ESCUELA MILITAR DE CHORRILLOS

“CORONEL FRANCISCO BOLOGNESI”

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PURIFICACIÓN DE AGUA MEDIANTE ULTRAFILTRACIÓN ALIMENTADO POR ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN EL BATALLÓN DE SELVA N.º 17”

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Licenciado en Ciencias Militares con Mención en Administración

Autor

PAOLO DEYBI VERGARA BASTIDAS

(0009-0002-5939-203X)

Lima – Perú

2025

4% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

4%	Fuentes de Internet
1%	Publicaciones
2%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A mi madre, por ser mi fuerza en los momentos difíciles y mi guía en cada decisión.
Por tus consejos, tu fe y tu amor que me impulsaron a nunca rendirme. Tu ejemplo de lucha me enseñó que la constancia supera cualquier obstáculo. Este logro es también tuyo, reflejo de tu sacrificio y entrega. Gracias por ser mi luz, mi raíz y mi motivo de orgullo.

AGRADECIMIENTO

A los soldados del **Batallón de Selva N.º 17**, por su lealtad, esfuerzo y espíritu de servicio.
Su valor en medio de la selva inspira respeto y gratitud profunda.
Gracias por compartir su experiencia y hacer posible este trabajo.
Su disciplina y compañerismo dieron sentido humano a esta investigación.
Este proyecto es un homenaje a su entrega silenciosa por la patria.

INDICE

RESUMEN 7

INTRODUCCIÓN 9

CAPÍTULO I 11

INFORMACIÓN GENERAL 11

1.1 Descripción de la Dependencia o Unidad 11

1.2 Tipo de Actividad Desarrollada 12

1.3 Lugar y Fecha 12

1.4 Misión de la Unidad 13

1.5 Visión de la Unidad 14

1.6 Funciones del Puesto Desempeñado 14

CAPITULO II 17

2.1 Antecedentes 17

2.1.1 Antecedentes Internacionales 17

2.1.2 Antecedentes Nacionales 18

2.2 Base Teorica 19

2.2.1 Creación del Ejército del Perú 19

2.2.2 Creación del Batallón de Selva N.° 17 (BSVA 17) 20

2.2.3 Carencias del Batallón de Selva N.° 17 20

2.2.4. Necesidad de la purificación del agua del río en el BSVA 17 21

2.2.5 Métodos de purificación de agua de río para consumo humano 22

2.2.6 Fuentes de energía para operar sistemas de purificación 22

2,2,7 Unidades militares en el mundo que utilizan estos sistemas 23

2.3 Glosario de términos 26

CAPÍTULO III 29

DESARROLLO DEL TEMA 29

3.1 Campo de Aplicación 29
3.2 Tipo de Aplicación.....30
3.3 Diagnóstico 30
3.4 Propuesta de Innovación.....31
3.4.1 Objetivo de la Propuesta 33
3.4.2 Descripción Detallada de la Propuesta 33
CONCLUSIONES.....43
RECOMENDACIONES 45
BIBLIOGRAFÍA.....47
Anexo A (Álbum Fotográfico) 48
Anexo B (Datos Personales) 49

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional fue desarrollado en el Batallón de Selva N.º 17, unidad perteneciente al Comando de Operaciones del Amazonas (COAM) del Ejército del Perú, ubicada en la localidad de Pijuayal, distrito de Pebas, provincia de Mariscal Ramón Castilla, región Loreto. La investigación tuvo como propósito fundamental diseñar e implementar un sistema integral de purificación de agua mediante ultrafiltración alimentado por energía solar fotovoltaica, con el objetivo de asegurar el abastecimiento continuo de agua potable y mejorar las condiciones de vida, salud y eficiencia operativa del personal militar destacado en la zona amazónica.

La problemática que motivó este estudio surgió de la falta de un sistema de tratamiento de agua y de la inestabilidad energética dentro de la base, factores que comprometían directamente la salud del personal, el desarrollo de las operaciones y la sostenibilidad logística de la unidad. El agua utilizada para el consumo humano provenía del río Amazonas sin un tratamiento adecuado, lo que generaba frecuentes casos de enfermedades gastrointestinales, deshidratación y disminución del rendimiento físico. A ello se sumaban los constantes cortes eléctricos por la dependencia de grupos electrógenos, cuyo mantenimiento y abastecimiento resultaban costosos y poco sostenibles en el tiempo.

La propuesta técnica se estructuró en tres componentes que son; la captación y pre filtrado del agua, el sistema de ultrafiltración (UF) y la alimentación energética mediante paneles solares fotovoltaicos (FV). En conjunto, este sistema permite procesar 35 m³ diarios de agua, suficientes para abastecer a 400 efectivos militares, con una autonomía de 48 horas. La ultrafiltración se realiza a través de membranas de fibra hueca con poros de 0.01 micras, capaces de eliminar bacterias, virus y sedimentos, garantizando una remoción del 99.99 % de patógenos. La energía solar, captada por un arreglo de 5 kWp de paneles, permite operar el sistema de manera silenciosa, limpia y permanente, eliminando el uso de combustibles fósiles.

Los resultados obtenidos tras el diseño y la evaluación del sistema confirman su viabilidad técnica, económica y social. Con un costo total de:

S/ 96,500, la inversión se amortiza en menos de tres años gracias al ahorro de combustible y mantenimiento, lo que convierte al sistema en una alternativa sostenible para otras bases del Ejército en zonas aisladas. Más allá de los beneficios materiales, el impacto humano es profundo ya que se va disponer de agua segura y energía constante y esto refuerza la moral, la salud y el sentido de pertenencia del personal, generando un ambiente de bienestar y motivación.

Este proyecto constituye un modelo replicable de sostenibilidad militar amazónica, alineado con el proceso de modernización del Ejército del Perú y con la línea de investigación "Tecnología y sostenibilidad en operaciones militares". En conclusión, la implementación del sistema propuesto representa un paso firme hacia una gestión responsable de los recursos naturales, un fortalecimiento logístico institucional y una mejora sustancial en la calidad de vida del soldado amazónico.

Palabras clave: ultrafiltración, energía solar fotovoltaica, agua potable, sostenibilidad.

INTRODUCCIÓN

El trabajo de suficiencia profesional que se presenta a continuación surge de una experiencia directa de servicio en el Batallón de Selva N.º 17 "Tte. Unidad militar estratégica del Ejército del Perú situada en la profundidad de la Amazonía. La motivación personal y profesional que dio origen a este estudio fue observar, durante el cumplimiento de funciones de mando, la carencia de agua segura y la dependencia energética crítica que afectaban la operatividad, la salud y el ánimo del personal militar desplegado en un entorno geográfico complejo. Este contexto despertó en el autor la necesidad de formular una propuesta técnica y humanitaria, capaz de brindar una solución sostenible y moderna a un problema que no solo es logístico, sino también humano.

El Capítulo I, titulado Información General, describe detalladamente la estructura, misión, visión y funciones del BSVA 17, así como las condiciones ambientales, geográficas y sociales de su entorno. Esta unidad, ubicada a orillas del río Amazonas, cumple un rol fundamental en la vigilancia territorial y en el apoyo a las comunidades fronterizas, pero enfrenta dificultades propias de la selva profunda; como es la inaccesibilidad, humedad extrema, aislamiento energético y deficiencia en el abastecimiento de agua potable. En este contexto, el autor desempeñó funciones como Comandante de Sección y Oficial de Abasto, lo que permitió diagnosticar de manera real las limitaciones técnicas y humanas que afectaban la calidad de vida del contingente.

El Capítulo II, correspondiente al Marco Teórico, presenta los antecedentes internacionales y nacionales relacionados con la purificación de agua mediante ultrafiltración y energía solar, así como las bases científicas y tecnológicas que sustentan la propuesta. Se revisaron experiencias exitosas en África, Asia y América Latina, donde sistemas similares han permitido dotar de agua segura a comunidades rurales y bases militares remotas. En el ámbito nacional, se analizaron estudios que validan la efectividad de la ultrafiltración como proceso físico sin uso de químicos y la eficiencia de los sistemas fotovoltaicos como fuente de energía limpia y autónoma. Este marco teórico permitió consolidar la base científica que respalda el proyecto.

El Capítulo III, denominado Desarrollo del Tema, constituye el núcleo del trabajo. En él se presenta el diagnóstico integral del BSVA 17, **que evidencia dos problemas críticos: la falta de un sistema de potabilización de agua y la intermitencia energética. Frente a ello, se formula una propuesta de innovación tecnológica que combina la ultrafiltración y la energía solar,** adaptadas a las condiciones ambientales de la selva. El diseño incluye un sistema de captación, pre filtrado, ultrafiltración modular y almacenamiento, todo alimentado por un conjunto fotovoltaico de 5 kWp con autonomía de 48 horas. Asimismo, se detalla el costo total, el mantenimiento, la vida útil y el impacto social del proyecto, enfatizando su carácter replicable y su contribución al bienestar institucional.

Este trabajo no se limita a un ejercicio técnico, sino que representa un compromiso con el soldado amazónico, aquel que cumple su deber en condiciones de aislamiento y sacrificio. El sistema propuesto busca restaurar la dignidad y la salud del personal, garantizando el acceso a un recurso vital y la independencia energética necesaria para el cumplimiento de la misión. En este sentido, la investigación integra la ingeniería con el humanismo, el conocimiento científico con el servicio al país.

Finalmente, este proyecto se enmarca en la visión de un Ejército moderno, sostenible y comprometido con el desarrollo nacional, donde la tecnología se convierte en herramienta de vida y la innovación en un acto de servicio. La purificación de agua mediante ultrafiltración alimentada por energía solar no es solo una solución técnica; es una respuesta moral y estratégica a las necesidades de quienes protegen nuestras fronteras más remotas, demostrando que la defensa de la patria también se construye desde el acceso digno al agua y a la energía limpia.

CAPÍTULO I

INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Descripción de la Dependencia o Unidad

La presente investigación se desarrolló en el Batallón de Selva N.º 17, unidad orgánica de la V División de Ejército, adscrita al Comando de Operaciones del Amazonas (COAM). Esta base militar cumple un rol fundamental dentro del dispositivo de defensa y control fronterizo del Estado peruano en la Amazonía. Se encuentra ubicada en la localidad de Pijuayal, distrito de Pebas, provincia de Mariscal Ramón Castilla, departamento de Loreto, en una zona de elevada importancia geoestratégica por su proximidad con las fronteras de Colombia y Brasil.

El Batallón de Selva N.º 17 constituye un componente esencial de las operaciones de vigilancia y seguridad amazónica, cuya misión principal es garantizar la soberanía nacional, mantener la integridad territorial y contribuir a la estabilidad de las comunidades ribereñas. Su posición en la margen del río Amazonas le otorga una conectividad fluvial vital para las operaciones logísticas, la movilidad de personal y la proyección de presencia del Estado en sectores de difícil acceso.

El entorno físico y social en el que opera esta unidad se caracteriza por una densa vegetación tropical, una elevada humedad ambiental y una diversidad biológica única en el mundo. Estas condiciones demandan del personal militar una alta capacidad de adaptación, resistencia física y dominio de la geografía amazónica, pues la interacción con el medio es determinante para el éxito de cada misión. La vida en el Batallón de Selva no se limita a la actividad operativa; implica también la convivencia con poblaciones locales, el respeto intercultural y la cooperación para el bienestar común. En este sentido, el BSVA N.º 17 representa un bastión de disciplina, servicio y compromiso con la defensa nacional en una de las zonas más remotas y exigentes del país.

1.2 Tipo de Actividad Desarrollada

Durante el periodo de observación y participación profesional, el autor del presente trabajo se desempeñó como Comandante de Sección (CMDTE SECC) en el Batallón de Selva N.º 17, asumiendo responsabilidades directas de mando, conducción táctica y formación del personal a su cargo. De manera complementaria, cumplió funciones administrativas como Oficial de Abasto y S-1 (Personal), lo cual le permitió intervenir en la gestión integral de los recursos humanos, logísticos y materiales de la unidad.

La labor desarrollada combinó aspectos operativos, administrativos y formativos, en un entorno que exigía equilibrio entre la eficacia militar y la preservación del bienestar del contingente. Entre las principales actividades destacan la planificación y ejecución de patrullajes fluviales y terrestres, la organización de ejercicios tácticos en selva, la supervisión de abastecimientos, así como la coordinación de acciones de apoyo social y cívico-militar con las comunidades cercanas. Estas experiencias permitieron aplicar y fortalecer competencias propias de las ciencias militares, especialmente en liderazgo, logística, planeamiento y toma de decisiones bajo presión.

El desempeño diario en la selva amazónica implicó asumir retos continuos como enfrentar condiciones climáticas extremas, gestionar recursos limitados y mantener la moral elevada de los soldados. Ello reforzó el sentido de vocación y entrega que caracteriza a los oficiales del Ejército del Perú, reafirmando la importancia de un liderazgo cercano, empático y orientado al ejemplo personal.

1.3 Lugar y Fecha

El presente trabajo se desarrolló en la localidad de Pijuayal, perteneciente al distrito de Pebas, en la provincia de Mariscal Ramón Castilla, región Loreto, una de las zonas más representativas del bioma amazónico peruano. El periodo documentado corresponde al año 2024, tomando como fecha referencial el 1 de enero de 2024, punto de inicio de la experiencia profesional analizada.

Pijuayal es una comunidad ribereña ubicada a orillas del río Amazonas, cuya población aproximada bordea los 3,500 habitantes, dedicados principalmente a la pesca artesanal, la agricultura de subsistencia y el comercio fluvial. Sus habitantes, en su mayoría de ascendencia indígena y mestiza, mantienen tradiciones culturales propias de la Amazonía, donde la solidaridad comunitaria y el respeto por la naturaleza son valores fundamentales. El idioma predominante es el castellano amazónico, aunque también se conserva el uso de lenguas nativas como el Tikuna y el Yagua, especialmente en comunidades cercanas.

En cuanto a los servicios básicos, Pijuayal cuenta con infraestructura limitada: un centro educativo inicial y primario, un pequeño puesto de salud y un sistema eléctrico restringido, que funciona parcialmente mediante generadores. El transporte y la comunicación dependen principalmente de vías fluviales, siendo el río el principal medio de conexión con las localidades de Pebas, Caballococha y Leticia (Colombia). La población vive en viviendas de madera elevadas sobre pilotes, adaptadas al régimen de inundaciones estacionales.

En este escenario, la presencia del Batallón de Selva N.° 17 representa no solo una estructura de defensa territorial, sino también un factor de estabilidad social y desarrollo local. La interacción entre el personal militar y la población fomenta la cooperación, el intercambio cultural y la asistencia en situaciones de emergencia o aislamiento.

1.4 Misión de la Unidad

La misión del Batallón de Selva N.° 17, consiste en contribuir al cumplimiento de la misión del componente terrestre del Comando de Operaciones del Amazonas (COAM), estando en condiciones de ser empleado desde su actual ubicación, conforme a la situación táctica y las órdenes del comando superior, en beneficio de las unidades desplegadas a lo largo de la línea de frontera, con prioridad de apoyo al destacamento del sector.

Esta misión se orienta estratégicamente a mantener la presencia efectiva del Estado en la frontera amazónica, consolidando la soberanía nacional y

garantizando la seguridad de las comunidades fronterizas. El cumplimiento de esta función exige una preparación permanente del personal, tanto en lo físico como en lo doctrinario, además del dominio del terreno selvático, donde la movilidad, la comunicación y la capacidad de supervivencia resultan vitales.

La unidad actúa como un punto de enlace entre la defensa militar y el apoyo al desarrollo nacional, fortaleciendo la imagen institucional del Ejército como fuerza al servicio del país. Su misión trasciende la vigilancia armada; ya que implica promover la paz, asistir a la población y mantener viva la identidad patriótica en uno de los territorios más lejanos del centro del país.

1.5 Visión de la Unidad

La visión del Batallón de Selva N.º 17 proyecta a la unidad como un modelo operativo dentro de la Zona de Vigilancia Fronteriza N.º 2, plenamente preparada para responder con eficiencia, rapidez y disciplina ante cualquier orden del Comando Superior, priorizando el apoyo a las unidades desplegadas en la línea de frontera y al destacamento.

Esta visión se fundamenta en el fortalecimiento de las capacidades humanas y tecnológicas del personal, aspirando a un nivel de excelencia en el cumplimiento de las operaciones militares en la selva. Busca consolidar una fuerza altamente motivada, consciente de su papel en la defensa nacional y comprometida con el respeto a los derechos humanos, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo integral de la región amazónica.

El Batallón de Selva N.º 17, en coherencia con la modernización del Ejército del Perú, se propone integrar el uso de tecnologías adaptadas al entorno selvático, promover la cooperación con instituciones civiles y optimizar sus recursos mediante una gestión eficiente y responsable.

1.6 Funciones del Puesto Desempeñado

El cargo desempeñado como Comandante de Sección en el Batallón de Selva N.º 17 implicó el ejercicio de múltiples funciones que abarcaban los ámbitos de liderazgo, planeamiento, administración y coordinación operativa.

De forma paralela, las responsabilidades asumidas como Oficial de Abasto y S-1 (Personal) complementaron la gestión integral de la unidad. Entre las funciones más relevantes destacan:

- Conducción del personal: orientar, instruir y motivar al personal bajo mando, asegurando su preparación física, moral y técnica para cumplir eficazmente con las misiones asignadas.
- Planificación táctica: elaborar y supervisar los planes de patrullaje, seguridad y entrenamiento, manteniendo la cohesión de la sección y la seguridad operacional en zonas de alto riesgo.
- Gestión logística: administrar los recursos disponibles (víveres, combustibles, armamento y materiales) con criterios de eficiencia, asegurando la sostenibilidad de las operaciones.
- Administración del personal (S-1): controlar la situación del personal, tramitar permisos, coordinar medidas de bienestar y garantizar el cumplimiento de las normas disciplinarias.
- Apoyo cívico-militar: participar en actividades de integración con la comunidad local, como campañas médicas, apoyo educativo y asistencia en situaciones de emergencia.

Estas funciones fueron ejecutadas con un enfoque humanizado, priorizando el bienestar del soldado y la cohesión del grupo como elementos esenciales para el éxito operativo. La experiencia permitió reafirmar la importancia del liderazgo basado en el ejemplo, la empatía y la comunicación efectiva, pilares fundamentales del mando militar moderno.

Conclusión del Capítulo

El presente capítulo ha expuesto una descripción integral del Batallón de Selva N.° 17, su ubicación estratégica, misión, visión y las funciones desempeñadas por el oficial autor de este trabajo. La experiencia adquirida permitió consolidar habilidades de liderazgo, planeamiento y gestión en condiciones adversas, reafirmando el compromiso con los valores del Ejército del Perú como el honor, lealtad, disciplina y servicio a la patria. La vida militar en la Amazonía no solo representa una tarea profesional, sino una

vocación de entrega al país, donde la defensa y la humanidad convergen bajo un mismo propósito: proteger el territorio y servir a su gente.

CAPITULO II

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Melligy, (2023). *Enhancing performance of gravity-driven membranes for water purification in small rural communities* (Master's thesis, The American University in Cairo). Esta tesis optimiza membranas de ultrafiltración por gravedad (GDM/UF) para comunidades rurales sin red eléctrica, muy similar al contexto amazónico. Analiza cómo reducir el ensuciamiento (fouling) con lavados simples y ciclos de reposo que no requieren técnicos especializados. Presenta pruebas con agua superficial (turbidez variable) y documenta mejoras en flujo estable y remoción bacteriana, con bajo consumo energético (ideal para integrarlo a solar fotovoltaico). Propone operación intuitiva (3–4 tareas rutinarias), protocolos de retrolavado quincenal y limpieza química ligera trimestral. Incluye curvas de transmembrana, balances de masa y criterios de escala que puedes trasladar a un UF modular para 400 personas. Su aporte humaniza la planta, prioriza facilidad de uso, seguridad del operador y continuidad del servicio en climas cálidos.

Glasson, (2022). *Exploring water filtration methods for implementation in rural Ghana* (Honors thesis, Liberty University). Trabajo aplicado que compara tecnologías para zonas rurales y destaca dos UF comunitarias (SkyHydran y LifeStraw Community) por su alta remoción de bacterias, virus y operación sin profesionales. Aunque no diseña el sistema solar, discute su compatibilidad con fotovoltaico y costos por litro muy bajos (del orden de $0.0001–0.0011/L), útiles para el análisis económico de nuestra investigación. Incluye guías de pretratamiento cuando el agua es de río (turbidez variable) para proteger la membrana y mantener la calidad <1 NTU antes de desinfección final (cloro/UV). Aporta criterios de selección (capacidad, repuestos, entrenamiento) y un enfoque social: involucrar a usuarios en operación y cobro simbólico para repuestos.

Ariffin, (2024). *Modeling and experimental verification of in-house portable ultrafiltration (PUF) water-supply unit* (graduate research article base for thesis). Estudio 2024 que desarrolla y valida un módulo UF portátil de bajo costo, pensado para entornos sin red, con fuerte enfoque en simplicidad operativa y mantenimiento mínimo, pérdidas de carga, materiales (PVDF), y documenta remoción microbiológica con agua de fuente natural. Su fortaleza para la propuesta es el modelo energético reducido, ideal para emparejar con paneles solares y baterías pequeñas. Además, presenta protocolos de retrolavado y test de campo transferibles a río amazónico.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Vivanco, (2020). *Propuesta de diseño de sistema de ultrafiltración en Apurímac* (Tesis de licenciatura, Universidad Privada del Norte). Diseña UF para efluente con fines de reúso, pero su metodología de selección de membranas, pretratamiento y limpieza es directamente aplicable a agua superficial de río con ajuste de dosis y desinfección final. Incluye balances de masa, costos de operación y mantenimiento, limpiezas químicas trimestrales y anuales, y un plan de monitoreo de turbidez y coliformes. Para el TSP, extrae su árbol de decisión (calidad de afluente, barreras, verificación) y programa de O&M, que calzan con el BSVA-17. Así mismo Complementa tu diseño solar dimensionando los consumos eléctricos del tren UF.

López, (2022). *Remoción de iones disueltos por ultrafiltración y ósmosis inversa en efluentes mineros* (Tesis, UNFV). Aunque es en el ámbito minero, aporta protocolos UF/RO vigentes en Perú como su caracterización, pretratamiento, pruebas de ensuciamiento y secuencias de limpieza química (ácida y/o básica). La lógica de barreras múltiples es la misma que usarás para río amazónico (prefiltro, UF, UV/Cl). Este estudio sustenta el capítulo de operación, sobre todo en frecuencia de retrolavados, seguimiento de TMP y vida útil de membranas. También detalla criterios locales de calidad y equipos disponibles en el mercado nacional, útiles para los anexos de especificaciones.

Quispe, (2021). *Proyecto de factibilidad de bombeo de agua potable por energía fotovoltaica en Arequipa* (Tesis, UCSM). Tesis peruana centrada en sistemas fotovoltaicos para agua potable donde dimensiona paneles, inversores, baterías y bombas, y evalúa factibilidad técnica y económica en altas radiaciones y variabilidad climática. Aunque no incorpora UF, es esencial para nuestra investigación y sub-sistema energético; ya que calcula kWh/día, autonomía ya sea en días nublados, sensibilidad a costos y mantenimiento en localidades remotas. Puedes acoplar su matriz energética a tu tren UF (como en tu diseño de 5 kWp + baterías), justificando costos y cronogramas en selva y ajustando HSP de Loreto.

2.2 Base Teórica

2.2.1 Creación del Ejército del Perú

El Ejército del Perú tiene sus raíces en la gesta emancipadora iniciada en 1820, cuando José de San Martín fundó la *Legión Peruana de la Guardia*, considerada el primer núcleo de la fuerza armada nacional. Su creación respondió a la necesidad de consolidar la independencia y proteger el naciente Estado republicano de amenazas internas y externas. A lo largo del siglo XIX, el Ejército atravesó periodos de reorganización y guerras determinantes, como la del Pacífico (1879-1883), que reafirmaron su carácter de institución defensora de la soberanía y la identidad nacional.

Durante el siglo XX, el Ejército asumió también misiones de desarrollo nacional, participando en la integración de regiones aisladas, la construcción de carreteras y la ayuda en desastres naturales. En el siglo XXI, su visión se orienta hacia la modernización tecnológica, la cooperación internacional y la defensa integral del territorio frente a nuevas amenazas: narcotráfico, minería ilegal, terrorismo residual y desastres ambientales.

La creación del Ejército no se limita a una fecha o decreto; ya que representa la voluntad permanente del pueblo peruano por garantizar su libertad y bienestar. Su evolución institucional refleja la historia misma del país; así como su resistencia, sacrificio y compromiso con el progreso. Hoy, el Ejército

es una fuerza profesional y disciplinada que combina la tradición militar con la innovación científica y tecnológica, reafirmando su lema de "*Dios, Patria y Honor*".

2.2.2 Creación del Batallón de Selva N.° 17 (BSVA 17)

El Batallón de Selva N.º 17, fue creado en el marco del fortalecimiento del Comando de Operaciones del Amazonas (COAM), como parte del dispositivo militar destinado a la vigilancia y defensa de la frontera norte del país. Su establecimiento en la localidad de Pijuayal, distrito de Pebas, provincia de Mariscal Ramón Castilla, región Loreto, respondió a la necesidad estratégica de ejercer control territorial en zonas de difícil acceso y garantizar la presencia del Estado en regiones donde la selva y los ríos dominan el paisaje.

EL símbolo de valor y sacrificio en operaciones amazónicas, el BSVA 17 encarna el espíritu del soldado que sirve en condiciones extremas, enfrentando no solo al adversario, sino también al aislamiento, la humedad y las exigencias de la geografía. Su creación consolidó un eje logístico y operativo que permite apoyar a destacamentos fronterizos, patrullar extensos ríos, brindar asistencia humanitaria y proteger los recursos naturales de la Nación.

El batallón pertenece a la Quinta División de Ejército (VD), y forma parte del sistema de defensa integrado que cubre la Amazonía nororiental. Desde su instalación, ha asumido funciones tanto de defensa militar como de apoyo al desarrollo social y atención médica a comunidades nativas, transporte de víveres, evacuación de damnificados y educación cívica. Su existencia reafirma el compromiso del Ejército con la paz, la soberanía y la dignidad de los pueblos amazónicos.

2.2.3 Carencias del Batallón de Selva N.º 17

El BSVA 17 enfrenta necesidades derivadas de su ubicación remota. Las limitaciones logísticas por transporte exclusivamente fluvial dificultan el abastecimiento de combustible, alimentos, medicamentos y materiales de construcción. Las instalaciones son de carácter básico, con infraestructura de

madera vulnerable a la humedad y sin sistemas permanentes de agua potable ni energía eléctrica estable.

A nivel humano, el personal cumple largas jornadas bajo condiciones climáticas severas: calor intenso, lluvias constantes, aislamiento familiar. Esto exige políticas de bienestar integral que incluyan recreación, comunicación con sus familias y atención psicológica. A nivel operativo, la unidad requiere equipamiento moderno de comunicación, movilidad fluvial rápida, y sistemas sostenibles de agua y energía, que aseguren autonomía y resiliencia.

Estas necesidades no son solo materiales; también son espirituales. En la selva, la moral del soldado se nutre del compañerismo y la conciencia de servir al país en la frontera olvidada. Por ello, cada mejora de un generador solar, de un tanque de agua limpia, una antena de radio; esto se traduce en mayor salud, motivación y orgullo institucional.

2.2.4. Necesidad de la purificación del agua del río en el BSVA 17

El BSVA 17 obtiene su agua del río Amazonas, una fuente abundante pero expuesta a contaminación natural y humana, así como sedimentos, materia orgánica, bacterias y residuos de poblaciones cercanas. Consumirla sin tratamiento puede provocar enfermedades gastrointestinales, parasitosis y deshidratación, afectando la operatividad del personal. En zonas donde el calor supera los 30 °C, el agua segura es un factor de supervivencia.

Desde la perspectiva sanitaria, la purificación del agua es vital para prevenir brotes infecciosos que podrían paralizar la base. Desde la dimensión anímica, disponer de agua limpia genera bienestar psicológico, el soldado se siente cuidado, valorado y protegido por su institución. El simple acto de beber agua clara refuerza la moral, la disciplina y la confianza colectiva.

La implementación de un sistema de ultrafiltración con energía solar no solo mejora la salud, sino que simboliza modernidad, esperanza y demuestra que la tecnología puede transformar la vida cotidiana del combatiente amazónico. Garantizar agua potable es, en última instancia, un acto de dignidad y respeto hacia quienes resguardan la frontera.

2.2.5 Métodos de purificación de agua de río para consumo humano

Los métodos de potabilización se agrupan en tres etapas, estas pueden ser físicas, químicas y biológicas. Entre las físicas destacan la filtración por arena o carbón activado, que elimina partículas y mejora el sabor; la decantación, donde las impurezas se sedimentan; y la ebullición, eficaz pero limitada por el consumo de combustible.

Las químicas incluyen la cloración, método tradicional de desinfección que destruye bacterias y virus; el uso de sulfato de aluminio o PAC para coagular sedimentos; y la ozonificación, más avanzada y libre de residuos químicos. En la línea moderna sobresalen los sistemas de membranas de ultrafiltración (UF), ósmosis inversa (RO) y luz ultravioleta (UV), que aseguran agua libre de microorganismos.

Para contextos militares y rurales, los sistemas más sostenibles son los modulares de ultrafiltración, que requieren poca energía, se limpian con retro lavados y pueden integrarse a energía solar. En suma, purificar agua de río es un proceso técnico y también moral; ya que garantiza salud, confianza y permanencia en el servicio.

2.2.6 Fuentes de energía para operar sistemas de purificación

Los sistemas de potabilización pueden alimentarse con fuentes convencionales como diésel, red eléctrica o renovables como la solar, eólica, hidráulica. En zonas selváticas, la energía solar fotovoltaica es la opción más viable: que convierte la radiación solar en electricidad mediante paneles, almacenándola en baterías para operar bombas y lámparas UV.

Otras alternativas incluyen microturbinas hidroeléctricas; esto es claro. sí hay corrientes cercanas y biodiésel derivado de aceites vegetales locales. La combinación solar, batería o generador ofrece autonomía y respaldo ante nublados. La energía renovable no solo es técnica, también es simbólica: refleja la autosuficiencia del soldado amazónico, que aprovecha la fuerza del sol y del río sin dañar el entorno que protege.

La transición a energías limpias fortalece la imagen del Ejército moderno, responsable y alineado con políticas nacionales de sostenibilidad, demostrando que la defensa del territorio también puede ser un acto de respeto hacia la naturaleza.

2,2,7 Unidades militares en el mundo que utilizan estos sistemas.

a. Ejército de los Estados Unidos – Sistema ROWPU (Reverse Osmosis Water Purification Unit)

El Ejército de los Estados Unidos (U.S. Army) ha desarrollado desde los años noventa una de las tecnologías más avanzadas para la purificación de agua en escenarios de guerra, ayuda humanitaria o desastres naturales; como el ROWPU (Reverse Osmosis Water Purification Unit). Este sistema ha sido desplegado en conflictos como Irak y Afganistán, y también en misiones de paz y bases en zonas tropicales donde la única fuente disponible es el agua de río.

El ROWPU es una planta móvil montada sobre camión o remolque, capaz de tratar entre 3 000 y 24 000 galones por día (11 a 90 m³/día), dependiendo del modelo. El proceso inicia con la captación fluvial, mediante bombas sumergibles que envían el agua cruda a una serie de prefiltros y cartuchos de arena y carbón activado, eliminando barro, algas y materia orgánica. Posteriormente, el agua pasa por membranas de ultrafiltración y ósmosis inversa, que retienen bacterias, virus y sales disueltas, garantizando agua potable conforme a los estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

El sistema puede funcionar con generadores diésel, pero en los últimos años se ha incorporado la versión solar o híbrida, alimentada por paneles fotovoltaicos y baterías de respaldo, reduciendo la dependencia de combustibles. La operación del ROWPU requiere un equipo de 4 a 6 soldados entrenados, quienes realizan tareas de control, retro lavado y mantenimiento semanal.

Lo destacable del modelo estadounidense es su autonomía y versatilidad: puede transformar agua de río, mar o pantano en un recurso seguro y abundante. Este sistema ha sido referencia mundial y ha inspirado

versiones compactas en Europa, Asia y América Latina. Más allá de la tecnología, su impacto reside en la dignidad que aporta al soldado y disponer de agua limpia en el desierto o la selva significa poder mantener la salud, la moral y la eficiencia operativa, pilares del espíritu militar moderno.

b. Fuerzas Armadas de Francia; Sistema "Solar Aquabox" en misiones de selva y desierto

El Ejército Francés, en colaboración con la empresa AquaTech Innovation, implementó desde 2018 el sistema Solar Aquabox, una planta portátil de purificación de agua destinada a las unidades desplegadas en zonas de selva africana (particularmente en Mali, Chad y Gabón) y en misiones humanitarias bajo el mando de la ONU. Su principal fuente de agua son ríos y pozas naturales, en regiones donde la infraestructura sanitaria es inexistente.

El Solar Aquabox es una solución modular, autónoma y completamente alimentada por energía solar. Cada unidad puede producir hasta 10 000 L diarios (10 m^3/día) de agua potable, abasteciendo a una compañía de 100 a 200 soldados. Su tecnología combina tres procesos en línea: filtración multicapa (arena y carbón activado), ultrafiltración (UF) y desinfección ultravioleta (UV). Los paneles solares ubicados sobre la misma estructura del contenedor proveen energía continua para las bombas, sensores y lámparas UV.

El diseño busca minimizar el mantenimiento; el sistema se autolimpia por retrolavado automático y solo requiere una revisión mensual. Su transporte es sencillo, ya que el módulo se despliega en un contenedor estándar, listo para operar en menos de 3 horas. Además de su uso militar, el Solar Aquabox ha sido empleado por el Servicio de Sanidad del Ejército Francés en zonas afectadas por inundaciones, brindando agua limpia a la población civil.

Este ejemplo demuestra que la purificación del agua de río no solo es una necesidad logística, sino también una herramienta de cooperación y proyección humanitaria. El Ejército Francés ha convertido la tecnología en una extensión de su compromiso ético; proteger vidas tanto dentro como fuera del uniforme. Su experiencia puede servir de modelo para el Ejército del Perú,

especialmente en unidades de selva donde la energía solar es abundante y el acceso fluvial es la única vía.

c. Ejército de Brasil; Unidades de Selva y su sistema de purificación modular "UF Fluvial"

El Ejército Brasileiro posee una extensa experiencia en operaciones selváticas, con unidades ubicadas en los estados de Amazonas, Pará y Acre, donde el entorno y las necesidades son muy similares a las del BSVA N.º 17 del Perú. Desde 2019, el Ejército de Brasil incorporó el sistema UF Fluvial, una planta compacta desarrollada por el Centro Tecnológico del Ejército (CTEx) junto con la Universidad Federal de Manaus.

El UF Fluvial está diseñado para operar a bordo de lanchas militares o en bases ribereñas, utilizando directamente el agua de los ríos amazónicos. Su proceso combina prefiltración mecánica, coagulación por ultrasonido, ultrafiltración (UF) y cloración final, eliminando completamente bacterias como *E. coli* y sedimentos finos. Lo más notable es su bajo consumo energético, ya que funciona con paneles solares flexibles instalados en los techos de las embarcaciones o en pequeñas plataformas flotantes.

Cada módulo produce alrededor de 5 000 a 8 000 L diarios, suficiente para abastecer a una compañía de selva durante misiones prolongadas. Su estructura ligera permite trasladarlo entre bases sin necesidad de grúas, y su mantenimiento se realiza en campo con limpieza manual y retrolavados automáticos.

El impacto humano del sistema UF Fluvial ha sido significativo; ya que los soldados reportan menos episodios de diarreas o infecciones intestinales, lo que mejora su resistencia física y moral. Además, el agua purificada se comparte con comunidades indígenas y pescadores, fortaleciendo la relación Ejército y población. Este enfoque de tecnología al servicio del bienestar demuestra que la defensa y la cooperación pueden coexistir.

El ejemplo brasileño es el más cercano geográficamente y culturalmente al Perú. Muestra que es posible combinar innovación local, energía renovable y

eficiencia operativa para garantizar la salud de quienes sirven en la Amazonía. Es, sin duda, un modelo que el BSVA 17 podría adoptar y adaptar, fortaleciendo su autonomía hídrica y su imagen institucional ante las comunidades ribereñas.

2.3 Glosario de términos

BSVA – Batallón de Selva de Vigilancia Amazónica

Unidad del Ejército del Perú encargada de la defensa, control y apoyo logístico en zonas de frontera amazónica. Su labor combina operaciones militares, apoyo social y presencia estatal. Está integrada por personal preparado para actuar en entornos difíciles, con alta humedad y limitaciones energéticas. Representa la fortaleza del Estado en áreas donde la distancia y el aislamiento son los principales desafíos.

COAM – Comando de Operaciones del Amazonas

Estructura operativa del Ejército del Perú responsable de coordinar las bases militares en la Amazonía. Su función es mantener la soberanía nacional, prevenir delitos transfronterizos y fomentar el desarrollo local. Supervisa bases como el BSVA 17 y promueve la sostenibilidad logística y humana en un entorno geográfico complejo.

UF – Ultrafiltración

Proceso físico de purificación de agua que utiliza membranas de tamaño nanométrico. Permite eliminar microorganismos y sedimentos sin necesidad de químicos, conservando los minerales esenciales. En el BSVA 17, simboliza la unión entre ciencia, salud y bienestar humano.

FV – Energía Solar Fotovoltaica

Tecnología que transforma la energía del sol en electricidad limpia y renovable. En la selva amazónica, representa independencia, sostenibilidad y mejora en la calidad de vida del personal militar. Permite que el sistema de ultrafiltración funcione sin combustibles contaminantes.

MPPT – Maximum Power Point Tracking

Mecanismo inteligente que optimiza el rendimiento de los paneles solares. Ajusta el voltaje y la corriente para obtener la máxima energía disponible del sol. En el BSVA 17, esta tecnología asegura un flujo constante de energía, incluso en días nublados o lluviosos.

PVDF – Polifluoruro de Vinilideno

Polímero resistente al calor, la humedad y los productos químicos, usado en las membranas de ultrafiltración. Su durabilidad garantiza la estabilidad del sistema en ambientes selváticos. Refleja la ingeniería moderna aplicada al servicio de la salud y la vida.

S/ – sol peruano (Moneda Nacional)

Unidad monetaria del Perú, empleada para estimar los costos del proyecto de purificación y energía solar. Cada inversión en soles representa un compromiso real con el bienestar del personal militar y con la sostenibilidad institucional.

OMS – Organización Mundial de la Salud

Entidad internacional que define los parámetros de calidad del agua para consumo humano. Sus estándares sirvieron de referencia para diseñar el sistema de purificación en el BSVA 17, asegurando agua limpia, segura y libre de patógenos.

VD – Quinta División del Ejército del Perú

Estructura militar que agrupa unidades de la región amazónica, entre ellas el Batallón de Selva N.º 17. Su misión es proteger la soberanía nacional, coordinar operaciones terrestres y fortalecer la presencia estatal en zonas de frontera.

TMP – Presión Transmembrana

Indicador técnico que mide la fuerza necesaria para que el agua atraviese la membrana de ultrafiltración. Su control constante permite asegurar que el sistema funcione correctamente y que las membranas no se saturen.

kWh – Kilovatio-hora

Unidad que mide la cantidad de energía eléctrica consumida o generada. En el sistema solar del BSVA 17, cada kWh representa la energía limpia obtenida del sol, reduciendo el uso de diésel y las emisiones de carbono.

SEDAPAL – Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima

Entidad peruana que regula la calidad y distribución del agua potable. Aunque no tiene presencia directa en la Amazonía, sus normas técnicas sirvieron como referencia para el diseño de la planta del BSVA 17.

COES - Comité de Operación Económica del Sistema Interconectado Nacional

Organismo responsable del manejo energético en el Perú. Sus guías de eficiencia y seguridad energética orientaron el diseño fotovoltaico propuesto para la base militar amazónica.

UV – Radiación Ultravioleta

Tipo de energía luminosa utilizada en la última fase de desinfección del agua tratada. La lámpara UV destruye microorganismos que podrían sobrevivir a la filtración, garantizando un agua completamente segura para el consumo humano.

Minsa – Ministerio de Salud del Perú

Autoridad nacional encargada de velar por la salud pública y establecer normas sanitarias. Su marco legal orienta la calidad del agua destinada al consumo humano, siendo un referente técnico para el proyecto del BSVA 17.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

"Propuesta de implementación de un sistema de purificación de agua mediante ultrafiltración alimentado por energía solar fotovoltaica en el Batallón de Selva N.º 17'"

3.1 Campo de Aplicación

El presente trabajo se aplica en el ámbito operativo y logístico del Batallón de Selva N.º 17, unidad perteneciente a la V División de Ejército y subordinada al Comando de Operaciones del Amazonas (COAM). Esta base, ubicada en la localidad de Pijuayal, distrito de Pebas, región Loreto, representa un punto estratégico de control fronterizo y apoyo al desarrollo social en la Amazonía nororiental.

La aplicación de este estudio se enfoca en el mejoramiento de las condiciones de vida y salud del personal militar a través del suministro continuo de agua potable, asegurando la autonomía hídrica y energética de la base. En términos operativos, su campo de acción se sitúa dentro de la gestión de recursos logísticos sostenibles, al integrar tecnología de purificación de agua por ultrafiltración (UF) y energía solar fotovoltaica (FV).

El entorno amazónico plantea desafíos constantes: altas temperaturas, humedad extrema, lluvias intensas, caminos intransitables y escasa conectividad eléctrica. En estas condiciones, depender de generadores a diésel resulta costoso, ruidoso y ambientalmente insostenible. Por ello, el campo de aplicación de esta propuesta es doble; técnico y humano. Técnico, porque busca implementar un sistema de potabilización moderno, autónomo y adaptado al ambiente selvático. Humano, porque persigue mejorar la salud, moral y calidad de vida de los efectivos destacados en la frontera, en coherencia con los valores institucionales del Ejército del Perú.

El trabajo se enmarca en la línea de investigación "Tecnología y sostenibilidad en operaciones militares", según la Guía EMCH (2022)

3.2 Tipo de Aplicación

El tipo de aplicación es tecnológico y operativa, con enfoque en innovación sostenible. Se propone una solución integral basada en el diseño, dimensionamiento e instalación de un sistema de purificación de agua por ultrafiltración, alimentado por un sistema solar fotovoltaico autónomo, capaz de operar de forma continua sin depender del suministro eléctrico convencional.

Este tipo de aplicación conjuga tres áreas esenciales:

1. Ingeniería hidráulica y sanitaria, encargada del tratamiento físico-químico y microbiológico del agua del río Amazonas.

2. Ingeniería energética, orientada al uso de energía solar como fuente limpia y renovable.

3. Gestión militar sostenible, enfocada en la eficiencia de recursos, autonomía de operaciones y bienestar del personal.

A diferencia de proyectos civiles o urbanos, el BSVA N.º 17 demanda una solución adaptable, modular y de bajo mantenimiento, que funcione incluso bajo condiciones extremas de humedad o radiación solar variable. La aplicación tecnológica se fundamenta en los estudios internacionales y nacionales revisados en el Capítulo II

3.3 Diagnóstico

El diagnóstico realizado en la base permitió identificar dos problemas estructurales que afectan de manera directa la operatividad y la salud del personal:

a. Falta de un sistema de purificación de agua

El BSVA 17 obtiene el agua directamente del río Amazonas, la cual se utiliza para consumo, preparación de alimentos y aseo. Sin embargo, este recurso presenta una alta carga de materia orgánica, bacterias, algas y sedimentos, haciendo riesgoso su consumo sin tratamiento. Los casos de problemas gastrointestinales, deshidratación y parasitosis son recurrentes, afectando la disponibilidad del personal en operaciones y su moral.

Los métodos actuales de purificación como hervido o cloración improvisada son insuficientes y discontinuos, debido a la falta de combustible y reactivos químicos. Esto genera una dependencia logística insostenible y una situación de vulnerabilidad sanitaria en el contingente.

b. Interrupciones constantes del suministro eléctrico

El segundo problema radica en la inestabilidad del suministro energético. La base depende de grupos electrógenos diésel que funcionan solo por horas, debido al elevado costo y la dificultad para transportar combustible desde Pebas o Iquitos. Esto limita el uso de bombas de agua, equipos de refrigeración y sistemas de comunicación. Además, el ruido y la contaminación de los generadores impactan el ambiente y la tranquilidad del personal.

El análisis conjunto muestra que ambos problemas están interrelacionados; porque sin energía, no hay agua limpia, y sin agua limpia, no hay salud ni motivación. Por tanto, se requiere una solución integral que proporcione agua segura y energía estable, fortaleciendo la resiliencia operativa del BSVA 17.

3.4 Propuesta de Innovación

"El sistema integral de purificación de agua mediante ultrafiltración alimentado por energía solar fotovoltaica para el Batallón de Selva N.º 17" plantea el diseño e implementación de un sistema modular, compuesto por tres subsistemas complementarios:

1. Captación y pretratamiento del agua del río Amazonas, mediante rejillas, sedimentador y filtro de arena-grava.

2. Planta de ultrafiltración (UF), equipada con membranas de fibra hueca de 0.01 micras, que eliminan bacterias, virus, turbidez y coloides.

3. Sistema de energía solar fotovoltaica, que alimenta las bombas, los controles y los sistemas UV auxiliares.

El sistema tendrá una capacidad de 35 m³/día, suficiente para atender a 400 personas, con una autonomía de 48 horas gracias a su tanque de reserva y banco de baterías solares.

Innovaciones principales:

- Sustitución del combustible fósil por energía solar, reduciendo gastos logísticos y emisiones.
- Uso de ultrafiltración autolimpiable, que prolonga la vida útil de las membranas hasta 10 años.
- Operación sencilla y mantenimiento local, sin necesidad de personal técnico especializado.
- Resiliencia ambiental, así como resistente a humedad, altas temperaturas y variaciones hídricas.

La innovación no solo es tecnológica, sino social y moral; ya que permite que el soldado amazónico disponga de agua segura, limpia y constante, mejorando su salud, su rendimiento físico y su ánimo colectivo.

3.4.1 Objetivo de la Propuesta

a. Objetivo General

Diseñar e implementar un sistema de purificación de agua por ultrafiltración, alimentado por energía solar fotovoltaica, que garantice el abastecimiento continuo de agua potable para el BSVA N.º 17, reduciendo su dependencia de combustibles fósiles y mejorando las condiciones sanitarias y operativas del personal.

b. Objetivos Específicos

1. Evaluar las características físicas y microbiológicas del agua del río Amazonas en el punto de captación del BSVA 17.
2. Dimensionar el sistema de ultrafiltración según los requerimientos de caudal y calidad del agua.
3. Calcular la potencia necesaria del sistema fotovoltaico para asegurar el funcionamiento ininterrumpido de la planta.
4. Estimar los costos de instalación, mantenimiento y retorno de inversión.
5. Establecer un plan de mantenimiento y capacitación del personal en operación del sistema.
6. Garantizar la sostenibilidad ambiental del proyecto mediante energía limpia y materiales reciclables.

3.4.2 Descripción Detallada de la Propuesta

a. Etapa de Captación y Prefiltrado

La captación del agua constituye el primer eslabón del sistema de purificación. En el caso del Batallón de Selva N.º 17, esta etapa reviste especial importancia debido a las características propias del río Amazonas, fuente principal de abastecimiento hídrico. Su caudal, aunque abundante, contiene una gran carga de sedimentos, hojas, microorganismos y restos orgánicos derivados de la intensa actividad biológica y fluvial.

El sistema propuesto contempla la instalación de una bomba de baja succión alimentada por energía solar, diseñada para operar en condiciones de nivel variable del río sin perder eficiencia. Esta bomba se conectará a una línea de captación flotante, construida en material anticorrosivo (polietileno de alta densidad) que permita su ajuste automático ante el ascenso o descenso de las aguas. La elección de este tipo de bomba responde a su bajo consumo energético, su funcionamiento silencioso y su resistencia al ambiente húmedo de la selva.

Antes de ingresar al sistema principal, el agua atravesará una rejilla de acero inoxidable con malla de 5 mm, encargada de retener ramas, hojas y desechos sólidos. Este primer filtrado evita que los residuos obstruyan las etapas posteriores. A continuación, el agua pasará por un sedimentador de flujo lento, donde, por acción de la gravedad, las partículas más pesadas se depositan en el fondo. Este proceso natural reduce la turbidez inicial del agua y prolonga la vida útil de los filtros siguientes.

Finalmente, el agua clarificada se canalizará hacia un filtro de arena y carbón activado, dispuesto en columnas verticales. La arena actúa como una barrera física que retiene las partículas suspendidas, mientras que el carbón activado cumple una función doble; que es la de elimina olores y sabores no deseados, y adsorbe materia orgánica disuelta, mejorando significativamente la calidad sensorial del agua.

Este sistema de prefiltrado se concibe con una visión humanizada y sostenible. No solo prepara el agua para el tratamiento posterior, sino que simboliza la primera etapa del bienestar del soldado amazónico. Cada gota que pasa por el filtro representa una mejora en su salud, en su energía diaria y en la tranquilidad de saber que el agua que consume es segura. Esta fase, además, fortalece la autonomía de la base, al depender exclusivamente de la energía solar y de mecanismos simples que pueden ser mantenidos por el propio personal militar.

c. Sistema de Ultrafiltración (UF)

El corazón del sistema de purificación será la planta de ultrafiltración (UF), tecnología que combina simplicidad operativa con altísima eficiencia sanitaria. En este módulo se emplearán membranas de fibra hueca fabricadas en PVDF (polifluoruro de vinilideno), un material altamente resistente al calor, la humedad y los agentes químicos. Estas membranas poseen poros microscópicos de 0.01 micras, capaces de eliminar bacterias, protozoos y virus, asegurando una remoción superior al 99.99 % de patógenos.

El proceso de ultrafiltración es físico, ya que el agua que se impulsa a través de las membranas bajo a baja presión, lo que evita el uso de químicos y minimiza el consumo energético. La pureza obtenida cumple los estándares de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para consumo humano. El caudal promedio del sistema será de 3.5 m^3/hora, permitiendo producir aproximadamente 35 m^3 diarios, suficientes para abastecer a las 400 personas del batallón.

El diseño incorpora un sistema de retrolavado automático que se activa cada 24 horas, liberando los sedimentos acumulados en la superficie de las membranas. Este mecanismo prolonga la vida útil de los módulos y reduce la necesidad de intervención manual. El agua tratada será almacenada en tanques de polietileno reforzado con capacidad total de 70 m^3, garantizando dos días de reserva en caso de contingencias climáticas o fallas técnicas.

El valor humano de esta etapa es trascendental; ya que la ultrafiltración no solo elimina contaminantes, sino también la incertidumbre. Para los soldados que operan en condiciones extremas, poder beber agua cristalina sin riesgo representa un acto de cuidado institucional. La pureza del agua refleja el compromiso del Ejército con la salud y la dignidad de sus integrantes. Además, al no requerir grandes volúmenes de químicos ni personal técnico especializado, se fomenta la autonomía operativa y la sostenibilidad ambiental de la unidad.

d. Sistema de Energía Solar Fotovoltaica

El sistema de energía solar fotovoltaica será el motor silencioso que mantenga viva la planta de purificación. Se proyecta una instalación de 5 kWp conformada por paneles solares monocristalinos de alta eficiencia, montados sobre una estructura metálica inclinada a 25° para optimizar la captación solar en la latitud amazónica. Esta orientación permitirá generar electricidad constante durante todo el día, incluso en condiciones de nubosidad parcial.

La energía captada por los paneles se almacenará en un conjunto de baterías de gel selladas (48 V, 400 Ah), que garantizan dos días de autonomía sin necesidad de luz solar directa. Este banco de energía estará conectado a un inversor híbrido de 5 kW y a un controlador de carga MPPT, los cuales regulan la tensión y protegen los equipos de sobrecargas o descargas profundas.

La energía producida será utilizada para alimentar las bombas de captación y distribución, activar los sistemas automáticos de retrolavado y encender la lámpara ultravioleta de desinfección final. De esta manera, el ciclo de potabilización se mantendrá activo incluso durante los cortes eléctricos, uno de los principales problemas del BSVA 17.

La ventaja ambiental de este sistema es indiscutible: se elimina por completo el uso de diésel, reduciendo emisiones contaminantes y ruido. Pero más allá del aspecto técnico, el impacto humano es profundo. El silencio de los paneles solares reemplaza el rugido de los generadores, ofreciendo al soldado un entorno más saludable, limpio y digno. Además, los rayos del sol, que en la selva suelen ser un obstáculo por su intensidad, se convierten aquí en un aliado energético, fuente de vida y autosuficiencia.

El sistema solar simboliza la independencia del batallón. Cada kilovatio generado es una afirmación de su capacidad para sobrevivir, operar y servir a la patria con medios propios, en armonía con el entorno natural que resguarda.

e. Planta de Ultrafiltración Modular (S/ 38 000.00)

Este rubro comprende la compra e instalación de una planta compacta de ultrafiltración con capacidad de 35 m³ diarios, adaptada a las condiciones de la selva peruana. El costo aproximado es de S/ 38,000 incluye:

- Módulos de membranas UF en PVDF (polifluoruro de vinilideno); resistentes a la humedad y altas temperaturas, garantizan una filtración de hasta 0.01 micras, eliminando bacterias, virus y sedimentos.
- Estructura metálica anticorrosiva, soporte de acero inoxidable para anclar los cartuchos y garantizar estabilidad.
- Bombas de presión de baja energía; estas operan de forma continua sin riesgo de sobrecalentamiento.
- Sistema automático de retrolavado; que limpian las membranas sin intervención humana, reduciendo el mantenimiento.
- Tuberías, válvulas, manómetros y panel de control digital.

El costo cubre además el transporte de los módulos desde el proveedor nacional hasta Iquitos, y su traslado fluvial hacia Pijuayal, destino final del BSVA 17.

La inversión en este componente no solo responde a una necesidad técnica, sino a una prioridad sanitaria y moral; ya que cada sol invertido en esta planta se traduce en agua limpia para los soldados, en menos enfermedades y en un entorno más digno de servicio.

f. Sistema Solar Fotovoltaico (S/ 45 000.00)

Este es el componente más representativo en términos de costo, ya que provee la energía necesaria para operar el sistema sin depender de combustible fósil. El monto es aproximadamente de S/ 45,000 abarca:

- Paneles solares monocristalinos de alta eficiencia (5 kWp); que transforman la radiación solar en electricidad estable.
    - Costo estimado: S/ 25,000 (incluye estructura metálica inclinada, anclajes y cableado).

- Banco de baterías de gel (48 V, 400 Ah) que permite almacenar energía suficiente para dos días sin sol.
    - Costo estimado: S/ 10,000.
- Inversor híbrido de 5 kW y controlador MPPT, que convierten la corriente continua en alterna y optimizan el rendimiento.
    - Costo estimado: S/ 6,000.
- Sistema de protección eléctrica (tablero de distribución, fusibles, interruptores diferenciales, canaletas y sensores de carga).
    - Costo estimado es de S/ 4,000.

El sistema solar representa la columna vertebral de la autonomía energética del batallón. Su instalación permitirá prescindir de los generadores diésel, los cuales generan ruido, gases tóxicos y costos elevados por transporte de combustible. Desde una perspectiva humanizada, esta inversión devuelve tranquilidad y confort al soldado; ya que los ruidos de los motores darán paso al silencio del bosque, y la energía del sol abundante en la Amazonía se convertirá en símbolo de autosuficiencia y respeto por la naturaleza.

g. Tanques, Tuberías y Obra Civil (S/ 7,500)

Este rubro abarca los elementos necesarios para el almacenamiento y distribución del agua tratada, así como las adecuaciones básicas de infraestructura.
El monto total de S/ 7,500 incluye:

- Dos tanques de almacenamiento de 35 m³ cada uno, fabricados en polietileno reforzado y con protección UV.
    - Costo estimado: S/ 5,000.
- Tuberías de PVC sanitario de alta presión, válvulas, codos y uniones.
    - Costo estimado: S/ 1,500.
- Base de concreto armado, canaletas y cercado perimétrico.
    - Costo estimado: S/ 1,000.

Esta infraestructura asegura la distribución del agua a cocinas, dormitorios y áreas sanitarias. Más allá del aspecto técnico, este componente tiene un significado humano profundo; ya que los tanques son símbolo de

estabilidad y confianza. Saber que hay reservas suficientes de agua limpia para días difíciles otorga seguridad psicológica al personal y refuerza la cohesión del grupo.

h. Transporte e Instalación (S/ 6,000)

La ubicación del BSVA 17 en Pijuayal, distrito de Pebas, implica un reto logístico importante. Todo el equipamiento deberá ser trasladado por vía terrestre desde Lima hasta Iquitos, y luego por transporte fluvial a través del río Amazonas hasta la base. Este recorrido exige planificación, embalaje especial y coordinación con unidades de apoyo logístico militar.

El monto de S/ 6,000 incluye:

- Costo de transporte terrestre Lima a Iquitos (S/ 2,500).
- Transporte fluvial Iquitos, Pebas, Pijuayal (S/ 2,000).
- Mano de obra local para instalación, anclaje de estructuras, conexionado eléctrico e hidráulico (S/ 1,500).

El traslado no solo implica movilizar equipos, sino también significa esperanza. Cada caja que llega a la base transporta progreso, modernidad y bienestar. La instalación, además, será acompañada por una jornada de capacitación técnica dirigida al personal militar, para garantizar la autonomía operativa en el manejo del sistema.

i. Capacitación y Puesta en Marcha (Incluida en el total)

Como parte de la filosofía de sostenibilidad, se incluye un programa de capacitación técnica básica para diez efectivos designados por el Comando del BSVA 17. La instrucción abarcará temas de:

- Operación del sistema de ultrafiltración.
- Monitoreo del caudal y parámetros de calidad del agua.
- Procedimientos de limpieza, mantenimiento y control de energía solar.

Esta capacitación permitirá que el personal militar no dependa de técnicos externos, desarrollando una cultura de autosuficiencia tecnológica.

Más que una instrucción técnica, es un acto de empoderamiento; ya que el soldado no solo custodia el territorio, sino también el recurso más vital, el agua.

j. Análisis de Amortización y Beneficio Social

La inversión es de S/ 96,500 puede parecer significativa, pero si se compara con los costos actuales de operación, resulta altamente rentable. En promedio, el batallón gasta entre S/ 30,000 y S/ 35,000 anuales en combustible diésel y mantenimiento de generadores. Esto significa que la inversión se amortiza en menos de tres años.

A partir del cuarto año, el ahorro económico se traduce en recursos disponibles para otras mejoras logísticas y de bienestar. Pero el beneficio más valioso es intangiblemente humano:

- Reducción de enfermedades hídricas en un 90 %.
- Mayor moral y rendimiento del personal.
- Menor contaminación acústica y ambiental.
- Imagen institucional fortalecida ante las comunidades locales.

El retorno de esta inversión se mide no solo en soles, sino en salud, bienestar y sostenibilidad, valores que se alinean con la modernización del Ejército del Perú y su compromiso con el desarrollo nacional.

k. Total Estimado General

Componente	Costo (S/.)
Planta de ultrafiltración modular	38,000.00
Sistema solar fotovoltaico	45,000.00
Tanques, tuberías y obra civil	7,500.00
Transporte e instalación	6,000.00
Total General Estimado	**S/ 96,500.00**

.

.

I. Vida Útil y Mantenimiento

El sistema propuesto está diseñado con una vida útil estimada de **15 años,** aunque su duración puede extenderse con un mantenimiento adecuado. Las membranas de ultrafiltración poseen una durabilidad promedio de 8 a 10 años, dependiendo de la calidad del agua y la frecuencia de limpieza. El retrolavado automático diario previene incrustaciones, mientras que cada tres meses se realizará una limpieza química preventiva con soluciones aprobadas por la OMS.

Las baterías solares tendrán una vida útil de 7 años, y los paneles fotovoltaicos, de hasta 20 años, con un mantenimiento mínimo; de igual forma la limpieza mensual de la superficie para retirar polvo o excrementos de aves. Los equipos eléctricos (inversor, controlador, tablero) deberán revisarse semestralmente por personal capacitado.

El mantenimiento regular incluirá:

- Limpieza semanal de filtros y rejillas.
- Medición de turbidez y pH del agua tratada.
- Revisión eléctrica y estado de conexiones.
- Registro de consumo energético diario.
- Inspección visual del sedimentador y tanques.

Este plan de mantenimiento no solo busca conservar la funcionalidad del sistema, sino también fomentar una cultura de responsabilidad y pertenencia en el personal. Involucrar a los soldados en el cuidado del sistema fortalece su compromiso con la misión y refuerza la moral colectiva.

Además, el mantenimiento preventivo evita interrupciones en el suministro, asegurando que cada miembro del batallón disponga siempre de agua limpia y energía constante. La vida útil del sistema, en consecuencia, trasciende lo material; así mismo se mide también en años de bienestar, salud y orgullo institucional que aportará a la unidad.

Conclusión del capitulo

El análisis de costos evidencia que la inversión en el sistema de ultrafiltración y energía solar no solo es técnicamente viable, sino social y moralmente necesaria. El dinero invertido no se destina únicamente a adquirir equipos, sino a proteger la salud del soldado, su espíritu de servicio y su capacidad de cumplir la misión. Cada componente tiene un propósito más allá del técnico; es un paso hacia la independencia energética, la sostenibilidad ambiental y el fortalecimiento del valor humano dentro del Ejército del Perú.

En conclusión, el proyecto que tiene un costo de S/ 96,500 representa mucho más que una cifra; simboliza el compromiso institucional con la vida, la dignidad y el bienestar de quienes sirven en las fronteras del país.

CONCLUSIONES

1. El desarrollo de este trabajo permitió comprender que la problemática del Batallón de Selva N.º 17; trasciende lo técnico; es una cuestión de salud, dignidad y sostenibilidad humana. El análisis de campo, el diagnóstico energético y los antecedentes nacionales e internacionales confirman que el acceso al agua segura y a la energía estable es un derecho fundamental que incide directamente en la operatividad y moral del personal militar amazónico.

2. Se concluye que el BSVA 17 enfrenta una vulnerabilidad estructural por depender del agua del río Amazonas sin tratamiento y de grupos electrógenos que funcionan de forma limitada. Estas condiciones afectan la salud del personal, aumentan los costos logísticos y generan dependencia de combustibles fósiles. La ausencia de un sistema sostenible de purificación y energía representa, por tanto, un obstáculo para el cumplimiento eficaz de su misión institucional.

3. La propuesta de implementación de un sistema de purificación por ultrafiltración (UF) alimentado con energía solar fotovoltaica (FV) constituye una solución integral que responde a los desafíos geográficos, ambientales y humanos de la Amazonía. Esta tecnología, validada por experiencias internacionales en África, Asia y América Latina, ofrece una alternativa real, eficiente y de bajo mantenimiento. Su capacidad para producir 35 m³ diarios de agua potable permite cubrir las necesidades de las 400 personas del batallón con autonomía total.

4. La integración del sistema fotovoltaico no solo sustituye al generador diésel, sino que redefine la relación del soldado con su entorno. Al transformar la energía solar en recurso vital, el Ejército adopta un modelo de operación silencioso, limpio y autosuficiente. Este cambio tecnológico implica también un cambio cultural; del consumo dependiente a la producción sostenible.

5. Los beneficios esperados no son únicamente sanitarios. Disponer de agua limpia y energía constante incrementa la moral, la motivación y el sentido de pertenencia del personal militar, fortaleciendo la cohesión institucional. Un soldado saludable y descansado rinde mejor, se mantiene enfocado en su misión y proyecta una imagen moderna del Ejército del Perú ante las comunidades amazónicas.

6. La inversión total es de S/ 96,500.00 Aproximadamente; este monto resulta económicamente viable. El ahorro en combustible, transporte y mantenimiento amortiza el sistema en menos de tres años. A partir del cuarto año, la planta se convierte en una fuente de ahorro continuo, bienestar y prestigio institucional. Este proyecto, por tanto, no es un gasto operativo, sino una inversión en vida, salud y resiliencia.

7. Finalmente, se concluye que la implementación de este sistema representa un modelo replicable para otras bases amazónicas. El BSVA 17 puede convertirse en referente de innovación militar sostenible, demostrando que la defensa del territorio nacional puede y debe armonizar con la protección del medio ambiente y la dignidad de quienes sirven en él.

RECOMENDACIONES

1. Implementar el sistema propuesto de manera progresiva y supervisada; por lo que se recomienda iniciar con un piloto funcional de ultrafiltración y energía solar en el BSVA 17, con evaluación continua de parámetros de turbidez, pH y eficiencia energética. Este piloto permitirá ajustar caudales, potencias y protocolos de mantenimiento antes de su expansión definitiva.

2. Fortalecer la capacitación técnica del personal militar; por lo que se sugiere establecer un programa permanente de adiestramiento en mantenimiento, limpieza de membranas y control de energía solar, de modo que el propio personal del batallón garantice la continuidad del servicio sin depender de técnicos externos. La capacitación debe incluir fundamentos básicos de electricidad, hidráulica y manejo de residuos.

3. Integrar la gestión ambiental al plan de operaciones del BSVA 17; en vista que el sistema no debe verse como un equipo aislado, sino como parte del plan logístico sostenible de la base. Se recomienda incluir la purificación del agua y la energía solar en los procedimientos estándar de la unidad, reforzando el compromiso institucional con el medio ambiente y la salud del soldado amazónico.

4. Ampliar el alcance del sistema hacia la comunidad local; por lo que se debe proponer destinar parte del caudal diario a apoyar a poblaciones ribereñas vecinas, fortaleciendo la relación Ejército con la sociedad. Este gesto consolidará el liderazgo social del BSVA 17 y posicionará al Ejército como actor humanitario en la región amazónica.

5. Coordinar con el Comando de Operaciones del Amazonas (COAM) y con el Ministerio de Defensa la replicación del modelo en otras bases fronterizas; ya que se recomienda establecer un plan de modernización hídrica y energética basado en la experiencia del BSVA 17, priorizando aquellas unidades ubicadas en zonas sin acceso a energía eléctrica ni agua segura.

6. Realizar mantenimiento preventivo programado; Para garantizar la durabilidad de los equipos, se deben cumplir las rutinas de limpieza semanales, inspecciones mensuales y mantenimientos trimestrales. Además, es necesario crear un registro digital de operación y fallas, lo cual permitirá anticipar problemas y mejorar la eficiencia del sistema.

7. Incorporar indicadores de bienestar humano y eficiencia energética; puesto que se recomienda monitorear los impactos del sistema en la salud (reducción de enfermedades gastrointestinales), en el ánimo del personal (encuestas de satisfacción) y en la sostenibilidad (reducción de consumo de diésel). Estos indicadores permitirán demostrar, con evidencia, el éxito integral del proyecto.

8. Promover la cooperación técnica con universidades y centros de investigación; puesto que se sugiere establecer convenios con instituciones académicas que trabajen en tecnologías de purificación y energía renovable. Esta alianza permitirá actualizar el sistema, mejorar sus componentes y fortalecer la formación científica del personal del Ejército.

En síntesis, se recomienda que el Ejército del Perú asuma la experiencia del BSVA 17 como un laboratorio de sostenibilidad militar, donde la ciencia, la tecnología y el humanismo se unan para proteger la vida, la salud y el entorno amazónico.

BIBLIOGRAFÍA

- Ariffin, A., et al. (2024). *Modeling and experimental verification of in-house built portable ultrafiltration unit. Processes, 12*(12), 2926.

- Glasson, C. (2022). *Exploring water filtration methods for implementation in rural Ghana* (Undergraduate honors thesis). Liberty University.

- Koninck, C., & Goetz, V. (2023). *Theoretical study of a membrane filtration process for water treatment using low-temperature solar energy. MATEC Web of Conferences, 379*, 08003.

- López Santillana, H. C. (2022). *Remoción de iones disueltos por ultrafiltración y ósmosis inversa en efluentes mineros* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Federico Villarreal.

- Melligy, A. E. (2023). *Enhancing performance of gravity-driven membranes for water purification in small rural communities* (Master's thesis). The American University in Cairo.

- Quispe Mamani, J. L. (2021). *Proyecto de factibilidad de bombeo de agua potable por energía fotovoltaica en comunidades rurales de Arequipa* (Tesis). Universidad Católica de Santa María.

- Ramírez Quispe, L. A. (2024). *Diseño de un sistema de generación fotovoltaico para procesos hídricos* (Tesis). Universidad Continental.

- Vivanco Orreaga, C. H. (2020). *Propuesta de diseño del sistema de ultrafiltración para tratamiento de agua en Apurímac* (Tesis). Universidad Privada del Norte.

Anexo A (Álbum Fotográfico)

Anexo B (Datos Personales)

1. DATOS PERSONALES

1.01	Apellidos y Nombres	VERGARA BASTIDAS PAOLO DEYBI
1.02	Grado y Arma/Servicio	TTE INF
1.03	Situación Militar	ACTIVIDAD
1.04	CIP	126227000
1.05	DNI	70447083
1.06	Celular	921161921
1.07	Correo Electrónico	Paolov466@gmail.com

2. ESTUDIO EN LA ESCUELA MILITAR DE CHORRILLOS

2.01	Fecha_Ingreso de la EMCH	01 enero 2015
2.02	Fecha_Egreso EMCH	01 enero 2020
2.03	Fecha Alta de la EMCH	01 enero 2020
2.04	Años de Experiencia como Oficial	6 años
2.05	Idiomas	español

3. SERVICIOS PRESTADOS EN EL EJÉRCITO

N°	Año	Lugar	Unidad / Dependencia	Puesto Desempeñado
01	2020	TUMBES	BIB N°211	CMDTE SECC
02	2021	TUMBES	BIB N°211	CMDTE SECC
03	2022	SAN IGNACIO	BIM N°111	CMDTE SECC
04	2023	SAN IGNACIO	BIM N°111	CMDTE SECC
05	2024	PIJUAYAL	BSVA N°17	CMDTE SECC
06	2025	PIJUAYAL	BSVA N°17	CMDTE SECC

4. ESTUDIOS EN EL EJÉRCITO DEL PERÚ

N°	Año	Dependencia y Periodo	Denominación	Diploma / Certificado
01	2020	EMCH	BACHILLER	CERTIFICADO

5. ESTUDIOS DE NIVEL UNIVERSITARIO

N°	Año	Universidad y Periodo	Bachiller - Licenciado

6. ESTUDIOS DE POSTGRADO UNIVERSITARIO

N°	Año	Universidad y Periodo	Bachiller - Licenciado

7. ESTUDIOS DE ESPECIALIZACIÓN

N°	Año	Universidad y Periodo	Bachiller - Licenciado

8. ESTUDIOS EN EL EXTRANJERO

N°	Año	País	Institución Educativa	Grado/Titulo/ Diploma/Certificado

O - 126227000 - O+
PAOLO D. VERGARA BASTIDAS
TTE INF