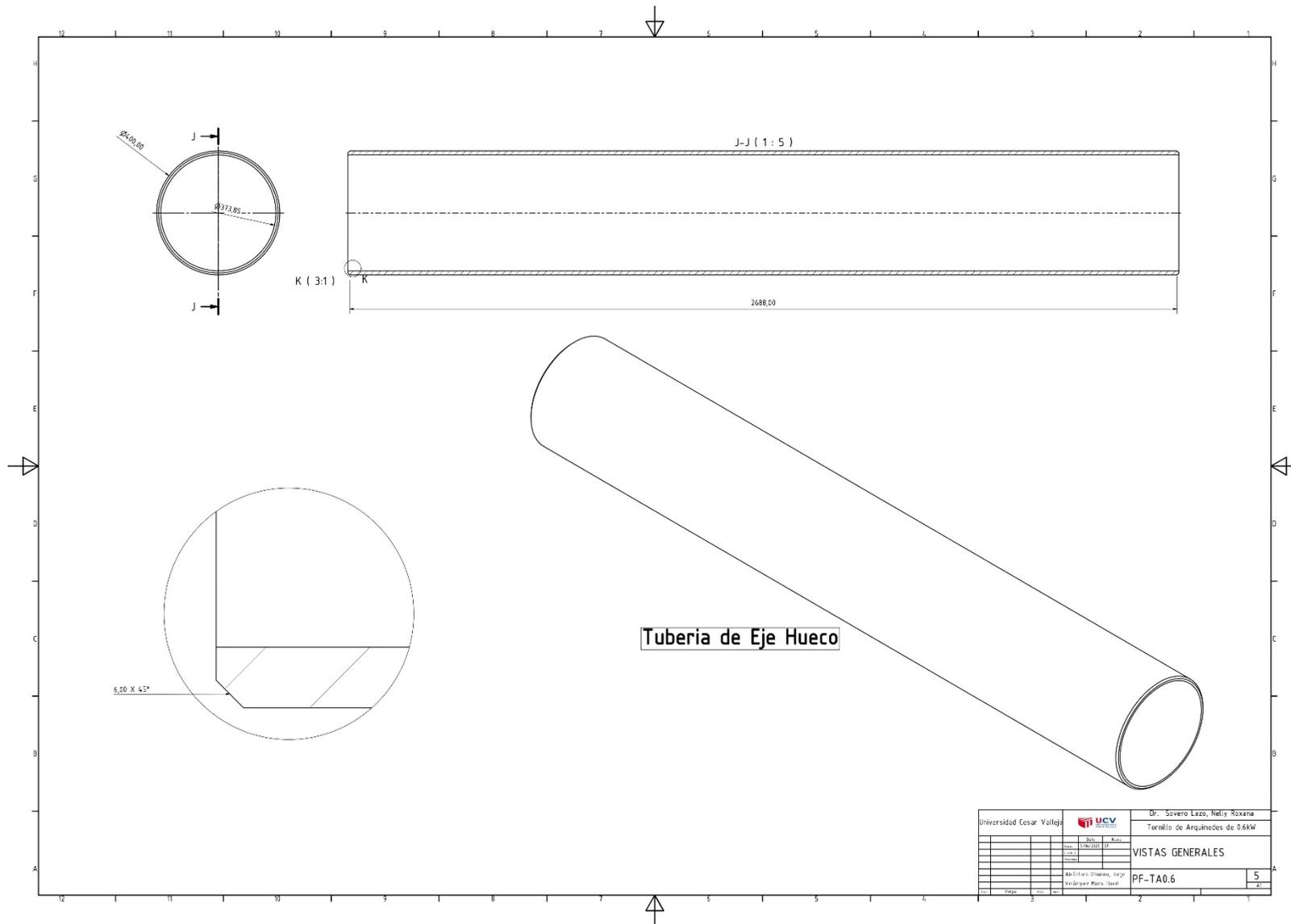
PARTS LIST		
ITEM	PART NUMBER	ITEM QTY
1	Esqueleto	1
2	VIGA H 4"x4"x13lb/ste - long'ud. 4.7 199in	2
3	VIGA H 4"x4"x13lb/ste - long'ud. 129 497in	2
4	VIGA H 4"x4"x13lb/ste - long'ud. 70 187in	2
5	Plate Sharp Corners Inml 173 124 x 175 664 x 12 7	4

Universidad Cesar Vallejo		Torilillo de Arqueólogos de 0.6kW
		Dr. Severo Lazo, Nelly Roxana
VISTAS GENERALES		
		PF-TA0.6
		3
		2



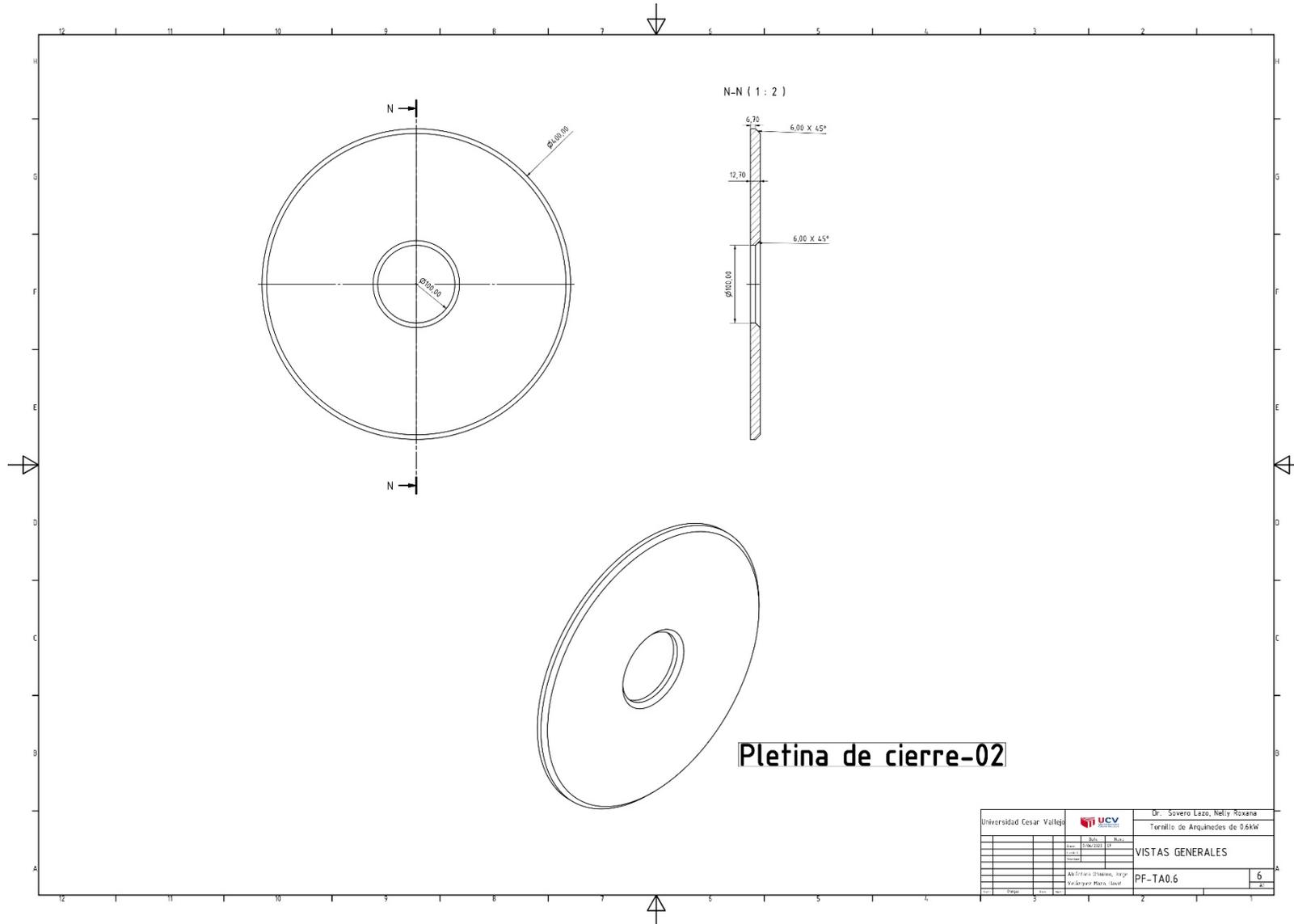
PARTS LIST		
ITEM	PART NUMBER	ITEM QTY
1	Tubería de eje hueco	1
2	Platina de cierre Ø2	1
3	Eje sólido-Ø2	1
4	Artesa	1
5	Carleia	4
6	Carleia_MIR	4
7	Helicoides de tornillo	3
8	Platina de cierre-Ø2_MIR	1
9	SKF SYJ 100 TF	2
10	Platina soporte de rodamiento	2
11	Carleia de soporte de rodamiento	1
12	Carleia de soporte de rodamiento_MIR	1
13	Carleia de soporte de rodamiento_MIR1	1
14	Carleia de soporte de rodamiento_MIR_MIR	1
15	Eje sólido-Ø1- Motriz	1
16	Imp. Ø40x100	1
17	Acople Flexible- Reductor	1
18	Motor Electrico	1
19	Acople Flexible Motor	1

Universidad Cesar Vallejo Dr. Severo Lazo, Nelly Roxana
 Torralba de Arquitectos de 0.6kW
 06/06/2022 11:00
VISTAS GENERALES
 Al: Arturo Obando, Jorge
 PF-TA0.6 4
 2



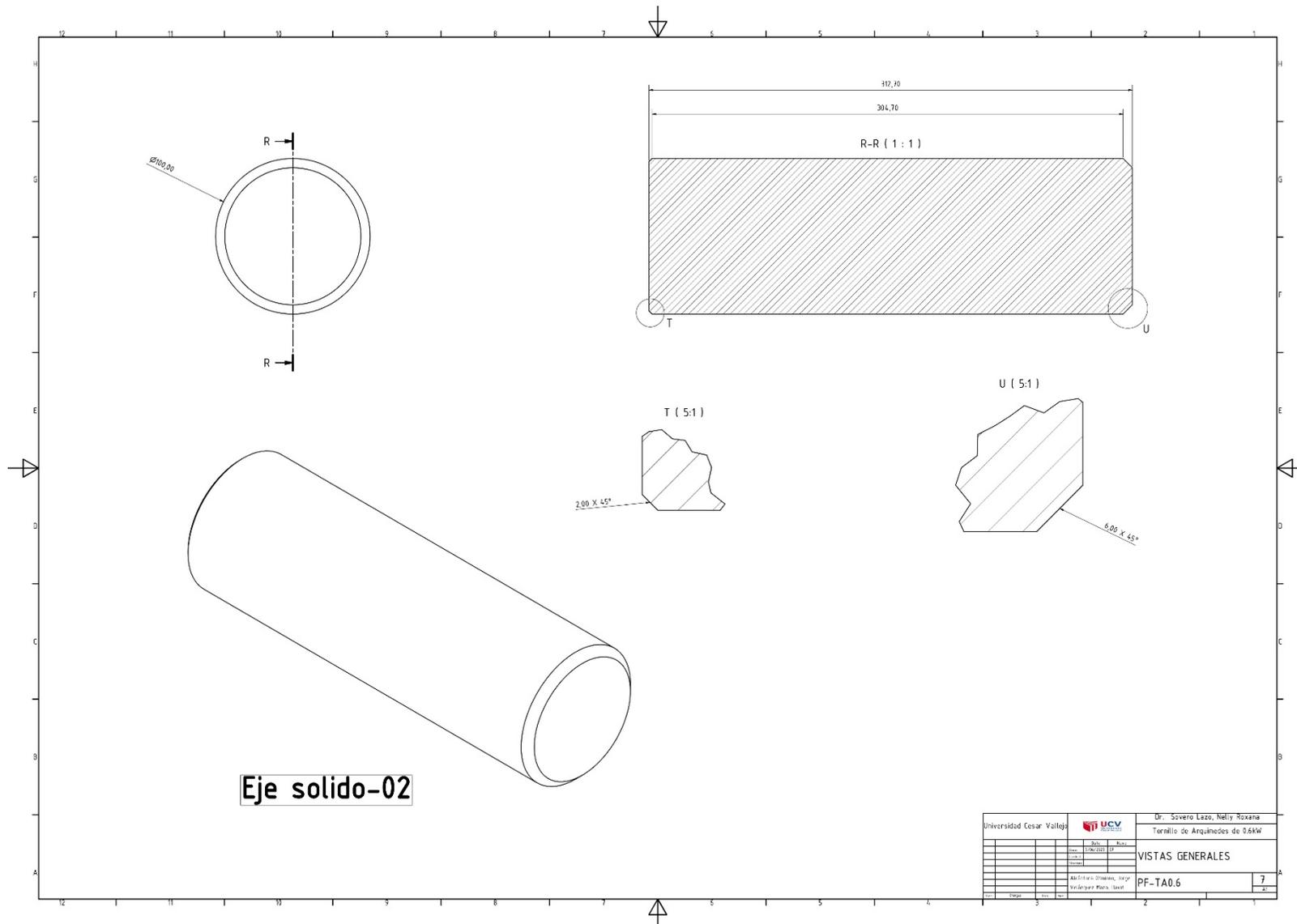
Tubería de Eje Hueco

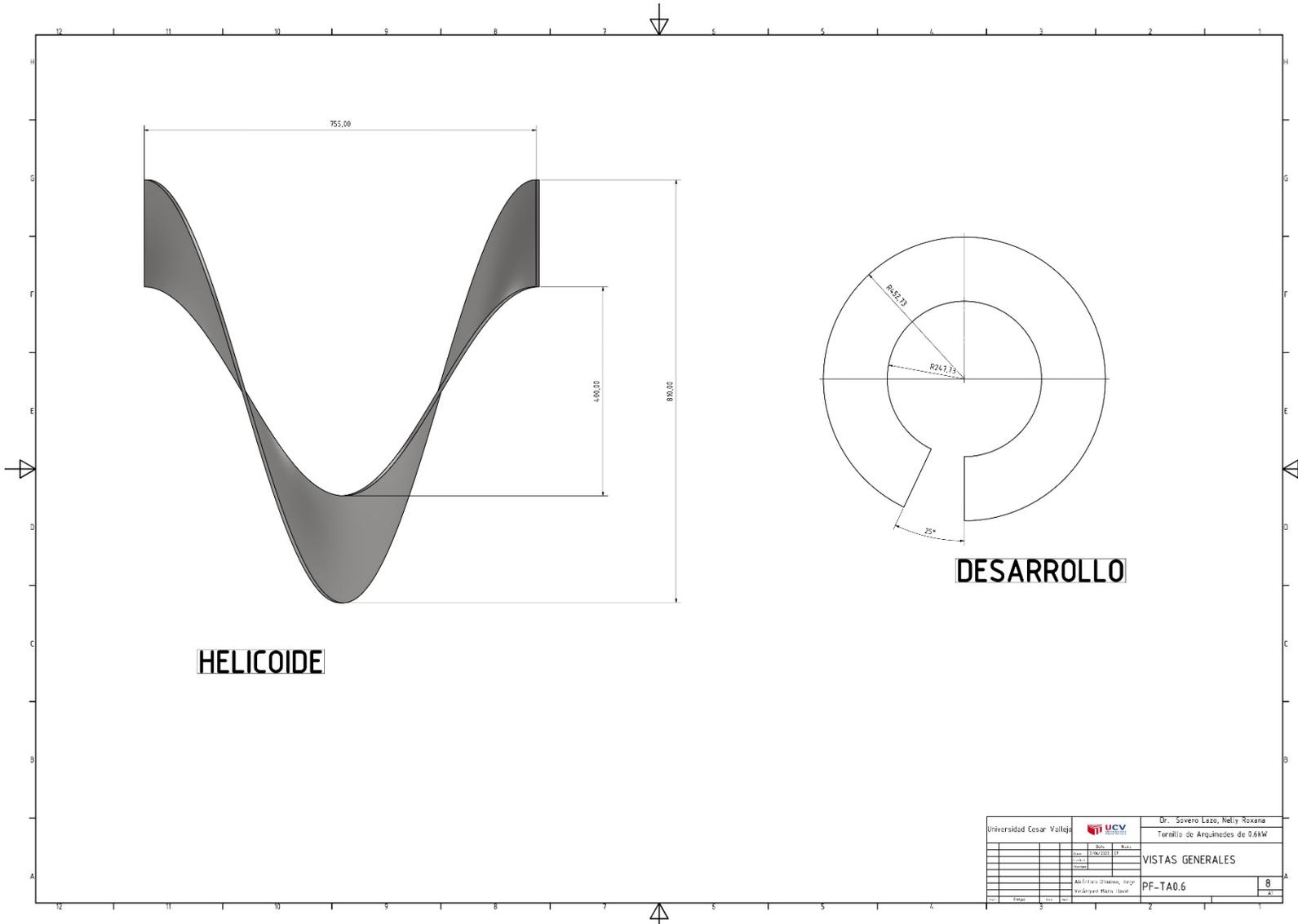
Universidad Cesar Vallejo		 UCV Universidad Cesar Vallejo		Dr. Severo Lazo, Nelly Roxana	
				Tornillo de Arquimedes de 0.6kW	
				VISTAS GENERALES	
				PF-TA0.6	
				5	
				2	



Pletina de cierre-02

Universidad Cesar Vallejo				Dr. Silverio Lazo, Nelly Roxana	
				Tornillo de Arquimedes de 0.6kW	
				VISTAS GENERALES	
				PF-TA0.6	
				6	
				2	

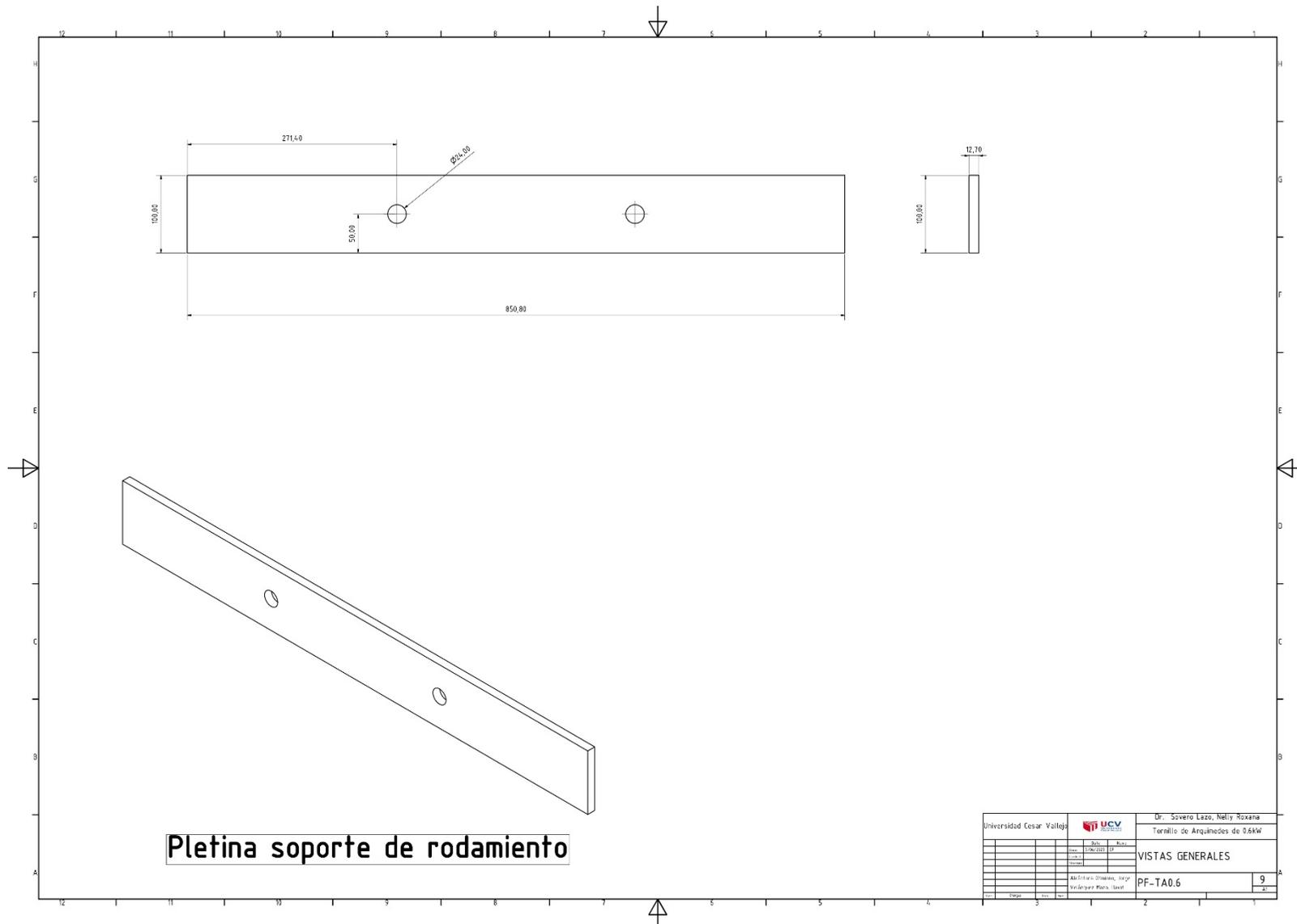




HELICOIDE

DESARROLLO

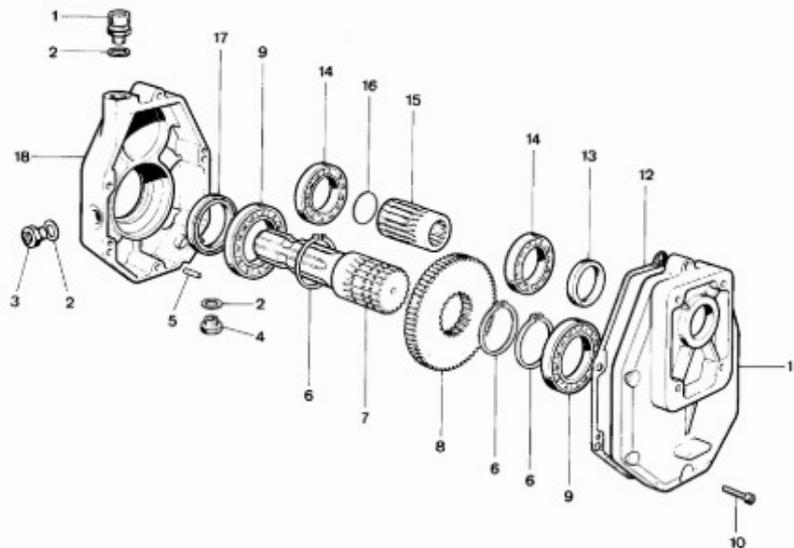
Universidad Cesar Vallejo				Dr. Severo Lazo, Nelly Roxana	
				Territorio de Arquitectos de 0.6KW	
				VISTAS GENERALES	
				PF-TA0.6	
				8	
				2	



Pletina soporte de rodamiento

Universidad Cesar Vallejo		 UCV Universidad Cesar Vallejo		Dr. Silvero Lazo, Nelly Roxana	
				Tornillo de Arquimedes de 0.6kW	
				VISTAS GENERALES	
				PF-TA0.6	
				9	
				2	

SERIE 50000



STM- (SERIE 50000)
Para Bombas del GR I

NOTA.-Para solicitar cualquier pieza de repuesto de la caja indicar el N° indicativo de la misma

Anexo: Generador Ginlong



500w (GL-PMG-500A)

Min. Order: 1 Piece

Production Capacity: 3,000 PCS/Month

Transport Package: Packing Suitable for International Shipping

Payment Terms: L/C, T/T

Ningbo Ginlong Technologies
Co., Ltd.

Zhejiang, China

Model NO.	GL-PMG-500A
Trademark	Ginlong
Origin	China

Output Power: 500w	Rated Rpm: 450
Specification	0.5kw
HS Code	8503003000