

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“DISEÑO HIDRÁULICO DEL CANAL DE INFILTRACIÓN (AMUNA)
SENEGA – TAMBO EN EL DISTRITO DE SAN PEDRO DE CASTA,
PROVINCIA DE HUAROCHIRÍ”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

INGENIERA AGRÍCOLA

PAMELA JANNET QUINO RAMOS

LIMA – PERÚ

2022

Document Information

Analyzed document	TSP_ QUINO_ con formato.docx (D158112611)
Submitted	2023-02-08 01:29:00
Submitted by	Teresa Velasquez Bejarano
Submitter email	tvelasquez@lamolina.edu.pe
Similarity	15%
Analysis address	tvelasquez.unalm@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Nacional Agraria La Molina / TSP-VÁSQUEZ GIANELLA-act_VF.pdf Document TSP-VÁSQUEZ GIANELLA-act_VF.pdf (D154599021) Submitted by: gfano@lamolina.edu.pe Receiver: gfano.unalm@analysis.orkund.com	 6
W	URL: https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2020/02/Resumen-Amunas_ES.pdf Fetched: 2023-02-08 01:30:00	 3
W	URL: https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2021/02/CUBHIC-Amunas.pdf Fetched: 2022-06-15 21:14:23	 3
W	URL: https://aquafondo.org.pe/amunas/ Fetched: 2023-02-08 01:30:00	 2
W	URL: https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2040/1/TL_JulonCabreraJamber.pdf Fetched: 2023-02-08 01:30:00	 8
SA	TESIS BURGA.pdf Document TESIS BURGA.pdf (D54367954)	 1
SA	Revisión Sistemática - Bocatoma.docx Document Revisión Sistemática - Bocatoma.docx (D127867871)	 1
W	URL: https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/2031/ponce_srt.pdf?sequence=1&is... Fetched: 2023-02-08 01:31:00	 9
SA	TESIS_MAESTRIA_RIEGO_DRENAJE_RODRIGO_CHERREZ.pdf Document TESIS_MAESTRIA_RIEGO_DRENAJE_RODRIGO_CHERREZ.pdf (D21706227)	 2
W	URL: https://topodata.com/wp-content/uploads/2019/10/Manual-de-Obras-Hidr%C3%A1ulicas-Ing-Giovene-P... Fetched: 2023-02-08 01:30:00	 3
W	URL: https://premioculturaagua.ana.gob.pe/Preguntalmagen/2021_11_23_12_36_19_2021_10_30_00_01_09_Pr... Fetched: 2023-01-15 21:08:14	 1

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**“DISEÑO HIDRÁULICO DEL CANAL DE INFILTRACIÓN (AMUNA) SENEGA –
TAMBO EN EL DISTRITO DE SAN PEDRO DE CASTA, PROVINCIA DE
HUAROCHIRÍ”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERA AGRÍCOLA

Presentado por:

BACH. PAMELA JANNET QUINO RAMOS

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Mg. Sc. GILLERMO CLEMENTE AGUILAR GIRALDO
Presidente

Mg. Sc. TORIBIO SEBASTIÁN SANTAYANA VELA
Miembro

Mg. Sc. ERICK ABAD ROSALES ASTO
Miembro

Mg. Sc. TERESA OLINDA VELÁSQUEZ BEJARANO
Asesora

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

A mis padres Darío y Lucía por confiar en mí, por participar en cada etapa de crecimiento personal con su infinito amor, por dar todo en cuanto este en sus posibilidades y enseñarme que con esfuerzo todo es posible.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi guía desde niña y darme fortaleza en momentos clave para mi crecimiento personal.

A mi asesora, la Ing. Mg. Sc. Teresa Velásquez, por guiarme y despertar en mí el interés por las estructuras hidráulicas.

A mis compañeros de trabajo: Gianella, Ohaira, David, Paloma y Mariella; quienes motivaron día día mis ánimos y compartieron información requerida para este trabajo.

A mis familiares por su buen humor y paciencia para culminar con mis metas académicas trazadas.

A mis hermanos Darío, Rubén y Nataly; y de modo especial a mi madre Lucía Ramos De La Cruz y a mi padre Darío Quino Mitma.

Y a todas las personas que de alguna u otra manera apoyaron en la realización de mi trabajo de suficiencia profesional.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	PROBLEMÁTICA	1
1.2.	OBJETIVOS	2
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	CANAL DE INFILTRACIÓN (AMUNA)	3
2.2.	OBRAS HIDRÁULICAS.....	4
2.3.	BOCATOMA	4
2.3.1.	Tipos de bocatoma.....	5
2.3.2.	Partes de una bocatoma	6
2.4.	CANAL AMUNERO	7
2.4.1.	Geometría de canal	8
2.5.	INFILTRACIÓN DE AGUA	8
III.	DESARROLLO DEL TRABAJO	10
3.1.	DATOS GENERALES.....	10
3.1.1.	Ubicación.....	11
3.1.2.	Vías de acceso.....	14
3.1.3.	Características climáticas	14
3.1.4.	Estudio socioeconómico	16
3.2.	METODOLOGÍA.....	17
3.2.1.	Identificación y diagnóstico de la amuna	18
3.2.2.	Análisis de la información existente.....	20
3.3.	CRITERIOS DE DISEÑO HIDRÁULICO DE LA AMUNA.....	24
3.3.1.	Bocatoma.....	24
3.3.2.	Canal de infiltración (amuna) Senega - Tambo.....	36
3.3.3.	Infiltración de agua en la amuna.....	38
3.4.	SÍNTESIS DESCRIPTIVA DEL TRABAJO DESARROLLADO	41
3.4.1.	Contribución a la solución de situaciones problemáticas	41
3.4.2.	Análisis de contribución	42

3.4.3. Beneficios obtenidos por el centro laboral debido a la contribución realizada	43
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
4.1. CÁLCULO DEL DISEÑO HIDRÁULICO	45
4.1.1. Bocatoma	45
4.1.2. Canal amunero	49
4.1.3. Potencial de infiltración	49
V. CONCLUSIONES.....	51
VI. RECOMENDACIONES.....	52
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	53
VIII. ANEXOS.....	56

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Accesibilidad a la zona del proyecto	14
Tabla 2: Temperatura promedio mensual (°C)	15
Tabla 3: Precipitación media, máximas y mínimas de la estación Milloc	16
Tabla 4: Caudal pico de máximas avenidas.....	20
Tabla 5: Ubicación de los SEV en la amuna Senega – Tambo	22
Tabla 6: Resumen de resultados, clasificación y corte directo.....	24
Tabla 7: Coeficiente de contracción μ	30
Tabla 8: Valores de X para suelos cohesivos	31
Tabla 9: Valores del coeficiente β	31
Tabla 10: Dimensiones de un desarenador estándar.....	35
Tabla 11: Infiltración escalada por longitud de tramos de la amuna.....	40
Tabla 12: Longitud de ancho de encauzamiento	45
Tabla 13: Longitud de profundidad de Socavación (Ps)	46
Tabla 14: Dimensiones de la ventana de captación.....	46
Tabla 15: Dimensiones de la posa disipadora	46
Tabla 16: Dimensiones de barraje fijo.....	47
Tabla 17: Altura de Muro de encauzamiento	47
Tabla 18: Ancho de canal de limpia	47
Tabla 19: Dimensiones de vertedero de demasías.....	48
Tabla 20: Dimensionamiento del desarenador	48
Tabla 21: Características geométricas de canal amunero	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Modelo conceptual de una amuna.....	4
Figura 2: Secciones hidráulicas del canal.....	9
Figura 3: Mapa de ubicación de la zona de proyecto	12
Figura 4: Ubicación del proyecto	13
Figura 5: Clasificación climática de la zona del proyecto.....	15
Figura 6: Población por grandes grupos de edad.....	16
Figura 7: Actividades económicas en San Pedro de Casta.....	17
Figura 8: Identificación del punto de captación de agua (bocatoma).....	18
Figura 9: Tramo del canal amunero: (A) rocas alineadas donde pasa el agua; y, (B) existencia de canales de agua	19
Figura 10: Señalización de progresiva en el canal amunero	19
Figura 11: Levantamiento topográfico del canal amunero.....	21
Figura 12: Trabajo de inspección geofísica mediante SEV en la amuna Senega – Tambo	23
Figura 13: Toma de muestra de suelos a través de calicata.....	23
Figura 14: Esquema de un vertedero sumergido	27
Figura 15: Esquema de la estructura barraje - poza disipadora	28
Figura 16: Curva del perfil de barraje con paramento vertical.....	32
Figura 17: Diagrama t vs d para calcular el tiempo de sedimentación.....	34
Figura 18: Vistas del prototipo estándar de un desarenador	36
Figura 19: Interfaz del software H-CANALES v.3.0.....	37
Figura 20: Caudales promedios mensuales en la amuna Saywapata.....	38
Figura 21: Esquema caudales de ingreso, infiltración, fuga y aporte de ladera	39

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue desarrollar el diseño hidráulico del canal de infiltración (amuna) Senega -Tambo en el distrito de San Pedro de Casta, provincia de Huarochirí, región Lima. Las amunas, son un tipo de infraestructura ancestral que data de la época precolombina, su función principal es la recarga de los acuíferos a través de la infiltración de agua proveniente de una quebrada y del agua de lluvia en época húmeda para luego ser aprovechada en época seca. Inicialmente, se realizó el reconocimiento y diagnóstico de la amuna para registrar su estado actual. Luego, se realizaron estudios hidrológicos, topográficos y geológicos que permitieron estimar el diseño hidráulico de la bocatoma y el canal de la amuna. Se diseñó una bocatoma convencional de barraje fijo que desvía el agua del río Carhuayumac hacia la amuna y también se rehabilitó un total de 607 m de canal amunero con una base de 0.6 m y una altura de 0.4 m. Al recuperar 607 m de amuna se estaría infiltrando, aproximadamente, 137,059.8 m³ de agua al año.

Palabras clave: amuna, bocatoma, canal, infiltración.

ABSTRACT

The objective of this work was to develop the hydraulic design of the Senega-Tambo infiltration channel (amuna) in the San Pedro de Casta district, Huarochirí province, Lima region. The amunas are a type of ancestral infrastructure that dates back to pre-Columbian times, their main function is the recharge of aquifers through the infiltration of water from a stream and rainwater in the wet season to be used later in the rainy season. dry. Initially, the recognition and diagnosis of the amuna was carried out to record its current state. Then, hydrological, topographical and geological studies were carried out that allowed estimating the hydraulic design of the intake and the amuna channel. A conventional fixed barrage intake was built that diverts the water from the Carhuayumac River towards the amuna and a total of 607 m of amuna canal with a base of 0.6 m and a height of 0.4 m was also rehabilitated. By recovering 607 m of amuna, approximately 137,059.8 m³ of water per year would be infiltrated.

Key words: amuna, intake structure, canal, infiltration

I. INTRODUCCIÓN

1.1. PROBLEMÁTICA

Un país o una cuenca tiene estrés hídrico cuando la disponibilidad de agua dulce per cápita se encuentra entre 1000 y 1700 m³/hab/año. Actualmente, la ciudad de Lima, capital del Perú, cuenta con 10,5 millones de habitantes y experimenta una alarmante situación de escasez hídrica, debido a la disponibilidad de agua que es de 125 m³/hab/año, el cual es ocho veces menor que el índice de escases de agua crónica (Aquafondo 2020).

La fuente de almacenamiento que provee de agua a la ciudad de Lima proviene principalmente del río Rímac, que se caracteriza por tener un régimen de caudal estacional, lo cual implica grandes déficits de agua durante la estación seca y excedentes durante la estación de lluvias que no son captados. Actualmente, los recursos hídricos están sometidos a un fuerte estrés, producto del aumento de la variabilidad climática, la cual es exacerbada por el efecto de las actividades humanas, en particular la degradación del suelo y los cambios de uso de la tierra (Ochoa et al. 2019). Por ello, es importante aportar en la gestión hídrica a través de la captación e infiltración del agua en épocas húmedas, para así controlar y disponer de ella en épocas secas.

Las amunas, son tipos de infraestructuras ancestrales que existen desde la época precolombina, su función principal es la recarga de los acuíferos a través de la infiltración de agua proveniente de una quebrada y del agua de lluvia en la época húmeda (diciembre – marzo), para luego ser aprovechada en la época seca (julio – octubre). Además, a través de las amunas se protege las laderas de la erosión hídrica, reduciendo el impacto de peligros originados por eventos naturales extremos como los huaicos (Ochoa et al. 2019).

En la comunidad campesina San Pedro de Casta, ubicada en la parte alta de la cuenca del río Rímac se viene revalorizando las técnicas ancestrales que permiten la infiltración de agua a través de la rehabilitación de amunas. En alianza con el Fondo de Agua para Lima y

Callao (AQUAFONDO), esta comunidad ha rehabilitado la amuna llamada “Senega-Tambo” de 8.1Km, es la más larga dentro del territorio comunal en comparación a otras y está dividida en cuatro tramos. El presente proyecto busca desarrollar el diseño hidráulico del primer tramo del canal de infiltración (amuna) Senega -Tambo el cual cuenta con 607m de longitud.

1.2. OBJETIVOS

Objetivo general

Desarrollar el diseño hidráulico del canal de infiltración (amuna) Senega -Tambo y sus obras conexas en el distrito de San Pedro de Casta, provincia de Huarochirí, región Lima.

Objetivos específicos

- Evaluar el estado de la amuna Senega – Tambo a través de la identificación del tramo I (progresiva 0+000 – 0+607).
- Revisar y analizar la información hidrológica, topográfica, geológica y geotécnica existente en la zona de proyecto.
- Determinar las dimensiones de la bocatoma y el canal amunero.
- Estimar el potencial de infiltración de la amuna rehabilitada.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. CANAL DE INFILTRACIÓN (AMUNA)

Según Antiporta *et al* (2020), las “amunas”, también llamadas “mamanteo”, son prácticas que consisten, principalmente, en canales que derivan aguas superficiales de las cabeceras de cuencas hacia áreas de infiltración en las montañas durante la estación lluviosa, para incrementar el rendimiento y duración de manantiales aguas abajo. Esta práctica existe desde la época preinca y se ha mantenido hasta ahora en algunas cuencas, por ejemplo, en la cuenca del río Rímac. Las amunas recargan de manera artificial el acuífero, son canales construidos con piedras que permiten que el agua se infiltre en el subsuelo durante la temporada de lluvias, lo que se conoce precisamente como siembra de agua y que permite, que las comunidades, puedan cosechar agua en épocas de estiaje (Ochoa et al. (2019).

El funcionamiento de la amuna comienza con la captación de agua mediante bocatomas de piedras y “champas” en los cauces de las quebradas, para después continuar con la recarga de los acuíferos mediante una red de acequias y/o canales construidos con rocas y mantenidos organizadamente por los comuneros (IICA, 2018).

Actualmente, estas infraestructuras están tomando mayor importancia por su efectividad en la recarga artificial de acuíferos, por ello en la cuenca del Rímac existen experiencias de recuperación de amunas (Cárdenas, 2020).

A través de las amunas se capta el agua del escurrimiento de las lluvias en las alturas y es conducido hasta zonas previamente identificadas donde hay rocas fisuradas o fracturadas de la montaña. El agua al ingresar a la roca se desplaza lentamente y aflora en los manantiales (ojos de agua o puquios) y arroyos que están entre 1500 y 1800 metros más abajo (Alencastre, 2022). En la Figura 1, se puede observar un modelo conceptual de una amuna.

1	Bocatoma	5	Laderas de infiltración
2	Canal de enrutamiento	6	Manantiales
3 y 4	Canales de infiltración	7	Balsas

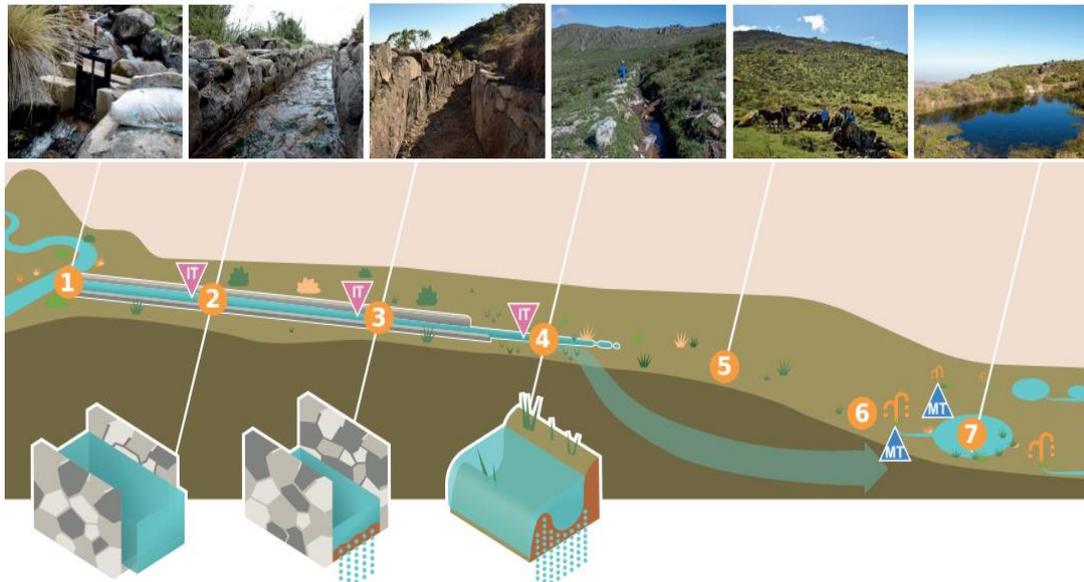


Figura 1: Modelo conceptual de una amuna

Fuente: Adaptado de Ochoa *et al.* (2019)

2.2. OBRAS HIDRÁULICAS

Las obras hidráulicas constituyen un conjunto de estructuras construidas con el objeto de manejar el agua, cualquiera que sea su origen, con fines de aprovechamiento o de defensa (Torres, 1980).

2.3. BOCATOMA

La bocatoma es una estructura hidráulica destinada a derivar una parte o toda el agua disponible en un río, para así poder ser utilizada en diferentes usos como: agricultura, agua potable, actividades industriales, etc. La bocatoma se caracteriza principalmente por el caudal de captación, el que se define como el gasto máximo que una obra de toma puede admitir (Julon, 2019).

2.3.1. Tipos de bocatomas

Según Mansen (2006) las bocatomas se clasifican de la siguiente manera:

a. Toma directa

Esta toma capta el agua directamente a través de una ventana lateral, se aplica para un brazo fijo del río donde discurre un caudal mayor al de la demanda. La ventaja que presenta es que no necesita barraje o azud que es una de las partes que presenta alto costo. Esta toma presenta problemas en época de crecidas, ya que puede ser obstruida y permite el ingreso de sedimentos hacia el canal de derivación.

b. Toma mixta o convencional

Se trata de una toma que capta el agua mediante el cierre del río con una estructura llamada azud o presa de derivación, que puede ser fija o móvil, dependiendo del tipo del material usado. Será fija cuando se utiliza un elemento rígido, por lo general concreto; y, será móvil, cuando se utilizan compuertas de acero o madera. La captación en ese tipo de bocatomas se realiza por medio de una ventana que puede funcionar como orificio o vertedero dependiendo del tirante en el río.

c. Toma móvil

Este tipo de toma crea la carga hidráulica mediante un barraje móvil. Son tomas que disponen de un barraje, debido a la variación de niveles de agua presente entre la época de estiaje y crecida; está compuesto de un barraje relativamente bajo para poder captar el caudal deseado, y compuertas que proporcionen el nivel de agua demandado. El barraje con compuerta que posibilita el paso del agua mediante ellos, se le conoce como barraje móvil. La ventaja es que permite el paso de los materiales de arrastre por encima de la cresta del barraje vertedero, logrando disminuir la colmatación.

d. Toma tirolesa

Estas tomas presentan estructuras de captación dentro de la sección del azud, en un espacio

protegido por una rejilla metálica que evita el ingreso de materiales transportados por el cauce. Estas tomas no se recomiendan en ríos donde el arrastre de sedimentos es intenso, ya que puede causar obstrucción de las rejillas.

2.3.2. Partes de una bocatoma

Los principales elementos de las bocatomas son los siguientes:

a. Ventana de captación

Estructura que permite captar el agua del río. Sus dimensiones son calculadas en base al caudal a derivar y de las condiciones económicas del proyecto. Para contrarrestar los sedimentos, está compuesta por rejas o barras que generan pérdidas hidráulicas y son consideradas en el cálculo del caudal de captación para evitar daños físicos (Ponce, 2015).

b. Posa disipadora

Sirve para disipar la energía de manera que el agua pase al cauce no revestido con velocidades lo suficientemente bajas para no producir erosión ni socavación causando destrucción en las obras secundarias (Ponce, 2015).

c. Barraje fijo

Presa de derivación que se construye principalmente para derivar el agua hacia zanjas, canales u otros sistemas de conducción al lugar en que se van a usar. Es una presa sólida, para levantar el tirante frente a las compuertas de captación (Barreto, 2015).

d. Muros de encauzamiento

Son estructuras que permiten encauzar el flujo del río entre determinados límites con la finalidad de formar las condiciones de diseño preestablecidos (ancho, tirante, remanso, etc.). Se pueden construir de concreto simples o armados, el dimensionamiento se basa en poder controlar el posible desborde del máximo nivel del agua, esto ayuda a que se evite la socavación de las estructuras de captación (Ponce, 2015).

e. Canal de limpia

El canal de limpia es la estructura que permite reducir la cantidad de sedimentos que trata de ingresar al canal de derivación, así como la eliminación del material de arrastre que se acumula delante de las ventanas de captación (Ponce, 2015).

f. Vertedero de demasías

Es una estructura hidráulica de protección, que se ubica en uno de los lados del canal y cuya función es el de verter fuera de la estructura de conducción cualquier exceso de agua que resulte del ingreso de agua por avenidas o mala operación de las compuertas de regulación (Ponce, 2015).

g. Desarenador

Los desarenadores son obras hidráulicas que sirven para separar por sedimentación y después remover (evacuar), el material sólido que lleva el agua de un canal (Julon, 2019).

2.4. CANAL AMUNERO

El canal es un conducto abierto donde el agua circula debido a la acción de la gravedad. Se llaman a los conductos que van a cielo abierto, es decir, aquellos que, por lo general, se excavan a media ladera (Perez, 2016).

Los canales artificiales son estructuras hidráulicas destinados a transportar agua desde una fuente de origen hasta un lugar de destino, donde es consumida o utilizada. La condición que los caracteriza es que el escurrimiento se produce en superficie libre, sin presión (Julon, 2019).

Según Ochoa (2019), existen dos tipos de canales en una amuna:

a. Canales de enrutamiento

Canales que desvían los caudales de quebradas hacia canales de infiltración y laderas.

Están contruidos con piedra y cemento con cemento en los lados y la base.

b. Canales de infiltración

Transportan el agua hacia las laderas de infiltración, permitiendo de manera simultánea la infiltración hacia el subsuelo.

2.4.1. Geometría de canal

El corte transversal de un canal se refiere a la sección perpendicular al fondo o a la línea de inclinación media de su plantilla. La sección de los canales naturales es de forma muy irregular y varía continuamente de un sitio a otro; los canales artificiales, sin embargo, son diseñados con secciones geométricas regulares, siendo las más utilizadas: trapezoidal, rectangular, triangular y la semicircular (Muñoz, 2021).

La geometría usada en los canales de amuna, generalmente, es de tipo rectangular; sin embargo, según la ANA (2010), existen diferentes secciones hidráulicas de canales como se muestra en la Figura 2, donde se observa las secciones transversales más frecuentes y las características geométricas de los canales.

2.5. INFILTRACIÓN DE AGUA

La infiltración es el proceso por el cual el agua de la superficie del suelo ingresa en el suelo. La infiltración es medida en milímetros por hora (Úbeda & Delgado, 2018)

Las amunas tienen un papel fundamental en la infiltración de agua, ya que derivan aguas superficiales de las cabeceras de cuencas hacía áreas de infiltración en las montañas durante la estación lluviosa, para incrementar el rendimiento y duración de manantiales aguas abajo (Antiporta et al, 2020).

Tipo de selección	Área A (m^2)	Perímetro mojado P (m)	Radio Hidráulico R_h (m)	Espejo de agua T (m)
 Rectangular	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b

Figura 2: Secciones hidráulicas del canal

FUENTE: ANA (2010)

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1. DATOS GENERALES

El presente trabajo de suficiencia profesional fue planificado a fines del 2020, desarrollado y ejecutado durante el 2021 en la comunidad campesina de San Pedro de Casta, ubicada en el distrito del San Pedro de Casta, provincia de Huarochirí, en la región de Lima. En esta comunidad se planteó la rehabilitación de sus amunas, previamente identificadas en el 2018 por The Nature Conservancy (TNC); aquellos canales ancestrales construidos por los antiguos moradores y cuyas costumbres prevalecen en la zona, teniendo incluso una semana dedicada al mantenimiento de las amunas, para lo cual desarrollan una fiesta costumbrista cada año durante la primera semana de octubre, denominada “Champería”, siendo que para los comuneros y comuneras, la siembra de agua les permite garantizar el desarrollo de sus principales actividades económicas.

Es así, que surge la necesidad de la comunidad de San Pedro de Casta de ponerse en contacto con AQUAFONDO, para poder continuar con la recuperación de sus canales ancestrales para disponer de agua en la época de estiaje a través de la activación de sus manantiales u ojos de agua, como también los conocen, y beneficiar a Lima a través de la incorporación de agua al acuífero.

Estas iniciativas de inversión en la rehabilitación de amunas, surgieron durante el 2016, luego de conocer testimonios orales de los comuneros, quienes indicaban que 4 meses después de la temporada de lluvias, aun continuaba emanando agua en aquellos manantiales que antes solían secarse hasta 1 mes después del periodo de lluvias. Este hallazgo generó la necesidad de validar científicamente la conexión entre las amunas y los manantiales luego de la puesta en operación, posterior a su rehabilitación. La hipótesis de siembra y cosecha de agua en amunas y manantiales respectivamente se había realizado junto con la pregunta ¿Cuánto es el aporte de agua

a través de las amunas? Es así que, durante los años 2018 - 2019 se logra obtener el financiamiento de la Iniciativa Climática Internacional (IKI) y la participación de investigadores del Centro de Investigación y Tecnología del agua de la Universidad de Ingeniería y tecnología (UTECH), quienes realizaron el monitoreo hidrológico de una amuna ubicada en San Pedro de Casta durante un año, cuyo resultado arrojó como cifra 225,798.7m³ m³/km/año como la cantidad de recarga al acuífero, cifra que evidencia la eficiencia de una amuna en términos de caudal de infiltración y el beneficio hídrico generado por estas infraestructuras ancestrales. Además, esta información justifica la inversión en proyectos de infraestructura verde o natural al comparar el costo beneficio frente a los proyectos de infraestructura gris.

Luego de conocer la eficiencia de recarga de una amuna, desde AQUAFONDO con la inversión de la empresa privada y la cooperación alemán GIZ, se planteó la rehabilitación de todas las amunas identificadas en el distrito de San Pedro de Casta, siendo una de ellas la amuna Senega – Tambo, para lo cual el presente trabajo de suficiencia profesional tiene como alcance el diseño hidráulico del primer tramo de la amuna, respetando la arquitectura de la zona, las costumbres y el trabajo con los comuneros y comuneras, herederos de los saberes ancestrales.

3.1.1. Ubicación

La zona del proyecto se ubica a una altitud de 3211m.s.n.m. en el distrito de San Pedro de Casta, provincia de Huarochirí y región de Lima (ver Figura 3). La amuna Senega-Tambo tiene una longitud total de 8.1km divididos en cuatro tramos, de los caudales el presente proyecto solo abarcó el primer tramo correspondiente a una longitud de 607 m (ver Figura 4).

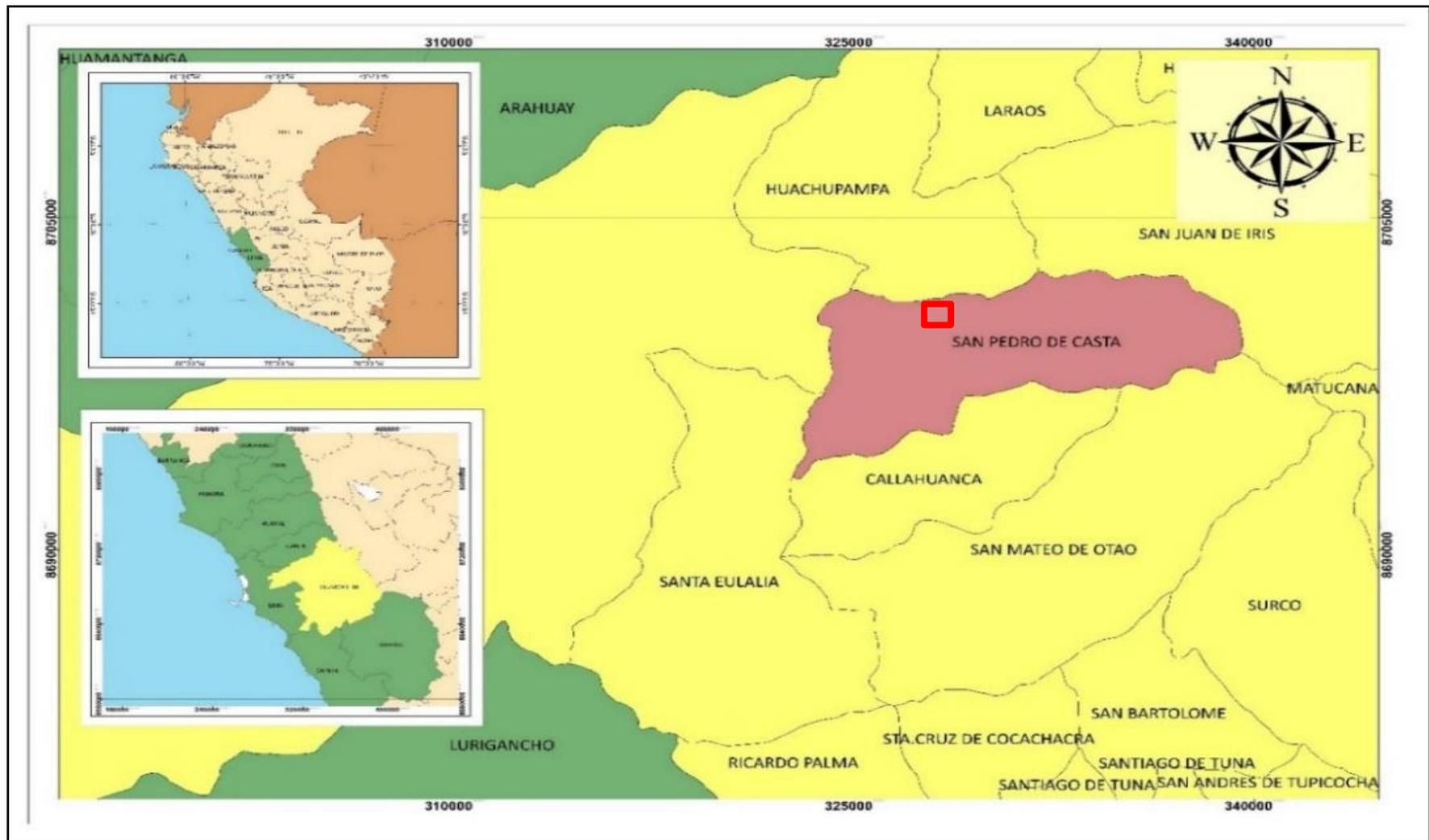


Figura 3: Mapa de ubicación de la zona de proyecto



Figura 4: Ubicación del proyecto

FUENTE: Google Earth

3.1.2. Vías de acceso

El acceso y ubicación a la amuna Senega – Tambo se detalla en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1: Accesibilidad a la zona del proyecto

Desde	Hasta	Tipo de vía	Estado de la vía	Medio de transporte	Distancia promedio (km)	Tiempo (min)
Lima	San Pedro de Casta	Asfaltada	Buena	Auto, camioneta, etc.	99	240
San Pedro de Casta	Punto de Carretera	Trocha	Regular	Camioneta	10.00	40
Punto de Carretera	Amuna Senega - Tambo	Sendero	Regular	A pie	0.22	15

3.1.3. Características climáticas

a. Clima

De acuerdo con el mapa de clasificación climática, utilizando el método de Thornthwaite, la microcuenca de Carhuayuma presenta 3 zonas de clasificación climática (ver Figura 5).

- B (o, i) C': Lluvioso / Bosque con otoño e invierno seco / frío.
- C (i) C': Semiseco / Pastizal con invierno seco / frío.
- D (i) C': Semiárido / Estepa con invierno seco / frío.

Estos climas son propios de la región de la sierra, comprendiendo a los valles interandinos situados entre los 3500 msnm al 4000msnm. Se caracteriza por presentar precipitaciones medias anuales de 700 mm, la temperatura varía entre 12 °C y 15 °C.

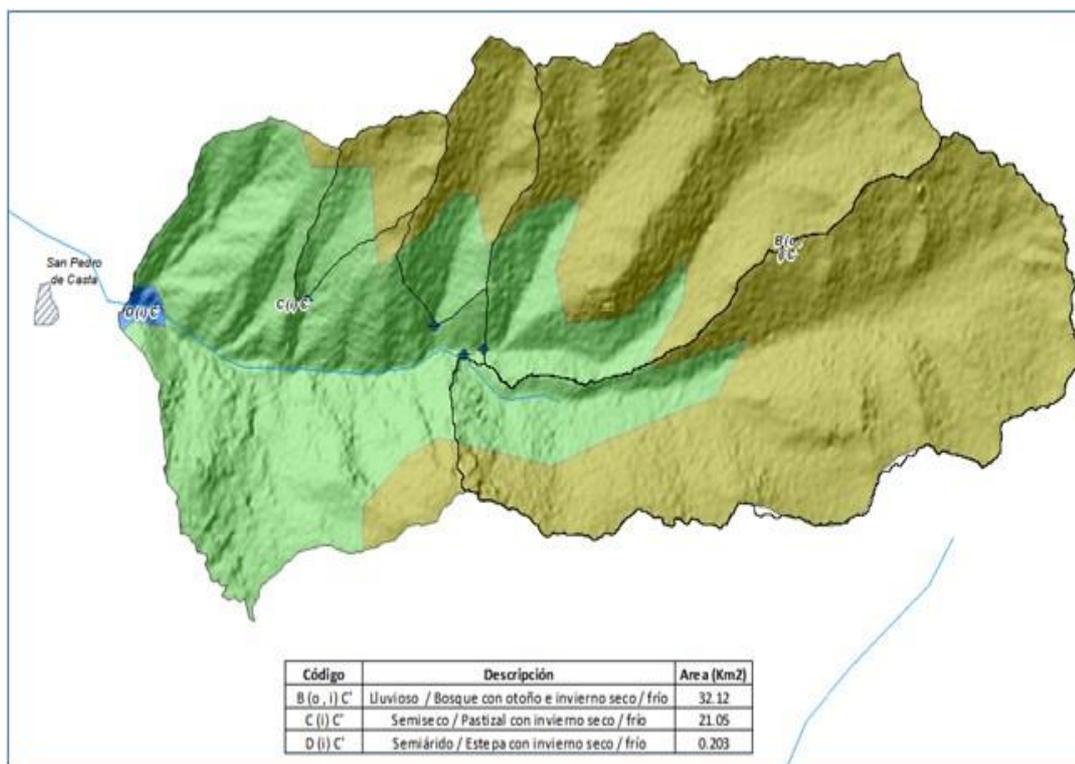


Figura 5: Clasificación climática de la zona del proyecto

b. Temperatura

Se ha obtenido los valores de temperatura realizando una interpolación espacial por el método Shepard, para un periodo de 31 años (1989 – 2019). Este proceso fue realizado por el software RS Minerve, teniendo como input a las estaciones Naña, Canta, Matucana y Marcapomacocha, ya que contaban con datos diarios de esta variable (ver Tabla 2).

Tabla 2: Temperatura promedio mensual (°C)

Estación	Altitud	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Naña	543.0	21.8	22.8	22.8	21.6	19.9	17.6	16.6	16.6	17.5	18.5	19.3	20.3
Canta	2818.0	12.7	12.6	12.6	13.1	13.2	13.1	13.1	13.5	13.6	13.4	13.1	13.0
Matucana	2417.0	15.6	15.5	15.5	15.6	15.6	15.3	15.1	15.5	16.0	16.1	15.9	15.8
Marcapomacocha	4447.0	5.6	5.6	5.6	5.5	4.9	4.1	3.5	4.0	4.8	5.3	5.7	5.7

c. Precipitación

Según Manrique (2020), quien a través de la estación metereológica Milloc establecida por el SENAMHI, documentó la precipitación del distrito de San Pedro de Casta (ver Tabla 3). El mes de junio es el mes más seco con un valor promedio de 1.0 mm, mientras que el mes de febrero es el más lluvioso con un valor promedio de 177.5mm.

Tabla 3: Precipitación media, máximas y mínimas de la estación Milloc

Variables	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Promedio mensual	107.4	126.7	121.6	44.1	8.7	1.6	0.7	2.7	12.8	32.3	47.7	95.9	602.1
Máxima mensual	183.1	194.0	223.9	121.2	33.2	9.5	3.1	9.5	33.1	65.5	110.6	154.3	1141.0
Mínimo mensual	33.3	64.4	18.5	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	7.1	26.1	167.8

FUENTE: Manrique (2020)

3.1.4. Estudio socioeconómico

a. Población

Según el XII Censo de Población y VII Vivienda (2017), realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en el distrito de San Pedro de Casta, existen 928 habitantes de los cuales 462 son hombres y 466 son mujeres. Asimismo, según la pirámide poblacional del distrito, alrededor de 20 % de la población se encuentra concentrado entre personas de edades 21-40 y 41-60 años (ver Figura 6).

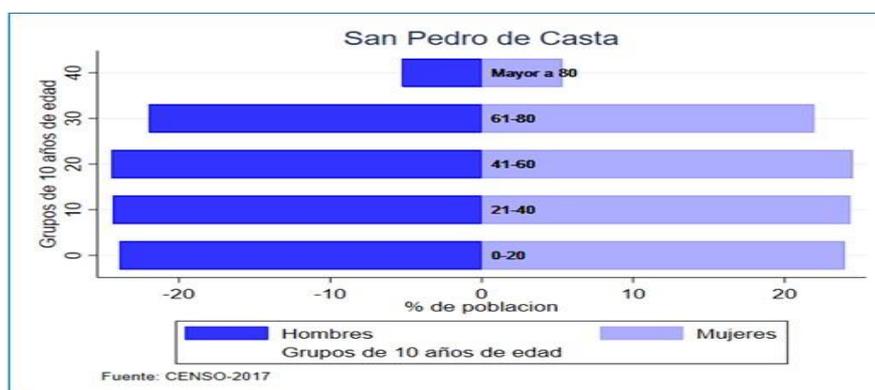


Figura 6: Población por grandes grupos de edad

a. Economía

Según Chavarria (2021) la Población Económicamente Activa (PEA) en el distrito de San Pedro de Casta es de 67.4 %, donde la principal actividad económica es la agricultura, la ganadería, silvicultura y pesca en un 55.5%, en segundo lugar, el comercio al por menor en 9.45 % y le siguen otras actividades en menor porcentaje (Ver Figura 7).



Figura 7: Actividades económicas en San Pedro de Casta

FUENTE: Chavarria (2021)

3.2. METODOLOGÍA

Se inició con el trabajo de identificación y diagnóstico, el cual consistió en recorrer el canal existente en compañía del comité designado por la comunidad, para conocer el estado actual de la infraestructura y los problemas existentes en la amuna. También se realizaron mediciones de la sección hidráulica presente, calicatas, toma de muestras de suelo y actividades correspondientes al levantamiento topográfico, realizado por el equipo técnico.

Con la información recopilada, se trazó el eje del canal amunero, estableciéndose las características hidráulicas y geométricas del tramo I de la amuna Senega -Tambo.

3.2.1. Identificación y diagnóstico de la amuna

a. Zona de captación del agua

En el río Horno se identificó la zona de captación donde se planeó el diseño de la bocatoma que captará el agua del río para derivar a la amuna. En el lugar no se encontró ninguna estructura hidráulica existente (ver Figura 9).

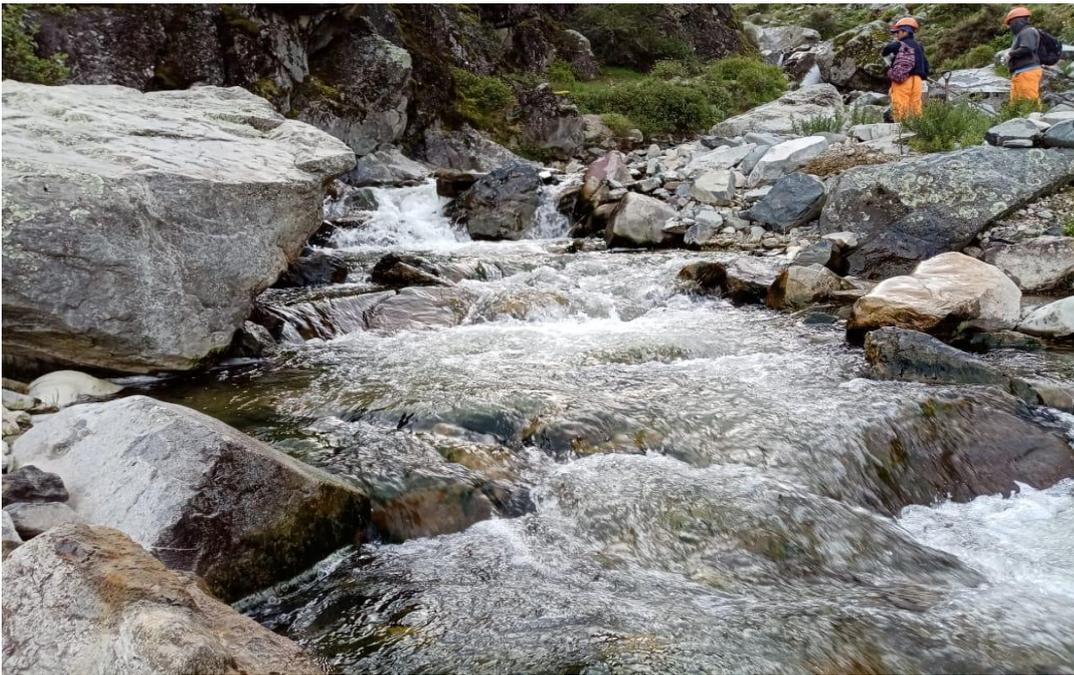


Figura 8: Identificación del punto de captación de agua (bocatoma)

b. Identificación del tramo del canal amunero

Para identificar el tramo total del canal amunero, se localizó restos de rocas agrupadas o alineadas por donde pasaba un flujo de agua, el cual evidenciaba el recorrido del agua (ver Figura 9A), también se observó canales de agua en buen funcionamiento (ver Figura 9B). Una vez identificado el canal amunero, se realizaron señalizaciones de las progresivas que indicaron la longitud de la amuna, la progresiva establecida en este proyecto fue de 0+000 a 0+607 (ver Figura 10).



Figura 9: Tramo del canal amunero: (A) rocas alineadas donde pasa el agua; y, (B) existencia de canales de agua



Figura 10: Señalización de progresiva en el canal amunero

Frente a las condiciones encontradas de la amuna se planeó estructuras para mejorar su funcionalidad.

3.2.2. Análisis de la información existente

a. Hidrología

- Caudales máximos

Dado que no existen estaciones hidrométricas en la microcuenca de proyecto, se obtuvo los caudales máximos mediante el modelo HEC-HMS, desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica (HEC), del Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos. Dicho modelo simula el proceso de precipitación-escorrentía sobre la superficie de la cuenca; representando a la misma como un sistema interconectado de componentes hidrológicos e hidráulicos.

El caudal de máximas avenidas, para un periodo de retorno de 100 años en la microcuenca Chanicocha es de 18 m³/s.

Tabla 4: Caudal pico de máximas avenidas

Microcuenca	Área	Caudal pico (m ³ /s)	Vol. (m ³)
Chanicocha	18.65	18.00	22 770

b. Topografía

Se realizó el levantamiento topográfico con una estación total, utilizando el método de radiación (ver Figura 12). El uso de este método se apoyó en una poligonal previamente levantada, a partir de cuyos vértices se hacen radiaciones a fin de determinar la ubicación de los puntos de relleno y de detalles. Luego con GPS navegador en mano y en compañía de los especialistas y los beneficiarios de la zona, se llevó adelante el trazo del canal en campo. Finalmente, se realizó los cálculos y representación gráfica de las curvas de nivel cada 0.5m usando el programa AutoCAD Civil 3d.



Figura 11: Levantamiento topográfico del canal amunero

c. Geología

- Geología local en la zona de captación

La captación se ubica en quebradas de un valle en un estado juvenil y en pleno proceso de profundización. El valle que atraviesa esta unidad es “valle de elevación de tipo transversal”. Se supone que este tipo de valle es el resultado de una rápida erosión ocasionada por el considerable aumento de los caudales de los ríos debido a los deshielos de los glaciares en el Pleistoceno y a la gran pendiente inicial.

Litológicamente está constituido de una gruesa secuencia masiva de volcánicos tobáceos y sedimentos clásticos que se pierden lenticularmente.

- Geofísica

Las investigaciones de prospección geofísica consistieron en ensayos de Sondajes Eléctricos Verticales – SEV (ver Figura 13), estos ensayos fueron ejecutados por CIMA S.A.C, la ubicación de los SEV se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5: Ubicación de los SEV en la amuna Senega – Tambo

N° SEV	Coordenadas UTM		Progresiva (Km)
	Este (m)	Norte (m)	
SEV-A1	331 867	8 698 725	0+000
SEV-A2	331 770	8 699 248	0+657

La sección geoelectrica está compuesta por los SEV-A1 y SEV-A2, esta sección evidencia 05 horizontes, descritos a continuación:

- El primer horizonte, presenta valores de resistividad eléctrica de 96.35 Ohm.m, esta es una zona de baja resistividad, puede asociarse a materiales superficiales como arenas, arcillas y limos producto del arrastre aluvial con presencia de agua.
- El segundo horizonte, presenta valores de resistividad eléctrica entre 184.2 Ohm.m la cual representa una zona de resistividad moderada, posiblemente se trate a la presencia de humedad o agua en materiales no compacto como arenas, gravas y limos o roca fracturada.
- El tercer horizonte, presenta valores de resistividad eléctrica entre 602.3 y 717.7 Ohm.m la cual representa una zona de mediana resistividad, se asocia posiblemente en superficie a materiales compactos semipermeables como roca fisurada o arcillas, arenas compactas semipermeables, en profundidad puede asociarse a roca con fisuras o alterada.
- El cuarto horizonte, presenta valores de resistividad eléctrica entre 1139.0 y 12973.00 Ohm.m la cual representa una zona de alta resistividad asociado a roca con algún nivel de alteración, provocado por los procesos de intemperismo y otros factores tectónicos ya que pueden presentar fracturamiento.
- El quinto horizonte, presenta valores de resistividad eléctrica entre 306215.00 y 1100000.00 Ohm.m siendo este una zona muy resistiva con presencia de roca intacta o muy competente.



Figura 12: Trabajo de inspección geofísica mediante SEV en la amuna Senega – Tambo

d. Tipo de suelo

Para determinar el tipo de suelo y rocas presentes en la zona de, se realizó una calicata en la zona de captación de la amuna (ver Figura 14). La calicata tuvo una dimensión de 1m de ancho, 1m de largo y 1.5cm de profundidad, basándonos en la guía de muestreo de suelo propuesta por el MINAM (2014).



Figura 13: Toma de muestra de suelos a través de calicata

Los resultados de la calicata muestran que en los primeros 25 cm de profundidad hay presencia de arena limosa con gravillas en estado medianamente húmedo y en la profundidad de 25cm a 100cm presenta grava mal graduada y presencia del nivel freático a partir de una profundidad de 100cm.

Tabla 6: Resumen de resultados, clasificación y corte directo

Calicata	Prof. (m)	clasificación	Densidad seca (g/cm³)	Ángulo de fricción
C-1 CAP	0.00– 1.20	Grava mal graduada con arena	210	32.30°

3.3. CRITERIOS DE DISEÑO HIDRÁULICO DE LA AMUNA

3.3.1. Bocatoma

Para determinar el tipo de bocatoma se consideró la demanda hídrica de la amuna el cual es 0.19 m³/s. Así mismo, el cause presenta mínimas cantidades de sedimento en los meses de junio a octubre, donde no hay lluvias. Los meses más lluviosos son de diciembre a marzo. Teniendo estas premisas y considerando la ubicación se eligió un tipo de bocatoma mixto.

a. Consideraciones de diseño

- Topografía (forma del terreno, cauce y pendiente)
- Geología (morfología, litología, hidrogeología)
- Geotecnia (resistencia del suelo, estabilidad, sismo resistente)
- Ecológicos (flora y fauna)
- Caudal de avenida para un tiempo de retorno
- Caudales mínimos y máximos de operación

b. Criterios hidráulicos

- Evaluación de tipo de bocatoma.
- Fines del proyecto, amuna.
- Evaluación de estructuras existentes ubicadas en la zona de amuna.
- Nivel de la toma de captación, nivel final de la conducción para el punto de interés en la ubicación de las obras de arte a proyectar o proyectadas. Con la evaluación integral se define la altura de barraje.
- Nivel de la ventana de captación respecto a la solera de la bocatoma.
- Condiciones hidráulicas de diseño (nivel freático, velocidad, rugosidad, borde libre, etc.).
- Pre-dimensionamiento de los espesores de muros y losas.

c. Ancho de encausamiento

Se suele calcular mediante tres fórmulas experimentales como la de M. Blech, M. Altumin, M.Petit y medida in situ.

- Fórmula de M. Altumin

$$\begin{aligned} B &= A * \frac{\sqrt{Q}}{S^{0.2}} \\ A &= \left(n * K^{\frac{5}{3}} \right)^{\frac{3}{(3+5*m)}} \end{aligned} \tag{1}$$

K: Coeficiente que depende de la resistencia de las orillas

- 3 a 4 Material de cauce muy resistente
- 16 a 20 Material fácilmente erosionable
- 8 a 12 Material aluvial
- 10 En los problemas de ingeniería

m: Exponente

- 0.5 Para ríos de montaña
- 0.7 Para cauces arenosos
- 1.0 Para cauces aluviales

- **Fórmula de M. Petit**

$$B = 2.45 * \sqrt{Q} \quad (2)$$

- **Fórmula de M. Blench**

$$B = 1.81 * \sqrt{\frac{Q * F_b}{F_s}} \quad (3)$$

Fb: Factor de fondo

- 0.8 Para material fino
- 1.2 Para material grueso

Fs: Factor de orilla

- 0.1 Para materiales sueltos
- 0.2 Para Materiales ligeramente cohesivos
- 0.3 Para materiales cohesivos

d. Ventana de captación

- **Sumergencia en vertedero sumergido**

Según Krochin, la verificación de la sumergencia de la ventana se determinará con la Figura 16.

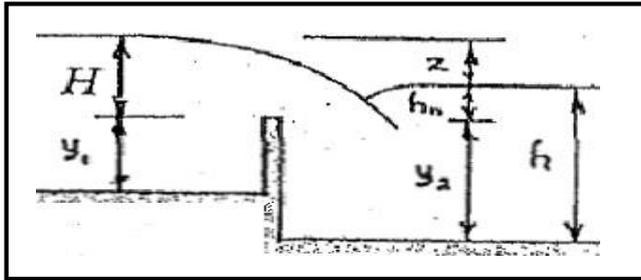


Figura 14: Esquema de un vertedero sumergido

FUENTE: Huaranga (2019)

Para considerar sumergido el vertedero debe cumplirse las condiciones:

$$h_2 > y_2:$$

$$z / y_2 < 0.$$

- **Longitud de la ventana**

Se usará la ecuación de vertedero:

$$Q = S * M * b * H^{(3/2)} \tag{4}$$

Donde:

S: coeficiente de corrección por sumersión (Basin)

M: coeficiente de descarga (Konovalov)

b: longitud de la ventana en metros

H: carga sobre el vertedero en metros

Los coeficientes S y M se calcularán mediante las siguientes ecuaciones:

$$M = [0.407 + (0.045 * (H/H+y1))] * [1 + 0.285 * (H/H+y1)^2] * \sqrt{2g} \quad (5)$$

$$S = 1.05 * [1 + 0.2 * (hn/y2)] * (Z/H)^{1/3} \quad (6)$$

e. Barraje fijo (o presa derivadora)

- Longitud de la poza

Para el cálculo del tirante contraído y_1 , usaremos la ecuación de conservación de la energía:

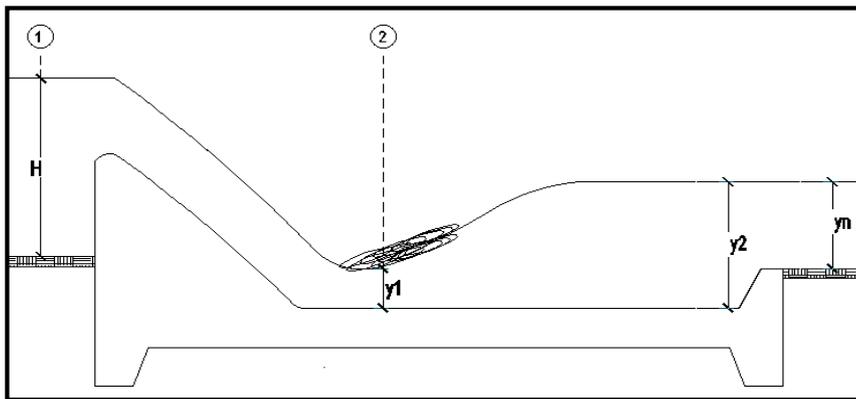


Figura 15: Esquema de la estructura barraje - poza disipadora

Ecuación de energía:

$$E_0 = E_1 + h_{f0-1} \quad (7)$$

Donde:

E_0 : energía específica en la sección 0

E_1 : energía específica en la sección 1

h_{f0-1} : disipación de energía entre las secciones 0 y 1

Despreciando las pérdidas de energía entre las secciones: $hf_{0-1} = 0$

La ecuación quedaría:

$$E_0 = E_1$$

$$H + \frac{V_0^2}{2g} = y_1 + \frac{V_1^2}{2g}$$

Ecuación para el tirante conjugado Y_2 :

$$Y_2 = y_1/2 * (-1 + \sqrt{1 + 8(FI)^2}) \quad (9)$$

Ecuación para la longitud del resalto en la poza (Bakhmetev – Mastke):

$$L = 5 * (y_2 - y_1) \quad (10)$$

Ecuación para la profundidad de la poza:

$$r = y_2 - y_1 \quad (11)$$

- **Profundidad de socavación**

La profundidad de socavación se determina con el método propuesto por Lischtvan Levediev para cauces naturales definidos. Este método se basa en el supuesto que la erosión de fondo se detendrá a una profundidad que cumple la condición:

$$V_e = V_r$$

Dónde:

V_e : Velocidad erosiva (m/s)

V_r : Velocidad real (m/s)

Seguidamente, para determinar la profundidad de socavación se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$P_s = d_s - y_o \quad (12)$$

Para suelos no cohesivos, como es este caso, se tiene:

$$a = \frac{z}{y o(5/3) * \beta * \mu} \quad (13)$$

$$d_s = \left[\frac{a + y o^{5/3}}{0.68 * D_m^{0.28} * \beta} \right]^{1/x} \quad (14)$$

Dónde:

Ps: profundidad de socavación yo: tirante normal.

ds: tirante que corresponde a la profundidad a evaluar medido desde la superficie del agua (m).

β : coeficiente que depende de la frecuencia con que se repite la avenida.

μ : coeficiente de contracción.

Dm: diámetro medio de las partículas que no serán removidas por la erosión.

X: exponente para material no cohesivo que depende del diámetro medio de la partícula.

Tabla 7: Coeficiente de contracción μ

Velocidad media en la sección en m/s	Longitud entre pilas en metros							
	10	18	25	30	52	63	106	200
Menor de 1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1	0.96	0.98	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00
2	0.93	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.90	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	1.00
3	0.89	0.94	0.96	0.96	0.98	0.98	0.99	0.99
3.5	0.87	0.93	0.95	0.96	0.98	0.98	0.99	0.99
4.00 o mayor	0.85	0.92	0.94	0.95	0.97	0.98	0.99	0.99

Fuente: Huaranga (2019)

Tabla 8: Valores de X para suelos cohesivos

Dm en mm	X	Dm en mm	X
0.05	0.43	40	0.3
0.15	0.42	60	0.29
0.5	0.41	90	0.28
1	0.4	140	0.27
1.5	0.3	190	0.26
2.5	0.38	250	0.25
4	0.37	310	0.24
6	0.36	370	0.23
8	0.35	450	0.22
10	0.34	570	0.21
15	0.33	750	0.2
20	0.32	1000	0.19
25	0.31		

FUENTE: Huaranga (2019)

Tabla 9: Valores del coeficiente β

Periodo de retorno en años	Coficiente
1	0.77
2	0.82
5	0.86
10	0.9
20	0.94
50	0.97
100	1
500	1.06
1000	1.07

FUENTE: Huaranga (2019)

- **Perfil del barraje**

La forma de la cresta se aplicará de acuerdo a la fórmula propuesta por el Bureau of Reclamation del W.E.S (U.S. Army Engineers, Waterways Experiment Station), siendo primeramente un dimensionamiento preliminar (teórico) para luego darle mayor resistencia evitando presiones negativas en la estructura.

$$X^n = K * (Hd)^{n-1} * Y \quad (15)$$

Donde:

X, Y: valores de las coordenadas

Hd: carga neta de agua sobre la cresta

n, K: constantes que dependen de la inclinación del paramento aguas arriba

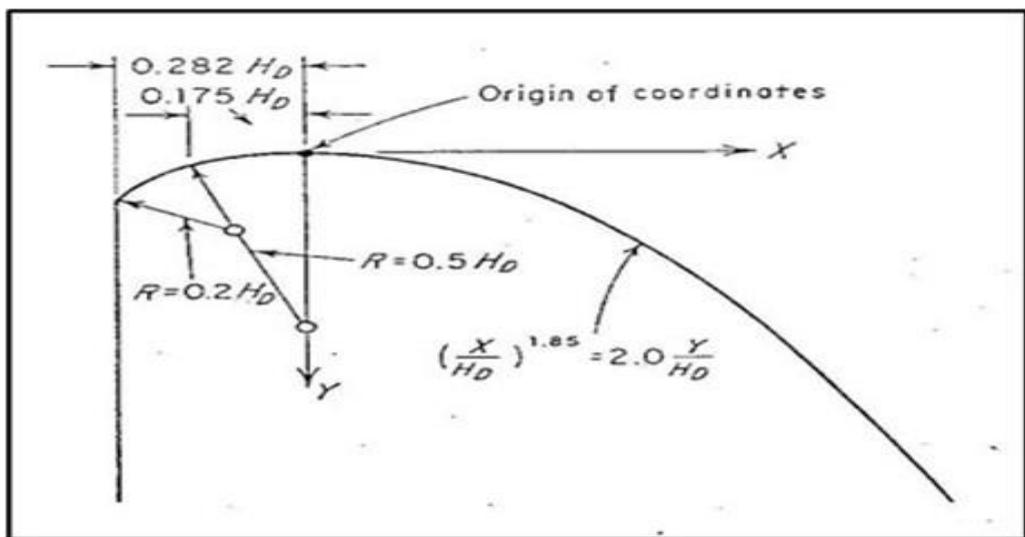


Figura 16: Curva del perfil de barraje con paramento vertical

FUENTE: Huaranga (2019)

- **Análisis de estabilidad**

Se realiza para el cálculo de presiones de tierra como también coeficientes de empuje activo y pasivo del suelo, se utilizarán las fórmulas simplificadas de Coulomb, llamada también Rankine:

$$K_A = 1 - \frac{\text{Sen}(\phi)}{1 + \text{Sen}(\phi)} \quad (16)$$

Donde:

ϕ : ángulo de fricción interna

$$K_P = 1 / K_A \quad (17)$$

$$P_A = 0.5 K_A \cdot \gamma \cdot H^2 \quad (18)$$

Donde:

K_A : coeficiente de empuje activo

K_P : coeficiente de empuje pasivo

γ : peso específico del suelo (kg/m³)

H : altura de presión sobre el terreno (m)

En base al dimensionamiento de la estructura se deben cumplir factores de seguridad mínimos según literatura ($F_s \geq 1.50$); verificando estabilidad contra el volteo y deslizamiento.

f. Desarenador

La cantidad de sedimentos en suspensión que lleva el agua puede ocasionar erosión en las paredes de los canales o la deposición de las partículas más finas provocando la reducción de la caja del canal y la consiguiente disminución de su capacidad. Huaranga (2019) utiliza una metodología para determinar el diseño del desarenador. Las condiciones de diseño que recomienda esta metodología son:

- Diámetro máximo del grano = 0.33 mm
- Mínima cantidad de naves = 2
- $t = 25$ s/m (tiempo de sedimentación)
- $C = 2$ (coeficiente de seguridad)

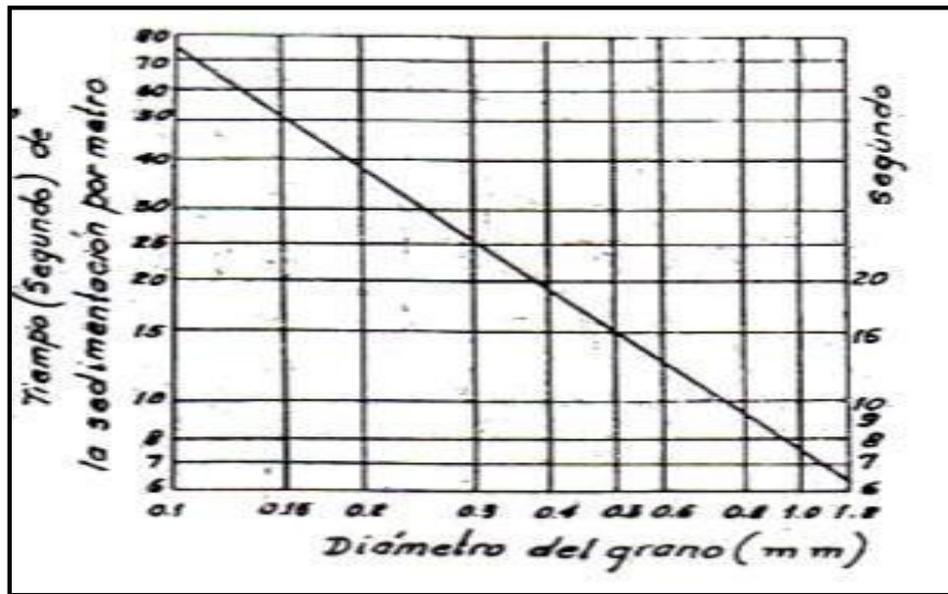


Figura 17: Diagrama t vs d para calcular el tiempo de sedimentación

FUENTE: Huaranga (2019)

Para el cálculo de la longitud del tanque desarenador, se empleará la siguiente fórmula:

$$L = v * H * t * C \quad (18)$$

Donde:

L: longitud del desarenador.

v: velocidad del flujo en el tanque.

H: altura media del desarenador: tiempo de sedimentación.

C: coeficiente de seguridad.

Para las dimensiones totales de cada elemento del desarenador, se utilizarán la siguiente Tabla 10, con las vistas correspondientes del plano estándar:

Tabla 10: Dimensiones de un desarenador estándar

Q (m³/s)	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.5	2.0	3.0	
Do	0.40	0.52	0.69	0.80	0.90	1.00	1.17	1.32	1.53	Profundidad del agua en el canal
Bo	0.50	0.68	0.93	1.13	1.30	1.42	1.70	1.95	2.33	Ancho del canal
L	5.30	8.20	11.80	14.60	17.00	19.40	23.80	28.70	37.30	Longitud del Desarenador
l1	1.00	1.28	1.78	2.15	2.41	2.73	3.38	3.70	4.40	Longitud de entrada
l2	0.80	1.00	1.42	1.72	1.93	2.17	2.70	2.96	3.50	Longitud de salida
J	0.46	0.56	0.69	0.78	0.88	0.90	1.03	1.12	1.26	Ancho de la canaleta de desarenación
d1	0.50	0.64	0.86	1.02	1.12	1.22	1.46	1.63	1.92	Profundidad del agua en la partida
d2	0.68	0.88	1.18	1.40	1.55	1.70	2.03	2.30	2.70	Profundidad del agua al final
d3	1.04	1.33	1.73	2.03	2.24	2.43	2.84	3.20	3.72	Profundidad máxima de la canaleta de desarenación
B1	1.30	1.70	2.35	2.85	3.23	3.60	4.40	4.90	5.85	Ancho del desarenador
P	0.20	0.20	0.20	0.25	0.25	0.25	0.30	0.30	0.30	Bordo libre
to	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.22	0.25	0.25	Espesor del concreto del canal
t1	0.20	0.20	0.20	0.20	0.21	0.22	0.25	0.29	0.29	Espesor del concreto de la partida
t2	0.20	0.20	0.20	0.24	0.26	0.27	0.30	0.37	0.37	Espesor del concreto del final
t3	0.40	0.46	0.54	0.60	0.62	0.68	0.76	0.97	0.94	Espesor de concreto para la compuerta
H	0.60	0.74	0.92	1.04	1.14	1.22	1.38	1.70	1.70	Ancho de concreto para la compuerta
K	0.30	0.37	0.46	0.52	0.57	0.61	0.69	0.85	0.85	Ancho y altura de la compuerta

FUENTE: Huaranga (2019)

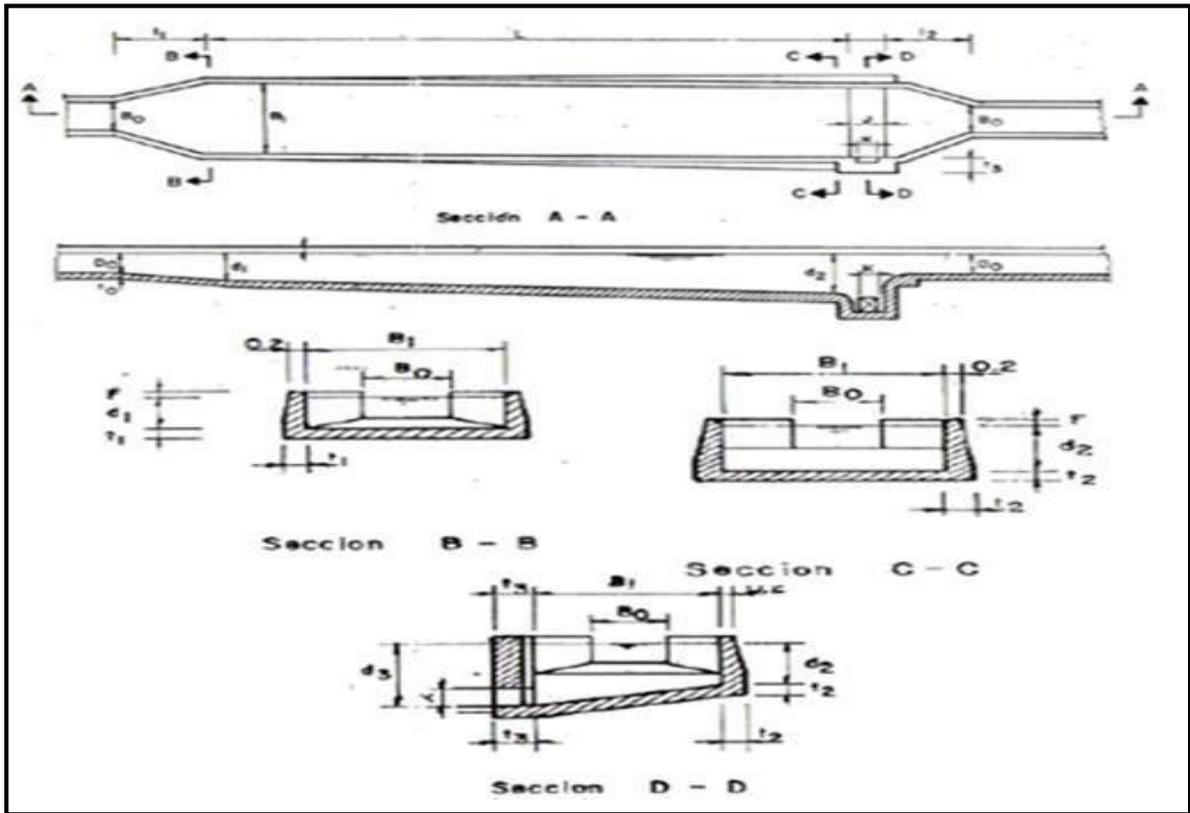


Figura 18: Vistas del prototipo estándar de un desarenador

FUENTE: Huaranga (2019)

3.3.2. Canal de infiltración (amuna) Senega - Tambo

Los canales de infiltración son conductos abiertos en los cuales circula el agua debido a la acción de la gravedad. El presente proyecto analizará el primer tramo de la amuna Senega – Tambo el cual cuenta con 607m de longitud.

Se evaluó el tipo de suelo para efectuar el diseño, el caudal, la topografía, la geología y la geotécnica de la zona.

La ecuación más utilizada es la de Manning o Strickler, y su expresión es:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

$Q = \text{Caudal (m}^3 \text{/s)}$

$n = \text{Rugosidad}$

$A = \text{Área (m}^2\text{)}$

$R = \text{Radio hidráulico} = \text{Área de la sección húmeda} / \text{Perímetro húmedo}$

a. **Software H-Canales**

El Ing. Máximo Villón Béjar, diseñó el software que permite resolver los problemas más frecuentes que se presentan en el diseño de canales y estructuras hidráulicas, las cuales son: calcular el tirante normal, tirante crítico, resalto hidráulico, la curva de remanso, caudales y cálculos variados, como pendiente, ancho de solera, coeficiente de rugosidad, diámetro de tuberías para las secciones transversales artificiales de uso común: rectangular, trapezoidal, triangular, parabólica y circular. (Naranjo, 2016).

En la Figura 19 se presenta el interfaz del software mencionado.



Figura 19: Interfaz del software H-CANALES v.3.0

FUENTE: Villón (2003)

3.3.3. Infiltración de agua en la amuna

Para estimar el potencial de infiltración de la amuna se tomó como referencia la data brindada por Cárdenas (2020), quien indica que 1km de amuna infiltra 225,798.7m³ de agua en un periodo de seis meses (setiembre - febrero), este volumen fue calculado mediante la diferencia de caudales al inicio y fin de la amuna denominada Saywapata, como se muestra a continuación:

a. Registro de caudales

En la Figura 20 se muestra la variación de caudales mensuales a lo largo de los dos periodos de lluvia y obteniendo un promedio de 9.0 l/s para los dos periodos. Estos caudales se obtuvieron de los caudales promedios mensuales que se registraron en los 12 vertederos de la amuna Saywapata.

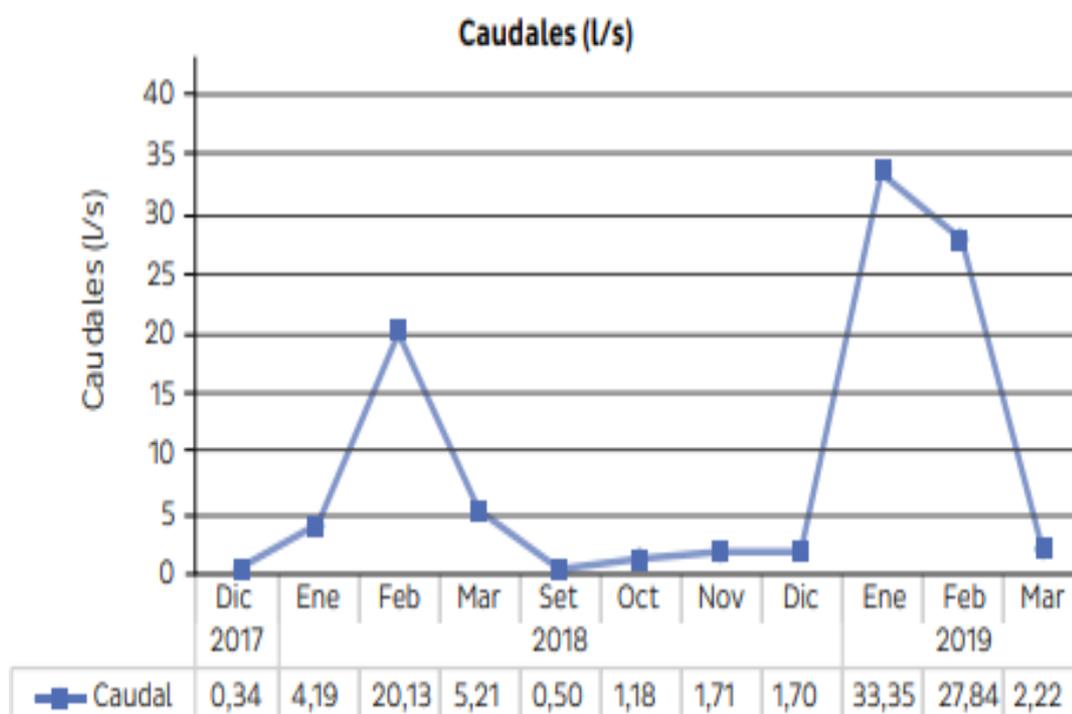


Figura 20: Caudales promedios mensuales en la amuna Saywapata

Fuente: Cárdenas (2020)

b. Diferencias de caudales

En la temporada 2018-2019 se realizó una medición de infiltración considerando la diferencia de caudales diarios entre cada vertedero. En la Tabla 11 se muestra la capacidad de los tramos V7-V8, V1-V2 y V5-V6 (En ese orden de prioridad) los cuales son capaces de favorecer la infiltración por las condiciones de revestimiento y/o geológicas. El caudal total de infiltración fue de 64.51 l/s, de los cuales se observa que el mes de febrero también es de mayor infiltración con 32.59 l/s, siendo el tramo V7-V8 donde se produjo la mayor infiltración potencial con 13.33 l/s.

Si la infiltración potencial de 64.51 l/s ocurre a lo largo de los 727m de amuna, entonces si ampliamos la escala a 1Km se obtiene 88.7 l/s durante los 6 meses húmedos que se realizó la medición (septiembre a febrero).



Figura 21: Esquema caudales de ingreso, infiltración, fuga y aporte de ladera

FUENTE: Cárdenas (2020)

Tabla 11: Infiltración escalada por longitud de tramos de la amuna

TRAMO	Longitud (m)	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	TOTAL (l/s)
V.1-V.2	317	1.29	0.56		4.32	6.26	8.64	21.06
V.3-V.4	42						1.31	1.31
V.5-V.6	47		0.05	0.11	0.16	6.93	6.01	13.26
V.7-V.8	109	0.08	0.09	0.22	0.4	9.89	13.33	24.01
V.9-V.10	212	0.33	0.18	0.01	0.49	0.56	3.29	4.86
Total(L/s)	727	1.69	0.88	0.34	5.36	23.65	32.59	64.51
Total(m ³ /dia/Km)		200.7	104.3	40.4	637.5	2 810.2	3 873.4	7 666.45
Total(m ³ /dia/Km)		6 021.3	3 233.8	1 210.7	19 762.5	87 115.1	108 455.2	225 798.7
Total(m ³ /Km)					225 789.7			

La información brindada por Cárdenas (2020) es representativa para considerar el cálculo de infiltración del presente trabajo, ya que se encuentra en la misma comunidad campesina de San Pedro de Casta; siendo un referente por las condiciones climáticas y geológicas.

3.4. SÍNTESIS DESCRIPTIVA DEL TRABAJO DESARROLLADO

3.4.1. Contribución a la solución de situaciones problemáticas

En la presente monografía se menciona una serie de problemáticas con el foco central en el manejo del recurso hídrico en San Pedro de Casta, si bien se pueden seguir aplicando metodologías de construcción gris para el almacenamiento u aprovechamiento del agua, cuando el recurso sea escaso no se tendrá agua para almacenar y consecuentemente realizar actividades productivas.

El cambio climático afectó la frecuencia e intensidad de las lluvias, teniendo sequias o cortos e intensos periodos de lluvia entre los meses de diciembre y marzo, es por eso que la comunidad campesina de San Pedro de Casta, vió conveniente poner en práctica la revaloración de una técnica ancestral desarrollada por sus antepasados y muy poco valorada o conocida por los pobladores actuales, quienes solo conocen las amunas a través de la fiesta en honor al agua (Champería).

Las asambleas comunales, espacios donde se ponen en mesa la problemática/dificultades que viene atravesando la comunidad, sirvieron para crear comités encargados de realizar mantenimiento a qochas, lagunas y amunas, pero estas actividades realizadas a través de faenas comunales generalmente consistían en extraer acumulación de sedimentos de las estructuras existentes y en el mejor de los casos construir un canal de tierra que tenía que ser reconstruido después del periodo de lluvias.

Ante este escenario, se propuso en asamblea comunal un convenio marco que desde mi rol como coordinadora de proyectos en AQUAFONDO, nos permita conocer los terrenos comunales, identificando la problemática de sus estructuras para posteriormente analizar la información en gabinete y retornar a la comunidad con una propuesta que establezca una

sinergia entre la ingeniería y la arquitectura prehispánica de la amuna, respetando en todo momento sus protocolos y costumbres.

La técnica de los antiguos pobladores consistía en captar el excedente de agua de la quebrada/río, producido durante la temporada de lluvia, este aprovechamiento lo hacían construyendo canales de infiltración, consistiendo en elevar un muro de 0.4 m de alto por 0.15 m de ancho, considerando un ancho de base externo de 0.6 m, el canal era construido con material de la zona, es decir piedra y arcilla. Es con esta información base que desde AQUAFONDO se empezaron a generar diseños hidráulicos para cada una de las amunas que serían rehabilitadas en San Pedro de Casta, como es el caso del tramo I de la amuna Senega -Tambo, motivo del presente trabajo de suficiencia profesional.

3.4.2. Análisis de contribución

La contribución es directa y puntual en referencia al tema presentado para el trabajo de suficiencia profesional, siendo que el problema principal era el deficiente manejo de los recursos hídricos en temporada de lluvia, por lo cual se evidenciaba la falta de estructuras hidráulicas que permitan optimizar la captación y derivación del agua en el canal amunero.

La amuna Senega - Tambo en todo el primer tramo evaluado, presentaba serios problemas en su estructura, no contaba con una bocatoma y del canal ancestral solo quedaban rastros marcados con piedra y se encontraba colmatado con sedimentos.

Gracias a la formación académica como ingeniera agrícola, en temas de manejo del recurso hídrico y diseño de estructuras hidráulicas, además, por conceptos básicos de medio ambiente, se ha dado la solución óptima al problema que aqueja a la población de San Pedro de Casta. Se planteó realizar capacitación a la población para la operación y mantenimiento, considerando que la función principal del canal amunero es la captación de agua excedente durante la temporada de lluvia.

Para solucionar el problema antes mencionado, se ha optado por la rehabilitación de la amuna Senega – Tambo, posterior al diseño hidráulico, descrito en el presente trabajo.

Por otro lado, para el diseño y trazo del eje, se ha considerado los siguientes criterios:

- El criterio que se tomó para plantear la sección rectangular es que se debe respetar el ancho de los canales ancestrales, pedido realizado por la comunidad, siendo que, al respetarse las dimensiones, se revaloriza la infraestructura ancestral y no se imponen una especie de zanja de infiltración, además de no incrementar costos en movimiento de tierras.
- Se realizó levantamiento topográfico con el apoyo de los comuneros delegados en asamblea y conocedores de este tipo de infraestructura para trazar con certeza el eje del canal y la rasante definitiva, optando por evitar alguna interferencia, para reducir costos.

En este caso una de las capacidades aprendidas y desarrolladas a lo largo de los estudios previos realizados en la facultad de Ingeniería Agrícola es aplicar el criterio para desarrollar diversos trabajos de manera eficaz, haciendo uso de las lecciones aprendidas durante los años de estudio en la formación profesional en cada materia, buscando la mejor solución a cada una de las situaciones adversas que se presentaron.

3.4.3. Beneficios obtenidos por el centro laboral debido a la contribución realizada

El beneficio obtenido por la empresa gracias a la contribución realizada frente a la mejora del manejo del recurso hídrico en San Pedro de Casta a través de la revaloración de infraestructura ancestral en sinergia con la ingeniería, son los siguientes:

- Participación como ponente en Colombia, Chile y Ecuador a nivel de experiencias realizadas en Perú y trabajo con comunidades campesinas resilientes ante el cambio climático con aplicación de soluciones basadas en la naturaleza como medida de adaptación frente al cambio climático.
- Convocatoria de diseño y ejecución por parte de la empresa privada y la cooperación alemana (GIZ) para realizar este tipo de trabajos a nivel de 5 distritos, como son: San

Pedro de Casta, San Juan de Iris, San Lorenzo de Huachupampa, Carampoma y Huanza.

- Elaboración de perfil y expediente técnico para el Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (Sedapal) denominado “Recuperación del servicio ecosistémico de regulación hídrica en la microcuenca de Milloc, en el distrito de Carampoma, provincia de Huarochiri, departamento de Lima”. Con código único (CU): 2333016.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CÁLCULO DEL DISEÑO HIDRÁULICO

4.1.1. Bocatoma

Se diseñó una bocatoma convencional de barraje fijo (ver Anexo1), las estimaciones de las dimensiones fueron calculadas tomando en cuenta el caudal de máximas avenidas, que para un periodo de retorno de 100 años es de 18 m³/s.

a. Estimación del ancho de encauzamiento

Se suele usar mediante tres fórmulas experimentales como la de Blech, Altumin, Petit y medida in situ. Teniendo como resultados 6m de ancho y 0.85m de tirante promedio (ver Tabla 12).

Tabla 12: Longitud de ancho de encauzamiento

Bocatoma	Progresiva	Caudal m³/s	Ancho de encauzamiento (m)	Tirante promedio (m)
Horno	0+000	18.00	6.00	0.85

b. Profundidad de socavación

Se denomina a la excavación profunda causada por el agua, teniendo como resultado para cada captación una profundidad de socavación de 1.60 m.

Tabla 13: Longitud de profundidad de Socavación (Ps)

Bocatoma	Progresiva	Ps
Horno	0+000	1.60

c. Ventana de captación

El agua se capta por medio de un orificio, que se encuentra en un margen de la pared de encauzamiento, este orificio es provisto de barrotes verticales o ligeramente inclinados que impiden el paso del material flotante y de piedras mayores al espacio entre los mismos.

Tabla 14: Dimensiones de la ventana de captación

Parámetros	Unidad de medida
Alfeizar (m)	0.50
Altura de ventana (m)	0.50
Borde libre (m)	0.1
Ancho de base (m)	0.6
Ángulo de rejilla (°)	60
Diámetro de rejilla (cm)	2.54

d. Posa disipadora

Estructura que se diseña para generar pérdidas hidráulicas importantes en los flujos de alta velocidad, especialmente en avenidas. Su función principal es amortiguar y disipar la energía cinética del agua. Las dimensiones se observan en la Tabla 15.

Tabla 15: Dimensiones de la posa disipadora

Parámetros	Bocatoma Horno
Carga hidráulica (m)	1.16
Profundidad de posa disipadora (m)	0.84
Longitud de posa disipadora (m)	6.00

e. Barraje fijo

Se define como una mini represa construida a través del río con el objetivo de elevar el nivel del agua, tal altura debe ser la que permita una carga de agua suficiente en la toma, para el ingreso seguro del agua considerando las pérdidas de carga que se producen en los muros, rejillas y compuertas en la toma.

Tabla 16: Dimensiones de barraje fijo

Parámetros	Bocatoma Horno
Base de barraje (m)	2.62
Altura total de barraje (m)	1.10

f. Muro de encauzamiento:

Reduce la sección transversal del cauce del río por acumulación de sedimentos.

Tabla 17: Altura de Muro de encauzamiento

Parámetros	Bocatoma Horno
Alto total de muro (m)	4.60

g. Canal de limpia:

La función de esta estructura es reducir la cantidad de sedimentos que trata de ingresar al canal de derivación, así como la eliminación del material de arrastre que se acumula delante de las ventanas de captación.

Tabla 18: Ancho de canal de limpia

Parámetros	Bocatoma Horno
Ancho de canal de limpia (m)	1.50

h. Vertedero de demasías

Se construyen con el objeto de dar paso a los volúmenes de agua que no se pueden retener en el sistema de conducción del canal, es decir aguas excedentes que no se pueden aprovechar.

Tabla 19: Dimensiones de vertedero de demasías

Parámetros	Bocatoma Horno
Caudal excedente (m³/s)	0.51
Longitud del vertedero (m)	0.50
Altura del vertedero (m)	0.30

i. Desarenador

Se determinó el dimensionamiento final del desarenador para los caudales de 0.13m³/s. El plano del desarenador se puede apreciar en el Anexo 2.

Tabla 20: Dimensionamiento del desarenador

Parámetros hidráulicos para los caudales de 0.13 m³/s.			
# naves	#N	1.000	
caudal por nave	q	0.130	m ³ /s
Profundidad agua en el canal	Do	0.400	m
ancho del canal	Bo	0.500	m
longitud del desarenador	L	5.300	m
longitud de entrada	l1	1.000	m
longitud de salida	l2	0.800	m
ancho de canaleta de desarenación	J	0.300	m
profundidad del agua en la partida	d1	0.500	m
profundidad de agua en el final	d2	0.680	m
profundidad máxima en canaleta de desarenación	d3	1.040	m
ancho del desarenador	B1	1.300	m
borde libre	F	0.150	m
espesor de concreto del canal	to	0.150	m
espesor de concreto de la partida	t1	0.150	m
espesor de concreto del final	t2	0.150	m
espesor de concreto para la compuerta	t3	0.500	m
ancho de concreto para la compuerta	M	0.600	m
ancho y altura de la compuerta	K	0.3	m

4.1.2. Canal amunero

Considerando un caudal de $0.13\text{m}^3/\text{s}$, se diseñó el canal con una base de 0.60m y una altura de 0.4m . Se determinó las características geométricas del canal amunero a lo largo de los 607 m (ver Tabla 21)

4.1.3. Potencial de infiltración

Teniendo como referencia el estudio de Cárdenas (2020) quien documentó la infiltración de una amuna ubicada en la comunidad de San Pedro de Casta, donde señala que 1 km de amuna llega a infiltrar $225,798.7\text{m}^3$ de agua en un periodo de seis meses (los meses húmedos de setiembre a febrero). Se podría afirmar que en este proyecto donde se recupera 607m de amuna se estaría infiltrando aproximadamente $137,059.8\text{ m}^3$ de agua, considerando solo la época húmeda (temporada de lluvia).

Tabla 21: Características geométricas de canal amunero

Progresivas		Longitud (m)	Q (m3/seg)	n	s (m/m)	A (m2)	P (m)	R=A/P (m)	Y (m)	b (m)	T (m)	H (m)	V (m/s)	F
00+000.00	00+096.97	96.97	0.13	0.033	0.057	0.085	0.88	0.10	0.14	0.6	0.6	0.4	1.52	1.29
00+096.97	00+120.98	24.01	0.13	0.033	0.243	0.052	0.77	0.07	0.09	0.6	0.6	0.4	2.48	2.68
00+120.98	00+159.89	38.91	0.13	0.033	0.111	0.068	0.83	0.08	0.11	0.6	0.6	0.4	1.91	1.81
00+159.89	00+208.71	48.82	0.13	0.033	0.052	0.088	0.89	0.10	0.15	0.6	0.6	0.4	1.48	1.23
00+208.71	00+304.57	95.86	0.13	0.033	0.035	0.101	0.94	0.11	0.17	0.6	0.6	0.4	1.29	1.00
00+304.57	00+432.98	128.41	0.13	0.033	0.102	0.070	0.83	0.08	0.12	0.6	0.6	0.4	1.86	1.74
00+432.98	00+457.65	24.67	0.13	0.033	0.179	0.058	0.79	0.07	0.10	0.6	0.6	0.4	2.24	2.30
00+457.65	00+485.10	27.45	0.13	0.033	0.431	0.043	0.74	0.06	0.07	0.6	0.6	0.4	2.99	3.55
00+485.10	00+499.07	13.97	0.13	0.033	0.724	0.037	0.72	0.05	0.06	0.6	0.6	0.4	3.54	4.57
00+499.07	00+517.95	18.88	0.13	0.033	0.046	0.092	0.91	0.10	0.15	0.6	0.6	0.4	1.41	1.15
00+517.95	00+530.01	12.06	0.13	0.033	0.426	0.044	0.75	0.06	0.07	0.6	0.6	0.4	2.98	3.53
00+530.01	00+535.09	5.08	0.13	0.033	0.090	0.073	0.84	0.09	0.12	0.6	0.6	0.4	1.78	1.63
00+535.09	00+542.64	7.55	0.13	0.033	0.840	0.035	0.72	0.05	0.06	0.6	0.6	0.4	3.71	4.90
00+542.64	00+607.00	64.67	0.13	0.033	0.170	0.059	0.80	0.07	0.10	0.6	0.6	0.4	2.20	2.24

Longitud total= 607 m

V. CONCLUSIONES

- Se realizó la evaluación del estado del tramo I (progresiva 0+000 – 0+607) de la amuna Senega – Tambo. Se identificó restos de amuna en mal estado, debido a que la alineación de las piedras que la conforman estaba destruida y la amuna perdió su funcionalidad. Por lo que se planteó un diseño hidráulico para la amuna en aras de su rehabilitación.
- La información concerniente a tipo de suelo, hidrología, topografía y geológica, permitieron establecer un panorama más claro para la metodología que se optaría para el diseño hidráulico.
- Se determinaron las dimensiones de las estructuras hidráulicas de la amuna, es decir, la bocatoma y el canal amunero. Se diseñó una bocatoma convencional de barraje fijo y considerando las características geométricas del canal amunero se planteó la derivación de un caudal de $0.13\text{m}^3/\text{s}$, para el cual se utilizó el software H-CANALES v.3.0 determinando las características hidráulicas de 607 m de canal amunero.
- Se estimó un potencial de recarga de $137,059.8\text{ m}^3$ de agua, considerando solo la época húmeda (temporada de lluvia) y teniendo como referencia el estudio de Cárdenas (2020).

VI. RECOMENDACIONES

- Impulsar la investigación con la academia, promoviendo la generación de convenios con instituciones privadas para poder identificar in situ este tipo de infraestructuras hidráulicas y la importancia del agua en las comunidades campesinas que muestran una cultura en torno a este recurso.
- Establecer los estudios mínimos necesario para el diseño amunas, las posibilidades de modificación en sus dimensiones sin irrumpir en la técnica tradicional, para establecer mejoras en su funcionamiento y costo efectividad.
- Establecer criterios mínimos para conocer el potencial de infiltración de una amuna, siendo que las experiencias de intervención actuales son costosas.
- Realizar talleres de fortalecimiento de capacidades a los pobladores de la zona para que realicen operación y mantenimiento de la amuna, principalmente, después de la época de lluvia y así garantizar la durabilidad de las estructuras.

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Alencastre, A. (2022). *Las amunas. Siembra y cosecha del agua*. Revista de Agroecología. Consultado en septiembre del 2021. <https://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-28-numero-1/893-las-amunas-siembra-y-cosecha-del-agua>
- Antiporta J., Arapa E. y Boneceur V. (2020). *Construcción, Reparación y Mejoramiento de Amunas*. Consultado en septiembre del 2021. https://catalogobiam.minam.gob.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=10058&query_desc=Provider%3ACONDESAN%20%3A%20
- Barreto, C. (2016). Investigación hidráulica utilizando un modelo numérico 3D de la presa Tablones Alto – Chinecas (Tesis de pregrado en Ingeniería Civil). Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Civil. Piura, Perú.
- Cárdenas, A. (2020). *Impactos de la amunas en la seguridad hídrica de Lima*. Consultado en septiembre del 2021. <https://www.fondosdeagua.org/content/dam/tnc/nature/en/documents/latin-america/amunas.pdf>
- Chavarría, C. (2021). *Amunas, práctica ancestral de siembra y cosecha de agua para la seguridad hídrica. Caso: San Pedro de Casta*. Consultado en septiembre del 2021. <https://cgp.org.pe/publicaciones/boletin6/B6-04.pdf>
- Fondos de Agua para Lima y Callao (AQUAFONDO). (2020). *Estudio Crisis de agua: una amenaza silenciosa para el desarrollo económico*. Consultado en septiembre

del 2021. <https://aquafondo.org.pe/wp-content/uploads/2020/06/Estudio-Crisis-de-Agua-una-amenaza-silenciosa-para-eld-esarrollo-econ%C3%B3mico.pdf>

Fondos de Agua para Lima y Callao (AQUAFONDO). (2022). *Amunas*. Consultado en septiembre del 2021. <https://aquafondo.org.pe/amunas/>

Huaranga, D. (2019). *Mejoramiento del diseño hidráulico de la Bocatoma Zapatero en la localidad de Cascajal, Distrito de Olmos, Departamento de Lambayeque*. Consultado en septiembre del 2021. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4392>

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2018). *Inventario de tecnologías de manejo de agua para la agricultura familiar*. Consultado en septiembre del 2021. <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/7220/BVE18040308e.pdf;jsessionid=4DCA9A7D73F534CF600B69B808DB526E?sequence=1>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2017). *Directorio Nacional de Centros Poblados*. Consultado en septiembre del 2021. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digiales/Est/Lib1541/index.htm

Julon, J. (2019). *Diseño de la bocatoma y canal de derivación de Pueblo escondido, sector Marripón, distrito de Motupe, provincia y departamento de Lambayeque*. Consultado en septiembre del 2021. https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/2040/1/TL_JulonCabreraJamber.pdf

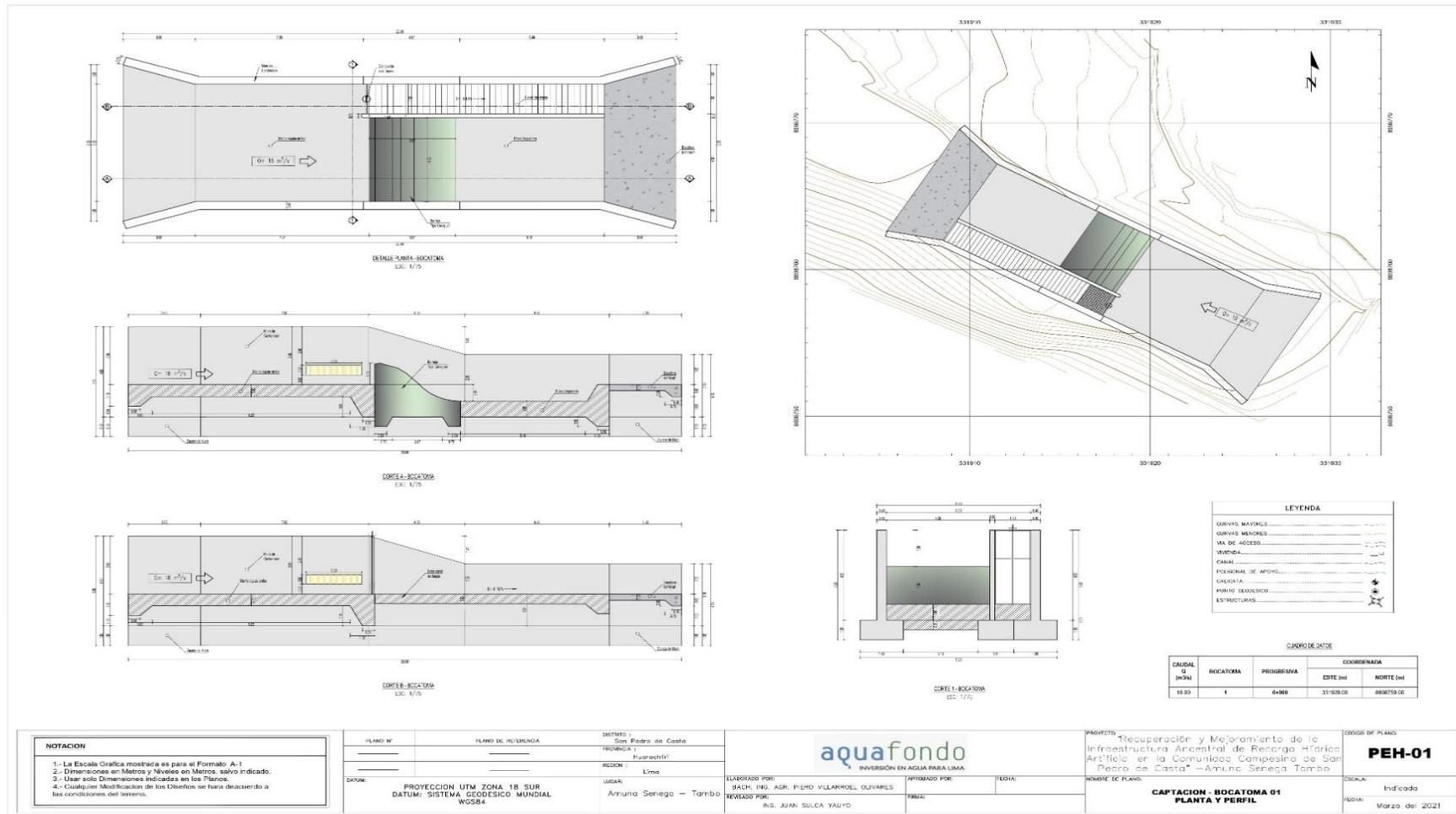
Manrique, E. (2020). *Diseño hidráulico del represamiento ancestral de la laguna de Cachu, Distrito de San Pedro de Casta, Provincia de Huarochirí*. Consultado en septiembre del 2021. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4665>

Mansen, A. (2006). *Diseño de Bocatomas*. Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Departamento académico de Hidráulica e Hidrología.

- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2014). *Guía para el Muestreo de Suelos*. Consultado en septiembre del 2021. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/GUIA-PARA-EL-MUESTREO-DE-SUELO.pdf>
- Muñoz, K. (2021) *Diseño hidráulico para el mejoramiento del canal La Estrella en Ate – Lima* (tesis de pregrado). Universidad Agraria la Molina. Perú.
- Naranjo, C. (2016). *Desarrollo de un software para el cálculo de canales abiertos de flujo uniforme*. (Tesis de bachiller, Universidad Técnica de Ambato de Ecuador). Consultado en septiembre del 2021. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/27228>
- Ochoa, B., Juan D. Bardales, J., Antiporta, K., Acosta L., Feng., Mao, F., Zulca, Z., Gil, J., Angulo, O., Grainger, S., Gammie, G., & Buytaert, W. (2019). *Contribuciones potenciales de la infraestructura preincaica de infiltración de agua para la seguridad hídrica en los Andes*. Consultado en septiembre del 2021. https://www.forest-trends.org/wp-content/uploads/2020/02/Resumen-Amunas_ES.pdf
- Perez, G. (2016). *Manual de obras hidráulicas*. Consultado en septiembre del 2021. https://topodata.com/wp-content/uploads/2019/10/Manual-de-Obras-Hidr%C3%A1ulicas-Ing-Giovene-Perez-Campomanes-CivilGeeks.com2_.pdf
- Ponce, R. (2015). *Diseño hidráulico de bocatoma caso: bocatoma en el río Chicama, en la zona de facalá*. Consultado en septiembre del 2021. https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/2031/ponce_srt.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Torres, F. (1980). *Obras hidráulicas*. México: Limusa.
- Úbeda, J., & Delgado Y., (2018). *La infiltración del agua en los suelos y componentes artificiales y materia orgánica que se utilizan en ellos para la agricultura*. Consultado en septiembre del 2021. <https://www.camjol.info/index.php/RIBCC/article/view/6299>

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: PLANO DE BOCATOMA



NOTACION

- 1.- La Escala Grafica mostrada es para el Formato A-1
- 2.- Dimensiones en Metros y Niveles en Metros, salvo indicado.
- 3.- Usar solo Dimensiones indicadas en los Planos.
- 4.- Cualquier Modificación de los Dismenos se hara de acuerdo a las condiciones del terreno.

PLANO N°	PLANO DE REFERENCIA	DISTRITO	San Pedro de Casta
		PROVINCIA	Huacachin
		REGION	Lima
DATUM	PROYECCION UTM ZONA 18 SUR DATUM: SISTEMA GEODESICO MUNDIAL WGS84	LUGAR	Amiuna Senega - Tambo

aquafondo
INVERSION EN AGUA PARA LIMA

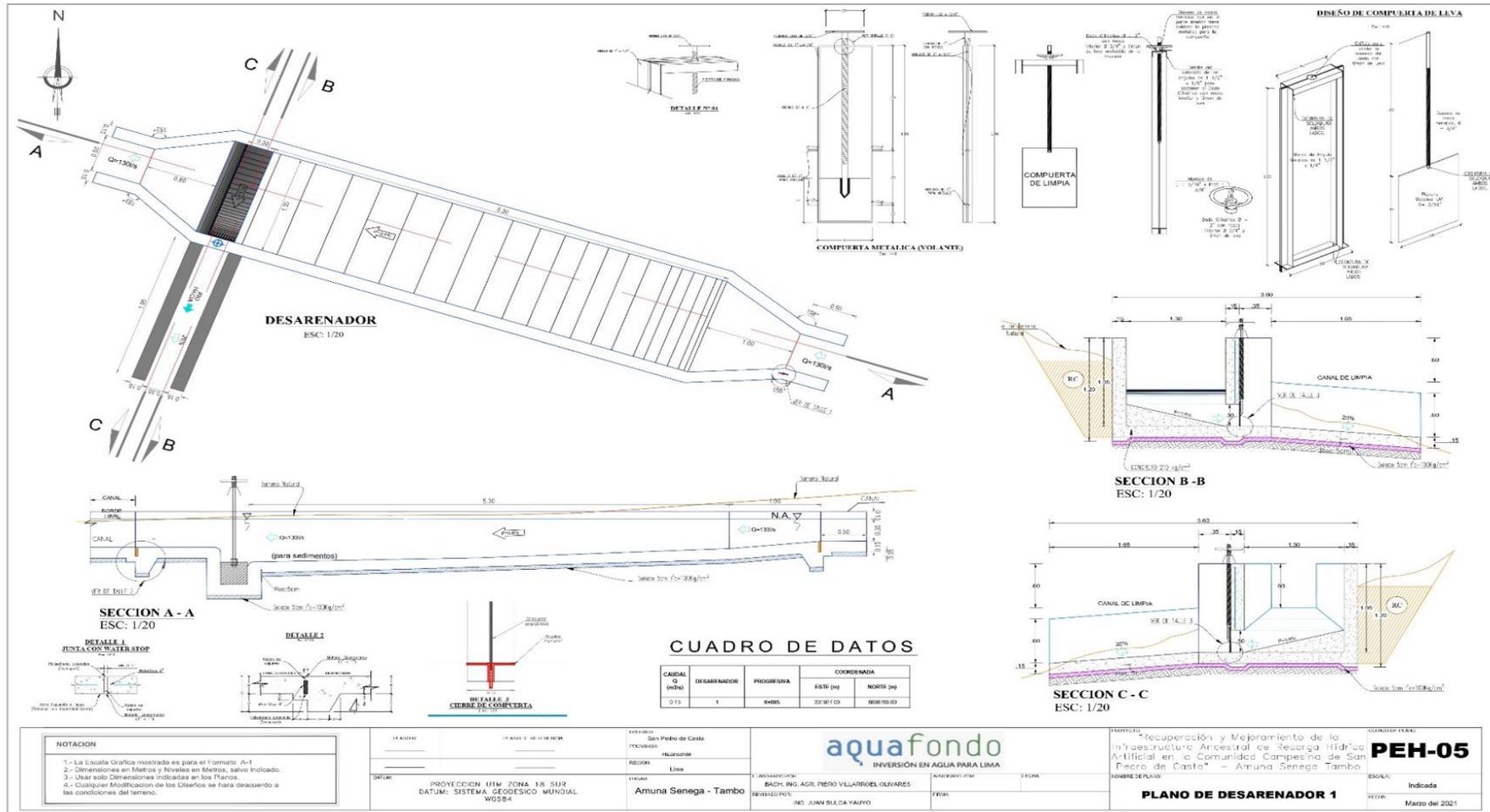
LABORADO POR: BACH. ING. AGR. PEDRO VILLARROEL OLIVARES
REVISADO POR: ING. JUAN SULCA YAUYO

APROBADO POR: _____
FIRMA: _____

FECHA: _____

PROYECTO	Recuperación y Mejoramiento de la Infraestructura Arcaica de Recarga Hídrica Artificial en la Comunidad Campesina de San Pedro de Casta - Amiuna Senega Tambo	GRUPO DE PLANOS	PEH-01
NOMBRE DE PLANO:	CAPTACION - BOCATOMA 01 PLANTA Y PERFIL	ESCALA:	Indicada
		FECHA:	Marzo del 2021

ANEXO 2: PLANO DEL DESARENADOR



ANEXO 3: PLANO DE SECCIÓN DEL CANAL AMUNERO

