ISBN: 978-628-96613-1-6. ISSN: 2414-6390. Digital Object Identifier: https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2025.1.1.2446

Proposal for the design of a drinking water supply system in Bijao village by the UNITEC´s Water Observatory

Ada S. Rodríguez[1,2]; Ángel José Cáceres Ulloa[1,2]; Daniel Enea Malta [1,2];
María Elena Perdomo[1,2], Reyna M. Durón[1]

[1]Instituto de Investigaciones One Health, Universidad Tecnológica Centroamericana, Honduras, *ada.rodriguez@unitec.edu.hn* , *angelcaceres@unitec.edu, danielenea23@unitec.edu, maria.perdomo@unitec.edu.hn, reyna.duron@unitec.edu.hn*
[2]Facultad de Ingeniería, Observatorio del Agua, Universidad Tecnológica Centroamericana, Honduras
ada.rodriguez@unitec.edu.hn , *angelcaceres@unitec.edu, danielenea23@unitec.edu, maria.perdomo@unitec.edu.hn*

Abstract–The UNITEC´s Water Observatory is an academic and scientific initiative attached to the One Health Research Institute. In line with its integral vision of human, animal and environmental health, the institute has followed up on humanitarian engineering projects to achieve impact in its communities of influence. A proposal was developed to solve the problem of water shortage and quality in the Canahuati neighborhood of the municipality of Choloma, Cortés, Honduras. Together with the community, failures in the pipeline, the distribution network and insufficient capacity of its storage tank were diagnosed. The project proposes a solution consisting of a geometric and structural design of a new potable water distribution network, supported by a topographic survey that identified the elevation ranges in the community: 70.54 meters above sea level in the highest areas, 21.73 meters above sea level in the lowest areas and 140.86 meters above sea level in the location of the main tank. The simulation with EPANET software identified high pressures in the lower areas, which do not comply with current regulations. The existing tank does not meet the needs of the population. To solve the deficiency, a 1.7 km long network was designed, consisting of 2“ pipes and it was proposed to extend the first sections to 3” pipes to reduce the pressure in the low areas. In addition, the installation of a new 25,000 gallon tank is recommended to complement the existing one. The observatory will follow up on this proposal with local authorities.

Keywords- Drinking Water, Topography, Design, Geometry, Supply.

Propuesta de diseño de sistema de abastecimiento de agua potable en aldea Bijao por el Observatorio de Agua de UNITEC

Ada S. Rodríguez[1,2]; Ángel José Cáceres Ulloa[1,2]; Daniel Enea Malta [1,2];
María Elena Perdomo[1,2], Reyna M. Durón[1]

[1]Instituto de Investigaciones One Health, Universidad Tecnológica Centroamericana, Honduras, *ada.rodriguez@unitec.edu.hn* , *angelcaceres@unitec.edu, danielenea23@unitec.edu, maria.perdomo@unitec.edu.hn, reyna.duron@unitec.edu.hn*
[2]Facultad de Ingeniería, Observatorio del Agua, Universidad Tecnológica Centroamericana, Honduras, *ada.rodriguez@unitec.edu.hn , angelcaceres@unitec.edu, danielenea23@unitec.edu, maria.perdomo@unitec.edu.hn*

Resumen - El Observatorio del Agua de UNITEC es una iniciativa académica y científica adscrita al Instituto de Investigaciones One Health. En línea con su visión integral de la salud humana, animal y ambiental se da seguimiento a proyectos de ingeniería humanitaria para lograr vinculación con las comunidades de influencia. Se desarrolló una propuesta para resolver la problemática de escasez y calidad de agua en el Barrio Canahuati del municipio de Choloma, Cortés, Honduras. Junto a la comunidad se diagnosticó fallas en la línea de conducción, la red de distribución e insuficiente capacidad de su tanque de almacenamiento. El proyecto propone como solución el diseño geométrico y estructural de una nueva red de distribución de agua potable, respaldado por un levantamiento topográfico que permitió identificar los rangos de elevación en la comunidad: 70.54 msnm en las zonas más altas, 21.73 msnm en las más bajas y 140.86 msnm en la ubicación del tanque principal. La simulación con el software EPANET identificó presiones elevadas en las zonas bajas, las cuales no cumplen con la normativa vigente. El tanque existente no abastece las necesidades de la población. Para resolver la deficiencia, se diseñó una red de 1.7 km de longitud, compuesta por tuberías de 2" y se propuso ampliar los primeros tramos a tuberías de 3" para reducir la presión en las zonas bajas. Además, se recomienda la instalación de un nuevo tanque de 25,000 galones que complemente al ya existente. El observatorio dará seguimiento a esta propuesta ante las autoridades locales.

Palabras clave- Agua potable, Topografía, Diseño, Geometría, Abastecimiento.

I. Introducción

El Observatorio del Agua de la Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC) es una iniciativa académica y científica que forma parte del Instituto de Investigaciones One Health (IIOH), el cual está compuesto por un equipo multidisciplinario, que incluye elementos de ingeniería humanitaria. Este observatorio tiene el fin de monitorear, analizar y divulgar información relacionada con la calidad, disponibilidad y gestión del recurso hídrico en Honduras.

De esta manera, se promueve una visión integral sobre la salud de los seres humanos, la salud animal y ambiental, generando evidencia científica para apoyar políticas públicas, fomentar la educación ambiental y fortalecer la resiliencia de las comunidades frente al cambio climático y la inseguridad hídrica. Las investigaciones colaborativas, la aplicación de tecnologías y las alianzas estratégicas que promueve el IIOH, convertirán a esta plataforma en un punto de referencia para el impulso de la sostenibilidad del agua en Honduras. Algunos de los proyectos realizados que muestran el alcance actual del observatorio se detallan en la Tabla I, los cuales analizan la calidad del agua en diferentes fuentes de agua, incluyendo el agua embotellada. También se han realizado investigaciones encaminadas a dar soluciones en comunidades que enfrentan problemáticas en relación al agua. La crisis hídrica en algunas comunidades vulnerables por falta de agua accesible geográfica y económicamente, genera la necesidad de buscar fuentes cercanas que pueden ser insegura (contaminada, no potable) que conlleva el riesgo de causar enfermedades infecciosas o tóxicas. Esto mina el derecho humano de acceso al agua segura, lo cual debe resuelto por las instituciones públicas competentes.

Como parte del contacto del equipo del Observatorio con algunas comunidades en el área de influencia del campus de UNITEC San Pedro Sula, se detectó necesidades especiales en la Aldea de Bijao en el municipio de Choloma, particularmente en el Barrio Canahuati.

TABLA I
INVESTIGACIONES REALIZADAS POR EL OBSERVATORIO DEL AGUA

Título del artículo publicado	Referencia
Reducción de la Escasez de Agua en las Juntas Administradoras de Agua del Distrito Central mediante Programación Lineal	[1]
Evaluación de la Calidad del Agua Embotellada Hondureña para el Consumo Humano mediante Diseño Experimental	[2]
Análisis Estadístico de la Efectividad de un Electrocoagulador en el Proceso de Limpieza de Aguas Residuales del Río Blanco	[3]
Estudio Fisicoquímico del Agua de Arrecifes de Coral	[4]
Medición de la Confianza y Desconfianza en el Uso de Micromedidores en Zonas Rurales de Honduras	[5]
Desarrollo de una Metodología para el Análisis de la Calidad del Agua en Ríos	[6]
Diseño de un robot submarino para la vigilancia de arrecifes de coral en Honduras	[7]
Estudio Económico del Ecosistema Robótico para las Zonas Costeras de Omoa Honduras	[8]
Generación de agua basada en la condensación controlada por escala de grises y visión artificial	[9]

El objetivo de este proyecto fue diseñar un sistema para una red de distribución de agua potable para ser desarrollado en el Barrio Canahuati por las autoridades respectivas. La implementación del proyecto debe cumplir con las regulaciones, asegurar que el suministro de agua sea óptimo, contribuyendo a mejorar la calidad de vida de los beneficiados residiendo actualmente en el lugar y considerando su crecimiento poblacional.

II. METODOLOGÍA.

En la Fig. 1 se describe la metodología seguida para el desarrollo del proyecto.



Fig. 1 Metodología del proceso seguido en colaboración con pobladores de Bijao y las autoridades locales.

A. *Análisis de demanda de agua y de la comunidad beneficiaria*

La comunidad de estudio se encuentra en las coordenadas 15.6 Latitud Norte y -88.03 Longitud Oeste del meridiano de GREENWICH [13], dentro del municipio de Choloma, departamento de Cortés, Honduras. El municipio tiene una extensión territorial del 447.5km2. Ver Fig. 2, que muestra la imagen satelital de Google Earth.

Bijao, al igual que el resto de la ciudad de Choloma, ha experimentado un significativo crecimiento demográfico a lo largo de su historia, impulsado por la instalación de empresas manufactureras y su consecuente generación de empleo. En 1992 se creó la División Municipal de Servicios Públicos, absorbiendo con cierta autonomía los servicios de agua potable, alcantarillado sanitario y recolección de desechos sólidos antes responsabilidad de la municipalidad. Se evaluó la gestión del sistema de agua potable y alcantarillado de la municipalidad de Choloma [11].

El crecimiento demográfico de Choloma ha sido dinámico, superando la tasa nacional, y se estima que la población en 2022 alcanza los 289,763 habitantes [12]. Este crecimiento ha generado desafíos en la distribución de recursos, siendo la red de distribución de agua potable un problema persistente durante los últimos 25 años.

La Aldea Bijao se ha esforzado en mantener su red de distribución de agua; no obstante, la red de distribución actual tiene más de 30 años de antigüedad y presenta múltiples deficiencias. Las obras de captación en el río Bijao muestran signos de falta de mantenimiento, y la tubería dañada provoca pérdidas significativas. El tanque de almacenamiento también enfrenta problemas de caudal insuficiente.

Bijao cuenta con una fuente de agua en la montaña cercana desde donde se traslada este recurso con dificultad. La comunidad posee un tanque para su distribución por medio de una red de tuberías subterráneas que durante la inspección de campo se observó que no cumple con las normas mínimas establecidas por el Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillados SANAA [10].

La comunidad de Bijao realizó valiosos aportes, tanto en el diagnóstico inicial de oportunidades, como resaltando los problemas que presentaba la red de suministro de agua y ayudando con acompañamiento a los investigadores en el reconocimiento de la fuente de agua idónea (Fig. 3). Además, apoyó en el levantamiento de información sensible sobre el número de viviendas y sus habitantes dentro de la comunidad.

Los pobladores que participaron en el reconocimiento del sistema de distribución reportaron problemas de presión en el tanque de abastecimiento ocasionados por diversos aspectos en la línea de conducción, por lo cual la comunidad ha asumido la responsabilidad de la reparación de tuberías rotas, obstrucciones y eventos naturales. El proyecto inicial del año 2023 estaba destinado para abastecer con agua a un estimado de 300-400 personas, pero la población de Choloma es de 3,299 habitantes según el último censo disponible [14].

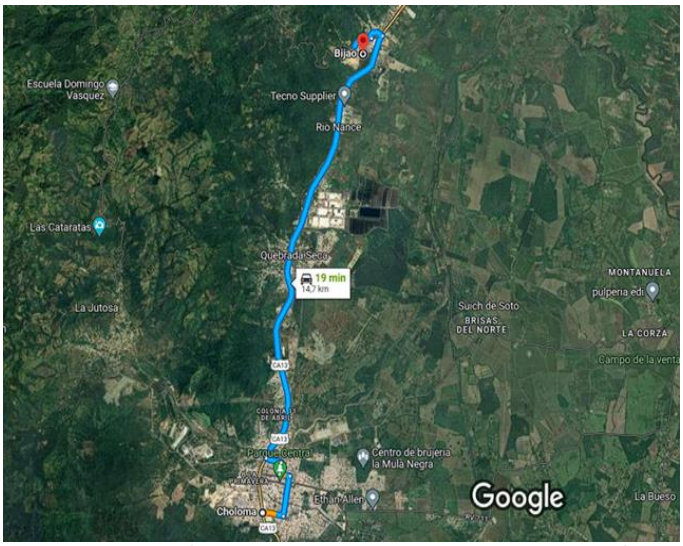


Fig. 2 Dirección a la comunidad desde el centro de Choloma según el sitio Google Earth.



Fig. 3. Localización de fuente de agua para el Barrio Canahuati en la Aldea Bijao.

B. Establecimiento de criterios de diseño del nuevo sistema de agua para Barrio Canahuati

A continuación, se presentan algunas normas relevantes para el análisis de suelos y el diseño de sistemas de agua potable. Estas guías técnicas permiten asegurar la calidad, estabilidad y eficiencia de los proyectos hídricos, adaptándose a las condiciones particulares de cada entorno.

a) Límites de Atterberg ASTM D4318-05

Mediante esta norma se da el porcentaje humedad de la muestra de suelo del lugar, y se obtiene el índice de plasticidad [15].

b) Análisis granulométrico de suelos por tamizado

Ensayo para determinar los porcentajes de agregados que pasan por los tamices empleados en el ensayo, para establecer tipo de suelo donde estará ubicado el tanque. [16].

c) Servicio Autónomo Nacional De Acueductos Y Alcantarillados (SANAA)

El SANAA proporciona los requerimientos mínimos de diseño de sistemas de abastecimiento de agua potable en el país, tanto su diseño como construcción. [17].

d) Manual de usuario de EPANET

EPANET es software para diseñar y valorar el rendimiento de los sistemas de distribución de agua y supervisar la calidad del agua en dichos sistemas [18].

III. Resultados y análisis

Se detallan las actividades y resultados realizados durante el proyecto:

A. Análisis de la actualidad.

Bijao tiene una población de 1,183 habitantes. Según las normas del SANAA debería de dotar de 150 lppd (litros por persona por día). La comunidad cuenta con un tanque en uso y otro tanque que no está en uso por falta de mantenimiento.

Como parámetros de diseño, las condiciones del lugar eran adecuadas para lo siguiente:

- Utilidad por un periodo de 20-22 años.
- Índice de crecimiento poblacional de 3.3%.
- Velocidad máxima de agua en las tuberías de 0.6 m/s como mínimo y 3.0 m/s como máximo.
- Presiones en los nodos de diseño de 10 mca como mínimo y 60 mca como máximo.

B. Análisis de levantamiento topográfico

El levantamiento topográfico se realizó bajo los siguientes estándares:

- Desde punto más elevado hasta la entrada para obtener las diferencias de alturas.
- Levantamiento del lugar donde se encuentra el tanque actual y donde se construirá el tanque propuesto para la comunidad.
- Ubicación desde puntos de referencia para que se pudieran reconocer y útiles para realizar una modificación al futuro (Tabla II).

TABLA II
PUNTOS DE REFERENCIA, BARRIO CANAHUATI.

Punto de referencia	Coordenadas		Elevación
	N	E	
Csd	1737128.560	400719.707	20.926
Csd	1737111.973	400750.701	20.399
Csd	1737125.678	400757.701	19.832
Csd	1737125.798	400758.304	19.923
Ftb	1737109.483	400750.522	20.484
Ftb	1737140.397	400691.594	21.926
Ref1	1737091.300	400105.550	144.065
Ref2	1737091.629	400105.979	144.125
Ref3	1737090.716	400105.018	144.037

C. Análisis de población y caudales

El análisis incluyó cálculos de caudales para la proyección de necesidades de suministro de agua tanto para la población actual como la futura, lo que permitió conocer la situación actual de las tuberías, velocidades y presiones de la red de distribución que tiene la comunidad para establecer sus requerimientos hídricos. Mediante el cálculo de la población futura para 20 a 22 años y sus caudales, se proyectó el consumo

medio diario con el cual se determina la capacidad que debe tener el tanque de almacenamiento que se deberá instalar el consumo máximo horario con el cual se diseñará la red de distribución (Tabla III y IV).

TABLA III
DATOS DE POBLACIÓN ACTUAL, BARRIO CANAHUATI

Normativa de Acueductos rurales del SANAA V1		
Población actual	1183	Hab
Dotación	150	Lppd
Consumo medio diario (QMD)	2.05	L/s
Consumo máximo diario (QmaxD)	3.08	L/s
Consumo máximo horario (QmaxH)	6.93	L/s

TABLA IV
DATOS DE POBLACIÓN FUTURA, BARRIO CANAHUATI

Normativa de Acueductos rurales del SANAA V1		
Población futura	1964	Hab
Dotación	150	Lppd
Consumo medio diario (QMD)	3.41	L/s
Consumo máximo diario (QmaxD)	5.11	L/s
Consumo máximo horario (QmaxH)	11.51	L/s

D. Análisis de suelo

El análisis de suelo de la ubicación para construir el tanque determina la clasificación y la capacidad portante del mismo, así como las especificaciones para construir los cimientos que puedan soporten dicha estructura. Se realizó una calicata en las coordenadas 1737099.63 N, 400094.194 E [13] y en la elevación 144.037 en la cual se profundizó hasta 2.0 m para extraer la prueba de suelo a la que se le realizaron los ensayos de laboratorio. No se encontró cambio de estrato, por lo cual se realizó un solo análisis como se muestra en la Tabla V.

TABLA V
ANÁLISIS DE SUELO

Resultados	**Cantidad**	**Características**
Gravas (%)	0%	Material compuesto principalmente por limos y arenas. Categorizado como un Limo Arenoso (ML)[14]
Arenas (%)	92%	
Finos (%)	17%	
Cu (%)	16	
Cc (%)	0.57	
Limite líquido (%)	32	
Limite plástico (%)	29	
Índice de plasticidad(%)	2	
Módulo de Elasticidad (kg/cm2)	20-200	
SUCS	ML	

E. Red de distribución de agua potable

Las dimensiones de la tubería a utilizar en la red de distribución de agua potable del barrio Canahuati deben ser así: diámetro de 3” en los nodos 1, 2, 3, 7, 11, 13, 14, 47 y 48; mientras que en los demás nodos se recomienda seguir utilizando la tubería de 2”, con la salvedad de que deberá usarse una tubería de PVC nueva. Ver el plano con la distribución de diámetro de tubería (Fig. 4) y de distribución (Fig. 5).

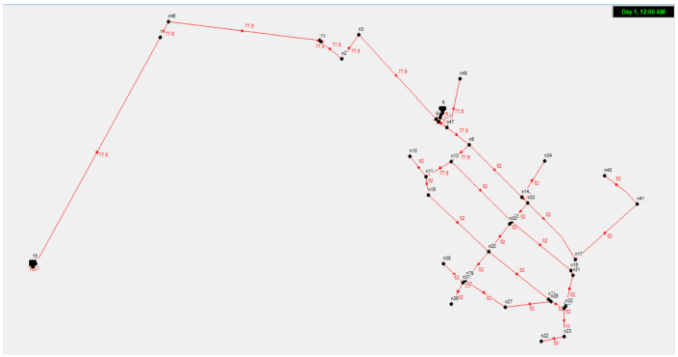


Fig. 4. Simulación de diámetro de tuberías en pulgadas según el software EPANET.



Fig. 5. Distribución de las tuberías propuestas en el software EPANET

En algunos puntos se encontraron datos de presiones muy altas donde hay menor nivel de terreno, ya que la diferencia con respecto al tanque es grande. Haciendo el cambio de tubería en los primeros tramos las presiones se reducirían considerablemente, cumpliendo con la normativa del SANAA que indica valores mínimos de 10 m/s y máxima de 60 m/s (Fig.6).

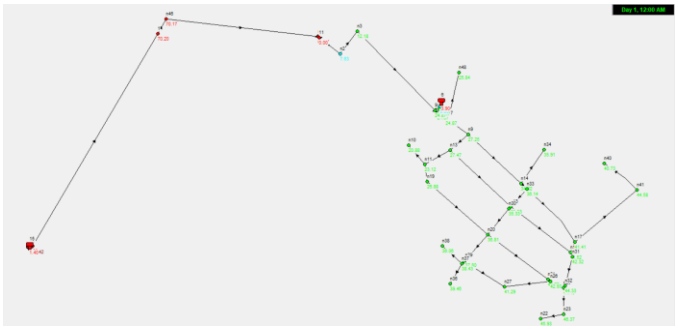


Fig. 6. Presiones de la simulación según el software EPANET.

F. Geometría del tanque

Esta se calculó mediante la fórmula del volumen con el caudal medio diario, resultó en un valor de 23,349.43 galones, con los diseños ya establecidos por la normativa, utilizando un tanque de 25,000 galones (Tabla VI).

TABLA VI
DIMENSIONES DEL TANQUE

Capacidad del Tanque	DIMENSIONAMIENTO EN METROS			
	D	H	h	Radianes
25,000 galones	7	2.96	2.46	0.0806

G. Especificaciones de construcción del tanque

Especificaciones de construcción del tanque según lo mostrado en las Figuras 7, 8 y 9:

a) Concreto de 2,500 con tamaño máximo de ¾”
b) Varilla para refuerzo del concreto, paredes y piso: grado 40
c) Mampostería: mortero 1:4, piedra no menor a 12”
d) Tapaderas fundidas predominantemente con concreto de 4000 lb/in2, con armado de varilla #2 @10cm AD.
e) Mortero de repello de proporción 1:4, al igual que el pulido.
f) Losa de concreto simple inferior de cajas de válvulas de 2500 psi, con espesor de 7cm.

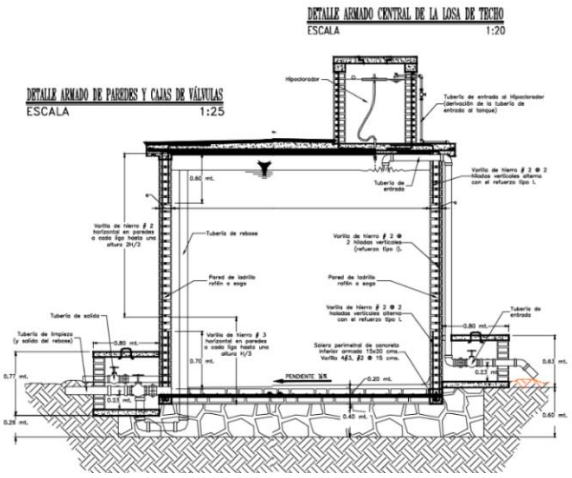
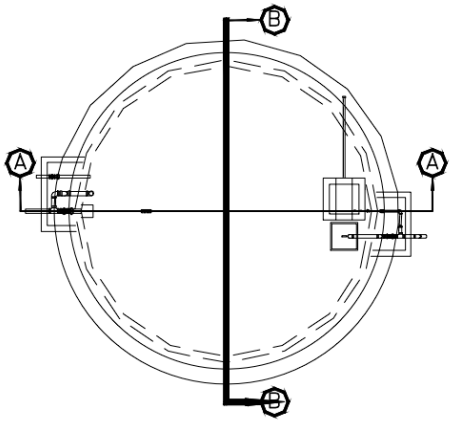
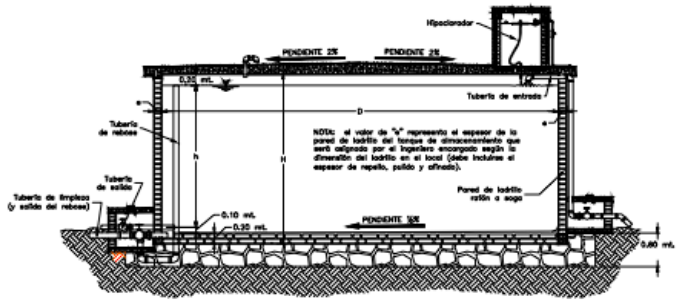


Fig. 7. Tanque propuesto.

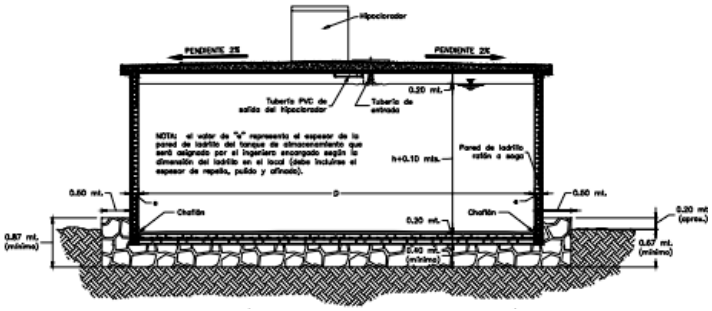


Indicación de cortes
Escala 1:100

Fig. 8. Planta del tanque propuesto.



Corte A: Indicación cajas de válvulas
Escala 1:50



Corte B: Sección normal del tanque
Escala 1:50

Fig.9. Cortes del tanque propuesto.

IV. Conclusiones

Con la ayuda de la comunidad y siguiendo los estándares técnicos para este tipo de diseño, el tanque propuesto cumple con los requisitos de almacenamiento de agua cumpliendo con la normativa vigente. Con la capacidad calculada, se aseguraría un suministro equitativo del agua actual y en el futuro cercano, satisfaciendo las necesidades de la comunidad.

Desde la academia, el Observatorio del Agua investiga y propone proyectos para beneficiar a las comunidades según los recursos hídricos del país, proponiendo proyectos que impulsan el acceso a agua potable para las comunidades que lo requieran. El proyecto actual amerita seguimiento para que pueda convertirse en realidad para el barrio Canahuati.

Agradecimiento/Reconocimiento

Agradecimiento especial a los Ingenieros que apoyaron con asesoría sobre aspectos puntuales de este trabajo: el Ing. Sergio Paredes y el Ing. Otto Flores, docentes de la Carrera de Ing. Civil, en campus San Pedro Sula. Asimismo, se reconoce el aporte de los miembros de la comunidad, quienes brindaron su apoyo durante todo el tiempo.

Referencias

[1] E. W. Robles Zúniga, «Reduction of Water Scarcity in Water Management Boards of the Central District with Linear Programming», en Proceedings of the 22nd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology (LACCEI 2024): “Sustainable Engineering for a Diverse, Equitable, and Inclusive Future at the Service of Education,

Research, and Industry for a Society 5.0.", Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions, 2024. doi: 10.18687/LACCEI2024.1.1.409.
[2] F. Y. R. Granados y P. M. P. Cantarero, «Quality Evaluation of Honduran Bottled Water for Human Consumption through Experimental Design», presentado en The 10th World Congress on Mechanical, Chemical, and Material Engineering, ago. 2024. doi: 10.11159/icmie24.105.
[3] M. E. Perdomo Perdomo, A. Y. Hernandez Martinez, A. F. Garcia, A. C. Alarcon Madrid, y L. M. Salmeron Sierra, «Statistical Analysis of The Effectiveness of An Electrocoagulator In The Process Of Cleaning Wastewater From The Rio Blanco River», ago. 2023, Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://laccei.org/LACCEI2024-CostaRica/meta/FP1848.html
[4] I. A. M. Rodriguez, H. L. G. Ríos, y A. C. M. Arias, «Physicochemical Study of Coral Reef Water», en 2023 IEEE Central America and Panama Student Conference (CONESCAPAN), sep. 2023, pp. 97-103. doi: 10.1109/CONESCAPAN60431.2023.10328408.
[5] A. S. Rodríguez, H. W. Padilla Sierra, M. E. Perdomo, M. Rodriguez Molina, M. Mendez Turcios, y J. L. Ordoñez Avila, «Measurement of trust and distrust in the use of micrometers in rural areas of Honduras.», ago. 2023, Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://laccei.org/LEIRD2024-VirtualEdition/meta/FP742.html
[6] A. F. Zavala Jones, I. M. Caballero, y M. E. Perdomo Perdomo, «Development Of Methodology For The Analysis Of Water Quality In RiverS», ago. 2023, Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://laccei.org/LACCEI2024-CostaRica/meta/FP1306.html
[7] J. L. O. Avila, M. G. O. Avila, y M. E. Perdomo, «Design of an Underwater Robot for Coral Reef Monitoring in Honduras», en 2021 6th International Conference on Control and Robotics Engineering (ICCRE), abr. 2021, pp. 86-90. doi: 10.1109/ICCRE51898.2021.9435710.
[8] A. M. Reyes-Duke, E. Paredes-Madrid, A. F. Escobar-Lara, y J. L. Ordóñez-Avila, «Economic Study of Robotic Ecosystem for the Coastal Zones of Omoa Honduras», en 2022 IEEE Central America and Panama Student Conference (CONESCAPAN), oct. 2022, pp. 1-6. doi: 10.1109/CONESCAPAN56456.2022.9959128.
[9] J. L. Ordoñez-Avila, E. R. T. Maldonado, y I. Magomedov, «Water Generation Based on Condensation Controlled by Gray Scale and Artificial Vision», en 2022 International Conference on Information, Control, and Communication Technologies (ICCT), oct. 2022, pp. 1-5. doi: 10.1109/ICCT56057.2022.9976774.
[10] «PLANASA». Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.conasa.hn/
[11] XplorHonduras, «Municipio de Choloma 0502 | Municipios de Honduras», XplorHonduras Honduras. Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.xplorhonduras.com/municipio-de-choloma/
[12] A. Vargas, V. Reyes, y I. Paz, «Publicado en Tegucigalpa, Honduras; noviembre 2022».
[13] «earth.google.com/static/multi-threaded/versions/10.79.0.0/index.html?» Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://earth.google.com/static/multi-threaded/versions/10.79.0.0/index.html?
[14] «Choloma-Cortes-2018.pdf». Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://temp.ine.gob.hn/wp-content/uploads/2025/02/Choloma-Cortes-2018.pdf
[15] «Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils». Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://store.astm.org/d4318-05.html
[16] «Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates». Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://store.astm.org/c0136-06.html
[17] «SANAA». Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://sanaa.hn/
[18] O. US EPA, «EPANET». Accedido: 24 de abril de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.epa.gov/water-research/epanet