

ESCUELA MILITAR DE CHORRILLOS

“CORONEL FRANCISCO BOLOGNESI”



**“DISEÑO DE UN SISTEMA HIDROCINÉTICO RENOVABLE PARA LA CONTINUIDAD
OPERATIVA DEL BATALLÓN DE SELVA N° 49 – CABALLOCOCHA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
LICENCIADO EN CIENCIAS MILITARES CON MENCIÓN EN ADMINISTRACIÓN**

Autor

RONALDO VILCA TORRES

(0009-0009-5906-0132)

Lima – Perú

2025

8% Similitud general

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

Fuentes principales

- 7%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 5%  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 querida madre, por su amor incondicional, su fortaleza y su ejemplo de vida. Gracias por enseñarme que el esfuerzo y la fe siempre abren camino. Este logro es reflejo de sus sacrificios y de su inmenso corazón. Cada página de este trabajo lleva su inspiración y su ternura. Con gratitud eterna, le dedico este esfuerzo con todo mi amor.

AGRADECIMIENTO

A los valerosos soldados del Batallón de Selva N° 49 Caballococha, ejemplo de entrega y sacrificio por la patria.

Su fortaleza y espíritu inquebrantable en medio de la selva inspiran respeto y admiración. Cada jornada cumplida con honor refleja el verdadero amor al Perú.

Este trabajo es un humilde reconocimiento a su esfuerzo silencioso y constante. Gracias por servir con valor, disciplina y lealtad al Ejército del Perú.

Contenido

ÍNDICE	¡Error! Marcador no definido.
RESUMEN	8
INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO I	11
INFORMACIÓN GENERAL	11
1.1 Descripción de la Dependencia o Unidad	11
1.2 Tipo de Actividad que Desarrolló.....	11
1.3 Lugar y Fecha	12
1.4 Misión de la Unidad.....	13
1.5 Visión de la Unidad.....	13
1.6 Funciones del Puesto que Ocupó.....	14
1.6.1 Comandante de Compañía	14
1.6.2 Oficial de Logística (S-4)	14
1.7 Consideraciones Finales del Capítulo	15
CAPÍTULO II	16
2.1 ANTECEDENTES	16
2.1.1 Antecedentes internacionales	16
2.1.2 Antecedentes Nacionales	18
2.2 Base teórica.....	21
2.2.1 Origen y razón de ser de los batallones de selva.....	21
2.2.2 Funciones de un Batallón de Selva.....	22
2.2.3 Continuidad operativa y priorización simple	23
2.2.4 El río y el sol como recursos vivos	23

2.2.5 Hidrocinética	24
2.2.6 Brazos replegables y canal protegido	25
2.2.7 Arquitectura de microred y dimensionamiento orientativo	25
2.2.8 Almacenamiento de energía.....	26
2.2.9 Complemento fotovoltaico en selva	26
2.2.10 Captación y pretratamiento del agua superficial.....	27
2.2.11 Normativa y permisos (reglas que cuidan a todos)	27
2.2.12 Evaluación tecnoeconómica con sentido práctico	28
2.2.13 Operación y mantenimiento en selva	28
2.2.14 Gestión ambiental y social.....	28
2.2.15 Metodologías sencillas para elegir tecnología.....	29
2.2.16 Indicadores y metas del proyecto.....	29
2.3 Glosario de Términos	30
CAPÍTULO III	33
DESARROLLO DEL TEMA	33
3.1 Campo de aplicación.....	33
3.2 Tipo de aplicación	34
3.3 Diagnóstico con línea de base	35
3.4 Propuesta de innovación.....	36
3.4.1 Objetivo general y objetivos específicos de la propuesta	37
3.4.2 Descripción simple de la propuesta	38
3.5 Magnitud e impacto esperado.....	39
3.6 Operación de mantenimiento y seguridad	40
3.7 Plan de implementación por fases.....	40
3.8 Indicadores y verificación	41
CONCLUSIONES	43

RECOMENDACIONES	45
BIBLIOGRAFÍA	47
Anexo A: Álbum Fotográfico	48
Anexo B: Álbum de Fotos de proyectos similares	49
Anexo C: Datos Personales	51

RESUMEN

La recolección de datos para este Trabajo de Suficiencia Profesional se desarrolla en el Batallón de Selva N° 49, asentado en Caballococha, corazón de la Amazonía peruana y nodo de la triple frontera. En ese escenario ribereño, el objetivo general es diseñar y poner en marcha una solución energética renovable que asegure, ante cortes frecuentes de la red pública, la continuidad de los servicios críticos de una unidad de doscientas personas aproximadamente; como son las comunicaciones, iluminación perimetral y cocina. La propuesta articula un brazo hidráulico artificial con compuerta y rejas que conduce un caudal manejable hacia turbinas protegidas, integrado a una Microred con apoyo fotovoltaico y reserva de baterías. El enfoque se alinea con la misión y vida cotidiana de la unidad descritas en el Capítulo I.

El problema observado es concreto y recurrente; cuando falla el fluido eléctrico, el grupo electrógeno se enciende tres o cuatro horas al atardecer, con ruido, desgaste y un consumo de combustible que tensiona el presupuesto. Además, la variabilidad del río y la distancia logística exigen soluciones mantenibles con manos propias. Frente a ello, el Capítulo III plantea una innovación sobria; que consiste en captar una fracción del Amazonas por un brazo lateral, para filtrar la palizada con rejas, aquietar sedimentos en una cámara tranquila y convertir la corriente en electricidad silenciosa, reservando el diésel para contingencias y no para hábitos nocturnos.

Tras aplicar la estrategia por fases (toma, compuerta, rejas, turbinas, Microred), se obtienen y se sostienen resultados que se sienten en la vida diaria; reducción notoria de las horas de motor y del gasto mensual en combustible; continuidad del bombeo, retrolavados y desinfección; cadena de frío estable; comunicaciones sin interrupciones; y un descanso nocturno más silencioso. El Capítulo II respalda técnicamente la escala humana de la solución que consta de tres módulos hidrocínéticos de 5 kW cada uno, de 12 a 18 kWp en techos, y de 80 a 120 kWh útiles de reserva y la priorización de cargas críticas. En conjunto, el trabajo transforma la ansiedad por los apagones en una cultura de servicio serena y predecible.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo nace de la experiencia cotidiana de una unidad de frontera que, cuando la luz pública se corta, depende cada noche del encendido de un motor. No es solo un asunto técnico; es una historia de personas que necesitan descansar, cocinar a tiempo, mantener la cadena de frío y sostener comunicaciones sin sobresaltos. En Caballococha, donde la selva manda el ritmo y la logística se hace por agua, toda decisión energética debe poder sostenerse con las propias manos. Por eso, la propuesta que aquí se presenta busca transformar un hábito ruidoso y costoso en una práctica silenciosa y confiable, coherente con la misión del Batallón de Selva N° 49 y con su entorno ribereño.

El punto de partida se describe en el Capítulo I; en un batallón amazónico que custodia la frontera y acompaña a su población, en una geografía que impone retos de acceso, clima y distancia. En ese marco, el trabajo asume una meta clara; que es la de asegurar, con fuentes renovables, la continuidad de los servicios que no pueden fallar a escala de doscientas personas.

Esa meta se concreta en un brazo hidráulico artificial que toma una fracción del Amazonas, ordena su paso con compuerta, protege con rejas, aquietta sedimentos y mueve turbinas ubicadas en un tramo accesible, devolviendo luego el agua al río sin alterar su curso principal. El resultado esperado no es una promesa grandilocuente, sino un cotidiano confiable; luz donde importa, comunicaciones estables y menor dependencia del diésel.

El Capítulo I presenta la unidad y las funciones desempeñadas; el Capítulo II integra antecedentes y bases teóricas; el Capítulo III desarrolla diagnóstico, propuesta, objetivos, operación, fases e indicadores; y, finalmente, se cierran conclusiones, recomendaciones y bibliografía.

El Capítulo II ofrece el sostén conceptual y práctico a una escala humana, un diseño para doscientas personas aproximadamente se proponen tres módulos hidrocínéticos de 5 kW cada uno: con una columna base y silenciosa, y un complemento fotovoltaico en techos de 12 a 18 kWp que acompaña los picos del día y una reserva útil entre 80 y 120 kWh que da respiro en la madrugada. Esta arquitectura no busca exhibición, busca permanencia. Se organiza con prioridades

visibles como es el agua y comunicaciones primero; luego perímetro y cocina; después, lo que puede esperar, como manuales breves por turno y registros sencillos que cualquiera puede recoger y entender.

El Capítulo III traduce la teoría en ribera; por lo que sitúa la toma en un tramo que no interfiera con la navegación, diseña pasarelas con barandas y puntos de izaje para operar sin riesgos, fija un calendario de operación y mantenimiento como revisión de rejas y compuerta, limpieza segura, chequeos en sala eléctrica y propone una implementación por fases. Primero, brazo corto con compuerta y rejas, dos turbinas y conexión a microred; luego, ampliación a tres módulos, fortalecimiento del almacenamiento y ajuste del apoyo solar; por último, estandarización de repuestos y consolidación de la cuadrilla interna. Se acompañan indicadores que cuentan una historia útil, que son horas de motor evitadas, combustible ahorrado, continuidad de agua y estabilidad de comunicaciones.

Así, el trabajo se compromete con una mejora tangible de la vida diaria del cuartel; con menos ruido en la noche, más previsibilidad para la cocina y la enfermería, más seguridad en el perímetro y una relación más respetuosa con la ribera. En definitiva, se trata de pasar de la urgencia a la solvencia, con una solución que conversa con el río y con la gente.

CAPÍTULO I

INFORMACIÓN GENERAL

1.1 Descripción de la Dependencia o Unidad

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional se desarrolla en el Batallón de Selva N° 49 (BSVA N.º 49), una unidad orgánica perteneciente a la 35.ª Brigada de Selva del Ejército del Perú, bajo el control de la V División de Ejército. Su sede se encuentra en el distrito de Caballococha, provincia de Mariscal Ramón Castilla, en la región Loreto, una de las zonas más recónditas y biodiversas del país.

El batallón está situado en pleno corazón de la Amazonía peruana, en una ubicación estratégica dentro de la triple frontera compartida con Colombia y Brasil. Esta condición geográfica convierte al BSVA N.º 49 en una unidad clave para la defensa de la soberanía nacional y la vigilancia permanente de los hitos fronterizos. El entorno selvático impone una vida marcada por la humedad constante, los ríos caudalosos, la fauna abundante y la distancia con los principales centros urbanos, lo que requiere de sus integrantes una gran capacidad de adaptación, resistencia física y disciplina.

El trabajo cotidiano del personal militar no se limita únicamente a tareas operativas, sino que abarca también actividades de interacción social con las comunidades locales, asistencia humanitaria y protección del medio ambiente. En este escenario, la presencia del Ejército no solo simboliza defensa, sino también compromiso con el desarrollo humano y el bienestar de los pueblos amazónicos.

1.2 Tipo de Actividad que Desarrolló

Durante su permanencia en el Batallón de Selva N.º 49, el oficial desempeñó dos funciones esenciales y complementarias.

La primera fue la de Comandante de Compañía, donde asumió la conducción táctica, administrativa y formativa de su personal, orientando las operaciones de patrullaje, vigilancia y seguridad en la línea de frontera.

La segunda función correspondió al cargo de Oficial de Logística (S-4), responsabilidad que implicó la planificación, organización y ejecución de todas las actividades relacionadas con el sostenimiento logístico del batallón. Ambas funciones requirieron liderazgo, visión estratégica, capacidad de decisión y una constante vocación de servicio en condiciones adversas.

1.3 Lugar y Fecha

El Batallón de Selva N° 49 se encuentra ubicado en la localidad de Caballococha, capital del distrito y provincia de Mariscal Ramón Castilla, en la región Loreto. Esta localidad, situada a orillas de la laguna Caballo Cocha y muy próxima al río Amazonas, constituye uno de los puntos más importantes de conexión fluvial en la zona fronteriza entre Perú, Colombia y Brasil.

Caballococha es un pueblo amazónico pintoresco, rodeado por bosques húmedos, ríos y quebradas. Su acceso principal es fluvial, y el trayecto desde Iquitos se realiza en lancha rápida en aproximadamente trece horas, o en cargueros tradicionales que pueden demorar entre dos y tres días, dependiendo del caudal del río. También existen vuelos no regulares en avioneta que cubren el trayecto en poco más de una hora, aunque la conexión aérea es limitada y dependiente de las condiciones meteorológicas.

Al llegar a Caballococha por vía fluvial, el visitante desembarca en un pequeño muelle de madera desde el cual parten embarcaciones menores que comunican con Santa Rosa (Perú), Leticia (Colombia) y Tabatinga (Brasil), configurando así una dinámica frontera viva en la que conviven tres culturas hermanas.

En el aspecto demográfico, según el Censo Nacional del 2017, Caballococha cuenta con aproximadamente nueve mil habitantes en su núcleo urbano. A nivel provincial, Mariscal Ramón Castilla alcanza una población estimada de sesenta y un mil habitantes al año 2023, reflejando un crecimiento sostenido gracias al comercio fronterizo y la movilidad fluvial. Estudios locales más recientes estiman que la ciudad podría albergar cerca de dieciocho mil personas, aunque esta cifra se considera referencial y no censal.

La población se dedica principalmente a la pesca artesanal y manejo de recursos acuáticos, especialmente especies como el paiche y los bagres amazónicos. También existe una importante actividad comercial y de servicios, alimentada por el intercambio constante con los centros fronterizos vecinos. Asimismo, el turismo de naturaleza ha cobrado relevancia en los últimos años, pues la laguna Caballo Cocha ofrece paisajes exuberantes y fauna singular que atrae a visitantes nacionales y extranjeros.

En cuanto a sus límites, el distrito de Caballococha colinda al norte con Santa Rosa, al este con el río Amazonas que marca la frontera con Colombia y Brasil, al sur con el distrito de Yavarí y al oeste con el de Pebas. Su posición geográfica lo convierte en un punto de encuentro cultural, comercial y militar estratégico para la defensa nacional y el desarrollo amazónico. El periodo de referencia del presente trabajo corresponde al primero de enero de dos mil veintidós, año en el que se ejecutaron diversas actividades de verificación fronteriza, apoyo logístico y cooperación interinstitucional en la zona.

1.4 Misión de la Unidad

La misión del Batallón de Selva N.º 49 es verificar y reconocer de manera permanente la línea de frontera dentro del área de responsabilidad que se extiende desde el río Yahuas hasta el brazo de Yahuama, supervisando el estado y la conservación de los hitos fronterizos en los sectores de Loretoyacu y Boyabazu. Esta misión asegura la presencia efectiva del Estado peruano en zonas de difícil acceso, garantizando la estabilidad y seguridad de las comunidades amazónicas.

1.5 Visión de la Unidad

El BSVA N.º 49 aspira a consolidarse como el mejor Batallón de Selva del Perú, reconocido por su profesionalismo, disciplina, compromiso social y capacidad operativa. Su visión se centra en alcanzar altos estándares de preparación bajo los nuevos roles asignados por la Nación, fortaleciendo su identificación con el pueblo amazónico y contribuyendo activamente al desarrollo y defensa de los intereses nacionales.

1.6 Funciones del Puesto que Ocupó

1.6.1 Comandante de Compañía

El Comandante de Compañía es responsable de conducir y liderar a su unidad en los aspectos tácticos, administrativos y humanos. Bajo su mando se organizan y ejecutan operaciones de patrullaje, reconocimiento y vigilancia de los hitos fronterizos, manteniendo el orden, la disciplina y el entrenamiento constante del personal. Asimismo, dirige la instrucción militar, supervisando la preparación física, técnica y moral de la tropa.

Fomenta la unidad, la cooperación y el espíritu de cuerpo, esenciales para el desempeño en ambientes de aislamiento y alta exigencia como la selva. El comandante también actúa como vínculo entre la tropa y las autoridades locales, participando en acciones cívicas, campañas de salud y apoyo comunitario. A través de su liderazgo cercano, impulsa valores de respeto, empatía y compromiso con la población, fortaleciendo la imagen institucional del Ejército del Perú en la región.

1.6.2 Oficial de Logística (S-4)

El Oficial de Logística o S-4 tiene la misión de garantizar el sostenimiento operativo del Batallón mediante la planificación, control y distribución de los recursos materiales y humanos. Su trabajo abarca la administración de abastecimientos, combustibles, víveres, municiones y materiales diversos, velando por su correcta utilización y conservación.

Además, coordina con las demás secciones del Estado Mayor para asegurar que cada operación cuente con el apoyo necesario, previendo contingencias y adaptando los recursos a las condiciones propias del terreno. También dirige la recepción, almacenamiento y entrega de materiales, y supervisa el mantenimiento de equipos, vehículos y embarcaciones.

Su rol requiere capacidad de gestión, orden y previsión, ya que en la selva todo debe planificarse con antelación. A pesar de las limitaciones de acceso y las distancias, el Oficial S-4 garantiza que la unidad mantenga su operatividad

continua y que las necesidades básicas del personal sean atendidas con eficiencia y oportunidad.

1.7 Consideraciones Finales del Capítulo

El desempeño del oficial como Comandante de Compañía y Oficial de Logística (S-4) refleja un equilibrio entre el liderazgo humano y la gestión técnica, virtudes esenciales en el contexto amazónico. Su labor contribuyó significativamente al fortalecimiento operativo del Batallón de Selva N.º 49, al cumplimiento de las misiones de vigilancia y soberanía, y al acercamiento solidario del Ejército con las comunidades fronterizas. El servicio en Caballococha no solo significó una experiencia profesional, sino también un aprendizaje de vida, marcado por el esfuerzo, la convivencia intercultural y el compromiso

CAPÍTULO II

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Antecedentes internacionales

Brown, Johansen, Bortoleto (2022) *Feasibility of hybrid in-stream generator–photovoltaic systems for Amazonian off-grid communities. PNAS Nexus*; el estudio de Brown et al. evalúa la viabilidad técnico-económica y ambiental de sistemas híbridos que combinan generadores hidrocinéticos in-stream con fotovoltaica en comunidades amazónicas fuera de la red. Parte de un diagnóstico energético realista; con fuerte dependencia al diésel para base y respaldo, con costos logísticos elevados por transporte fluvial y una variabilidad diaria y estacional de caudales e irradiación que exige complementariedad entre fuentes. Los autores modelan perfiles de carga típicos de iluminación, comunicaciones, bombeo de agua y refrigeración esencial y los enfrentan con series de velocidad de corriente y radiación solar para identificar configuraciones óptimas. Concluyen que la generación hidrocinética nocturna y en periodos nublados sostiene la carga base, mientras la fotovoltaica cubre picos diurnos y alimenta el almacenamiento para usos críticos. Subrayan la participación comunitaria y el co-diseño del emplazamiento, priorizando la seguridad; con amarres redundantes, barreras antirresiduos, y ubicación fuera de rutas de navegación. El análisis incorpora LCOE, emisiones evitadas y sensibilidad a los precios del combustible, mostrando mejoras significativas frente a soluciones diésel-solo. Metodológicamente, combinan simulaciones energéticas con criterios de ingeniería fluvial donde se analiza la profundidad, ancho útil, velocidades mínima y media.

La propuesta es modular y escalable, sin represas ni obras mayores, lo que reduce impactos ecológicos y conflictos socioambientales. El paper aporta un marco replicable para seleccionar potencias, y dimensionar almacenamiento y programar O&M en riberas amazónicas con estiajes pronunciados. Se Relacion con la investigación por la estrategia híbrida hidrocinética-FV y por la continuidad de 24 x 7 así mismo aporta criterios de sitio como amarres, barreras,

navegación que son aplicables a Caballococha. De igual manera se almacena diésel sólo como contingencia.

Da Silva (2023); *The sustainable potential of hydrokinetic turbines in the Amazon basin. Observatório Latino-Americano / INPE.* revisa el potencial sostenible de las turbinas hidrocínéticas en la cuenca amazónica poniendo énfasis en criterios de bajo impacto. Señala que la modularidad y el despliegue sin represamiento permiten electrificación progresiva y resiliente frente a crecientes. Plantea umbrales de velocidad de 1.5 a 2 m/s para viabilidad, considerando perfiles de corriente en canales principales y brazos secundarios. Analiza riesgos operativos como sedimentos, palizadas, jacintos y recomienda rejillas, deflectores y protocolos de limpieza rápida. La logística es central; propone anclajes en ribera, izaje con cabrestantes y puntos de desconexión para extracción ágil durante máximas crecidas.

En lo ecológico, el respeto a corredores de fauna y navegación minimiza conflictividad; sugiere monitoreo local y acuerdos con autoridades fluviales. Económicamente argumenta que la reducción de horas de diésel impacta positivamente en OPEX y en el confort humano como el ruido, y emisiones.

Destaca la pertinencia de mediciones in-situ con ADCP y correntómetros para evitar sobredimensionar. Aborda escalabilidad por módulos de 50 a 100 kW iniciales; con crecimiento según demanda y mantenimiento por personal local capacitado. Incorpora referencias a experiencias latinoamericanas y marcos regulatorios incipientes, proponiendo guías para permisos y seguros. Concluye que la hidrocínética, bien diseñada y operada, es un pilar para microrredes amazónicas. Podemos relacionar con la investigación ya que proporciona umbrales de velocidad y soluciones anti-debris para el diseño por "brazos" anclados del BSVA 49. Así mismo sustenta un arranque modular de 50 a 100 kW escalable a demanda; y alinea criterios ambientales y operativos con la realidad de Caballococha.

Walz (2024); *Design optimization of a diffuser-augmented, dual-rotor hydrokinetic turbine (Master's thesis). University of Minnesota, University Digital Conservancy.* Optimiza una turbina hidrocínética dual con un rotor con difusor

(DAHT) para maximizar extracción de energía en velocidades moderadas de ríos grandes. Integra CFD y método de disco actuador para calibrar geometrías de difusor, espaciamiento entre rotores y ley de control de TSR. Presenta curvas de potencia que evidencian ganancias en $C_p C_{pCp}$ por efectos de aceleración inducidos por difusores compactos, útiles donde el diámetro debe acotarse para mitigar choque con troncos. Evalúa esfuerzos estructurales, cavitación potencial y selección de materiales resistentes a corrosión y abrasión por sedimentos.

Desarrolla lineamientos de diseño para perfiles de álabe, rigidez torsional del tren, sellos y rodamientos en ambientes fluviales. Considera estrategias de O&M; acceso, izaje, limpieza de biofouling y verificación de alineación; cuantifica la mejora en disponibilidad por mantenimientos breves y planificados. Discute control de pitch/fijo y estrategias de arranque con bajas velocidades.

Se documenta la sensibilidad a variaciones estacionales de VVV y propone mapas de operación segura. Concluye que configuraciones dual y rotor con difusor aumentan densidad de potencia por unidad de sección húmeda, reduciendo CAPEX por kW instalado. Provee pautas para estandarización de repuestos y kits de mantenimiento.

Lo podemos relacionar con la investigación ya que ofrece criterios para seleccionar DAHT compactas en brazos anclados del BSVA 49. Así mismo ayuda a fijar TSR/pitch y estandarizar repuestos para disponibilidad alta y reduce exposición a troncos sin sacrificar rendimiento.

2.1.2 Antecedentes Nacionales

Salazar (2024) *Diseño y evaluación de la implementación de un sistema eléctrico híbrido fotovoltaico/diésel de 1,1 MW en la localidad de Caballococha (Tesis de licenciatura). PUCP*; aborda específicamente Caballococha y modela una microred híbrida FV/Diésel con herramientas HOMER Pro y MATLAB. Construye perfiles de demanda locales, valora escenarios de irradiancia y disponibilidad de combustible, y optimiza la combinación de generadores, inversores y baterías para minimizar LCOE y emisiones. Reporta reducciones de hasta 80% en emisiones y 73% en costos en 25 años respecto a una solución diésel puro, manteniendo

confiabilidad. Examina estrategias de despacho y priorización FV-batería y uso del diésel sólo como respaldo ante picos prolongados o baja radiación.

Considera sectorización de cargas críticas como planta de agua, comunicaciones, enfermería, así como inventarios de repuestos y rutas logísticas fluviales. Discute impactos socioambientales y beneficios en continuidad de servicios públicos locales. El estudio ofrece cuadros de sensibilidad ante variación de precios de combustible y degradación de baterías, y propone configuraciones que se adaptan a estacionalidad climática. La metodología es trasladable a otras localidades amazónicas y se integra con futuras fuentes de base (hidrocinética) en el mismo bus de microrred.

Podemos relacionarlo con la investigación ya que se valida técnicamente una microrred robusta en Caballococha que puede integrar hidrocinética así mismo aporta parámetros de sectorización y control aplicables al BSVA 49. Y reduce el rol del diésel a contingencia.

Díaz, Mundaca (2023); *Estudio, diseño y simulación de una microrred fotovoltaica/diésel para proveer energía eléctrica a la ciudad de Caballococha, Loreto, Perú (Tesis).* UNPRG. Esta tesis diseña una microrred para Caballococha con 3 360 módulos FV de 410 Wp, y batería de 300 kWh y siete inversores de 150 kW, incorporando herramientas SAM-NREL y controladores comerciales como, por ejemplo: Presenta un dimensionamiento, topologías de inversores, coordinación de protecciones y estimación de presupuesto. Analiza variabilidad de carga diaria, degradación de módulos y estrategias de mantenimiento preventivo en clima húmedo tropical. Incluye recomendaciones de logística para instalación, operación y acopio de repuestos, contemplando ventanas de navegación y estiajes.

Propone indicadores de desempeño de PR, disponibilidad, SAIDI/SAIFI; para evaluar la continuidad del servicio. El diseño sugiere escalabilidad por bloques y resalta la importancia de la capacitación local para O&M. Evalúa escenarios de almacenamiento para suavizar nubes, picos y mantener calidad de tensión y frecuencia.

Concluye que una microrred FV/Diésel bien controlada mejora la calidad de vida y reduce costos operativos.

La relación que podemos encontrar con la investigación es que entrega una arquitectura casi lista para integrar generación hidrocínética como base en el mismo bus. Y ofrece referencias de equipos reales mantenibles por el personal del BSVA 49. Así como alinea el despacho de FV y baterías con tus prioridades de bombeo y agua segura.

Carranza (2023); *Estudio de factibilidad, diseño y simulación de sistema de electrificación rural con microrred solar fotovoltaica en la comunidad de Las Palmas, distrito de Puinahua, provincia de Requena, departamento de Loreto (Tesis de maestría);* diseña y simula una microrred solar y baterías en Puinahua (Requena, Loreto) con 200 kWp FV, y almacenamiento de 402.5 kWh y una subestación asociada, reportando un presupuesto referencial de S/ 3.68 millones. La tesis prioriza calidad de energía, regulación de frecuencia y planificación de mantenimiento en zonas de difícil acceso. Incluye análisis de sensibilidad a costos de componentes y rutas logísticas. Presenta criterios de selección de inversores, así como configuración de strings, protecciones y sistemas de monitoreo remoto.

Aborda impactos ambientales y sociales positivos derivados de la reducción del uso de diésel. Propone un plan de O&M con frecuencias calendarizadas que consideran lluvias intensas y temperaturas elevadas. Discute estrategias de crecimiento modular por bloques, dimensionando progresivamente según demanda comunitaria.

Los resultados muestran que la confiabilidad y la reducción de costos nivelados son alcanzables con buena ingeniería de integración y almacenamiento; esta tesis se relaciona la investigación ya que confirma la pertinencia de diseños por bloques y crecimiento escalonado aplicables al BSVA 49. Aporta experiencias loretanas transferibles a Caballococha y sustenta el uso de baterías para suavizar picos y mejorar la continuidad de la energía.

2.2 Base teórica

2.2.1 Origen y razón de ser de los batallones de selva

El batallón de selva no es solo una organización militar; es un corazón grande que late al ritmo del río y del clima. En Caballococha, la presencia de la unidad se explica por una tarea doble, que es la de cuidar la frontera y cuidar a la gente que allí vive. Con doscientas personas en servicio, cada guardia, cada operador y cada cuadro sostiene una parte del día que no se repite igual al siguiente. Esta base teórica parte de una idea sencilla; las soluciones energéticas deben estar a la altura de esa vida cotidiana, no al revés.

Cuando se mira a la unidad como una casa viva, la energía deja de ser una cifra para convertirse en un hilo invisible que mantiene unidas las escenas de cada jornada, la radio que no se apaga en la madrugada, la cocina que cumple su horario, la enfermería que preserva vacunas y medicamentos, la iluminación que permite vigilar sin estridencias. Así como las computadoras e impresoras que gestionan y comunican, hablar de energía renovables es hablar de dignidad y de silencio útil. Se busca una energía que acompañe y no irrite, que sostenga y no condicione. Esta es la razón que orienta el resto del capítulo y diseña a medida de 200 personas una mezcla sobria entre la corriente del río y la luz de los techos, con una reserva que dé respiro cuando el cielo no ayuda. No se trata de alcanzar récords, sino de cultivar una normalidad fiable que permita al personal concentrarse en su misión con tranquilidad.

La Amazonía enseña a no forzar al territorio. En lugar de imponer máquinas ajenas, conviene escuchar lo que el lugar ofrece, como la corriente nocturna que no descansa, sol generoso en muchas mañanas, y una cultura de trabajo que valora el orden, la limpieza y el respeto por la ribera. Por eso, la base teórica no exagera con términos; prefiere explicar en claro cómo se consigue que la corriente se vuelva luz y que la luz se vuelva servicio. Esa claridad es el primer paso para que la propuesta se vuelva costumbre.

Esta propuesta nos permite soñar en pequeño con resultados grandes. Pequeño, porque la obra puede levantarse con manos de la casa, sin llenar la orilla

de estructuras ajenas. Grande, porque el efecto se sentirá en el presupuesto, en el descanso y en el ánimo con que se encara cada turno. Esta mirada a escala humana es el corazón de la reforma teórica que aquí se presenta.

2.2.2 Funciones de un Batallón de Selva.

La vida de la unidad se organiza en un rompecabezas de tareas que requieren continuidad, como patrullas que salen por agua o por tierra, guardias que vigilan el perímetro, cocina que prepara raciones, enfermería que cuida la cadena de frío, talleres que mantienen equipos, aulas que forman a los reclutas. Cada pieza pide un tipo de energía y un momento distinto. Por eso, más que hablar de kilovatios, la teoría prefiere hablar de escenas y horarios; en la tarde, el bombeo y la potabilización; al anochecer, la iluminación perimetral; en la madrugada, la comunicación que no admite silencios.

Cuando la electricidad pública falla, se enciende el grupo electrógeno y el zumbido atraviesa paredes y techos. Esa escena ha sido repetida demasiadas veces. La reforma de la base teórica para abastecer la necesidad de 200 personas propone cambiar ese hábito por una costumbre mejor que es dejar que la corriente del río sostenga lo esencial y que el sol alivie el trabajo cuando la base está más activa. En ese reparto, la reserva nocturna asegura que la primera guardia no dependa de un motor y que la última tarea del día cierre sin apuros.

Esta forma de contar la demanda permite priorizar sin culpas. La comunicación se coloca en la primera fila; el agua segura, al mismo nivel; la iluminación perimetral, a continuación; la cocina, con horario cumplido. Los usos de confort se acomodan a ventanas de mayor disponibilidad. Así, la energía deja de ser una preocupación y vuelve a ser lo que debe ser; un servicio silencioso que permite vivir y trabajar.

Al describir funciones, se hace evidente que la energía confiable reduce errores y mejora la seguridad. Una guardia que no pelea con un apagón toma mejores decisiones; una enfermería con frío estable evita pérdidas; una cocina sin sobresaltos mantiene la moral alta. La teoría, entonces, se traduce en hábitos;

cargar cuando hay sol, ahorrar cuando la reserva está justa, y limpiar la reja del brazo para que las turbinas respiren.

2.2.3 Continuidad operativa y priorización simple

En Caballococha, decidir bien significa apostar por lo que puede sostenerse con las propias manos. La continuidad operativa no nace de promesas complejas, sino de acuerdos sencillos que todos entienden cómo solucionar primero lo crítico, después lo importante, luego lo conveniente. Lo crítico tiene nombre y apellido que es el agua segura, comunicaciones, enfermería y perímetro. Lo importante sostiene la vida diaria como la cocina, talleres y aulas. Lo conveniente espera su turno con serenidad.

Este marco también habla del carácter de la solución que es mantenible antes que espectacular, modular antes que monolítica, cercana antes que remota. En vez de diseños que exigen especialistas ausentes, se prefiere una instalación que se explique sola y que se repare con herramientas de la casa. Ese es el criterio que convierte la teoría en una práctica que perdura.

La priorización, lejos de ser una renuncia, es una garantía. Cuando las nubes se estacionan y el río baja, la microred ya sabe qué alimentar y qué posponer. La decisión no se improvisa en el apuro; está escrita en un tablero que todos pueden leer. Así, la continuidad se hace costumbre.

Este marco conceptual tiene un ingrediente humano que es el respeto por el descanso. Una base que duerme con silencio rinde mejor al amanecer. Por eso, la solución busca que la noche sea tranquila sin depender cada día de un motor, y que el grupo diésel quede como respaldo, no como rutina.

2.2.4 El río y el sol como recursos vivos

La corriente del Amazonas es el compañero nocturno; el sol amazónico, el aliado diurno. Juntos escriben la agenda energética del cuartel. La teoría reformulada propone leer esos recursos como se lee un calendario en creciente, la reja exige más cuidado; en estiaje, conviene ubicar el punto de mejor velocidad; cuando el cielo está generoso, se programan tareas intensivas; cuando se cierra, se preserva lo esencial.

Tratar al río y al sol como recursos vivos es reconocer que no obedecen un botón. Se le invita a la vida del cuartel con respeto; el brazo captura un caudal manejable, la compuerta ordena el paso, las rejas detienen la palizada, la cámara tranquila cuida a las turbinas. En los techos, los paneles aportan sin reclamar protagonismo. Esa humildad práctica permite que la instalación conviva con el paisaje sin agredirlo.

El resultado es una sensación nueva en la base, ya que la energía aparece cada día con menos sobresaltos, y las personas ajustan sus tareas a ventanas predecibles. La teoría se hace práctica porque conversa con la naturaleza y no la reta.

Este diálogo con el entorno también enseña prudencia presupuestal: se invierte donde rinde más, se mantiene lo que protege a las personas y se planifica el reemplazo de lo que el tiempo vence. Así, la solución se vuelve sostenible en el sentido más amplio de la palabra.

2.2.5 Hidrocinética

La imagen es nítida; una turbina que gira empujada por el río y envía electricidad silenciosa a la sala eléctrica. En una base de 200 personas, la hidrocinética calza porque ofrece constancia sin humo ni zumbidos, y porque permite crecer por módulos sin rehacer lo andado. Su secreto no es el misterio, es el cuidado como protegerse de la palizada, facilitar la limpieza, y elegir un punto accesible para intervenir con seguridad.

Con un conjunto de tres turbinas de cinco kilovatios cada una, la base obtiene una columna de energía de quicio, capaz de sostener cargas críticas y de alimentar la reserva. La operación, pensada para manos de la casa, se apoya en escuchar vibraciones, observar el agua y anotar lecturas. Con esa disciplina, la turbina deja de ser ajena y se convierte en una compañera confiable.

La hidrocinética se lleva bien con la pedagogía del ejemplo. Cada mantenimiento bien hecho enseña a la siguiente guardia; cada ajuste anotado evita un problema futuro. A la larga, la tecnología termina hablando el idioma del cuartel, que es justamente lo que se busca.

2.2.6 Brazos replegables y canal protegido

Elegir el lugar correcto es un acto de escucha. Se debe conversar con quienes navegan, se debe observar la corriente a distintas horas, se debe reconocer los tramos con llegada segura y se debe evitar la ruta de botes. A partir de esa lectura, se construye un brazo corto con compuerta que capture un caudal amable. Las rejas y las defensas actúan como guardianes discretos que alejan troncos y plantas. Así, las turbinas trabajan sin golpes y la gente opera sin temores.

La fijación en datos de concreto y el uso de brazos replegables no persiguen espectacularidad; persiguen seguridad. Permiten izar y bajar equipos con calma, incluso bajo lluvia. Permiten también aceptar que el río tiene días malos y retirarse a tiempo. Esa humildad salva máquinas y, sobre todo, salva personas.

El resultado es un área de trabajo que inspira confianza como pasarelas con barandas, superficies antideslizantes, señalización visible para navegantes y una organización que se reconoce al primer vistazo. Con ese orden, el canal protegido deja de ser una obra y se vuelve parte del paisaje del cuartel.

2.2.7 Arquitectura de microred y dimensionamiento orientativo

La microred se piensa como una casa ordenada con prioridades a la vista. En la primera fila se ubican el agua y las comunicaciones; a su lado, la iluminación perimetral; enseguida, la cocina; finalmente, los usos que pueden esperar. Con esa jerarquía, la base evita apagar incendios y se dedica a trabajar con normalidad. Para dimensionar sin agobio, se propone mirar un día típico y contar lo que realmente se necesita.

A modo orientativo, para 200 personas se estima un consumo cotidiano entre 80 y 110 kilovatios-hora, según la estación y hábitos. Para sostenerlo con holgura, se sugiere instalar tres módulos hidrocinéticos de cinco kilovatios o sea quince kilovatios en total, que operen de forma conservadora entre el treinta y cinco y el cuarenta por ciento a lo largo de la jornada. Ese conjunto aportaría del orden de ciento veinte a ciento cuarenta kilovatios-hora por día. Como complemento, un campo fotovoltaico entre doce y dieciocho kilovatios pico en techos accesibles alivia las horas activas y permite guardar energía para la noche.

La reserva entre ochenta y ciento veinte kilovatios-hora útiles da el respiro necesario para atravesar madrugadas y eventos puntuales sin encender el motor.

Esta arquitectura no pretende brillar; pretende durar. Su fortaleza es la transparencia con que se explica y la facilidad con que se opera. Cuando la gente entiende por qué se prioriza y cómo se carga, la microred se convierte en una compañera predecible.

La experiencia dirá si conviene sumar un cuarto módulo o ampliar paneles; por eso, todo se diseña para crecer sin desmontar. Esa es la ventaja de la modularidad; es decir cada avance es un escalón, no un salto al vacío.

2.2.8 Almacenamiento de energía

El almacenamiento es el suspiro que permite dormir. En esta escala, una reserva útil entre ochenta y ciento veinte kilovatios-hora evita que una madrugada exigente obligue a encender el motor. Cuidarla es, sobre todo, una disciplina, ventilar el recinto, mantener el orden, registrar profundidades de descarga y respetar umbrales. La recompensa llega en forma de noches tranquilas y de equipos que duran más.

La reserva también educa a programar. Se aprende a cargar con el sol y con el río cuando hay abundancia, y a gastar con prudencia cuando el cielo se cierra. Es una escuela de administración que, con el tiempo, se vuelve reflejo del equipo.

En términos humanos, la reserva reduce discusiones nocturnas y reparte mejor las tareas. Saber que existe ese colchón energético cambia el ánimo; y las decisiones se toman con calma y se gana confianza para afrontar emergencias sin improvisaciones.

2.2.9 Complemento fotovoltaico en selva

El sol amazónico es un aliado paciente. Un arreglo entre doce y dieciocho kilovatios pico, bien ubicado y limpio, ayuda a cubrir las horas de mayor actividad y a dejar la reserva lista para la noche. La clave está en cultivar hábitos; lavar utensilios y hacer retrolavados cuando el sol está alto, programar talleres y tareas

intensivas en las ventanas de mayor producción, y reservar la madrugada para lo esencial.

Cada kilovatio-hora que llega del techo es combustible que no se compra ni se traslada por río. Al final del mes, esa suma silenciosa refresca el presupuesto y libera recursos para necesidades urgentes.

El complemento solar no busca protagonismo, busca compañía. Camina junto a la corriente del río y juntos sostienen la vida del cuartel sin reclamar la atención que antes se llevaba el motor.

2.2.10 Captación y pretratamiento del agua superficial

El agua llega a la planta por un camino amable. En la boca del brazo, una reja detiene troncos y hojas; detrás, una defensa guía lo que flota; más adentro, una cámara tranquila permite que la arena pesada quede en el fondo. Ese pretratamiento sencillo hace que la potabilización sea un trabajo constante y no una lucha diaria.

En temporada de lluvia, este cuidado marca la diferencia. Mientras otros sistemas se detienen por turbiedad, la planta que recibe agua preparada sigue su marcha con ajustes menores. El resultado se saborea en el comedor y se agradece en la enfermería.

La lección es clara: una entrada bien pensada ahorra esfuerzos aguas arriba y aguas abajo. Es un acto de respeto por los equipos y, sobre todo, por las personas.

2.2.11 Normativa y permisos (reglas que cuidan a todos)

Operar turbinas en ribera y servir agua a la tropa implica cumplir reglas claras. La tramitación previa con las autoridades de navegación y ambiente evita malentendidos y protege el cauce. Los controles de calidad del agua, lejos de ser una carga, son garantías para la salud.

La normativa bien llevada ordena, enseña y convierte la obra en un acto público de responsabilidad. La comunidad lo nota cuando ve señales limpias, accesos cuidados y reportes transparentes; esto hace que crezca la confianza mutua.

En una zona de frontera, esa confianza es parte de la misión. Por eso, seguir las reglas no es un trámite; es una forma de servir.

2.2.12 Evaluación tecnoeconómica con sentido práctico

La evaluación deja de mirar solo el precio de compra y se concentra en la vida entera del sistema. Cuenta los viajes de combustible por río, las horas de personal que hoy se consumen en encender y vigilar el motor, los repuestos que tardan en llegar y el costo del ruido en el descanso. Con ese lente, la alternativa río más sol, con reserva sensata, reduce gastos y mejora la calidad de vida dentro del cuartel.

El cálculo honesto suma otro valor como el tiempo. El tiempo que se gana al no pelear con apagones, al no correr para conseguir combustible, al no sobresaltarse por una alarma sin respaldo. Ese tiempo vuelve a la misión y eso, en frontera, es oro.

La evaluación concluye con una idea tranquila; que es la de invertir bien hoy es gastar menos mañana y vivir mejor todos los días.

2.2.13 Operación y mantenimiento en selva

La selva premia los hábitos buenos. Limpiar rejas a tiempo, y revisar pasarelas y barandas, escuchar vibraciones, ajustar lo que empieza a aflojar, anotar lecturas sin falta. No hay heroísmo, hay constancia. Esa constancia evita accidentes y alarga la vida de los equipos.

La cuadrilla que opera aprende pronto a trabajar en pareja, a no apurarse cuando el río se enoja y a respetar los protocolos. La seguridad nace del orden y el orden, del respeto por la rutina.

Con el tiempo, la operación se parece a respirar: sucede sin estridencias, pero sostiene toda la vida de la base.

2.2.14 Gestión ambiental y social

Una obra que deja pasar peces, que no interrumpe rutas de navegación, que maneja sus residuos con cuidado y que explica lo que hace, se gana un lugar

en la ribera. La comunidad reconoce cuando algo está bien hecho; por que se ve orden y ve limpieza, ve respeto.

Esa buena vecindad no es un adorno, es una condición de éxito. En frontera, convivir bien es parte de la seguridad. Por eso, la gestión ambiental y social es un capítulo vivo que se escribe con prácticas visibles y con conversaciones francas.

La energía limpia y el agua segura se convierten, así, en un puente de confianza con la población que comparte el río.

2.2.15 Metodologías sencillas para elegir tecnología

Primero se define el para qué; luego qué cargas no pueden fallar, qué horarios deben cumplirse, qué tareas pueden esperar. Con esa brújula, se comparan pocas alternativas reales usando criterios que importan, como la continuidad, facilidad de operación, consumo, repuestos disponibles, costo total y riesgos. Se pondera, se decide y se deja constancia.

La virtud de esta metodología es su repetibilidad. Permite corregir sin culpa y mejorar con cada fase. Así, la decisión de hoy no encadena a la de mañana, sino que la prepara.

Elegir bien no es elegir lo más caro ni lo más vistoso; es elegir lo que la casa puede sostener con sus manos.

2.2.16 Indicadores y metas del proyecto

Los indicadores cuentan una historia si se eligen con inteligencia. Para la energía, interesan las horas de motor que ya no se usan, el combustible que no se compra, los días en que la microred sostuvo cargas críticas sin apoyo del diésel. Para el agua, el volumen producido y la continuidad de la desinfección. Para la vida cotidiana, la percepción de descanso y la disminución de alarmas nocturnas.

La verificación se hace con registros diarios, una revisión semanal que cabe en una conversación breve y un cierre mensual que mira tendencias y acuerda correcciones. Así, los números dejan de ser una obligación y se vuelven una guía.

Con el paso de las estaciones, esa historia demuestra que la propuesta no era una promesa; era una forma mejor de vivir y trabajar en Caballococha.

Cuando la base mira atrás y encuentra menos ruido, menos gasto y más tranquilidad, entiende que la meta estaba bien puesta.

2.3 Glosario de Términos

BSVA Batallón de Selva N° 49

Unidad del Ejército del Perú ubicada en la Amazonía, cuya misión es custodiar la frontera y proteger las comunidades de la triple frontera entre Perú, Colombia y Brasil. Está conformada por personal altamente disciplinado que trabaja en condiciones difíciles de clima y aislamiento. Además de su función militar, cumple un rol social y de apoyo humanitario. Su presencia representa soberanía, servicio y compromiso con el desarrollo amazónico.

Microred

Sistema eléctrico autónomo que integra diferentes fuentes de energía, como paneles solares, turbinas hidrocínéticas y baterías, para abastecer un conjunto de usuarios o instalaciones. Puede funcionar conectada a la red pública o de manera independiente. En el contexto del Batallón, la microred permite mantener la continuidad de servicios críticos como agua, iluminación y comunicaciones. Su ventaja principal es la estabilidad energética y el ahorro de combustible.

Hidrocínética

Tecnología que genera energía eléctrica aprovechando directamente la corriente de los ríos, sin necesidad de construir represas. Utiliza turbinas que se mueven con la fuerza del agua, produciendo electricidad limpia y constante. Es ideal para zonas rurales o fluviales, ya que no altera el cauce natural ni afecta a la fauna. En Caballococha, esta energía representa una solución silenciosa, sostenible y adecuada a la geografía amazónica.

FV (Fotovoltaico)

Término que se refiere a la conversión de la luz solar en energía eléctrica mediante paneles solares. Estos dispositivos aprovechan la radiación del sol, muy abundante en la Amazonía, para complementar la generación del sistema hidrocínético. Su aplicación en el batallón ayuda a reducir el uso del diésel y a asegurar el suministro durante el día. Además, contribuye al cuidado ambiental y al ahorro presupuestal.

Compresor o Grupo Electrónico

Equipo mecánico que convierte energía química del combustible en electricidad. En el batallón, se utiliza como fuente de respaldo durante cortes de energía o emergencias. Aunque útil, su uso constante genera ruido, contaminación y altos costos de mantenimiento. La propuesta del trabajo busca reducir su dependencia, reservándolo solo para contingencias prolongadas

Rejas y Compuerta (Sistema de Captación de Agua)

Conjunto de estructuras que controlan y filtran el ingreso de agua hacia el canal o brazo hidráulico donde operan las turbinas. Las rejas detienen ramas, hojas y residuos, mientras que la compuerta regula el caudal y protege los equipos durante crecidas. Este sistema garantiza la seguridad operativa y la durabilidad de la instalación. Su manejo cuidadoso refleja la disciplina y orden del personal militar.

Energía Renovable

Es aquella que se obtiene de fuentes naturales inagotables, como el sol, el viento o el agua. En el proyecto, se aprovechan el caudal del río Amazonas y la radiación solar para abastecer al batallón de manera continua y limpia. Este enfoque reduce el impacto ambiental y fortalece la autosuficiencia de la unidad. Representa un paso hacia un modelo energético más humano, silencioso y respetuoso con el entorno.

O&M (Operación y Mantenimiento)

Conjunto de actividades técnicas y rutinarias que garantizan el buen funcionamiento de los equipos energéticos. En el contexto del batallón, implica revisar turbinas, limpiar rejillas, mantener la sala eléctrica ordenada y registrar datos. Este trabajo disciplinado es realizado por la cuadrilla interna, sin depender de asistencia externa. Fomenta el sentido de pertenencia y el aprendizaje práctico entre los soldados.

LCOE (Levelized Cost of Energy)

Es el costo promedio por unidad de energía producida durante toda la vida útil de un sistema. Permite comparar de forma justa distintas fuentes como diésel, solar o hidrocinética. En el proyecto, se usa para demostrar que la energía renovable resulta más económica a largo plazo. Este indicador une la ingeniería con la gestión eficiente de recursos públicos.

Brazo Hidráulico Artificial

Estructura construida junto al río para desviar una pequeña porción del caudal hacia las turbinas. Incluye una entrada con compuerta, rejillas protectoras y una cámara tranquila donde se asienta la arena. Su diseño busca aprovechar la fuerza del agua sin alterar el cauce principal. Es una solución técnica simple, segura y adaptada al entorno selvático.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TEMA

“Diseño de un sistema hidrocínético renovable para la continuidad operativa del Batallón de Selva N° 49 – Caballococha”

Este trabajo abrazar la realidad de una unidad con doscientas personas en Caballococha, allí donde la frontera es un río vivo y el día se organiza alrededor del clima y de la logística fluvial. La escena de partida es conocida por todos; cuando la electricidad pública se interrumpe, el grupo electrógeno toma el relevo durante tres o cuatro horas al caer la tarde, de seis a diez. Ese gesto resuelve lo básico, pero deja una estela que pesa. El ruido atraviesa dormitorios y pasillos, el combustible drenado por la rutina se convierte en una presión permanente para el presupuesto y la sensación de depender de un motor vuelve frágil todo lo demás.

3.1 Campo de aplicación

El campo de aplicación se define con la precisión de quien conoce la orilla y con la sensibilidad de quien ha navegado esas aguas de día y de noche. La instalación se ubica en la ribera operativa de la unidad, en un tramo que no interfiere con la navegación de vecinos, proveedores y patrullas, y que ofrece una llegada segura en cualquier estación. No se improvisa el lugar; se observa la corriente a distintas horas, se escucha a los que transitan en bote, se traza un mapa sencillo que indique dónde entrar, dónde trabajar y cómo retirarse sin poner en riesgo al personal. Ese mapa no queda en un cajón, se convierte en memoria viva para relevos y visitas.

En ese tramo de ribera se propone construir un brazo hidráulico artificial de extensión corta. La entrada y la salida se señalizan con claridad para que nadie se acerque sin intención. La captura del agua no busca competir con el río mayor, solo tomar una fracción que se pueda manejar con cuidado. Ese caudal trabajará a favor de la base, no en su contra. Allí, cerca de la orilla, la ingeniería se vuelve cotidiana, donde se cuenta pasarelas con barandas, superficies antideslizantes,

puntos de izaje que evitan la fuerza excesiva, herramientas ubicadas a mano y una iluminación serena que permite intervenir también al atardecer.

El campo de aplicación no se agota en la orilla. Se extiende hacia la sala eléctrica donde la energía se ordena, hacia la cocina donde cada comida depende de un ritmo estable, hacia la enfermería donde la cadena de frío nunca debería romperse, hacia la iluminación perimetral que protege silencios y viglias y hacia los ambientes donde las comunicaciones sostienen el vínculo con otras unidades y con las autoridades locales. Esta decisión de abarcar espacios concretos le da sentido a la propuesta; donde la energía deja de ser un concepto y se convierte en la tranquilidad de tareas que se cumplen a tiempo.

El entorno amazónico marca las reglas y la propuesta las respeta. Es decir, la lluvia intensa no es una sorpresa, es parte del calendario. Las crecientes y los estiajes no son accidentes, son estaciones con nombres propios. Las embarcaciones que pasan cerca no son una molestia, son vecinos que comparten ruta. Con esas reglas, el campo de aplicación se diseña para convivir, no para imponerse. Así, la ribera operativa se convierte en un taller de energía, en un pequeño puerto de trabajo donde el río aporta fuerza, el personal aporta disciplina y la comunidad reconoce orden y respeto.

3.2 Tipo de aplicación

El tipo de aplicación es operativa y progresiva. Operativa porque la instalación convive con la misión diaria y no exige cerrar el cuartel para que funcione. Progresiva porque comienza en una escala prudente que permita aprender del territorio sin poner en riesgo la continuidad del servicio. Esa prudencia evita la tentación de promesas excesivas y abraza la sabiduría de hacer bien lo posible y luego crecer. En una frontera viva, los grandes cambios se consolidan con pasos constantes, no con saltos que se agotan en la foto del día inaugural.

En la práctica, esto significa montar un primer tramo del brazo, una compuerta de buena factura, rejas resistentes y una pareja de turbinas ubicadas en un sitio accesible. Con esa base, la unidad aprende los ritmos del sistema, registra cómo responde a las lluvias y a las palizadas, y corrige lo necesario sin drama. Ese aprendizaje de casa vale tanto como la mejor asesoría técnica.

Cuando los operadores sienten que el equipo les pertenece, la instalación deja de ser una novedad y se transforma en una parte más de la rutina del cuartel.

El tipo de aplicación también es de servicio continuo. La energía del brazo y de los techos solares no aparece para la ceremonia y se apaga para la foto. Acompaña el atardecer, sostiene la primera guardia de la noche, permite que la cocina cierre sin apuros y que la enfermería mantenga su cadena de frío. En los días generosos, la reserva guarda lo que sobra y en los días difíciles lo devuelve sin exigir sacrificios de última hora. El grupo diésel, lejos de desaparecer, queda listo para la contingencia prolongada, que es el papel para el que fue pensado.

Finalmente, el tipo de aplicación tiene una dimensión educativa. Los equipos se nombran con palabras sencillas, los tableros se ordenan con etiquetas claras, las alarmas dicen en lenguaje directo qué ocurrió y qué hacer. La guía de operación cabe en una carpeta que se revisa al inicio de cada turno y la libreta de registro se llena con datos que cualquier persona puede recoger y entender. Cuando la tecnología habla el idioma de la casa, la casa la cuida. Esa es la clave para que el sistema no dependa de héroes, sino de hábitos.

3.3 Diagnóstico con línea de base

La línea de base no se escribe con cifras abstractas, se narra con escenas que se repiten. Una tarde de lluvia, la luz pública se corta sin aviso. La guardia decide encender el grupo electrógeno y el sonido de arranque recorre dormitorios y pasillos. En la enfermería, la persona responsable revisa el termómetro del refrigerador y siente alivio cuando la aguja se mantiene en el rango. En la cocina, la preparación de la cena sigue su curso, pero ahora el techo vibra con un zumbido que todos conocen. Termina el horario de encendido y el motor descansa, aunque el olor a combustible tarda en irse.

Al día siguiente, en la reunión breve de la mañana, alguien recuerda que el combustible está acabándose más rápido de lo previsto. El abastecimiento que llegará por río y aún falta. Se ajusta el consumo en otras tareas y se espera que la red pública se mantenga estable. Esto no siempre ocurre. Se intensifica cuando las lluvias se prolongan y la turbiedad del río aumenta, la planta de agua trabaja con mayor presión y se agradece cualquier apoyo energético que permita mantenerla

en marcha. La misma escena ocurre una y otra vez, y con cada repetición se instala esta se convierte en certeza; por lo que no es saludable depender de un motor para sostener lo esencial cada noche.

La logística de repuestos añade su propia tensión. Por lo que una pieza pequeña puede tardar días en llegar. Un ajuste menor, que en otros lugares se resolvería en horas, aquí se convierte en un problema que ocupa conversaciones y agendas. En ese contexto, la decisión de reducir los arranques nocturnos y asegurar una base energética silenciosa no es un capricho ecológico, es una necesidad de salud, de presupuesto y de buen trato al personal. La línea de base reconoce esa necesidad y la convierte en el punto de partida de la propuesta.

Desde esta mirada, el diagnóstico concluye que la unidad requiere una fuente de energía predecible y cercana, que no dependa de factores fuera de su control y que sirva primero a las cargas que guardan la vida cotidiana como el agua segura, comunicaciones, iluminación perimetral y cocina. El río, con su constancia, ofrece esa base. La propuesta del brazo artificial con compuerta y rejas ordena esa fuerza y la vuelve servicio.

3.4 Propuesta de innovación

La propuesta se inspira en soluciones sencillas que han mostrado su pertinencia en regiones amazónicas durante los últimos años y que valoran el respeto por el cauce. Se plantea construir un brazo paralelo al río, de trazo corto, con una boca de entrada claramente ubicada y una salida bien señalizada. La compuerta en la entrada regula el paso del agua y permite actuar con rapidez cuando la corriente trae más de lo esperado. Delante de la compuerta, un sistema de rejas detiene la palizada, las ramas y las plantas que podrían golpear los equipos. Esta defensa no es un muro, es un filtro vigilante que se limpia con rutina y que evita grandes sustos.

Una vez dentro del brazo, el agua encuentra una cámara tranquila. Es un espacio sin pretensiones donde la arena más pesada se asienta y donde la corriente se ordena para que las turbinas trabajen sin castigo. Más adelante, en un tramo elegido por su accesibilidad desde tierra, las turbinas convierten la fuerza del agua en electricidad silenciosa. Si la creciente se vuelve arisca, el sistema permite

replegar la zona de trabajo sin arriesgar a nadie. Cuando vuelve la calma, en minutos se recupera la normalidad. El agua regresa al río por una salida serena, y su paso se marca con señales que cuidan a navegantes y curiosos.

La energía que nace de ese recorrido llega a una sala eléctrica limpia y bien ventilada. Allí, los equipos conversan en orden. Se prioriza lo que nunca puede fallar, se alimenta lo que sostiene la vida del cuartel y se posterga con serenidad lo que puede esperar. La microred no busca parecer sofisticada; busca ser confiable. Durante el día, los techos solares suman y alivian la carga. En la tarde, el brazo sostiene el ritmo. En la noche, la reserva guarda lo indispensable para que las primeras horas de guardia se vivan sin sobresaltos. El grupo diésel, ahora sí, queda para lo extraordinario.

La propuesta traduce aprendizajes recientes que han demostrado la conveniencia de combinar la energía del río con la del sol en contextos amazónicos. Estudios de los últimos cinco años han puesto en valor la modularidad, la importancia de planificar el mantenimiento con repuestos alcanzables, la necesidad de proteger equipos con barreras simples y la conveniencia de validar en pequeño antes de crecer. Ese conocimiento se adapta aquí a la ribera concreta de Caballococha y se convierte en una hoja de ruta que el propio personal puede seguir.

3.4.1 Objetivo general y objetivos específicos de la propuesta

El objetivo general se expresa en palabras sin misterio; es el asegurar energía continua y limpia para una unidad de doscientas personas aproximadamente mediante el aprovechamiento del caudal del río en un brazo artificial con turbinas protegidas por rejas y compuerta. Se busca reducir de manera notoria el gasto en combustible, sostener los servicios críticos y devolver a las noches el silencio que el descanso merece. Este objetivo no se mide en un día, se mide en estaciones completas, cuando la instalación atraviesa lluvias y estiajes y demuestra que su promesa es resistente.

Los objetivos específicos aterrizan esa aspiración. Se desea disminuir los arranques nocturnos del grupo electrógeno y, con ello, el consumo de combustible y el desgaste del equipo. Se pretende reducir el ruido en horas de descanso,

porque el rendimiento diurno también se cuida en la noche, de modo que la cocina y la enfermería trabajen con certezas. Se busca formar una cuadrilla interna capaz de operar y mantener el sistema con seguridad y orgullo, dejando por escrito los pasos que facilitan el relevo. Se plantea registrar datos simples de generación y consumo que permitan aprender del propio sistema y corregir a tiempo. Finalmente, se quiere crecer por módulos, para que el éxito inicial abra puertas a una ampliación sensata.

Cada objetivo dialoga con una persona y con una tarea. El operador que limpia la reja y anota una lectura se siente parte de una mejora concreta. La persona a cargo de la enfermería que observa que la cadena de frío se mantiene sin sobresalto entiende que la energía dejó de ser una amenaza. Quien planifica el presupuesto agradece que el gasto en combustible deje de emplearse en otras necesidades. Así, los objetivos dejan de ser frases y se vuelven hábitos.

3.4.2 Descripción simple de la propuesta

La solución se recorre como se recorre una casa. En la orilla, la toma señala el inicio del brazo. La compuerta, cuidada y bien mantenida, permite decidir cuánta agua entra. La reja de entrada, firme y observada cada turno, detiene lo que no debe pasar. El agua avanza y encuentra una zona de calma donde la arena más gruesa se queda abajo. Esa pausa protege equipos y alarga su vida. Un poco más adelante, una pasarela con barandas permite llegar con seguridad al punto donde las turbinas convierten la corriente en electricidad silenciosa.

Desde allí, la energía sigue un camino claro. Canaletas ordenadas la conducen a la sala eléctrica, que es corazón y cerebro al mismo tiempo. En ese lugar, los tableros hablan con etiquetas sencillas. La prioridad queda a la vista que son las comunicaciones, perímetro, cocina y, luego, lo que no es crítico. Si aparece una alarma, el operador sabe qué ocurrió, qué debe hacer primero y a quién debe avisar. La reserva de baterías espera su momento y entrega cuando corresponde. Todo esto se acompaña con un calendario simple de limpieza, revisión y cuidado, que convierte el mantenimiento en rutina amable.

En el día a día, la solución se mide por las pequeñas victorias. Una tarde lluviosa en que la luz pública no vuelve y, sin embargo, la cocina termina sin atrasos.

Una madrugada silenciosa en que la guardia revisa el perímetro con luz estable y sin zumbidos. Una mañana en que la enfermería confirma que la cadena de frío no se interrumpió. Esos momentos le dan sentido a la inversión y alimentan la convicción de que el río y la disciplina pueden más que la costumbre del motor nocturno.

3.5 Magnitud e impacto esperado

La magnitud de la propuesta se aprecia cuando se observa el presupuesto con honestidad. Cada noche con el motor en marcha durante varias horas representa combustible que se compra, traslados por río que se programan, mantenimiento que se adelanta y repuestos que se buscan. Al disminuir ese hábito, el presupuesto respira y se libera margen para necesidades que se habían postergado. La magnitud también se aprecia en el ambiente. Menos ruido y menos humo cambian la calidad del descanso y la disposición para el trabajo del día siguiente.

El impacto esperado se extiende a la salud y a la moral. Dormir con silencio no es un lujo, es un derecho que mejora el ánimo y la seguridad al tomar decisiones. Trabajar con agua segura que no depende del humor de la red pública reduce preocupaciones y evita emergencias. Mantener comunicaciones estables fortalece la coordinación con autoridades y vecinos. La comunidad nota esos cambios. Una unidad que genera su energía de manera limpia y que maneja su agua con cuidado transmite respeto y cercanía.

El impacto también es pedagógico. La instalación enseña a programar actividades en horas de mayor disponibilidad, a priorizar con serenidad cuando hay menos y a registrar lo suficiente para aprender de la experiencia. Con el tiempo, las personas nuevas encuentran un sistema que se explica solo, porque la lógica es clara y las rutas están marcadas. Esa herencia vale tanto como un equipo nuevo. Permite que la propuesta no sea una moda, sino un modo de trabajar.

En síntesis, se espera una reducción notoria del uso de combustible, una continuidad más estable de los servicios críticos, una mejora perceptible en el descanso del personal y una relación más sana con el entorno y con la comunidad. Son impactos que se ven, se sienten y se sostienen.

3.6 Operación de mantenimiento y seguridad

La operación del sistema se apoya en la claridad. Cada guardia inicia su turno con una revisión breve de la reja de entrada, de la compuerta, del sonido del agua y de los indicadores de la sala eléctrica. Anota lo que ve y lo que oye, no para llenar papeles, sino para construir memoria y detectar cambios a tiempo. Si la palizada arrecia, se baja la compuerta, se limpia con calma y se vuelve a abrir cuando corresponde. No hay heroísmo, hay hábitos y prima la seguridad.

El mantenimiento sigue un calendario que no se improvisa. Hay tareas diarias, semanales y mensuales que se cumplen sin discusión. La limpieza de rejas, la inspección visual de pasarelas y barandas, la revisión de puntos de izaje, la ventilación de la sala eléctrica y el orden de herramientas forman parte de esa lista. En temporada de lluvia, se refuerzan las frecuencias y se anota cualquier señal de fatiga. Cuando un repuesto se utiliza, el registro lo avisa para que se reponga con tiempo, porque en la selva los viajes no siempre se alinean con la necesidad.

La seguridad es el criterio que gobierna. Los accesos tienen superficies que evitan resbalones, las barandas deben estar firmes, la iluminación en el área de trabajo es suficiente sin enceguecer, y las señales visibles alertan a navegantes con antelación. En la sala eléctrica, el orden evita accidentes y la disciplina impide atajos que luego se pagan caros. La seguridad también es emocional. Saber que existe una ruta para intervenir sin apuros reduce la ansiedad y mejora el trabajo en equipo.

Este enfoque convierte a la operación y al mantenimiento en parte de la vida de la unidad. No se depende de visitas periódicas que llegan cuando pueden, sino de un equipo propio que sabe qué hacer, cuándo hacerlo y cómo cuidarse mientras lo hace.

3.7 Plan de implementación por fases

La implementación se organiza en fases que conversan con el presupuesto, con la logística y con la experiencia acumulada. La primera fase se concentra en lo esencial. Se construye el primer tramo del brazo con su compuerta y sus rejas, se montan dos turbinas en un sitio de acceso cómodo y se conecta la producción a

la microred del cuartel. Durante una estación completa se registran datos diarios, se observan comportamientos y se ajustan rutinas. Este período no es un trámite, es la base del aprendizaje que permitirá crecer sin sobresaltos.

La segunda fase amplía el alcance. Si la experiencia lo confirma, se añade longitud al brazo donde convenga, se incrementa el número de turbinas en el tramo preparado y se refuerza el almacenamiento para atravesar con holgura las ventanas de menor producción. También se revisan los apoyos solares en techos y se ajusta su contribución para equilibrar los picos diurnos. Las lecciones de la primera fase se traducen en mejoras de acceso, en ajustes de señalización y en una estandarización de repuestos que reduce tiempos muertos.

La tercera fase consolida el sistema como una práctica madura. Se documentan los procedimientos con claridad, se fortalece la cuadrilla interna como referente de operación y de formación para nuevos ingresos, se hacen mejoras de confort en la sala eléctrica y en el área de trabajo, y se establece una rutina de revisión semestral que permita corregir a tiempo. Esta fase convierte al proyecto en una herencia, no en una anécdota. Cuando el sistema resiste temporadas completas sin perder su razón de ser, la inversión demuestra su valor.

3.8 Indicadores y verificación

Los indicadores se eligen por su utilidad y sencillez. Para la energía, interesa cuántas horas de motor se ahorran, cuánto combustible se deja de consumir, cuántos días la microred sostuvo las cargas críticas sin apoyo del grupo diésel y con qué estabilidad se comportó la reserva. En cuanto al agua, interesa cuántos metros cúbicos se produjeron, cuántos días la planta funcionó sin interrupciones y cómo se mantuvieron los parámetros básicos de calidad. Para la vida cotidiana, interesa cómo se percibió el descanso y qué tan frecuentes fueron las alarmas nocturnas.

La verificación no necesita una maquinaria externa. Se basa en registros diarios, en una revisión semanal que dura lo que un encuentro breve del equipo, y en una conversación mensual donde se miran tendencias y se acuerdan correcciones. Si un indicador se estanca, se investiga. Si otra mejora, se refuerza lo que funcionó. Esta disciplina, lejos de ser una carga, libera. Permite decidir con

tranquilidad y justifica la ampliación por fases con argumentos que cualquiera puede entender.

Con el paso del tiempo, los indicadores escriben una historia convincente. Muestran que el uso del grupo electrógeno se volvió excepcional, que el presupuesto dejó de temer fin de mes, que la cocina programó con mayor libertad, que la enfermería confió en su cadena de frío y que la comunidad percibió una presencia más silenciosa y respetuosa.

CONCLUSIONES

1. La propuesta centra su fuerza en una necesidad real; específicamente cuando falla la red pública, la unidad de Caballococha enciende el grupo electrógeno tres o cuatro horas nocturnas, con ruido, desgaste y alto consumo de combustible; frente a ello, el brazo hidráulico artificial con compuerta y rejas permite conducir un caudal manejable hacia turbinas protegidas y devolver el agua al río, dando energía estable para los servicios críticos sin someter al personal a la rutina del motor.
2. El rediseño de la base teórica para una población de doscientas personas confirma que la escala propuesta es pertinente ya que tres módulos hidrocinéticos del orden de cinco kilovatios cada uno, más un apoyo fotovoltaico en techos y una reserva de baterías, cubren con holgura las prioridades de comunicaciones, iluminación perimetral y cocina, manteniendo al diésel como respaldo excepcional y no como costumbre diaria.
3. La solución se integra a la vida del cuartel con un lenguaje sencillo como rejas que frenan la palizada, cámara tranquila que deja sedimentar la arena, pasarelas con barandas para operar sin riesgos y un tablero con prioridades claras; esta sencillez favorece la apropiación por parte de la cuadrilla interna y convierte la tecnología en hábito cotidiano.
4. La combinación río más sol sostiene la base silenciosa durante la tarde y la noche, el sol acompaña los picos diurnos y la reserva da respiro en la madrugada; al distribuir así los esfuerzos, la unidad reduce horas de motor, libera presupuesto y mejora el descanso del personal.
5. La propuesta protege la continuidad del agua potable, que en selva es salud y dignidad; por lo que la energía estable asegura el bombeo, los retrolavados

programados y desinfección sin sobresaltos, mientras el canal protegido evita que la turbiedad y residuos obliguen a detener la planta.

6. La metodología debe ser por fases; el primer tramo debería empezar por el brazo, dos turbinas iniciales, registros diarios, ampliación gradual; esto ayudaría a disminuir riesgos técnicos y financieros, y permite aprender con los propios datos de la ribera antes de escalar la potencia instalada.
7. La operación y el mantenimiento descansan en rutinas breves y repetibles; por lo que la inspección de rejas y compuerta por guardia, listas de chequeo en sala eléctrica, registro simple de lecturas y umbrales de intervención en crecientes; estos hábitos sostienen la disponibilidad sin depender de visitas externas.
8. El impacto esperado es tangible ya que existe reducción notoria del gasto mensual en combustible, menor ruido en horas de descanso, continuidad de cadena de frío en enfermería y fortalecimiento del vínculo con la comunidad al mostrar una presencia estatal más limpia y respetuosa de la ribera.
9. La arquitectura de microred propuesta prioriza lo que nunca puede fallar y aplaza lo que puede esperar; esta ética de la priorización, escrita en el tablero y practicada por turnos, transforma la ansiedad por los apagones en una cultura de servicio serena.
10. En conjunto, el proyecto cierra el círculo trazado por los capítulos previos como es del diagnóstico a la solución y de la solución a una mejora cotidiana que se siente en el silencio nocturno, en la cocina a tiempo y en el funcionamiento de computadoras y radios que no se interrumpe.

RECOMENDACIONES

1. Confirmar el sitio con una campaña de aforos durante al menos dos estaciones, midiendo velocidad en varias secciones cercanas a la toma y al tramo de turbinas; elegir el “punto dulce” que ofrezca acceso seguro, corriente suficiente y mínima interferencia con la navegación local.
2. Ejecutar en la primera fase un brazo corto con compuerta, rejas y dos turbinas accesibles, más el tablero de priorización y la reserva inicial; operar una estación completa con registros diarios antes de ampliar a tres turbinas y extender el brazo.
3. Mantener la escala propuesta para 200 personas; con tres módulos hidrocinéticos del orden de cinco kilovatios cada uno, doce a dieciocho kilovatios pico en fotovoltaico distribuido en techos y ochenta a ciento veinte kilovatios hora útiles de almacenamiento, con sectorización de cargas críticas.
4. Formalizar una cuadrilla de operación y mantenimiento con manuales breves por turno, alarmas en lenguaje claro, bitácora de una página y entrenamientos quincenales que incluyan izaje seguro, limpieza de rejas, revisión de pasarelas y chequeo de conexiones en sala eléctrica.
5. Establecer un stock mínimo de consumibles y repuestos de alta rotación como sellos, rodamientos, elementos de fijación, cartuchos de filtración; considerando que la reposición llega por vía fluvial y no siempre coincide con la necesidad.
6. Diseñar un plan de gestión de palizada y residuos atrapados en la toma, con rutinas de limpieza seguras, puntos de acopio temporal en ribera y retiro programado, cuidando que el canal se mantenga despejado en creciente.

7. Implementar señalización visible aguas arriba y abajo del brazo, iluminación sobria en el área de trabajo y superficies antideslizantes en pasarelas; revisar semestralmente barandas, puntos de izaje y elementos de sujeción.
8. Operar la planta de agua con ventanas programadas de bombeo y retrolavados durante horas de mayor aporte solar, desinfección sostenida con el respaldo de la reserva y control de turbiedad con la cámara tranquila del canal protegido.
9. Medir y comunicar resultados como horas de motor evitadas, litros de agua producidos sin interrupción, estabilidad de comunicaciones y percepción del descanso del personal; revisar tendencias mensualmente para corregir a tiempo y justificar ampliaciones por fases.
10. Mantener el grupo diésel como respaldo táctico para contingencias y pruebas periódicas cortas; evitar que vuelva a convertirse en el actor principal de cada noche, protegiendo así el presupuesto, el equipo y el descanso.
11. Acompañar la obra con una comunicación sencilla hacia la comunidad vecina, explicando la función del brazo, los horarios de intervención y las medidas de cuidado ambiental; la buena vecindad en ribera es parte de la seguridad del proyecto.
12. Dejar trazada la escalabilidad si los registros muestran holgura, evaluar un cuarto módulo o una pequeña ampliación fotovoltaica sin desmontar lo existente, manteniendo la filosofía modular y la facilidad de O y M.

BIBLIOGRAFÍA

Brown, Johansen, Bortoleto (2022). Feasibility of hybrid in-stream generator and photovoltaic systems for Amazonian off-grid communities. *PNAS Nexus*, 1(3), pgac077.

Carranza (2023). *Estudio de factibilidad, diseño y simulación de sistema de electrificación rural con microrred solar fotovoltaica en la comunidad de Las Palmas, distrito de Puinahua, provincia de Requena, departamento de Loreto* (Tesis de maestría, UNPRG). Repositorio UNPRG.

Díaz & Mundaca (2023). *Estudio, diseño y simulación de una microrred fotovoltaica/diésel para proveer energía eléctrica a la ciudad de Caballococha, Loreto, Perú* (Tesis, UNPRG). Repositorio UNPRG.

Drimer (2024). *Development of an experimental framework for hydrodynamic characterization of hydrokinetic turbines* (Master's thesis, University of Illinois Urbana-Champaign). IDEALS.

Egúsquiza (2020). *Diseño y simulación de un rotor para turbina hidrocínética de 15 kW aplicada al río Huallaga* (Tesis de pregrado, UTEC). CRIS-UTEC.

Salazar (2024). *Diseño y evaluación de la implementación de un sistema eléctrico híbrido fotovoltaico/diésel de 1,1 MW en la localidad de Caballococha* (Tesis de licenciatura, PUCP). Repositorio PUCP.

Da Silva (2023). *The sustainable potential of hydrokinetic turbines in the Amazon basin*. Observatório Latino-Americano / INPE.

Walz (2024). *Design optimization of a diffuser-augmented, dual-rotor hydrokinetic turbine* (Master's thesis, University of Minnesota). University Digital Conservancy.

Anexo A: Álbum Fotográfico



Anexo B: Álbum de Fotos de proyectos similares

Compuerta:



Turbinas:





Anexo C: Datos Personales

1. DATOS PERSONALES

1.01	Apellidos y Nombres	VILCA TORRES RONALDO
1.02	Grado y Arma/Servicio	TTE INF
1.03	Situación Militar	ACTIVIDAD
1.04	CIP	126229700
1.05	DNI	73199746
1.06	Celular	916132607
1.07	Correo Electrónico	Ronaldovt16@gmail.com

2. ESTUDIO EN LA ESCUELA MILITAR DE CHORRILLOS

2.01	Fecha Ingreso de la EMCH	28 MAR 2025
2.02	Fecha Egreso EMCH	31 DIC 2019
2.03	Fecha Alta de la EMCH	01 ENE 2020
2.04	Años de Experiencia como Oficial	05 AÑOS 10 MESES
2.05	Idiomas	ESPAÑOL

3. SERVICIOS PRESTADOS EN EL EJÉRCITO

Nº	Año	Lugar	Unidad / Dependencia	Puesto Desempeñado
01	2020	RIMAC	BTQ N°232	CMDTE SECC
02	2021	CABALLOCOCHA	BSVA N°49	CMDTE SECC
03	2022	CABALLOCOCHA	BSVA N°49	CMDTE SECC
04	2023	CABALLOCOCHA	BSVA N°49	CMDTE SECC
05	2024	KEPASHIATO	BCT N°314	CMDTE SECC
06	2025	KEPASHIATO	BCT N°314	CMDTE SECC

4. ESTUDIOS EN EL EJÉRCITO DEL PERÚ

Nº	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

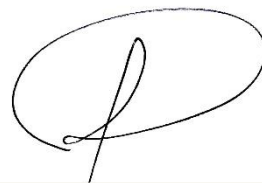
N°	Año	Universidad y Periodo	Bachiller - Licenciado

7. ESTUDIOS DE ESPECIALIZACIÓN

N°	Año	Universidad y Periodo	Bachiller - Licenciado

8. ESTUDIOS EN EL EXTRANJERO

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



Firma : _____
Post firma : R. VILCA T.