

# Optimization of solid waste collection system in the tambo river impoverished by hydraulis energies

Gonzalo A.Vargas -Sosa<sup>1</sup>, Erick V. Salcedo- Caira<sup>2</sup>, Jhordam D. Olanda -Bravo<sup>3</sup>,  
Arturo G.Velasquez -Cruz<sup>4</sup>, Aissa O. Muñoz -Zuñiga<sup>5</sup>.

<sup>1,2,3,4,5</sup> Universidad Tecnológica del Perú, Perú, <sup>1</sup>U17213166@utp.edu.pe, <sup>2</sup>U20307754@utp.edu.pe, <sup>3</sup> U21229168@utp.edu.pe,  
<sup>4</sup>c25661@utp.edu.pe, <sup>5</sup>c24762@utp.edu.pe

**Abstract—** *The aim of this project is to develop a modular system for the collection and disposal of solid waste in the Tambo River, based on a comprehensive redesign of the collection machine. This system will utilize a waterwheel powered by the river's current to generate the required energy, eliminating the reliance on solar panels. The proposal includes floating barriers to capture debris and automatic mechanisms to transport it via a conveyor belt. The redesign seeks to optimize operational efficiency and extend the equipment's lifespan, contributing to the conservation of the fluvial ecosystem and aligning with the Sustainable Development Goal of "Clean Water and Sanitation".*

**Keywords--** *Hydraulic energy, Tambo River, waterwheel, waste management, machinery redesign*

# Optimización de sistema de recolección de residuos sólidos en el Río Tambo empobrecido por Energía Hidráulica

Gonzalo A. Vargas -Sosa<sup>1</sup>, Erick V. Salcedo- Caira<sup>2</sup>, Jhordam D. Olanda -Bravo<sup>3</sup>,

Arturo G. Velasquez -Cruz<sup>4</sup>, Aissa O. Muñoz -Zuñiga<sup>5</sup>.

<sup>1,2,3,4,5</sup> Universidad Tecnológica del Perú, Perú, <sup>1</sup>U17213166@utp.edu.pe, <sup>2</sup>U20307754@utp.edu.pe, <sup>3</sup> U21229168@utp.edu.pe, <sup>4</sup>c25661@utp.edu.pe, <sup>5</sup>c24762@utp.edu.pe

**Resumen**—El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un sistema modular para la recolección y disposición de residuos sólidos en el río Tambo, basado en un rediseño integral de la máquina recolectora. Este sistema utilizará una rueda hidráulica impulsada por la corriente del río para generar la energía necesaria, eliminando la dependencia de paneles solares. La propuesta incluye barreras flotantes para capturar los desechos y mecanismos automáticos para su transporte mediante una faja. El rediseño busca optimizar la eficiencia operativa y prolongar la vida útil del equipo, contribuyendo a la conservación del ecosistema fluvial y alineándose con el Objetivo de Desarrollo Sostenible de "Agua limpia y saneamiento".

**Palabras clave**—Energía hidráulica, rueda hidráulica, gestión de residuos, rediseño de maquinaria, sistema modular.

## I. INTRODUCCIÓN

El acelerado crecimiento demográfico, la expansión desordenada de las zonas urbanas y el uso indiscriminado de productos desechables han intensificado la problemática ambiental en los cuerpos de agua, donde los desechos generados son en su mayoría arrojados a los ríos, sin medida alguna, desembocando finalmente en nuestros mares [1]. El río Tambo, uno de los cuerpos de agua más relevantes en la región de Arequipa, no escapa a esta realidad y presenta niveles alarmantes de contaminación por residuos flotantes.

Ante la creciente contaminación por residuos flotantes en los ríos, se han explorado diversas soluciones para mitigar esta problemática. Destacan propuestas como prototipos automatizados con cintas transportadoras y barreras flotantes, efectivas para retener desechos sólidos [2]. Sin embargo, su eficiencia suele depender de factores externos como el caudal del río o la acumulación de residuos, lo que limita su operatividad y requiere mantenimiento constante [3].

Frente a estas limitaciones, este proyecto propone una solución autosostenible basada en el uso de una rueda hidráulica que aprovecha la corriente del río para generar energía mecánica. Mediante un sistema de transmisión por poleas, esta energía se utilizará para accionar una faja transportadora encargada de recolectar los residuos flotantes. A diferencia de sistemas solares —afectados por la inestabilidad climática de regiones como Arequipa—, esta propuesta permite un funcionamiento continuo las 24 horas del día, con bajos requerimientos de mantenimiento y sin depender de condiciones externas.

## II. METODOLOGÍA

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño y evaluación de un sistema modular para la recolección y disposición de residuos sólidos en el río Tambo, basado en un rediseño de una máquina recolectora que utilizará la energía generada por una rueda hidráulica impulsada por la corriente del río.

### A. Problemática

La principal problemática identificada es la acumulación de residuos sólidos en el río Tambo, lo que impacta negativamente la calidad del agua y el ecosistema circundante. Esta situación se ve agravada por la falta de infraestructura adecuada para la recolección y disposición de desechos, generando un impacto ambiental significativo y dificultando la implementación de soluciones sostenibles en la región.

### B. Hipótesis

Una solución viable al problema es rediseñar la máquina recolectora para aprovechar la energía hidráulica del río Tambo como fuente principal de energía. Este rediseño eliminaría la dependencia de fuentes externas, como paneles solares, y optimizaría la recolección de residuos mediante un sistema automatizado que combine una rueda hidráulica y una faja transportadora. Este enfoque no solo incrementará la eficiencia operativa, sino que también reducirá el impacto ambiental y los costos asociados al mantenimiento, mejorando la limpieza del río de manera sostenible.

### C. Objetivo general

Diseñar y optimizar un sistema eficiente y sostenible para la recolección y disposición de residuos sólidos en el río Tambo, empleando una rueda hidráulica como fuente de energía. Donde, el objetivo principal es implementar un rediseño que incremente la eficiencia operativa, minimice los costos de mantenimiento y contribuya a la conservación ambiental mediante el aprovechamiento de la energía cinética del río [4].

#### C.1 Objetivos específicos:

- Rediseñar la máquina recolectora para mejorar su eficiencia y adaptarla al uso de una rueda hidráulica.
- Seleccionar materiales resistentes a la corrosión y al desgaste, adecuados para las condiciones del río Tambo.
- Incorporar mecanismos automáticos, como una faja transportadora, para facilitar el transporte de residuos sólidos.

- Probar el rendimiento del sistema en términos de durabilidad, eficiencia energética y capacidad de recolección

**C.2 Entregables principales:**

- Informe técnico: Documentación del diseño rediseñado, incluyendo especificaciones de la rueda hidráulica y los materiales seleccionados.

- Resultados de pruebas: Análisis detallado del rendimiento del nuevo diseño.

**D. Descripción del proyecto seleccionado**

El proyecto se centra en el rediseño de un sistema de recolección de residuos sólidos para el río Tambo, utilizando energía renovable como fuente primaria. A diferencia del diseño original que empleaba paneles solares, este rediseño utiliza una rueda hidráulica capaz de generar suficientes RPM para accionar un motor y producir hasta 5 kW de potencia (Ver Fig. 1). Esta energía se utilizará para mover una faja transportadora inclinada que facilitará el transporte de los residuos capturados hacia un área de disposición.

El objetivo es mejorar la eficiencia en la recolección de desechos flotantes mediante el uso de un sistema autónomo y sostenible, que aproveche los recursos hídricos del río Tambo. Este enfoque permitirá un funcionamiento continuo incluso en condiciones de baja disponibilidad de luz solar, maximizando el rendimiento del sistema en entornos fluviales. El proyecto busca ofrecer una solución innovadora para mitigar la contaminación en el río, promoviendo un impacto positivo en el medio ambiente local y contribuyendo al saneamiento y conservación de los ecosistemas acuáticos.

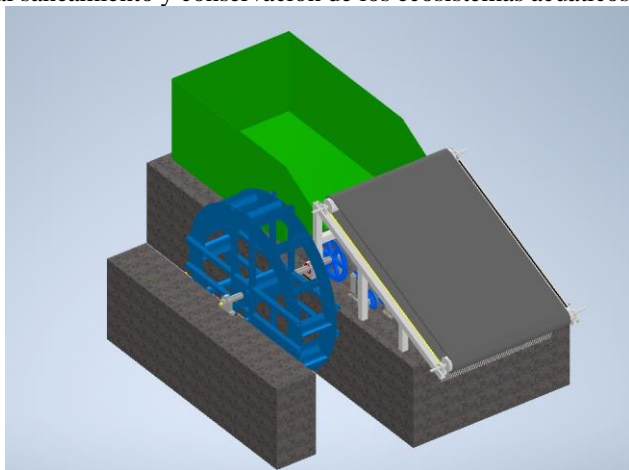


Fig. 1 Máquina Recolectora. Fuente: Propia

**D.1 Condiciones Técnicas:**

- Materiales de la rueda hidráulica: Estructura principal de Acero inoxidable debido a su alta resistencia a la corrosión y durabilidad en ambientes húmedos. Componentes móviles con polímeros resistentes como nylon o Teflón para reducir fricción y desgaste.

- Características del sistema hidráulico: Rueda hidráulica diseñada para aprovechar la fuerza de la corriente del río Tambo y generar una potencia aproximada de 5 kW. Ejes y soportes fabricados en acero A36 para garantizar resistencia mecánica y estabilidad estructural.

- Capacidad de recolección: Sistema dimensionado para capturar y transportar al menos 90% de los residuos sólidos flotantes presentes en el río.

- Ubicación: Diseñado para su instalación en el río Tambo, considerando las condiciones locales, como el caudal y la fluctuación del nivel del agua.

**D.2 Criterios de aceptación:**

- Funcionamiento continuo: El sistema debe operar de manera continua durante al menos 8 horas diarias bajo condiciones hidráulicas normales

- Eficiencia Operativa: El sistema debe demostrar una eficiencia mínima del 85% en la recolección y transporte de residuos.

- Capacidad de procesamiento: Capacidad para recolectar y transportar hasta 500 kg de residuos sólidos flotantes al día.

- Facilidad de mantenimiento: Componentes de fácil desmontaje y materiales accesibles para mantenimiento preventivo y correctivo.

- Sostenibilidad: Operación utilizando únicamente la energía hidráulica del río, sin necesidad de fuentes externas de energía.

**E. Requerimientos**

A continuación, se describen los materiales, recursos, consumibles, equipos, exigencias y especificaciones necesarias para el diseño propuesto (Ver Tabla 1).

TABLA I  
DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS PARA EL DISEÑO PROPUESTO

Descripción	Requerimientos	Categoría
Alta resistencia a la corrosión y durabilidad en ambientes húmedos, usado en la estructura principal.	Acero inoxidable	Materiales de construcción
Ligereza y resistencia, usado en componentes como la rueda hidráulica.	Aluminio	-
Reducen fricción y desgaste en partes móviles y cintas transportadoras.	Polímeros Resistentes (Nylon, Teflón)	-
Alta resistencia y bajo peso para componentes críticos.	Fibras de Carbono	-
Costos de materiales, fabricación, ensamblaje y mantenimiento proyectados.	Presupuesto detallado	Recursos Financieros
Equipado con herramientas como soldadoras, tornos, fresadoras y equipos de corte.	Taller de fabricación	Recursos de Infraestructura
Espacio para pruebas y ajustes finales del sistema.	Área de ensamblaje	-
Guías para el diseño y operación del sistema hidráulico.	Manuales técnicos	Recursos de Información
Información actualizada de materiales, componentes y herramientas necesarias.	Bases de datos de proveedores	-
Estudios relacionados con tecnologías de recolección y generación de energía.	Investigaciones previas	-
Herramientas como Inventor para el diseño del sistema.	Software CAD	Equipos de Diseño y Simulación

Construcción de componentes metálicos.	Máquinas de Corte y Soldadura	Equipos de Fabricación
Fabricación y ajuste de ejes, piezas y estructuras.	Torno y Fresadora	-
Taladros, llaves ajustables, sierras y martillos para ensamblaje y ajustes.	Herramientas Manuales	-
Evaluación del rendimiento de la rueda hidráulica.	Sensores de caudal y velocidad	Equipos de Medición y Monitoreo
Análisis de la eficiencia energética.	Medidores de potencia y torque	-
Monitoreo de condiciones ambientales y desgaste de materiales.	Sensores de temperatura y humedad	-
Aceites y grasas para mantenimiento de componentes.	Lubricantes	Consumibles
Varillas y alambres compatibles con acero y aluminio.	Materiales de Soldadura	-
Resistencia a ambientes húmedos y corrosión.	Cables y Conexiones	-
Tornillos, tuercas y pernos de acero inoxidable.	Tornillería	-
Discos de corte y lijas para ajuste preciso.	Herramientas de Corte y Acabado	-
Sellado para evitar fugas y garantizar eficiencia.	Filtros y Empaques	-
Capacitación en software como Inventor, SolidWorks.	Entrenamiento en herramientas de diseño y simulación	Requerimientos de Implementación
Talleres prácticos en uso de maquinaria como tornos y fresadoras.	Capacitación en equipos de fabricación	-
Instrucciones detalladas para el uso y mantenimiento del sistema.	Procedimientos de operación y mantenimiento	-
Áreas separadas para corte, soldadura, ensamblaje y pruebas.	Zonas de trabajo específicas	-
Pruebas en laboratorio para evaluar capacidad y eficiencia.	Validación en escenario controlado	Pruebas de Rendimiento
Sensores y medidores para optimización de parámetros clave.	Monitoreo y ajustes	-
Inspección regular de componentes críticos como ejes y rodamientos.	Mantenimiento preventivo	Plan de Mantenimiento
Documentación de tareas y partes reemplazadas.	Registro de actividades	-

El proyecto plantea el diseño de un sistema sostenible para la recolección de residuos sólidos en el río, utilizando energía generada por una rueda hidráulica. Este sistema busca contribuir a la limpieza y conservación del entorno fluvial mediante un proceso eficiente y autónomo.

#### E.1 Requerimientos Regulatorios:

- **Certificaciones:** Garantizar que el diseño y operación del sistema cumplan con las normativas nacionales e internacionales relacionadas con la seguridad de maquinaria industrial, aplicables a proyectos de recolección y conservación ambiental.

- **Permisos de instalación:** Gestionar los permisos necesarios para instalar y operar el sistema en el área designada, asegurando el cumplimiento de las regulaciones legales y los requisitos específicos del entorno fluvial.

#### F. Viabilidad

##### F.1 Viabilidad Teórica:

Se desarrolló un rediseño innovador para la recolección de residuos sólidos flotantes en el río Tambo, utilizando la fuerza del agua como fuente primaria de energía. El diseño se fundamenta en principios de ingeniería hidráulica y mecánica, con validación a través de modelos simulaciones en software CAD. Asimismo, se evaluaron materiales que cumplan con criterios de durabilidad y resistencia a las condiciones ambientales del río, asegurando un desempeño eficiente y sostenible.

##### F.2 Viabilidad Económica:

Se llevó a cabo la investigación porque se proyecta generar un impacto económico positivo al reducir los costos asociados a la limpieza manual del río Tambo, mediante la implementación de un sistema de recolección automatizado. Este sistema aprovecha la fuerza hidráulica del río como fuente de energía, destacándose por su enfoque sostenible y su contribución a la gestión ambiental. El diseño incluye el uso de materiales de alta durabilidad y resistencia a condiciones ambientales adversas, como aceros inoxidables, polímeros técnicos.

Componentes y costos estimados:

Poleas:

- Material: Acero inoxidable (resistente a la corrosión por el ambiente húmedo del río).
- Cantidad: 4-6 poleas, dependiendo del diseño.
- Costo unitario: S/80.00 a S/150.00 por polea.
- Subtotal estimado: S/320.00 a S/900.00.
- Cables o correas:
- Material: Cables de acero galvanizado o correas de alta resistencia.
- Longitud: Dependerá del tamaño del sistema (aproximadamente 10-15 metros).
- Costo: S/15.00 a S/25.00 por metro.
- Subtotal estimado: S/150.00 a S/375.00.

#### G. Black Box (Ver Fig. 2):



Fig. 2 Black Box. Fuente: Propia

### H. Matriz Morfológica (Ver Fig. 3):

Variables	Opción A	Opción B	Opción C
Redes flotantes	Redes flotantes	Barreras flotantes	Drones recolectores
Separación de residuos	Tamices automáticos	Sistemas de flotación	Sistemas de centrifugado
Transporte de residuos	Cintas transportadoras	Tubos de succión	Barcos recolectores
Disposición final	Compactación y reciclaje	Triturado y compostaje	Almacenamiento temporal flotante

Fig. 3 Matriz Morfológica. Fuente: Propia

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### A. Cálculos de la potencia obtenida

##### A.1 Potencia obtenida del Río Tambo:

Se calcula la potencia generada por el sistema en función del caudal y la velocidad del agua en el río Tambo. Utilizando datos medidos y simulaciones hidráulicas, se puede interpolar y obtener una función aproximada que determine la potencia generada en kilovatios (kW) según el flujo volumétrico del agua (Revisar Apéndice A). El río Tambo presenta una velocidad media de corriente de 1.16 m/s y una velocidad máxima de 2.57 m/s, lo que lo clasifica como un río torrencioso adecuado para el aprovechamiento hidráulico [5].

#### B. Cálculo de los materiales y estructura

##### B.1 Cálculo del esfuerzo combinado

El sistema incluye componentes mecánicos clave, como ejes, poleas y correas, que están sometidos a cargas mecánicas diversas. Los cálculos buscan validar que estos componentes resistan las condiciones de operación previstas, como se detalla en las especificaciones técnicas y requerimientos mecánicos:

- **Materiales:** Los ejes y soportes están fabricados en acero al carbono A36, conocido por su alta resistencia mecánica. Este material se menciona repetidamente en las condiciones técnicas.
- **Dimensiones:** Los componentes tienen dimensiones específicas, como un diámetro de 70 mm para los ejes principales y una longitud de 1 m para las piezas sometidas a carga axial, parámetros que se extraen de las secciones de diseño estructural.
- **Cargas:** El documento especifica fuerzas y momentos, como una carga axial ( $P=100P = 100P=100$  N) y un momento torsional ( $T=100T = 100T=100$  Nm), que representan las condiciones reales del sistema en operación.

Este cálculo combina las tensiones axiales y de torsión usando el criterio de von Mises para determinar si el material puede resistir las cargas combinadas sin fallar. El esfuerzo de von Mises es útil en diseños donde se presentan múltiples tipos de tensiones (Revisar Apéndice B).

Estos cálculos están directamente ligados a los criterios de aceptación y las condiciones técnicas del diseño, como el funcionamiento continuo, donde los componentes deben operar sin fallos al menos 8 horas diarias, lo que implica validar las deformaciones bajo cargas repetitivas. Y, la sostenibilidad, donde es importante utilizar materiales que resistan las condiciones hidráulicas del río tambo, minimizando el mantenimiento.

#### C. Simulación por Software Eje Principal (Ver Fig. 4)

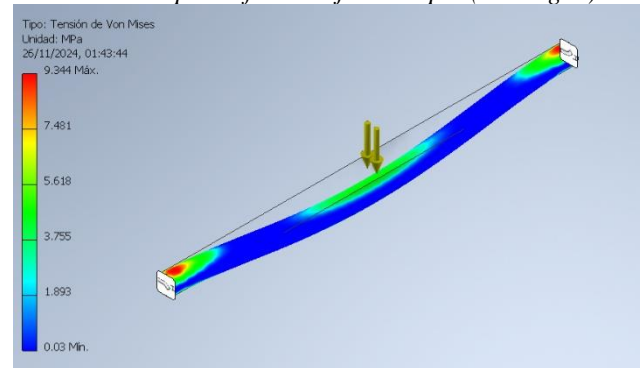


Fig. 4 Eje Principal. Fuente: Propia

En la simulación se muestra cómo se distribuye el estrés en una pieza, probablemente una viga. Los colores nos dicen dónde el material está más estresado (rojo es la zona más crítica, con hasta 9.344 MPa) y dónde está menos estresado (azul es casi sin estrés, con 0.03 MPa).

#### C.1 Desplazamiento (Ver Fig. 5)

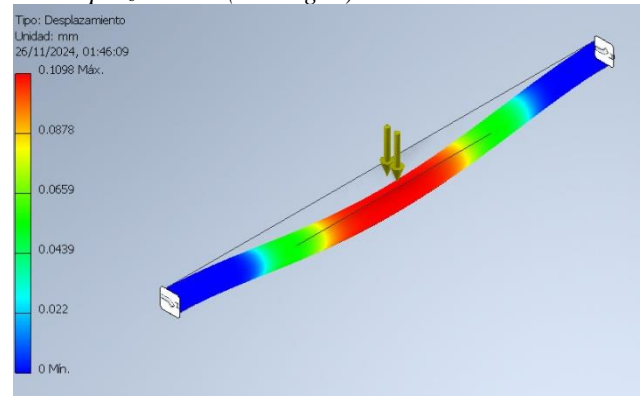


Fig. 5 Desplazamiento del Eje. Fuente: Propia

En la simulación de colores, podemos ver cómo la pieza se deforma. El color rojo muestra la parte que más se mueve, justo en el centro, donde llega a deformarse 0.1098 mm. Las zonas azules, cerca de los soportes, casi no se mueven. Esto tiene sentido porque los soportes evitan que esa parte se deforme.

C.2 Momento Flector (Ver Fig. 6):

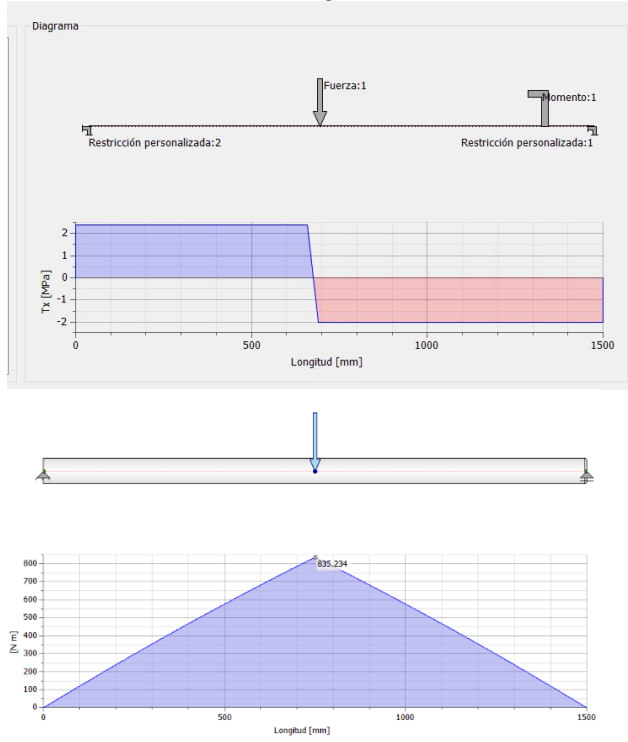


Fig. 6 Momento Flector. Fuente: Propia

D. Presentación de las propiedades de los materiales seleccionados (Hoja técnica, propiedades nominales, proveedores seleccionados y normas relacionadas).

D.1 Motor eléctrico Trifásico (Ver Fig. 7)



Fig. 7 Motor eléctrico Trifásico. Fuente: Propia

Descripción del producto en Apéndice C.

D.2 Máquina faja transportadora Minitrans XS H10 (Ver Fig. 8):

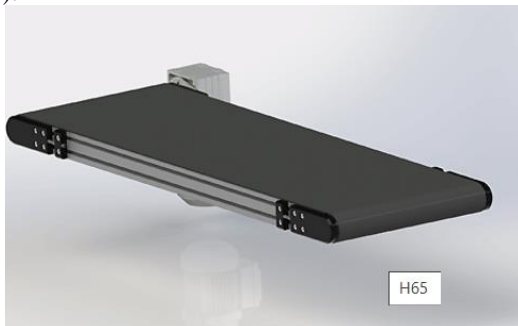


Fig. 8 Faja Transportadora Minitrans XS H10. Fuente: Propia

Descripción de la Máquina en Apéndice D.

D.3 Sistema de poleas (Ver Fig. 9):

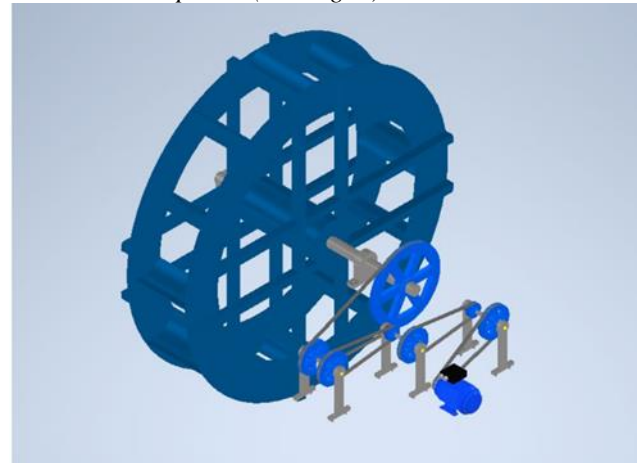


Fig. 9 Sistema de poleas. Fuente: Propia

Descripción del Producto en Apéndice E

A continuación, se presenta la Tabla II que incluye la descripción de todas las piezas que forman parte del diseño propuesto, se incluye sus dimensiones y el precio aproximado.

TABLA II  
DESCRIPCIÓN DE PIEZAS DEL DISEÑO PROPUESTO

Piezas	Diámetro (mm)	Largo (mm)	Ancho (mm)	Precios estimados (S./)
Rueda Hidráulica	1000	-	605	1200 – 1500
Polea 6	60	-	60	60 – 120
Sujetador Eje de Poleas	-	316	-	50 – 200
Eje de Poleas	25	300	-	100 – 200
Correa T1	-	-	-	80 – 150
Polea 20	200	-	-	200 – 400
Polea 50	50	-	-	80 – 150
Abrazadera Eje Principal	125	182	50	50 – 150
Eje Principal	70	1500	-	500 – 1000
Total estimado	-	-	-	2320 – 3870

Los resultados muestran que las deformaciones calculadas son significativamente bajas, reflejando un diseño robusto y funcional que cumple con los estándares de ingeniería para sistemas hidráulicos (Ver Fig. 10). Estos valores aseguran la estabilidad, durabilidad y eficiencia del sistema recolector en el río Tambo, incluso bajo condiciones de operación prolongada y cargas repetitivas.



Fig. 10 Partes del diseño propuesto. Fuente: Propia

#### IV. CONCLUSIONES

Los cálculos de esfuerzo combinado y deformaciones demostraron que los materiales seleccionados, como el acero A36, son adecuados para resistir las cargas previstas. Esto asegura que los componentes críticos, como ejes y poleas, cumplirán con los requerimientos de funcionamiento continuo y cargas repetitivas.

El reemplazo de paneles solares por una rueda hidráulica demuestra un enfoque innovador para maximizar el uso de recursos renovables locales. La potencia generada (aproximadamente 5 kW) garantiza el funcionamiento autónomo del sistema, incluso en condiciones de baja luz solar, contribuyendo a la sostenibilidad del proyecto.

La implementación de barreras flotantes y mecanismos automáticos para la recolección de residuos permite capturar y procesar al menos el 90% de los desechos sólidos flotantes, mitigando significativamente el impacto ambiental en el río Tambo.

La selección de materiales resistentes a la corrosión, como el acero inoxidable y polímeros técnicos, reduce el desgaste y los costos asociados al mantenimiento, mejorando la longevidad del sistema.

El diseño cumple con los estándares de operación establecidos, como una capacidad de recolección de 500 kg por día, una eficiencia mínima del 85% y un diseño estructural que soporta condiciones hidráulicas complejas.

#### REFERENCIAS

- [1] I. Ambiental, L. Noemi, A. Terrones, M. Cs, E. Sara, and A. García, "Tesis para optar el título profesional de." [Online]. Available: <https://orcid.org/0000-0002-3867-5084>
- [2] J. S. Pedreros, L. D. Rubio Barrios, and J. S. Vargas Gutiérrez, "Prototipo automático para la recolección de residuos flotantes y limpieza de un río utilizando una cinta transportadora," Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería - ACOFI, Sep. 2023, pp. 1–12. doi: 10.26507/paper.3117.
- [3] M. Velasco Flores, "Universidad Nacional De San Martín Facultad De Ecología Escuela Profesional De Ingeniería Ambiental," 2022.
- [4] F. Amplio De Defensa Del Valle De Tambo, M. Distrital, and D. Valdivia, "Valle De Tambo-Islay: Territorio, Agua Y Derechos Locales En Riesgo Con La Minería A Tajo Abierto," 2011.
- [5] J. Maco, G. / Jenny, M. Rojas, P. Paredes Del Aguila, J. M. García, and J. M. Rojas, "Mesozonificación Ecológica Y Económica Para El Desarrollo Sostenible De La Provincia De Satipo Hidrografía E

Hidrobiología Hidrografía E Hidrobiología [Mesozonificación Ecológica Y Económica Para El Desarrollo Sostenible De La Provincia De Satipo] Hidrografía E Hidrobiología," 2010.

- [6] F. De Mecánica, "Escuela Superior Politécnica De Chimborazo "Comparación Del Rendimiento De Tres Métodos De Protección Anticorrosiva Y Estimación De La Velocidad De Corrosión Según La Norma Astm G1-03 Norma ASTM G1-03," 2022.
- [7] B. Zhang, L. Feng, A. Yan, and X. Zhang, "Preparation and performance of stainless steel clad carbon steel as grounding grid," 2016.
- [8] "By Authority of The United States of America Legally Binding Document," 1999.
- [9] M. F. Ayala Angarita, "Documentación Del Sistema De Gestión De Calidad Bajo La Norma Icontec ISO 9001-2015 en La Empresa Aceros y Aluminios Del Oriente S.A.S. De La Ciudad De San José De Cúcuta," 2018.
- [10] G. Ardila Perez and J. J. Mantilla Gonzalez, "Diseño De La Estrategia De Mantenimiento Basada En RCM Para Bombas Centrifugas Y Reciprocantes Compresores Y Motores De Combustión Interna De La Planta De Inyección De Agua Casabe, Planta De Reinyección De Agua Residual Can," 2008.

#### APÉNDICE A

Cálculo de la potencia generada en función del caudal y la velocidad del agua del río tambo:

$$P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3 \quad (1)$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 1 \cdot (2.57)^3$$

$$P = \frac{1}{2} \cdot 1000 \cdot 16.98$$

$$P = 8490W$$

#### APÉNDICE B

Cálculo de las tensiones axiales y de torsión usando el criterio de von Mises para determinar si el material puede resistir las cargas combinadas sin fallar:

$\sigma_{axial}$ : Representa la tensión normal a una carga axial P

$\tau_{torsion}$ : Es la tensión cortante por el momento torsional T

$$\sigma_{vm} = \sqrt{(\sigma_{axial}^2 + 3 \cdot \tau_{torsion}^2)} \quad (2)$$

a) Cálculo de  $\sigma_{axial}$ :

$$\sigma_{axial} = \frac{P}{A} = \frac{100}{\pi \cdot \left(\frac{0.05}{2}\right)^2} = 25.46 \text{ Mpa} \quad (3)$$

Donde:

P=100N: Carga axial aplicada.

A= $\pi \cdot (d/2)$ : Área de la sección transversal

b) Cálculo de  $\tau_{torsion}$ :

$$\tau_{torsion} = \frac{T}{J} = \frac{100 \cdot 0.04}{2 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 0.05^4}{32}\right)} = 49.1 \text{ Mpa} \quad (4)$$

T=100Nm: Momento torsional aplicado.

J= $\frac{\pi \cdot d^4}{32}$ : Momento polar de inercia de la sección transversal.

c) Cálculo de  $\sigma_{vm}$ :

$$\sigma_{vm} = \sqrt{(25.46)^2 + 3 \cdot (49.1)^2} = 5.65 \text{ Mpa} \quad (5)$$

d) Tensión en la Correa:

Se calcula para determinar la fuerza que soporta la correa en función del torque y el radio de la polea, según el diseño de las poleas. Esto es crítico para asegurar que las correas seleccionadas sean adecuadas.

$$T_{\text{cuerda}} = \frac{T}{\left(\frac{D_1}{2}\right)} = \frac{100}{0.1} = 20N \quad (6)$$

e) Deformación Axial:

Las deformaciones axiales, torsional y por flexión se calculan usando dimensiones y propiedades materiales [5]:

$$\delta_{\text{axial}} = \frac{(P \cdot L)}{(A \cdot E)} = \frac{(100 \cdot 1)}{\left(\pi \cdot \left(\frac{0.05}{2}\right)^2 \cdot 200 \cdot 10^9\right)} = 2.55 \times 10^{(-7)}m \quad (7)$$

L=1 m

E=200·10<sup>9</sup>Pa (módulo de elasticidad del acero A36, proporcionado en la tabla de propiedades del material).

f) Deformación por Torsión

$$\theta_{\text{torsion}} = \frac{T \cdot L}{G \cdot J} = \frac{100 \cdot 1}{80 \cdot 10^9 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 0.05^4}{32}\right)} = 4.07 \cdot 10^{-5}rad \quad (8)$$

G=80·10<sup>9</sup> Pa es el módulo de rigidez del material, un valor estándar para el acero.

g) Deformación por Flexión:

$$v_{\text{max}} = \frac{P \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I} = \frac{100 \cdot 1^3}{3 \cdot 200 \cdot 10^9 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 0.05^4}{64}\right)} = 0.543mm \quad (9)$$

#### APÉNDICE C

#### Motor Eléctrico trifásico MSP 100L

##### A) Descripción del Producto:

- Tipo: Motor de inducción monofásico
- Potencia: 3.48 HP
- Velocidad: 1500 RPM
- Voltaje: 220V

##### B) Materiales Principales:

- Carcasa: Aleación de aluminio o hierro fundido
- Eje: Acero al carbono
- Bobinado: Cobre
- Aislante: Aislantes de Clase F o Clase H

##### C) Propiedades Nominales:

- Potencia: 2,6 kW
- Polaridad: 2, 4
- Carcasas: 63 hasta 132M/L
- Tensión: 220/440 V
- Frecuencia: 50 y 60 Hz
- Grado de protección: IP55
- Plan de pintura: Pintura epóxica de alta resistencia.

Función: Proteger contra corrosión y condiciones ambientales adversas. Color: Azul RAL 5009.

- Material de la carcasa: Principalmente de aluminio para modelos más ligeros y enfocados en disipación térmica eficiente. También puede estar disponible en hierro fundido para aplicaciones pesadas o entornos industriales severos.
- Forma constructiva: B5 Montaje por brida.

- Método de refrigeración: IC411 Enfriamiento por ventilación externa con un ventilador montado en el extremo del eje.
- Puesta a tierra: Una puesta a tierra dentro de la caja de conexiones
- Material del ventilador: plástico reforzado con fibra de vidrio (PA6-GF30) para reducir peso, resistir impactos y soportar temperaturas elevadas.
- Material del eje: Acero al carbono (C45)
- Material da placa: Acero inoxidable
- Color: Azul RAL 5009
- Clase de aislamiento: F soportando temperaturas de hasta 155 °C para trabajo continuo.
- Factor de servicio: 50 Hz: 1.00 / 60 Hz: 1.15 (2 y 4 polos) 1.00 (6 polos)

##### D) Proveedores:

- Seva-Tec GmbH , JS Technik.

Precio: S/ 2,422.0.

##### E) Normas Cumplidas:

- IEC 60034: Serie de normas para máquinas eléctricas rotativas, que cubren aspectos de rendimiento, dimensiones, características térmicas, y requisitos de diseño.
- IEC 60072: Define las dimensiones y las designaciones de los ejes y bridas para garantizar la compatibilidad entre fabricantes.
- Norma IEEE 841: Para motores de aplicaciones severas.
- Reglamento EC 640/2009: Aplicable en la Unión Europea para motores de eficiencia energética obligatoria.
- ISO 9001: Certificación de sistemas de gestión de calidad aplicados en la fabricación del motor, asegurando consistencia y calidad en el producto.

#### APÉNDICE D

#### Máquina Faja Transportadora Minitrans XS H10

##### A) Descripción de la Máquina:

- Tipo: Faja transportadora
- Capacidad: Depende del tamaño, 80kg/h generalmente se mide en kilogramos por hora (kg/h)
- Modo de operación: Manual, con manivela
- Usos comunes: Molienda de arroz, maíz, trigo, etc.

##### B) Materiales Seleccionados:

###### B.1) Cuerpo de la Banda transportadora:

- Material: Poliuretano (PU) o PVC, dependiendo del uso.
- Propiedades: Resistente al desgaste y a productos químicos comunes.

###### B.2) Rodillos y poleas:

- Material: Aluminio o acero inoxidable recubierto.
- Propiedades: Alta durabilidad y resistencia a la fricción.
- Funcionamiento suave y silencioso.

- B.3) Muestras de molienda:
- Piedra de corindón, acero o hierro fundido
  - Propiedades: Alta dureza para asegurar una buena molienda, Larga vida útil.
- C) Propiedades Nominales:
- Capacidad de carga: Soporta entre 50 y 150 kg según la configuración y longitud
  - Ancho de banda: Rango de 65 mm, diseñado para transportar piezas pequeñas y ligeras.
  - Velocidad de transporte: Hasta 50 m/min, ajustable según el motor y los requisitos del proceso.
  - Dimensiones generales:  
Longitud personalizada según necesidades (desde 500 mm hasta varios metros).  
Altura ajustable con soportes específicos.
  - Fuerza aplicada: Depende del diseño ergonómico de la manivela y la eficiencia del mecanismo
- D) Proveedores Seleccionados
- Habasit: Ofrecen soluciones personalizadas para bandas transportadoras modulares.
  - Forbo Movement Systems: Expertos en sistemas transportadores compactos de alta precisión.
  - Interroll: Proveedor líder de rodillos, motores y cintas transportadoras.
  - FlexLink: Especialistas en sistemas de transporte modulares como el Minitrans.  
Precio  
S/ 7,600 - S/ 19,000.
- E) Normas Relacionadas:
- ISO 9001: Gestión de calidad en fabricación de sistemas transportadores.
  - EN 619: Seguridad en cintas transportadoras de movimiento continuo.
  - DIN 22101: Criterios para diseño y cálculos de bandas transportadoras.
  - FDA CFR 21: Aplicable para bandas de PU o PVC en contacto con alimentos.
  - CE: Certificación para cumplir normativas de seguridad europeas.

#### APÉNDICE E

##### Sistema de poleas

##### Descripción del producto - Diseño propio

###### A) Rueda Hidráulica:

- Material: acero al carbono A36
- Diámetro: 1000 mm
- Ancho: 605 mm
- Grosor del material: 3 mm
- Acabado: pintura electrostática o galvanizado
- Usos: parte fundamental para la transmisión de energía en sistemas hidráulicos.
- Peso aproximado: 40 kg

###### B) Polea 6:

- Material: Acero al carbono A36
- Diámetro: 60 mm

- Ancho: 60 mm
- Usos: Transmisión de energía entre ejes en el sistema de poleas.
- Peso Aproximado: 5 kg

###### C) Sujetador Eje de Poleas:

- Material: Acero al carbono A36
- Largo: 316 mm
- Ancho: 60 mm
- Grosor del Material: 3 mm
- Acabado: Pintura electrostática o galvanizado
- Peso Aproximado: 3 kg

###### D) Eje de Poleas:

- Material: Acero al carbono A36
- Diámetro: 25 mm
- Largo: 300 mm
- Grosor del Material: 3 mm
- Acabado: Pintura electrostática o galvanizado
- Peso Aproximado: 2 kg

###### E) Correa T1:

- Material: Poliuretano o caucho reforzado
- Largo: Según las especificaciones del sistema
- Ancho: 30 mm
- Peso Aproximado: 2 kg

###### F) Polea 20:

- Material: Acero al carbono A36
- Diámetro: 200 mm
- Ancho: 60 mm
- Peso Aproximado: 10 kg

###### G) Polea 50:

- Material: Acero al carbono A36
- Diámetro: 500 mm
- Ancho: 50 mm
- Peso Aproximado: 15 kg

###### H) Abrazadera Eje Principal:

- Material: Acero al carbono A36
- Diámetro: 125 mm
- Largo: 182 mm
- Ancho: 50 mm
- Peso Aproximado: 4 kg

###### I) Eje Principal:

- Material: Acero al carbono A36
- Diámetro: 70 mm
- Largo: 1500 mm
- Peso Aproximado: 12 kg

###### Proveedores Seleccionados

- Siderperu: Empresa peruana líder en la producción de acero al carbono y otros productos siderúrgicos. Proporcionan materiales para construcción y aplicaciones industriales, incluyendo acero A36.
- Aceros Arequipa: Es una de las empresas más importantes en la región, dedicada a la producción y comercialización de acero para la construcción, con productos como acero A36.

#### Normas Relacionadas

- ASTM A36/A36M: Norma estándar para acero estructural al carbono. Utilizada para definir las propiedades mecánicas, composición química y condiciones de fabricación de los componentes de acero al carbono [6].
- ISO 630-2: Establece los requisitos para los materiales de acero estructural que serán utilizados en el sistema de poleas, especialmente en componentes de alta resistencia como el eje principal y los sujetadores [7].
- AWS D1.1: Norma de soldadura estructural aplicable al acero A36 [8].
- ISO 9001: Certifica que el fabricante de los materiales (acero, correas, poleas) emplee prácticas que aseguren la alta calidad y consistencia en la fabricación de los componentes Norma de sistemas de gestión de la calidad que debe cumplir el fabricante de los componentes [9].
- DIN 2211: Específica para las poleas y correas, determinando los requisitos dimensionales y de resistencia para asegurar que el sistema de poleas funcione de manera eficiente y con una vida útil prolongada [10].