



**TRATAMIENTO Y USO HIDRÁULICO DEL BAMBÚ PARA
INSTALACIONES SANITARIAS EN LAS COMUNIDADES ORIGINARIAS
AWAJÚN Y WAMPIS EN AMAZONAS-PERÚ**

**TREATMENT AND HYDRAULIC USE OF BAMBOO FOR SANITARY
FACILITIES IN THE AWAJÚN AND WAMPIS INDIGENOUS
COMMUNITIES IN AMAZONAS-PERU**

Ronald Omar Estela Urbina¹

¹Docente de la Universidad Nacional Intercultural “Fabiola Salazar Leguía” de Bagua-Perú, Doctorado en ciencias ambientales; restela@unibagua.edu.pe;  <https://orcid.org/0000-0001-5240-1242>

Fernando Alain Incio Flores²

²Docente de la Universidad Nacional de Frontera Sullana-Perú, Magister en Matemática;

fincio@unibagua.edu.pe;  <https://orcid.org/0000-0003-3286-7787>

Elisa Contreras Barsallo³

³Docente de la I.E Túpac Amaru de Chiriaco-Amazonas, Magister en ciencias de la Educación

elisacontbar@gmail.com;  <https://orcid.org/0000-0002-0278-7252>

Resumen

El objetivo de la presente investigación es diseñar y proponer el uso hidráulico del bambú que permitirá adecuadas y eficientes instalaciones sanitarias en las comunidades originarias. La indagación fue realizada en la Universidad Nacional Intercultural “Fabiola Salazar Leguía” de Bagua en el laboratorio de física, por los estudiantes del curso de mecánica de fluidos. Se utiliza un tipo de investigación experimental, que comienza con el estudio de la información acerca del bambú y su capacidad hidráulica. La investigación se llevó a cabo en tres fases, en primer lugar, recabamos material bibliográfico, así como artículos e investigaciones científicas acerca del bambú y sus propiedades hidráulicas, como segunda fase la selección y caracterización geométrica del bambú que se puede obtener en la provincia de Bagua y algunas comunidades originarias Awajún. Como última fase las respectivas pruebas hidráulicas. Se obtuvo como resultado una interface en Python para lectura de la presión en el interior de un bambú haciendo uso de Arduino y sensores, se obtuvo valores máximos de presión 120 PSI para el bambú, así como contenedor de fluido, se logró su uso sanitario realizando descargas en inodoros comerciales con aproximadamente tres litros de agua.

Palabras claves: Arduino, bambú, conductos sanitarios, hidráulica.

**Abstract**

The objective of this research is to design and propose the hydraulic use of bamboo that will allow adequate and efficient sanitary facilities in native communities. The investigation was carried out at the National Intercultural University “Fabiola Salazar Leguía” of Bagua in the physics laboratory, by students of the fluid mechanics course. A type of experimental research is used, which begins with the study of information about bamboo and its hydraulic capacity. The research was carried out in three phases, firstly, we collected bibliographic material, as well as articles and scientific research about bamboo and its hydraulic properties, as a second phase the selection and geometric characterization of the bamboo that can be obtained in the province of Bagua and some Awajún indigenous communities. As the last phase, the respective hydraulic tests. The result was an interface in Python for reading the pressure inside a bamboo using Arduino and sensors, maximum pressure values of 120 PSI were obtained for the bamboo, as well as a fluid container, its sanitary use was achieved by carrying out flushes commercial toilets with approximately three liters of water.

Keywords: Arduino, bamboo, sanitary ducts, hydraulics.



Introducción

La comunidad Awajun, uno de los grupos indígenas más antiguos de la selva amazónica del Perú, ha resistido durante siglos las incursiones de los colonizadores y misioneros que intentaron imponer su cultura y religión. Sin embargo, en la década de 1960, enfrentaron una creciente presión por parte de empresas extractivas que buscaban explotar los recursos naturales de la zona, lo que culminó en una serie de enfrentamientos violentos. Desde entonces, la comunidad ha enfrentado desafíos en su lucha por defender sus tierras y recursos, pero han logrado importantes victorias, como la titulación de sus tierras comunales y la creación de reservas naturales. Por su parte la comunidad Wampis es un pueblo indígena que habita en la selva amazónica del norte del Perú. Con una población de alrededor de 45,000 personas, la comunidad Wampis es una de las más grandes de la región. Su territorio ancestral abarca más de 1.3 millones de hectáreas de selva amazónica, en la cual han vivido durante siglos, manteniendo sus propias tradiciones y cultura. La historia de la comunidad Wampis es rica y diversa. Durante siglos, han mantenido su modo de vida tradicional, basado en la caza, la pesca y la agricultura. En la década de 1960, la exploración petrolera en su territorio ancestral amenazó su forma de vida, lo que llevó a la formación de organizaciones comunitarias para defender sus derechos y territorios.

En muchas áreas del planeta, los bambúes pueden desarrollar hasta una altura de 25 m, con un diámetro que es significativamente angosto. Su estructura es 25% más resistente que la del roble y más robusta que muchas especies de maderas duras. Su interior hueco representa una de las razones para su elasticidad cuya densidad oscila entre 600 y 800 kg/m³ (Montoya, 2015). Sin embargo una de las actividades humanas que desarrollan en las comunidades amazónicas es la extracción no controlada de bambú (Beltrán et al., 2020). Debido a su alta tasa de crecimiento de biomasa y su gran crecimiento anual después de la cosecha, el bosque de bambú posee un alto potencial de almacenamiento de carbono, lo que abona a la disminución del cambio climático (Fajardo, 2022).

Los tradicionales sistemas hidráulicos, que generalmente se presentan cuando se conectan dos puntos, pueden estos trabajar a presión o por gravedad, frecuentemente requieren cálculos por parte de los ingenieros. En este tipo de problemas, donde la incógnita es el diámetro de la tubería, generalmente conocemos el gasto que circula, la presión de descarga, las elevaciones, longitudes y rugosidades de las tuberías conectadas, el fluido que circula, los accesorios hidráulicos utilizados (Sosa & Morales, 2003).

El uso de tecnologías actuales permite el monitoreo de variables hidráulicas con sensores específicos para cada magnitud física, es el caso del hardware libre Arduino, que con mucha versatilidad acopla diversos “shield”, lo cual significa que el docente o grupo de docentes debe de estar capacitado para la implementación de estos sistemas para su adecuado mantenimiento (Usquiza et al., 2022). Para el cálculo particular del caudal y pérdidas en una tubería debido un fluido se debe leer o sensar adecuadamente la temperatura por ejemplo del fluido puesto que influye en la viscosidad del mismo (Corapi et al., 2021).

I.



El objetivo de la presente investigación es diseñar y proponer el uso hidráulico del bambú que permitirá adecuadas y eficientes instalaciones sanitarias en las comunidades originarias Awajún y Wampis en Amazonas - Perú

Metodología

La investigación fue realizada en la Universidad Nacional Intercultural “Fabiola Salazar Leguía” de Bagua en el laboratorio de física, por los estudiantes del curso de mecánica de fluidos. Se utiliza un tipo de investigación experimental, que comienza con el estudio de la información acerca del bambú y su capacidad hidráulica antes de su implementación. Comenzando con métodos deductivos de análisis de la información recabada. Para ser lo más objetivos posibles se emplea una metodología cuantitativa (Marcelo et al., 2022).

La investigación se llevo a cabo en tres fases, en primer lugar, recabamos material bibliográfico, así como artículos e investigaciones científicas acerca del bambú y sus propiedades hidráulicas, como segunda fase la selección y caracterización geométrica del bambú que se puede obtener en la provincia de Bagua y algunas comunidades originarias Awajún. Como ultima fase las respectivas pruebas hidráulicas.

Con respecto al acopio documentario, el cual nos permitió sistematizar la información de acuerdo al siguiente criterio por cada artículo o trabajo de investigación: título, objetivo, método, resultado y las conclusiones de acuerdo con la matriz (Estela et al., 2022).

Tabla 1. Criterios de sistematización de la información analizada

Título	Objetivo	Método	Resultado	Conclusión
--------	----------	--------	-----------	------------

Las caracterizaciones geométricas del bambú es necesario recurrir a relaciones matemáticas que permitan determinar el volumen de un segmento de bambú tratado como un cilindro.

Sección transversal de un bambú:

$$A_{\text{área circular del bambú}} = \pi * R^2$$



Volumen del fluido contenido en bambú considerado como un cilindro:

$$V_{\text{volumen hidráulica de una pieza de bambú}} = \pi * R^2 * H$$

Volumen del fluido contenido en bambú considerado como un tronco de cono:

$$V_{\text{volumen hidráulica de una pieza de bambú}} = \frac{\pi * H}{3} (R_1^2 + R_2^2 + R_1 * R_2)$$

La presión hidrostática debido al fluido contenido en un bambú depende linealmente de la densidad en este caso del agua, la aceleración de la gravedad y de la altura del fluido:

$$P_{\text{presión hidrostática}} = \rho * g * H$$

Fuerza hidráulica en la base del bambú:

$$F_{\text{fuerza hidrostática}} = P * A_{\text{área circular del bambú}}$$

Resultados

Una de las características que presenta el bambú es lo ajustable de sus dimensiones a los diámetros comerciales domiciliarias pudiendo acoplarse con accesorios de PVC.



Figura 1. Pruebas sanitarias y modelo de accesorio
Fuente: Elaboración propia

La utilidad del bambú como conducto sanitario está en función de sus características geométricas es decir su diámetro interior, diámetro exterior y altura. Se procedió a tomar medidas y a caracterizarlo con la ayuda de un calibrador o vernier.



Figura 2. Selección de bambú y sus relaciones geométricas
Fuente: Elaboración propia

El uso del bambú como contenedor de líquido (agua) resulta con cierta viabilidad. Previa impermeabilización con un adecuado proceso de curación para prolongar su vida útil.



Figura 3. Pruebas sanitarias y modelo de accesorio
Fuente: Elaboración propia

En el presente trabajo de investigación se utilizó el bambú bajo dos modelos matemáticos ,el primero es considerando la pieza del bambú como un cilindro recto, mientras que en el caso más cercano a la realidad es obtener su volumen como si fuera un tronco de cono. Esto es debido a que sus dimensiones no se mantienen constantes en un determinado tramo.

Tabla 2. *Especificaciones geométricas del bambú(como cilindro) y su capacidad sanitaria*

Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (L)	Evacua desechos	Fuerza hidráulica (N)
90	8.3	4.8695472	Si	190.886
95	4.5	1.5109097	No	59.228
100	5.36	2.2564175	No	88.452
105	6.31	3.2835066	Si	128.713
110	4.75	1.9492601	No	76.411
115	8.65	6.7580272	Si	264.915
120	5.46	2.8096771	No	110.139
125	7.68	5.7905836	Si	226.991
130	5.32	2.8897249	No	113.277
135	4.39	2.0433967	No	80.101
140	5.89	3.8145956	Si	149.532
145	3.2	1.1661592	No	45.713
150	6.225	4.5652005	Si	178.956



155	4.6	2.5759489	No	100.977
-----	-----	-----------	----	---------

Como se puede apreciar en la tabla N°02 el volumen contenido en una pieza de bambú logra evacuar todos los desechos con un volumen ligeramente mayor a 3 litros lo cual representa un ahorro hídrico frente a los actuales y comerciales inodoros.

Tabla 3. *Especificaciones geométricas del bambú (como tronco de cono)*

Altura (cm)	Diámetro_mayor (cm)	Diámetro_menor (cm)	Volumen (L)
90	8.3	7.2	4.25269544
95	4.5	3.89	1.31535199
100	5.36	4.25	1.82139332
105	6.31	5.36	2.81396813
110	4.75	3.85	1.60325291
115	8.65	7.21	5.6954212
120	5.46	4.2	2.21116601
125	7.68	5.87	4.53308585
130	5.32	3.84	2.16036436
135	4.39	3.25	1.55869688
140	5.89	4.32	2.88814519
145	3.2	2.45	0.91419364
150	6.225	5.32	3.93366768
155	4.6	3.12	1.83604937

La aproximación matemática del bambú como tronco de cono, representa en estas condiciones una reducción del volumen contenido en las piezas de bambú, estableciendo un límite de volumen real para lograr la limpieza total del inodoro.



Figura 4. Socialización del proyecto en comunidades originarias Awajún-Winchu Temashnum
Fuente: Elaboración propia

Las pruebas hidráulicas realizadas al bambú se realizaron en condiciones mixtas, es decir los acoples y algunos tramos se realizaron con la presencia de tuberías PVC. En estas condiciones el bambú muestra gran flexibilidad pero generar uniones.



Figura 5. Acoples entre bambú y tuberías convencionales
Fuente: Elaboración propia



Figura 6. Socialización del proyecto en comunidades originarias
Fuente: Elaboración propia

La medición de la presión y su capacidad para transportar fluidos se realizó haciendo uso de un balde de presión cuya lectura analógica se obtuvo con un manómetro de reloj.



Figura 7. Socialización del proyecto en comunidades originarias
Fuente: Elaboración propia

El uso de manómetros digitales permitió obtener la lectura de forma más precisa con la ayuda de una interfaz electrónica Arduino y un sensor de presión, así como la captura de datos por medio del lenguaje de programación Python.

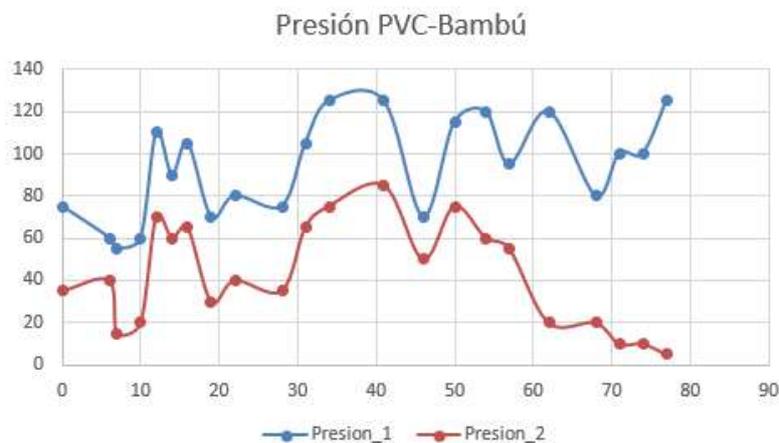


Figura 8. Socialización del proyecto en comunidades originarias



Fuente: Elaboración propia

La presión máxima a la que pudo soportar una tubería de bambú fue 120 PSI aproximadamente, siendo los puntos de fallas los nudos del bambú donde al parecer presenta porosidades que requiere una apropiada impermeabilización.

Discusión

Los estudios escasos que existen respecto al bambú como conducto hidráulico, gravitó en que esta investigación se restringiera a evaluar la resistencia a la presión debido al fluido, lo cual implica que siendo las longitudes del bambú de 10-20 metros se tendría que acoplar varios ejemplares de bambú para obtener tramos prolongados y así poder analizar las pérdidas por longitud, para cuyo efecto tendremos que utilizar la ecuación de Hazen Williams, aproximando algunas de las variables que la fórmula requiera para características cercanas al bambú, así también se podría evaluar los acoples o accesorios para estimar las pérdidas menores o por accesorios (González et al., 2021).

En esta investigación se evidenciaron puntos de falla y pérdida de presión en las juntas del bambú, aunque las averías de tuberías son causadas por la presión del agua, existen varios métodos para controlar la presión. Los indicadores de presión se calculan utilizando una serie de presiones para mostrar valores como la presión y su fluctuación, que coadyuban en la rotura efectiva (Martínez et al., 2016).

La fig. 7 muestra la variación temporal de la presión del agua en el interior de un conducto de bambú para un determinado diámetro, estos valores alcanzan sus máximos índices en la medida que se acciona mecánicamente el balde de presión, la fluctuación que se evidencia en la gráfica es debido al retardo en la lectura del sensor de presión (Franco et al., 2020).

Los prototipos construidos para el estudio hidráulico del bambú permiten la oportunidad de examinar de manera práctica todas las ideas sobre instrumentación y control de las variables que se estudiaron, así como todos los equipos y componentes que se emplearon de acuerdo con las normas técnicas a nivel industrial y de laboratorio. El módulo didáctico, diseñado en planos y con especificaciones técnicas, cumple con todos los requisitos para el manejo de variables de presión y caudal en tuberías. (Marcelo et al., 2022).

Con respecto al bambú proporciona beneficios mediante la generación de empleos uno de ellos es realizando productos artesanales; donde contribuye mejorar la economía familiar. Su aprovechamiento contribuye una excelente alternativa para el desarrollo



económico sustentable, con importantes beneficios para la población del centro poblado. El bambú es una actividad inclusiva, en la que participan hombres, mujeres y adultos mayores de ambos sexos, que les permite tener empleo dentro del centro poblado. El uso del bambú en el desarrollo ambiental y socioeconómico cada día son mas reconocidas y aprovechadas por quienes ven este recurso natural la mejor herramienta para combatir la deforestación(Burga, 2023).

Conclusiones

El bambú como contenedor de agua para descarga sanitaria requiere una impermeabilización previa con la finalidad de evitar filtraciones, así como el deterioro del material.

El bambú permite la construcción de accesorios sanitarios con un previo curado e impermeabilización.

El bambú como como conducto sanitario permite acoples ligeramente moldeables para accesorios PVC comercial.

El bambú como conducto de fluido puede soportar presiones de hasta 120 PSI para pequeños diámetros.

Referencias

- Beltrán, R., Paati, R., Akintui, J., & Esamat, J. (2020). Impacto ambiental (IA) de la actividad antrópica en seis comunidades originarias awajun de la provincia de Bagua, Amazonas, Perú, el 2019. *Revista Científica Dékamu Agropec*, 1(1), 1–6. <https://doi.org/10.55996/dekamuagropec.v1i1.17>
- Burga, E. (2023). *Evaluación socioeconómica y ambiental del aprovechamiento de bambú (Guadua sp.) en el centro poblado el Muyo, Bagua, Amazonas*. [Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza]. <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/3471>
- Corapi, P., Acaro, X., Gaibor, J., & Villavicencio, W. (2021). Sistema de monitoreo de caudal y tirante para el Laboratorio Piloto de Hidráulica de la Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. *Investigación, Tecnología e Innovación*, 13(14), 1–17. <https://doi.org/10.53591/iti.v13i14.1197>
- Estela, R., Contreras, E., Carrasco, Y., García, C., Mendoza, N., & Castro, D. (2022). Comparación del poder calorífico de la fibra de coco con la madera del algarrobo (*Prosopis pallida*). *Revista Entorno*, 1(72), 7–20. <https://doi.org/10.5377/entorno.v1i72.13234>
- Fajardo, D. (2022). Caracterización en el manejo del cultivo de bambú. Quinindé-Ecuador. *Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología*, 8(3), 2033–2045. <https://doi.org/10.35381/cm.v8i3.935>
- Franco, R., Blas, M., Rodríguez, L., & Ortiz, E. (2020). Procedimiento para el análisis de vibración inducida por flujo turbulento en tuberías usando simulación numérica. *Información Tecnológica*, 31(3), 265–276.



<https://doi.org/10.4067/s0718-07642020000300265>

- González, J., Fortis, M., Preciado, P., Yescas, P., Barrios, J., & Reyes, A. (2021). Ecuación determinística para el diseño hidráulico de sistemas de riego por salidas múltiples. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(5), 777–789. <https://doi.org/10.29312/remexca.v12i5.2986>
- Marcelo, E., Sandoval, F., Israel, J., & Bonilla, C. (2022). Módulo de control de dos variables de proceso. *Revista Multidisciplinaria*, 4(1), 1–7. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9180983>
- Martínez, Á., Saavedra, C., Cueto, L., & Garrote, L. (2016). Influencia de la presión en roturas de tubería de redes de distribución. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 7(4), 25–39.
- Montoya, V. (2015). Uso del bambú como material de construcción en estructuras no convencionales. *Revista Apuntes de Ciencias*, 5(1), 162–168. <https://doi.org/10.18259/acs.2015024>
- Sosa, J., & Morales, A. (2003). Determinación del diámetro en sistemas de tuberías utilizando el Mathcad. *Revista Científica Ingeniería*, 7(1), 53–58. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46770106%0A>
- Usquiza, B., Silva, M., & Olivares, S. (2022). Rendimiento de una bomba hidráulica prototipo a diferente diámetro de tubería y singularidades. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 5(1), 37–41. <https://doi.org/10.25127/ucni.v5i1.887>