



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Diseño hidráulico de sifón invertido del cruce canal de riego quebrada Sonccooyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba – departamento de Apurímac.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Torre Pérez, Wilver Cayo (ORCID. 0000-0002-6883-7099)

Vega Quispe, John Jony (ORCID. 0000-0002-9043-2098)

ASESOR:

Mg. Castillo Chávez, Juan Humberto (ORCID. 0000-0002-4701-3074)

LINEA DE INVESTIGACIÓN

DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO

TRUJILLO – PERU

2021

Dedicatoria

Con profundo amor:

A mis tres amores Raquel Jovana Arosi Cordero y a mis dos hermosas hijas Sophia Cayetana y Dorca Magdiel, que son la razón de mi vida.
Torre Perez, Wilver Cayo

Con profundo amor:

Dedico esta tesis a mi esposa e hijos, seres a quienes amo con todo el corazón, gracias a su ayuda y comprensión me dieron impulso para salir adelante.

Vega Quispe, John Jony

Agradecimientos

En primer lugar, a Dios por permitirme llevar a cabo cada uno de mis sueños y permitirme seguir viviendo en compañía de mis seres queridos.

A la Universidad Cesar Vallejo, Alma Máter, por brindarme la oportunidad de desarrollar mi capacidad y competencia.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimientos	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	24
3.1. Tipo y diseño de investigación	24
3.2. Variables y operacionalización	25
3.3. Población, muestra y muestreo	26
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
3.5. Procedimientos	29
3.6. Método de análisis de datos	38
3.7. Aspectos éticos	38
IV. RESULTADOS	40
V. DISCUSIÓN	45
VI. CONCLUSIONES	46
VII. RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS	48
ANEXOS	55

Índice de tablas

Tabla 1. Área disponible para el proyecto	27
Tabla 2. Oferta hídrica del sistema de riego Ccarapampa - Antabamba	40
Tabla 3. Oferta hídrica asignado	41
Tabla 4. Características hidráulicas del sifón invertido	43
Tabla 5. Obras de arte en el sifón invertido Sonccooyuma	44

Índice de figuras

Figura 1. Tipos de conducción de agua	7
Figura 2. Gráfico de un sistema de conducción a gravedad	8
Figura 3. Tipos de sifones	13
Figura 4. Esquema de un sifón invertido	16
Figura 5. Fotografía de un sifón invertido	16
Figura 6. Elementos de un sifón invertido	17
Figura 7. Transición en un canal	18
Figura 8. Salida y entrada sumergida o conducto ahogado	19
Figura 9. Esquema de la altura mínima de ahogamiento	21
Figura 10. Esquema del diseño de investigación	24
Figura 11. Eficiencia de riego en un sistema	32
Figura 12. Altura mínima de ahogamiento	34
Figura 14. Rejilla a la entrada y salida del ducto	35
Figura 15. Montaje entre codos y dado	37
Figura 16. Vista de la línea de gradiente hidráulica del sifón invertido.....	44

Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar cuál es la mejor propuesta de diseño hidráulico del sifón invertido del cruce canal de riego quebrada Sonccooyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba - departamento de Apurímac. se utilizó la metodología de investigación aplicada en razón que se utilizan conocimientos, criterios técnicos para el diseño de estructuras hidráulicas, para ello se requirió de estudios básicos de ingeniería donde se realizaron la recopilación, evaluación y/o formulación de información base, se tuvo como resultado del diseño hidráulico de la línea del sifón invertido que contará con tubería PVC-O mellizo de clase PN 12.5, 16, 20 y 25 de 710 mm (Φ 28") de diámetro en una longitud inclinada de $L= 1,779.90$ m, más tubería de Hierro Dúctil con PN 40 de diámetro de DN 700 mm en una longitud de $L= 169.70$ m con las siguientes características hidráulicas: Longitud horizontal del sifón 1827.30 m, longitud Inclinada del sifón 1949.60 m, diferencia de carga punto más bajo 289.22 m, diferencia de carga entre el inicio y salida es de 8.23 m, pérdida de carga total es de 6.64 m, Presión de llegada 2.17 m, cota de rasante en el inicio 4,172.83 msnm, cota de rasante en el final 4,164.60 msnm, Kilometraje de progresiva inicial 10+195 km, Kilometraje de progresiva final, 12+022 km.

Palabras claves: presión hidráulica, diferencia de altura, altura de velocidad, carga de presión, ahogamiento, pérdidas de carga.

Abstract

The objective of the research was to determine the best hydraulic design proposal for the inverted siphon of the Sonccoayuma creek irrigation channel crossing, in the Antabamba districts, Antabamba province - Apurímac department. The applied research methodology was used because knowledge, technical criteria are used for the design of hydraulic structures, for this, basic engineering studies were required where the collection, evaluation and / or formulation of base information were carried out, it was taken as result of the hydraulic design of the inverted siphon line that will have twin PVC-O pipe of class PN 12.5, 16, 20 and 25 of 710 mm (Φ 28 ") in diameter in an inclined length of $L = 1,779.90$ m, plus pipe of Ductile Iron with PN 40 diameter of DN 700 mm in a length of $L = 169.70$ m with the following hydraulic characteristics: Horizontal length of the siphon 1827.30 m, Inclined length of the siphon 1949.60 m, load difference lowest point 289.22 m, difference head between the start and exit is 8.23 m, total head loss is 6.64 m, arrival pressure 2.17 m, elevation at the beginning 4,172.83 masl, elevation elevation at the end 4,164.60 masl, Kilomet Initial progressive crawl 10 + 195 km, Final progressive mileage, 12 + 022 km.

Keywords: hydraulic pressure, height difference, velocity height, pressure head, stall, head losses.

I. INTRODUCCION

En los distritos de Antabamba y Huaquirca, la agricultura es la actividad más importante para el desarrollo económico de la provincia de Antabamba. Sin embargo, dicha actividad se ve opacado por los diversos problemas que enfrentan los productores agrarios, como son la falta de infraestructuras hidráulicas para conducir y distribuir el agua para irrigar las áreas de cultivos de la zona del proyecto. Para el Ministerio del Agua viceministro de Servicios Básicos (2007, p. 165), en su reglamento técnico de diseño de sifones invertidos en sistemas sanitarios y pluviales, menciona que la topografía del terreno exige la ejecución de obras especiales como es el sifón invertido con la única necesidad de cruzar obstáculos como, quebradas, ríos, canalizaciones de aguas pluviales, aductoras, cruce de túneles subterráneos (metros), etc.

La Autoridad Nacional del Agua (2010, p. 19), en su manual “criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico”, presenta criterios de diseño para varias estructuras hidráulicas entre ellos el criterio de diseño para un sifón invertido, en donde cataloga al sifón invertido como una estructura de solución al transporte del agua a través de depresiones, quebradas con menor pérdida de carga y menor costo de ejecución con relación al trazo prolongado del canal.

Para Arbulu (2016, p. 45), en su libro Estructuras Hidráulicas, plasma información para el diseño de estructuras de conducción de agua y entre ellas se encuentra el diseño del sifón, conceptualizándolo como una estructura que se utiliza para llevar el agua a través de un río y otros obstáculos así mismo diferencia a los sifones de acuerdo a su funcionamiento siendo ellas el sifón normal y sifón invertido.

Cruz (2005), en su trabajo monográfico afirma que uno de los puntos más críticos era optar por la construcción del Sifón Acueducto Ccochanccay en el Km 13+325.33 a 13+705.42, la cual en su cota rasante más baja del sifón atraviesa un cañón de aproximadamente 60 metros de profundidad labrado por el río Ccochanccay; a través de un puente colgante de 70 metros de luz entre eje de torres; este sifón empalmaría un desnivel de la rasante de canal de 8.58 metros que conducirá un caudal de 1.25 m³/s por una tubería de presión circular de acero de 26" de diámetro interior, para irrigar una extensión de 2000 has.

El sifón acueducto Ccochancay, se encuentra a 8 km del distrito de Puquio a 3200 msnm capital de la provincia de Lucanas en el departamento de Ayacucho – Perú, se caracteriza por presentar un suelo generalmente peñascoso, con socavones y disecciones de origen geológico glaciar y de los ríos, también presenta superficies de terreno de características onduladas circundada por cordilleras y cañones, habiendo dado origen las depresiones a lagunas y lagunillas. En este tipo de terreno se deben utilizar infraestructuras hidráulicas que logren vencer dificultades de la naturaleza y otorgar que la línea de conducción del canal de riego continúe para lo cual; se deben edificar obras de arte hidráulicas como los sifones acueductos y de esta forma se logre atravesar quebradas y conseguir la continuidad del agua en el canal de riego.

En lo que concierne al problema general: ¿Cuál es la propuesta del diseño hidráulico de sifón invertido del cruce canal de riego quebrada Sonccoyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba – departamento de Apurímac? para el caso de los problemas específicos: a) ¿Como es el diseño hidráulico de sifón invertido del cruce canal de riego quebrada Sonccoyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba – departamento de Apurímac? b) ¿Qué tipo de estructuras hidráulicas intervienen para el correcto funcionamiento hidráulico del sifón invertido para el cruce canal de riego quebrada Sonccoyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba – departamento de Apurímac?.

El objetivo general esta formulada de la siguiente manera: Determinar cuál es la mejor propuesta de diseño hidráulico del sifón invertido del cruce canal de riego quebrada Sonccoyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba - departamento de Apurímac. Los objetivos específicos considerados para la realización del trabajo de investigación obedecen a la siguiente estructura: a) Explicar la mejor propuesta de diseño hidráulico de sifón invertido del cruce canal de riego quebrada Sonccoyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba - departamento de Apurímac b) Determinar la totalidad de las estructuras hidráulicas que intervienen para el correcto funcionamiento hidráulico del sifón invertido para el cruce canal de riego quebrada Sonccoyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba - departamento de Apurímac.

La hipótesis general esta formulada de la siguiente manera: La Implementación del diseño hidráulico del sifón invertido permitirá el correcto paso, del cruce canal de

riego quebrada Sonccooyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba - departamento de Apurímac. Para el caso de las hipótesis específicas se ha considerado las siguientes conjeturas: a) La adecuada manera de realizar el diseño hidráulico de sifón invertido del cruce canal de riego quebrada Sonccooyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba - departamento de Apurímac. b) La totalidad de estructuras intervienen para el correcto funcionamiento hidráulico del sifón invertido para el cruce canal de riego quebrada Sonccooyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba - departamento de Apurímac.

El estudio que se pretende desarrollar se justifica teniendo en cuenta los siguientes argumentos:

La justificación teórica está basada en teorías y conceptos de criterios de diseños de obras hidráulicas que nos permitan obtener la mejor propuesta de diseño hidráulico del sifón acueducto invertido.

Como justificación técnica, es la necesidad de contar un manual de sustento teórico de los diversos criterios técnicos utilizados en el diseño del sifón invertido, dada la heterogeneidad de características topográficas y geológicas de suelos que nuestro país posee, especialmente en la región de la sierra.

Como justificación práctica se busca dar solución al problema de cruce de un canal si se encuentra con obstáculos de suelos de formación generalmente peñascosas, con grandes caídas y secciones de origen geológico glaciar y de los ríos y superficie naturaleza ondulada bordeada por montañas y cañones, que nos exigiría a plantear un terraplén elevado o una infraestructura de puente acueducto. Sería mucho mejor continuar el canal con tubería en "U", cruzando así el desnivel de las quebradas y continuando con el canal en un terreno de pendiente adecuada.

II. MARCO TEORICO

Antecedentes

En cuanto a las referencias a nivel universal, Macías (2015), en su tesis de grado plantea como objetivo determinar la mejor alternativa para el buen funcionamiento del cruce canal de riego sobre el río Portoviejo, para lo cual utilizó como metodología del tipo investigación descriptiva y comparativa, donde recogió información del cruce canal existente con tubería sobre el río Portoviejo para luego compararla técnicamente, económicamente y funcionalmente con un sifón invertido; llegando a la conclusión de que el sifón es más factible técnicamente, en vista que esta estructura no obstruirá el paso de malezas en el río.

En cuanto a los antecedentes a nivel nacional, Palomino (2017), en su trabajo de suficiencia titulada: “análisis y diseño de sifón”, recomienda elegir el menor diámetro durante el diseño en vista que las tuberías con diámetros menores aguantan presiones mayores, así mismo recomienda elegir tuberías que estén disponibles en el mercado y de fácil ensamblado.

Quispe (2016), en su trabajo de investigación plantea un sifón invertido como la más factible para conducir el agua a las áreas de riego de la localidad de San Pedro de Pichiu – San Marcos, para ello apaleó en consideración las características topográficas, económicas, geológicas e hidrológicas.

Méndez (2020), desarrollo en su trabajo de suficiencia profesional, el diseño hidráulico de sifón invertido de 1640 ml., con un desnivel de cota de entrada y cota salida de 7.60 metros para la conducción de agua de 109 l/seg para el riego de 114 hectáreas de cultivos instalados en la zona de Canishpampa del distrito de Tarica – Huaraz - Áncash; para lo cual se apoyó de estudios básicos como el estudio hidrológico, estudio topográfico, estudio agrológico y el análisis de oferta y demanda hídrica. Del análisis hidráulico obtuvo un sifón invertido con material de tubería PVC UF C-5 de 355 mm de diámetro de una longitud de tubería de 1640 m y pérdida de carga total incluido el factor de seguridad es de 6.89 m.

Cruz (2005) elaboró la monografía titulada “Diseño hidráulico del sifón acueducto Ccochancay, proyecto de Irrigación Yaurihuirí” en el distrito de Puquio, donde el principal objetivo es atravesar el cañón Ccochancay empleando tuberías para

transportar 1.25 m³/s de agua, para irrigar 2000 has., de terreno agrícola en el anexo de San Andrés del distrito de Puquio.

Abanto y Avalos (2018), desarrollaron el trabajo de investigación titulada “propuesta de diseño de sifón como solución para abastecimiento de agua potable en la localidad de Lluchubamba – distrito Saticocha – provincia Cajabamba – Departamento Cajabamba” en la ciudad de Lluchubamba, cuyo objetivo fue proponer un diseño de sifón para suministro de agua para consumo humano en la comunidad de Lluchubamba del distrito de Saticocha, provincia de Cajabamba del departamento de Cajamarca.

Teorías relacionadas al tema

Hidráulica

Para Martínez (1993), la “hidráulica como parte de la mecánica se encarga de estudiar la circulación (hidrodinámica) y el equilibrio (hidrostática) de los líquidos aplicados a los problemas prácticos de la naturaleza como son las conducciones, riegos, saneamientos, abastecimiento, etc. Así mismo menciona que la hidráulica se basa en experiencias y fórmulas para resolver problemas relacionados a los fluidos que se dan en la naturaleza” (p. 1).

Flujo

Según Saldarriaga (2007), el flujo viene a ser la combinación de movimientos de un fluido, el cual no puede resistir a esfuerzos cortantes, y debido a esta fuerza el fluido se deforma cambiando permanentemente su posición. Así mismo indica que en el flujo en tuberías se presentan las fuerzas de presión (estas aceleran el flujo), fuerzas gravitacionales (debido al peso) y las fuerzas de fricción (fuerzas que frenan el movimiento del flujo), existe proporción entre fuerzas gravitacionales y de presión con las fuerzas de fricción (p. 3).

Línea de conducción

De acuerdo con Cadavid (2006), la conducción es para movilizar líquidos desde una fuente de alimentación hasta un lugar seleccionado y estas son de forma cerrada y abierta (p. 6).

Para Mattos (1999), “un canal de conducción en su recorrido, encontrará abruptas depresiones o tramos con fallas de origen geológicas que impedirían vencer las estructuras elevadas, por temas económicos; por lo que se considera otra estructura que permita desplazarse debajo del accidente topográfico, en este caso se toma el sifón invertido” (p. 238).

Para la Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable (2009), en sus “Normas de diseño de sistemas de agua potable para la EMAAP-Q. Quito, Ecuador”, define la línea de conducción como uno de los componentes principales de un sistema de abastecimiento de agua, la cual permite el transporte de agua cruda desde la fuente de abastecimiento llamado también captación hacia una planta de tratamiento o un reservorio de regulación, dependiendo de la configuración del sistema de agua potable.

También se considera a la línea de conducción como un sistema integrado de conductos y estructuras conexas, que permitan el correcto y eficiente funcionamiento.

La localización de las líneas de conducción debe ser la más favorable y en lo posible éstas deben seguir el perfil longitudinal del terreno, si en el trazo o recorrido de la línea de conducción se encuentren franjas rocosas, cruces de quebradiza topografía accidentada, que soliciten estructuras especializadas. Dependiendo de la topografía y las condiciones locales, una línea de conducción puede ser diseñada para funcionar a gravedad, bombeo o combinadas.

Los sistemas de conducción de agua pueden dividirse en dos grupos:

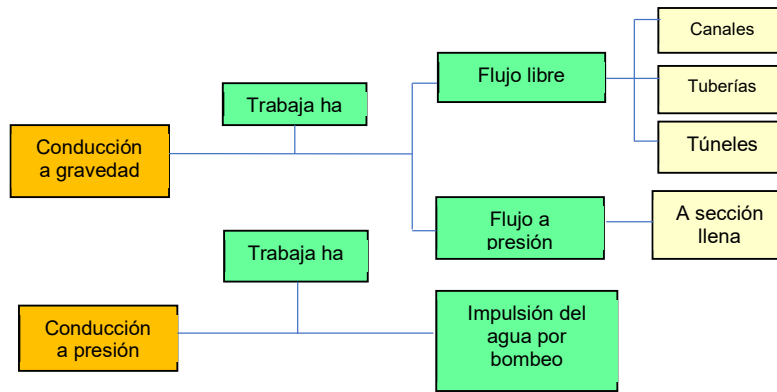
Líneas de conducciones a gravedad y líneas de conducciones a presión.

Línea de conducción a gravedad

Para lograr conducir el agua mediante la fuerza de gravedad, es necesario que la fuente de captación se encuentre en un nivel elevado respecto al sitio que se desea transportar el agua, o a su vez que la cota de la fuente de dotación sea mayor a la altura piezométrica en el punto de entrega del agua, la conducción del agua se consigue por la diferencia alturas o cotas, sin la necesidad de bombeo y se alcanza un nivel aceptable de presión. La ventaja de la conducción a gravedad es la inexistencia de costos de energía la operación es sencilla y pequeños costos de mantenimiento” (CONAGUA, 2016 p. 2)

El transporte del agua por las conducciones a gravedad puede ser con flujo a lámina libre o con flujo a presión es decir que trabaje a sección llena (Figura 1).

Figura 1. Tipos de conducción de agua

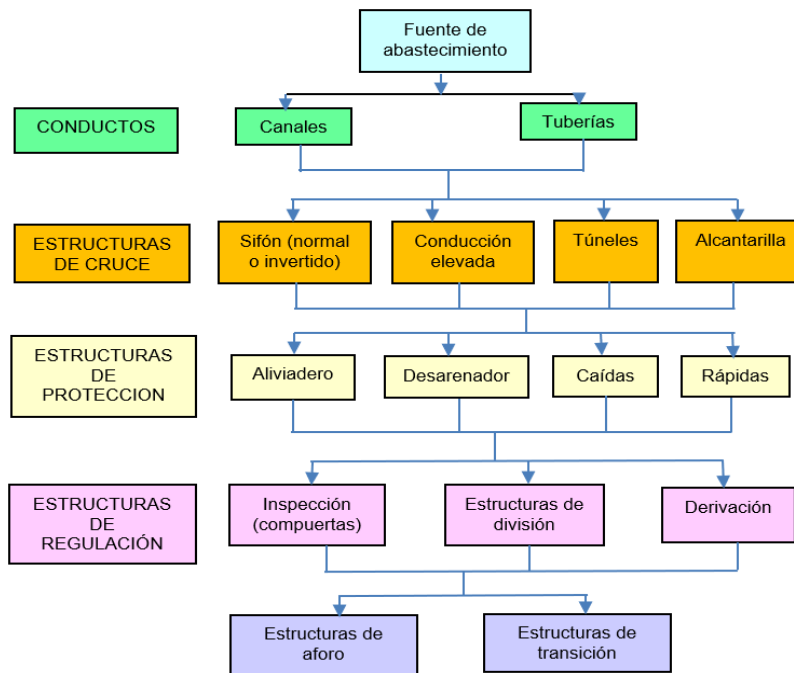


Fuente: elaboración propia.

Para Castro (2017), la línea de conducción por gravedad está conformada por una serie de estructuras hidráulicas integradas las cuales permiten que la línea funcione de manera correcta y eficiente y fácil operación y un mantenimiento. En el caso de una línea de conducción mediante canales pueden presentarse diversos tipos de estructuras que conforman la línea como son: estructuras hidráulicas, conductos, estructuras de cruce, protección, regulación, así como estructuras medidoras de caudal en los puntos de entrega de caudales.

Mediante el siguiente Figura se muestra las diferentes partes que pueden conformar una línea de conducción por gravedad mediante canales:

Figura 2. Gráfico de un sistema de conducción a gravedad



Fuente: elaboración propia.

Conductos

Para Castro (2017), los conductos son estructuras hidráulicas destinadas a la conducción del agua de un sitio a otro. De acuerdo con la operación hidráulica de un sistema de conducción por gravedad se pueden utilizar diversos tipos de conductos, entre ellos se tiene:

Canales: Los canales son conductos de gran desarrollo y pueden ser libres o sellados, en los cuales circula el agua por gravedad y sin carga de presión, ya que la superficie libre del agua se encuentra en contacto con la atmósfera (CONAGUA, 2016).

Los canales abiertos tienen una aplicación limitada en la práctica del abastecimiento de agua, por el gran peligro que corren de contaminarse, por tal motivo solo son utilizados al momento de conducir el agua desde la toma hacia la planta de tratamiento de agua potable para consumo humano, pero nunca para el transporte de agua tratada.

Tuberías: Las tuberías son conductos de mayor uso en la actualidad en la construcción de líneas de conducción. Para diferentes usos tales como: sistemas

de agua potable, proyectos de irrigaciones entre otros para ellos se fabrican tuberías de diversos materiales como son: de acero, hierro galvanizado, hierro fundido, PVC, polietileno de alta densidad HDPE o PEAD, entre otros. El transporte del agua en tuberías puede ser bajo la acción de la gravedad, pero éstas pueden trabajar a flujo libre como también a presión. Las tuberías que trabajan a presión están menos gobernadas por la topografía del área que recorren como es el caso de los canales y túneles (Paredes y Rivera, 2018).

Pérdidas de carga

“Las pérdidas de carga pueden ser rectilíneas o de fricción y singulares o locales. Las primeras, son realizadas por la fuerza de rozamiento en la superficie de contacto entre el agua y la tubería; y las segundas son originadas por las deformaciones del agua originado cambios en sus movimientos y velocidad (angosturas o extensiones violentos de la sección, válvulas, compuertas, codos y entre otros)” (Pittman, 1997, p. 56).

De acuerdo con Rocha (2007), las pérdidas de carga, se da puntos por la presencia de las singularidades en la tubería y estas son codos, válvulas, estrechamientos, etc. Así mismo da a conocer que en estas singularidades se presenta una caída considerable de la línea de energía (p. 150).

Las pérdidas locales se dan en zonas donde se corta el flujo como pueden ser en accesorios, así mismo estas pérdidas pueden ser superiores o igual que las pérdidas por fricción (Butler y Davies, 2011, p.159).

Las pérdidas locales en tuberías de conducción se originan en aquellos cambios que se dan en la geometría de la porción y en los diferentes dispositivos para controlar los caudales, en estos cambios se dan pérdidas de energía que son muy diferentes a la fricción (Sotelo, 1994, p. 296).

Sanz (2013) con la tesis “Demand modelling and calibration for hydraulic network models” las pérdidas por fricción se dan por la existencia de una resistencia que se opone al movimiento del flujo. (p.5).

Como afirma Jiménez (2007), para que una cantidad de volumen de agua se pueda mover de un lugar a otro a través de una tubería se debe dar la carga de posición (diferencia de altura), altura de presión y la altura de velocidad. Así mismo afirma que las pérdidas de carga por fricción son las más importantes el cual representa

un 80 a 90% y las pérdidas locales o secundarias representan el 20 % de las pérdidas por fricción (p. 11).

Gradiente hidráulico

La Universidad de Nueva León (1965) señala que “el gradiente hidráulico es el punto geométrico de las elevaciones; por otro lado, el gradiente de energía se encuentra sobre el gradiente hidráulico separado por la carga por velocidad en cada sección tanto del punto de inicio y fin del conducto”. (p. 38).

Elección del tipo de estructura hidráulica

La Autoridad Nacional del Agua (2010, p. 19), recomienda elegir la estructura de cruce en función a las siguientes condiciones:

- “En condiciones donde la cota del flujo es menor que la rasante del impedimento, en este caso se puede utilizar una alcantarilla”.
- “En condiciones donde hay diferencia de cotas del espejo de agua es superior al nivel de la rasante del impedimento, se puede plantear como estructura de cruce; un puente canal o un sifón invertido y en el mejor de los casos ambas estructuras”.
- “El puente canal, se empleará donde se encuentre diferencia de cotas entre la cota de la rasante del canal y la cota de la rasante de la quebrada o río, que permita un espacio libre, suficiente para lograr el paso del agua”.
- “El sifón invertido, se utilizará si la diferencia de cota del espejo de agua es mayor que la cota de la rasante del impedimento.

Estructuras de disipación de energía

Son estructuras que permiten disipar la demasía de energía cinética del flujo de agua. Esta energía o altura de velocidad es obtenida por el agua, en los tramos donde la celeridad es alta. Un disipador de energía que funciona correctamente debe retardar el flujo vertiginoso del agua para evitar averías por fuera de la estructura o en el canal aguas abajo de la misma (Castro, 2007 p. 43).

Algunos tipos de estructuras disipadoras de energía pueden ser:

Rápidas: “Las rápidas son estructuras hidráulicas que utilizan para conectar dos tramos de un mismo canal con desnivel considerable en una longitud relativamente corta” (Villón, 2003 p. 41).

Caídas: También conocidas como saltos, son estructuras utilizadas cuando el terreno natural por el cual debe pasar el canal tiene pendientes muy fuertes, para evitar velocidades excesivas se debe proyectar tramos de canal con pendiente suave unidos por medio de un plano vertical, lo cual permite que el agua resalte sin obstáculos y caiga en el siguiente tramo (Villón, 2003 p. 65).

Estructuras de regulación

“Las estructuras de regulación, se instalan en un canal con el objetivo de garantizar los caudales de agua a cierta elevación, para diferentes condiciones de flujo, así como controlar los caudales a lo largo del canal” (Castro, 2007 p. 42).

La regulación de la corriente se puede lograr mediante vertederos, controles a la entrada y compuertas deslizantes. Varias de las estructuras de regulación según son:

Aliviaderos: Son estructuras de control, que consisten en un vertedero lateral, que permite vaciar los excedentes del flujo, cuando el nivel de agua en el canal supera los límites de diseño. Los aliviaderos controlan el gasto o caudal, evitando los reboses de agua que podrían dañar la estructura. (Villón, 2003).

Inspección: Son compuertas o barreras, las cuales son empleadas para regular la superficie del agua, aguas arriba de la infraestructura, y para inspeccionar el flujo aguas abajo cuando el canal está fluyendo en su capacidad parcial, son operadas para mantener la altura de la superficie de agua del canal que se requiere aguas arriba para el ingreso de un caudal determinado. Las inspecciones en el ingreso son utilizadas con estructuras de cruce, sifones, caídas y saltos (Paredes y Rivera, 2018).

Estructuras de Aforo

Paredes y Rivera (2018), en su trabajo de titulación denominada “Análisis hidráulico de la línea de conducción Pita-Puengasí para planteamiento de acciones que optimicen su funcionamiento”, define las estructuras de aforo a aquellas estructuras

que permiten medir la cantidad de caudal de agua que se tiene disponible en un determinado punto de la línea. Entre estas estructuras tenemos:

Medidores Parshall: Es un dispositivo de medición de caudal, basado en el efecto Venturi, una de las aplicaciones es medir el flujo en canales abiertos y ríos.

Vertederos: Los vertederos son dispositivos de aforo que consisten en una placa plana que obstaculiza transversalmente el canal, obligando a el agua a fluir a través de una escotadura de geometría determinada.

Caudalímetros: Son instrumentos electrónicos que se colocan en tuberías o canales de conducción abiertos, los cuales permiten obtener mediciones de caudales instantáneos con una precisión mucho más exacta, entre ellos existen caudalímetros ultrasónicos y electromagnéticos.

Estructuras de cruce

Paredes y Rivera (2018), en su trabajo de titulación “Análisis hidráulico de la línea de conducción Pita-Puengasí para planteamiento de acciones que optimicen su funcionamiento”, definen a las estructuras de cruce, aquellas que conducen el agua de un lugar a otro.

Beltrán (2017), en el diplomado de hidráulica CACP “Diseño de Sifones y Alcantarillas”, menciona que para cruzar una depresión se debe escoger la alternativa más conveniente para lograr un adecuado funcionamiento hidráulico, la mínima pérdida de carga viable y la mayor economía posible. Los cuales pueden ser: Alcantarilla, puente canal o sifón invertido.

De acuerdo con la operación hidráulica de un sistema de conducción por gravedad se pueden utilizar diversos tipos de conductos, entre ellos se tiene:

Túneles: El transporte del agua en túneles se efectúa mediante flujo libre al igual que los canales y generalmente su sección transversal es en forma de herradura. Los túneles permiten salvar obstáculos, tales como cerros o cualquier elevación natural de terreno, mediante la perforación y construcción de un túnel, así como para acortar la longitud de una ruta de conducción de agua, para alejar el trazo de terrenos difíciles o desnivelados o reducir costos de construcción en terrenos accidentados (Paredes y Rivera, 2018).

Conducción elevada: También denominado puente canal, son estructuras que permiten el cruce de un canal o conducto, a través de depresiones de poca

profundidad en el terreno, ríos o arroyos. El puente canal está formado por un puente y un canal, donde el agua escurre por efecto de la gravedad, (Villón, 2003).

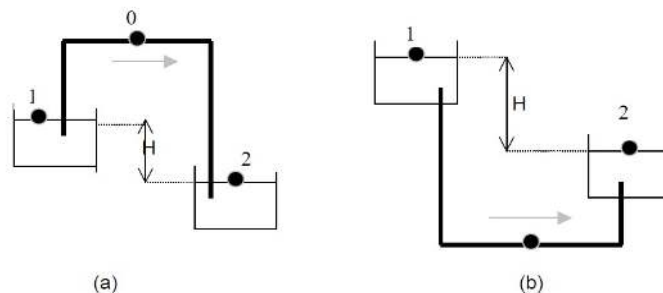
Acueductos: Para Pérez (2016, p. 130) en su “Manual de obras hidráulicas”, define como un conducto que circula como canal sobre un puente diseñado para resistir el peso del agua y su propio peso para salvar una vía de transporte o para cruzar una depresión o curso de agua no muy profunda. Así mismo menciona que los acueductos son de dos (02) tipos: Acueducto sobre estructura de soporte (puente) y el canal con muros y base que son parte estructural del puente.

Alcantarilla: Las alcantarillas son construcciones de cruce, que se utiliza para conducir agua de un canal o un dren, por debajo de un camino u otro canal. Generalmente la alcantarilla reduce la sección transversal del cauce de la corriente, generando un embalse de agua en la entrada y aumento de su celeridad dentro del canal y a la salida (Villón, 2003 p. 155).

Sifones: Los sifones son construcciones hidráulicas que permiten el movimiento de un fluido de un punto a otro de menor cota, estas estructuras se pueden utilizar en conductos, para transportar el agua a través de obstáculos como: ríos o depresiones del terreno. Los sifones son estructuras que trabajan a presión por la acción de la gravedad (Paredes y Rivera, 2018).

Existen dos tipos de sifones teniendo en cuenta su funcionamiento: Sifón normal y sifón invertido; Donde el primero está conformado por una tubería en forma de “U” invertida para conducir el agua sobre un obstáculo por lo cual su intermedio pasa por cotas superiores, y el segundo está conformado por una tubería en forma de “U” para conducir el agua por debajo del obstáculo y por ende su intermedio pasa por cotas inferiores (Figura 3) (Paredes y Rivera, 2018).

Figura 3. Tipos de sifones



a) Sifón normal. b) Sifón invertido

Sifón invertido

Cruz (2005) en trabajo monográfico “Diseño hidráulico del sifón invertido acueducto Ccochancay, proyecto de Irrigación Yaurihuirí”, define los sifones invertidos estructuras hidráulicas que funcionan como conductos de agua a presión en cruces de canal con depresión topográfica donde se encuentra un camino, una vía de ferrocarril, un dren o incluso otro canal.

Pérez (2016, pp. 150, 151, 152) en su “Manual de obras hidráulicas”, define el sifón invertido como una construcción que cruza la depresión por medio de un conducto que se desplaza por debajo del desnivel topográfico, lo cual dará lugar a la configuración de un sifón invertido.

“Un sifón invertido conduce el agua del canal por debajo de un desnivel natural del terreno o de otra estructura. El conducto queda constituido por una tubería que trabaja a una cierta carga hidráulica” (Chereque, 1987 p. 147).

“Los sifones invertidos son conductos cerrados que funcionan a presión, se utiliza para transportar el agua en la intersección de un canal con un desnivel topográfico que a su paso se encuentra con un camino, una vía de ferrocarril, un dren o incluso otro canal” (Montaño y Salazar, 2009, p. 147).

“Los sifones invertidos son conductos de agua que cruzan depresiones topográficas con carga hidráulica. Esta infraestructura se aplica para transportar el agua potable debajo de cursos de agua y quebradas” (Magne, 2008, p. 115).

Para Krochin (1986), “los sifones son conductos que descienden hasta la base del desnivel topográfico paralelo a los taludes de la depresión” (p. 230).

Para Novak, Moffat y Nalluri (2001, p.500), el “sifón invertido se utiliza cuando la línea de conducción desciende por debajo de la línea de nivel hidráulico, cuyo propósito es llevar la línea por debajo de una obstrucción y recuperar la mayor elevación posible después de pasar la obstrucción. Las consideraciones que establecen el perfil de un sifón son las provisiones para pérdidas hidráulicas y la facilidad de limpieza”.

“En proyectos de sistemas de evacuación de aguas residuales, las depresiones topográficas nos permiten plantear la ejecución de obras especiales denominadas Sifones Invertidos con la finalidad de vencer obstáculos como son: quebradas, ríos, canalizaciones de aguas pluviales, carreteras, entre otros. Es importante mantener la celeridad mayor a 0.9 m/s, para evitar la sedimentación de sólidos en zonas que

serán muy dificultosos o imposibles de limpiar. Los sifones invertidos deben estar conformados por dos (mellizos) o más tuberías de acuerdo a la cantidad de caudal de diseño a transportar por dichos conductos y el diámetro mínimo del conducto a considerar es 150 mm que equivales a seis (6) pulgadas. Las estructuras hidráulicas de ingreso y salida para los sifones invertidos deben estar instaladas en pozos de inspección u otros accesos que deben ser construidos para el mantenimiento y limpieza” (Nogales y Quispe, 2009, p. 225).

Villón (2003) en su libro denominado “diseño de estructuras hidráulicas”, define al sifón invertido como una estructura que trabaja mediante el principio de vasos comunicantes donde el agua trata de lograr el mismo nivel en las dos ramas; así mismo menciona que los sifones invertidos son estructuras de conducción cerrados que trabajan a carga hidráulica, se emplea para transportar el agua en el cruce de canales con desniveles topográficos donde se encuentra un Camino, una vía de ferrocarril, un dren o incluso otro canal.

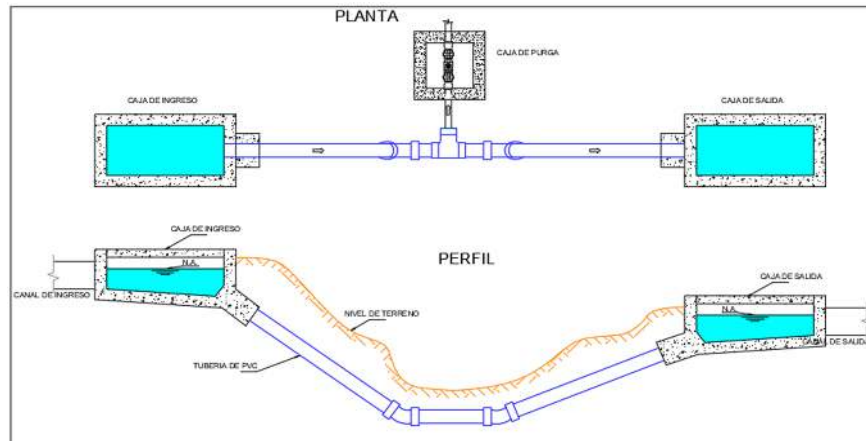
El sifón es una solución que sirve para transporta agua a través de desniveles topográficas, cuyas dimensiones del tubo satisfacen los pedidos de cobertura, pendiente y ángulo de doblado de los tubos, así mismo mientras sea mayor el diámetro del tubo se tendrá mayor seguridad de cumplimiento del diseño (Butler y Davies, 2017, p.15).

Para el diseño estructural óptimo de sifón invertido se tiene que analizar los empujes debido varios tipos de carga como son: El peso propio del material del sifón invertido, el peso del agua a transportar y la carga del material de terreo (Ammash, Al-Ramahee y Razzak, 2008, p.186).

Para Rao (2012), las presiones en un sifón cambian a diferentes alturas por encima del nivel invertido por efecto de las velocidades.

Razzak en su artículo “Optimum hydraulic design for inverted siphon” los sifones invertidos son poco costosos, de fácil diseño y construcción en comparación con otra estructura que se pueda usar para el mismo fin. Así mismo un sifón invertido puede ser un peligro en zonas de mayor confluencia de personas.

Figura 4. Esquema de un sifón invertido



Fuente: elaboración propia.

Figura 5. Fotografía de un sifón invertido



Fuente: Manual de obras hidráulicas, Pérez 2016.

Construcción de sifones

Los conductos de los sifones pueden ser enterrados o superficiales donde las estructuras superficiales se instalan sobre la superficie del suelo, en trincheras, túneles o galerías, que permitan una mejor accesibilidad.

Las estructuras enterradas son mucho más simples y regularmente de menor costo, ya que no llevan soportes, pero es más dificultoso el mantenimiento, dado que su accesibilidad es más complicada.

Las principales aplicaciones de los sifones invertidos

Se utilizan como estructuras de conducción y estructuras de protección, en este caso se emplean para dar pase a las aguas de lluvia o excesos de agua de un canal por debajo de otro canal.

Se aplica también como aliviaderos en forma de sifón, Tiene las siguientes ventajas:

- Permiten evacuar grandes caudales con pequeñas dimensiones.
- Se conectan y desconectan automáticamente sin tener partes móviles.
- Permiten graduar los tirantes con una precisión de 10 a 20 cm.

La velocidad del caudal está asociada al tipo de material que se utiliza en el conducto; algunos autores consideran los siguientes parámetros:

- Para conductos fabricados la velocidad se encuentra entre 1.0 a 1.5 m/s
- Para tuberías concreto u hormigón, la velocidad se encuentra entre 1.5 a 2.5 m/s.

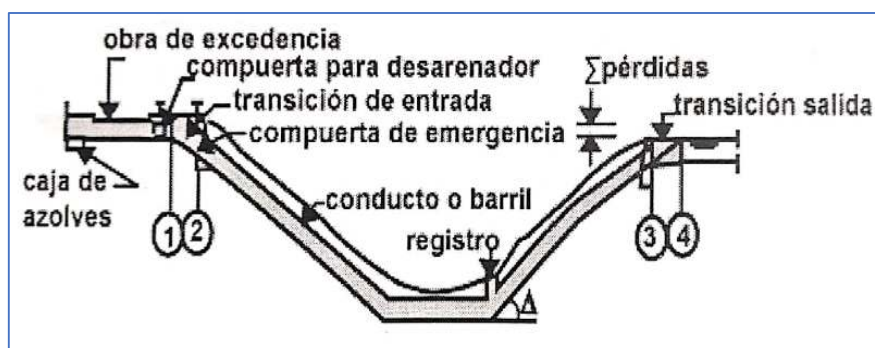
En todos los casos se tendrá que plantear elementos que faciliten la limpieza periódica de los sólidos o sedimentos que se almacenen en los sectores bajos a consecuencia de las pequeñas velocidades del flujo durante la operación del sistema.

Partes del sifón invertido

Los sifones invertidos se constituyen de los siguientes componentes u obras conexas como se muestra en la Figura 6.

No todas las partes indicadas son indispensables o necesarias pudiendo prescindir de algunas de ellas y dependerá de la tipología de proyecto de infraestructura hidráulica.

Figura 6. Elementos de un sifón invertido



Fuente: Villón. "Diseño de estructuras hidráulicas".

- **Transiciones de entrada y salida**

Se plantea cuando las característica hidráulica del canal es diferente a la adoptada en el conducto, es indispensable plantear estructura de transición de ingreso y transición de salida para atravesar gradualmente de la primera a la segunda. En el dimensionamiento de una transición de entrada y salida en muy importante tener en cuenta la abertura de la parte superior del sifón un poco más por debajo del espejo de agua.

La altura de ahogamiento de la abertura superior del sifón se recomienda que esté comprendida entre un rango mínimo de $1.1h_v$ y un rango maximo de $1.5h_v$ (Autoridad Nacional del Agua, 2010 p. 22).

$$\text{Carga de velocidad: } h_v = \frac{V^2}{2g}$$

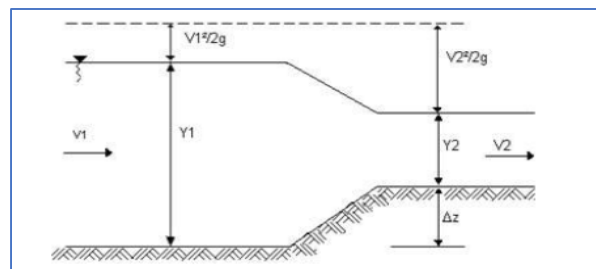
Donde:

v: Es la velocidad en el canal (m/s)

g: Es la aceleración de la gravedad (9.81 m/s^2)

Para Perez (2016, pp. 148 , 149), la transición en un canal es una estructura hidraulica diseñada para modificar la forma de un canal o área de la sección transversal del flujo. Bajo condiciones normales de diseño, e instalación en canales y canaletas que requieren de algún tipo de estructura de transición hacia o desde los cursos de agua.

Figura 7. Transición en un canal



Fuente: Pérez. "Manual de obras hidráulicas".

La función de dicha estructura es impedir excesivas pérdidas de energía, excluir las ondas transversales, otras turbulencias y suministrar seguridad y paso de agua. La transición está echa para conservar suavemente las corrientes lineales y paralelos.

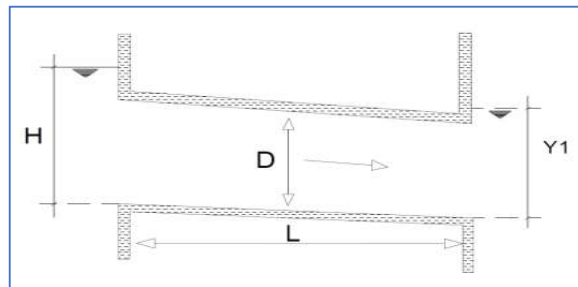
Hay en el medio transiciones de entrada y salida entre canal y canaleta, entre canal y túnel, entre canal y sifón invertido, etc.

Transición de canal a sifón invertido

Pérez (2016, pp. 149, 150), recomienda que a la salida de una transición la parte superior de abertura de sifón debe estar debajo del espejo de agua. Esta experiencia minimiza la posible disminución de la capacidad de conducción caudal del sifón ocasionada por el ingreso de aire al sifón.

La altura de ahogamiento de la parte superior de la altura del sifón es distinguida como sello de agua.

Figura 8. Salida y entrada sumergida o conducto ahogado



Fuente: Pérez. "Manual de obras hidráulicas".

Número de froude (NF), es aplicable a flujos de superficie libre, donde existen fenómenos ondulatorios. Las formaciones de ondas dependen especialmente de las fuerzas gravitacionales. Para ello los tenemos los siguientes valores.

NF= 1: Flujo crítico

NF< 1: Flujo subcrítico

NF> 1: Flujo supercrítico

- **Rejilla de entrada y Salida**

“Estas rejillas son de varillas de acero liso de Ø 3/8” o también pueden ser de varillas cuadradas, que van soldadas entre sí y espaciadas a 10 cm. Se colocan rejillas al ingreso y salida de la tubería del sifón a fin de evitar que ingresen cuerpos extraños tales como basuras, piedras las mismas que pueden obstruir el conducto” (Autoridad Nacional del Agua, 2010, p. 22).

- **Conducto**

Se forma por un conjunto de tuberías conectadas que siguen el perfil del terreno.

Tuberías de presión

“Se llama así a los tubos de buena calidad capaces de soportar fuerzas producidas por la acción de un fluido. Estas tuberías están diseñadas para transportar el agua a tubo lleno.” (Autoridad Nacional del Agua, 2010 p. 22).

Para Kessener (2000), las tuberías a presión resisten desde el interior debido a la tracción del material con la que está fabricada la tubería. Así mismo las tuberías están sometidas internamente a dos choques, una a lo largo y otra perpendicular a su eje longitudinal.

Material usado para tubería de presión

“En la actualidad hay muchas alternativas para elegir el tipo de material de tuberías entre ellos podemos mencionar las tuberías PVC - O ISO -16422 para diferentes presiones nominales como: PN 12.5, 16, 20 y de 25 y de diámetro en mm, también tenemos las tuberías de hierro dúctil para diferentes presiones nominales; estos materiales tienen una vida útil superior a 20 años. (Autoridad Nacional del Agua, 2010 p. 23).

- **Llave de depuración de agua y barro**

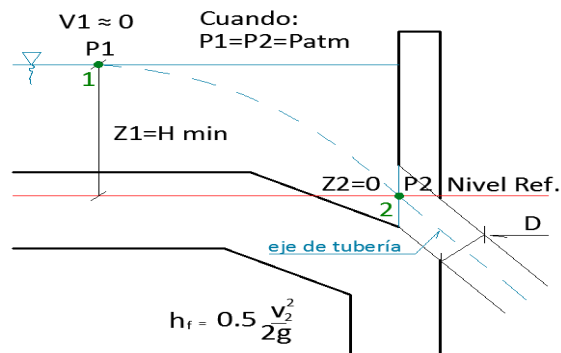
“Es colocada en la cota más inferior de las tuberías, para poder eliminar el agua con restos de lodos, u otros residuos que lograron pasar por las rejillas de entrada y salida, para realizar la operación y mantenimiento del sifón invertido y sus obras conexas que será suficiente con abrir las válvulas de purga planteadas” (Autoridad Nacional del Agua, 2010, p. 24).

Funcionamiento del sifón

“El sifón funciona a tubo lleno donde se genera presión del agua, así mismo para evitar sobre presiones por el ingreso de aire al conducto, el ingreso y salida del sifón debe estar ahogado.

Para el cálculo de la altura de ahogamiento se aplica la ec. de la energía en los limites 1 y 2.” (Autoridad Nacional del Agua, 2010, p. 23).

Figura 9. Esquema de la altura mínima de ahogamiento



Fuente: Autoridad Nacional del Agua. 2010.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f$$

$$H \text{ min} + \frac{P_1}{\gamma} = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + 0.5 \frac{V_2^2}{2g}$$

Altura mínima de *ahogamiento*

$$H \text{ min} = \frac{3}{2} * \frac{V_2^2}{2g}$$

Otras fórmulas usadas son:

$$H \text{ min} = 0.3V_t\sqrt{D}$$

Polikouski y Perelman:

$$H_{\min} = 0.5D \left(\frac{V_t}{\sqrt{D}} \right)$$

Donde:

V_t : Velocidad en tubo (m/s)

D: Diámetro de tubo (m).

“El sifón funciona cuando hay un desnivel entre las líneas piezométricas, se puede decir que el desvalance de carga hidráulica debe ser superior a todas las pérdidas en el sifón.” (Autoridad Nacional del Agua, 2010, p. 24).

Consideraciones iniciales para el trazo de un sifón invertido

El sifón debe trazarse sobre terreno firme para asegurar la estabilidad de la misma. Se ubica los puntos de inicio y fin, donde debe cumplir con los estándares de pendiente, ángulos en los quiebres y la altura del ahogamiento al inicio y fin del sifón (Materón, 1997, p. 286).

Criterios de diseño

El Ministerio de obras públicas de Chile (2013) señala que el diseño de un sifón debe evitar la sedimentación de partículas al interior del conducto en diferentes caudales, para lo cual se debe proyectar las tuberías en desniveles diferentes para tener velocidades permisibles de limpieza ya sea en caudales mínimos o máximos. Así mismo recomienda evitar cambios bruscos en la alineación (planta y perfil) y cambios en la sección (p. 644).

La Autoridad Nacional del Agua (2010), maneja los siguientes criterios de diseños:

- Las dimensiones de los diámetros internos de las tuberías u otra sección cerrada, se diseñan de acuerdo al cálculo del caudal de diseño que satisficará la demanda, dependiendo la tipología de proyecto como: Caudales de diseño para consumo poblacional (agua potable), sistemas de saneamiento básico (alcantarillado), sistema de infraestructura de riego (canales de conducción), entre otros. Teniendo en cuenta las pendientes del tubo o conducto cerrado, ángulos de cambio de dirección y el ahogamiento al inicio y fin del sifón.

- En tubos a manera de sifones que atraviesan senderos primordiales o por la parte inferior de obras de drenaje, estas deben ser enterradas como mínimo 0.90 m, y cuando atraviesan senderos de canales de tierra o áreas de cultivos, deben ser enterradas a 0.60 m. Si el sifón atraviesa un canal de concreto se considera 0.30 m de cobertura.
- Para el cruce con un riachuelo, quebrada, barranco o ríos, se debe determinar la socavación que estas originan, para elegir a cuantos metros debe estar enterrado la estructura del sifón invertido para no ser afectada por la socavación y el agua del rio que transporta rocas que dañen la estructura.
- La gradiente, talud de las tuberías o conductos cerrados con cambios de direcciones según la topografía de la quebrada, no debe ser superior a (2:1) y la pendiente mínima de la tubería o conducto cerrado horizontal debe ser (5/1000) cinco por mil.
- Se recomienda estructuras de transición con bloques de concreto al inicio y fin del sifón invertido, cuando la estructura cruce senderos principales y en sifones con diámetros $\geq 36"$ y para celeridades en las tuberías > 1 m/s.
- Para impedir reboses aguas arriba del sifón debido a la mala operación del sistema o por la sobre carga de caudal diferente a lo diseñado, se debe aumentar 30 cm más al borde libre del canal en en 15 m.
- Para el cálculo del diametro de tubo se asume velocidades de 2.5 @ 3.0 mt/s en sifones que llevan caudales elevados y de 1.6 mt/s en sifones cortos. Cuando la longitud es > 500 repeticiones del diametro se trata de un sifon extenso.
- Con la finalidad de impedir remansos aguas arriba, las mermas de presión o carga total halladas se debe aumentan en 10%.
- La boca de inicio del sifón debe estar ligeramente sumergido en el agua, a esta altura se le llama como sellante de agua y debe estar a 1.5hv o a 1.1hv o a 3".
- La boca final del sifón debe estar sumergido a una altura menor a Hte. /6".
- En longitudes extensos del sifón, se plantean estructuras de alivio con la finalidad de drenar la tubería para su mantenimiento y verificación.
- Para evitar la cavitación se recomienda el uso de valvulas de aire.
- Respecto a las mermas de carga totales, es recomendable que debe ser \leq a 0.30 m.

- Si por debajo de la quebrada pasa el el sifón, es preciso calcular el caudal de avenida máxima para diferentes periodos de retorno.
- Colocar tubo de aeración posterior de la transición inicial.
- Si el caso lo amerita deberá incluirse válvulas de rompe presión en la línea de conducción para eludir el golpe de ariete.
- La boca de ingreso y salida del sifón deben estar sumergidos para que no ingrese aire al ducto.

III. METODOLOGIA

López (1986), afirma que la metodología viene a ser las formas de investigar para ser realidad los objetivos en una materia.

3.1. Tipo y diseño de investigación

Corresponde a una investigación exclusivamente aplicada y cuantitativo.

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación es aplicada, ya que se utilizan sapiencias, criterios técnicos para el diseño de obras hidráulicas, como es el caso del sifón.

3.1.2. Diseño de investigación

El presente es descriptiva no experimental, por lo que está investigación nos permitió cumplir con los parámetros de la investigación, según el esquema:

Figura 10. Esquema del diseño de investigación



Donde:

R: La zona donde se realizó el estudio

S: Diseño hidráulico del sifón invertido

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variables

Variable independiente:

Diseño hidráulico del sifón invertido.

Variable dependiente:

Diseño hidráulico óptimo para el buen funcionamiento del sifón invertido.

3.2.2. Definición conceptual

La Autoridad Nacional del Agua (2010), recomienda elegir una estructura de cruce donde las mermas de carga sean menores y menores costos para su ejecución. Entre esas estructuras que se pueden elegir se menciona:

- Puente canal.
- Sifón invertido.
- Alcantarilla.

3.2.3. Definición operacional

El diseño hidráulico del sifón invertido obedece a una serie de criterios de diseño de algunas características como son: transiciones de inicio y final; rejilla de inicio y final; Tuberías de presión; material del tubo; velocidades en el conducto, por ello tiene estar ahogado tanto al inicio y final; válvula de extracción de agua y lodos.

3.2.4. Indicadores

Los Indicadores para cada dimensión, son respectivamente:

- Dimensión 01: Como es el diseño hidráulico de sifón invertido.
 - Carga de posición, presión, velocidad y la carga hidráulica.
- Dimensión 02: Qué tipo de estructuras hidráulicas intervienen para el correcto funcionamiento hidráulico del sifón invertido.
 - Transiciones de inicio y final.
 - Rejilla de inicio y final.
 - Tuberías de presión
 - Material del tubo.

- Velocidades en el conducto.
- Funcionamiento del sifón
- Válvula de extracción de agua y lodos

3.2.5. Escala de medición

La escala de medición para cada dimensión, son respectivamente:

- Dimensión 01: Como es el diseño hidráulico de sifón invertido. Razón.
- Dimensión 02: Qué tipo de estructuras hidráulicas intervienen para el correcto funcionamiento hidráulico del sifón invertido.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Está conformado por cuatro (04) comunidades (Chuñoahuacho, Mollocco, Antabamba y Matará) del distrito de Antabamba, provincia de Antabamba que suman 1,225 familias y atenderá en campaña grande y en campaña Chica y cultivos permanentes en 2,620 has de terrenos.

3.3.2. Muestra

La demanda hídrica de 2,620 has anuales (1,310 has en campaña grande y 1,310 has en campaña Chica), en los cuales se incluyen cultivos permanentes en 2,620 has.

Tabla 1. Área disponible para el proyecto

Comunidad	Sector	Área total de riego (has.)
Comunidad de Chuñohuacho	Sector de riego 01	333.00
	Sector de riego 02	
	Sector de riego 03	
Comunidad de Molocco	Sector de riego 04	476.00
	Sector de riego 05	
	Sector de riego 06	
Comunidad de Antabamba	Sector de riego 04	371.00
	Sector de riego 05	
Comunidad de Matara	Sector de riego 04	130.00
	Sector de riego 05	
Área total campaña grande		1,310.00

Fuente: propia elaboración.

3.3.3. Muestreo

El muestreo es no probabilístico porque algunos elementos a ser tratados a criterio del investigador.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnica

Se utilizó una técnica de inspección visual (observación directa), para este proyecto de investigación, en vista que todos los datos serán tomados en campo para después analizarlos en gabinete.

3.4.2. Instrumento de recolección de datos

Los instrumentos que se van a utilizar en este proyecto, son básicamente los estudios básicos de ingeniería tales como: topografía; hidrología; agrología; agroeconomía; diseño hidráulico; diseño estructural; diseño geométrico de canal; riesgos y desastres; componente social; geología y geotecnia y geodesia.

Equipos técnicos:

- Equipos topográficos
 - 01 estación Total marca SOKKIA SET 630 RX, siendo la estación de una precisión de lectura de 02" y el distanciómetro que tiene un alcance de 5 Km. con sus respectivos accesorios.
 - 01 nivel topográfico marca LEICA, modelo TCR – 407 siendo la estación de una precisión de lectura de 02" y el distanciómetro que tiene un alcance de 3.5 Km. con sus respectivos accesorios.
 - 08 sistemas de comunicación Walkie – Talkie.
 - 08 prismas.
 - 02 trípodes, accesorios.
 - 04 GPS.
 - 01 wincha de 50 m.
 - 04 flexómetros de 5m.
- Herramientas e insumos
 - Pinturas esmalte (02 galones color rojo y 03 galón color blanco).
 - 03 galón de thinner.
 - Pinceles y brochas.
 - Chalecos de Seguridad.
 - Machetes.
 - 02 combas de 4 lbs.
 - Pizarrines acrílicos.
 - Cámaras fotográficas.
- Materiales de Oficina y Dibujo:
 - 01 computadora CPU Core i9.
 - 01 plotter HPT830.
 - 01 impresora a color.
 - Papel bon A4 de 75 gr.
 - Formatos de encuesta.
 - Plumones acrílicos.
 - Cuadernos de campo.
 - Lapiceros.

3.5. Procedimientos

El presente proyecto de investigación se elaborado bajo el siguiente procedimiento técnico:

- Retroalimentación, búsqueda y evaluación de información como documentos, planos, mapas, normas, reglamentos.
- Se realizó el levantamiento de la topografía a detalle de la zona donde se implementará el sifón invertido y obras conexas.
- Se realizó la prospección geotécnica, y su respectivo informe técnico.
- Se realizó el estudio hidrológico y agrológico.
- Se elaboró un estudio de impacto al medio ambiente y gestión de riesgo.
- Se realizó el diseño hidraulico del sifon invertido y obras de arte.

a) Procedimiento para el estudio topográfico

Trabajos de Campo

- **Reconocimiento de la zona de estudio.**

Antes del levantamiento topográfico, se realizó el reconocimiento de campo con días anteriores bajo la dirección del equipo técnico de profesionales especialistas, autoridades y usuarios presentes. En esta etapa se identificó comunidades beneficiarias, infraestructura existente, Quebradas y ubicación de Obras de arte Proyectadas entre otros. Se definido también los criterios técnicos que aplicaran en los trabajos de levantamiento topográfico y evitar errores posteriores que perjudiquen el trabajo de gabinete donde se procesaran los datos tomados de campo.

- **Programa y planificación**

Una vez realizado el reconocimiento de la zona de estudio, se procedió a habilitar las estacas que nos servirían para demarcar las progresivas en los canales principales y laterales que se proyectaran en los sectores de Ccarampa – Sonccooyuma hasta Matara, Asimismo, se ejecutaron las actividades previas como: definición de los puntos de apoyo a los controles horizontal – vertical.

- **Planificación de los puntos de apoyo GPS**

Para iniciar el levantamiento topográfico se partió de dos puntos los mismos que se toman lectura con GPS, para georreferenciar de acuerdo al datum_UTM_WGS84. Par luego continuar con el resto de los puntos.

- **Levantamiento topográfico**

Se realizó el levantamiento topográfico del canal de riego Ccarampa – Antabamba, donde se ubica la quebrada de Sonccooyuma donde se planteó el sifón invertido en la Progresiva 10+195.00 km al 12+020 km.

Trabajo de Gabinete

El trabajo de gabinete es básicamente el procesamiento de los puntos topográficos para elaborar los planos topográficos de todos los sectores y áreas donde se proyectarán las estructuras hidráulicas.

Para el procesamiento de los puntos topográficos se empleó el programa potente del Autodesk – Auto Cad Civil 3D 2020. Para ellos se siguió la siguiente metodología de trabajo que describiremos a continuación:

- Se descargó los puntos topográficos del equipo - estación total en formato (P E N Z D) de puntos espaciados entre sí.
- En seguida se importó al software Auto Cad Civil 3D 2020 para generar la triangulación a partir de las líneas TIN en función a las coordenadas y cotas de los puntos, para interpolar las curvas a nivel.
- Se generó las curvas a nivel cada 5 m las curvas mayores y cada 1 m las curvas menores.
- Se trazó el perfil longitudinal, secciones transversales tanto de la línea de conducción principal y laterales respectivamente.
- Seguidamente con la alineación respectiva y la Ubicación de los determinados (B.MS) se procede a la explanación del terreno a nivelar para la futura construcción de las infraestructuras planteadas.
- Finalmente se determinó el volumen de explanación tanto en corte y eliminación de material excedente para brindar al proyectista la información adecuada e introducir los datos a los metrados respectivos.

b) Procedimiento para el estudio hidrológico

Se siguió el siguiente procedimiento:

Ubicación de los puntos de captación

Los puntos de aforo de las fuentes del recurso hídrico se ubicaron en las cotas de 4,195 msnm y 4,181 msnm para las captaciones Ccarampa y Sonccooyuma que son afluentes a la cuenca del río Antabamba.

Delimitación de cuenca hidrográfica

Posteriormente se realizó la delimitación de las 02 micro cuencas, donde se obtuvo los parámetros geomorfológicos de las cuencas en estudio.

Tratamiento de la información climática

Se realizó el tratamiento de la información climática a partir de estaciones de registro de lluvias (Vilcashuamán, Chilcayoc, Paucaray, Andahuaylas, Abancay, Chalhuanca, Tambobamba, Urubamba y Santo Tomás), de estas se depuraron 04 estaciones por ser incongruentes con sus datos (Vilcashuamán, Abancay, Chalhuanca y Urubamba) y el resto quedó para realizar la regionalización de datos para la zona de estudio.

Generación de caudales medio mensuales

Los caudales para cada mes se calculó mediante la metodología Lutz Schölz, cuya oferta promedio multianual se calculó al 75% de persistencias de las aportantes Ccarampa y Sonccoayuma.

Caudales de máximas avenidas

Para ello se empleó la estación Chilcayoc, Tambobamba, Chalhuanca y Santo Tomás, mediante el software HEC- HMS con el cual se hizo el modelamiento semi distribuido a partir de la superficie de las micro cuencas a diferentes periodos de ocurrencia (TR =50, TR =70, TR=100 y TR=200) para el dimensionamiento de la estructura de captación y de tránsito (Sifón y/o Acueducto), se observó las distribuciones de probabilidad para precipitaciones máximas, las pruebas estadísticas y se obtuvo hietogramas de diseño.

En las cuencas Ccarampa y Sonccoayuma, los flujos de máximas avenidas y los flujos para el dimensionamiento de las bocatomas es (TR=100 años) dado la importancia de la estructura.

c) Procedimiento para el estudio agrológico

En el estudio agrológico se procedió con la recolección de datos como: suelos del área mapeada, identificando la planificación del uso de la tierra, para ello se realizó la identificación, características edáficas y de aptitud para riego de los suelos del proyecto de investigación.

Cálculo de la demanda hídrica

Se siguió el siguiente procedimiento:

- **Cédula de Cultivos**

Esta referido a las especies a cultivar en un periodo, a un área determinada y al número de cosechas al año.

- **Estimación de la demanda agrícola**

Para ello se tomó como referencia el artículo de la FAO específicamente del boletín N° 25.

- **Cálculo de la Evapotranspiración Potencial**

El cálculo de la Evapotranspiración Potencial (ETP) se realizó mediante el método de Penman Monteith con datos de Humedad Relativa y Temperatura, donde se tomó los datos climatológica de las variables regionalizadas del área de cultivo, mediante el aplicativo de la FAO (CROPWAT).

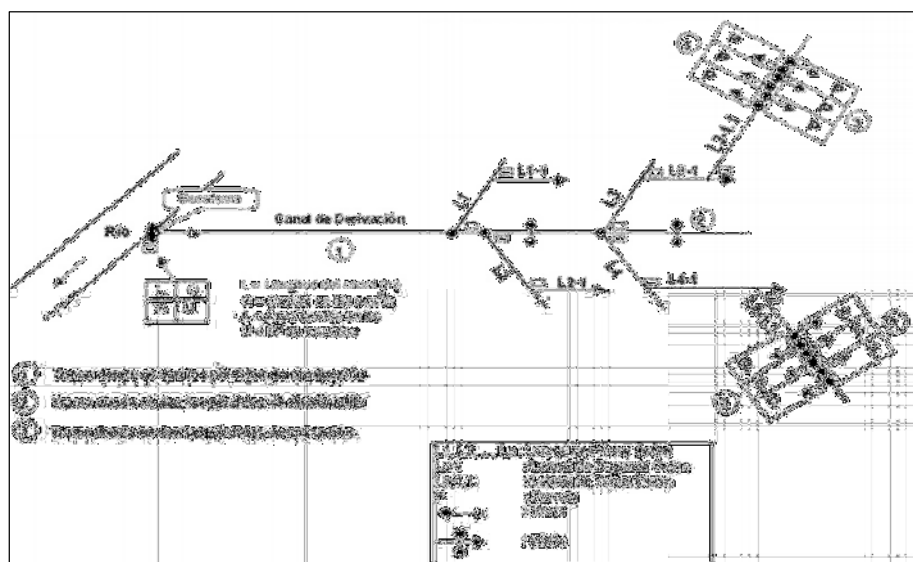
- **Precipitación efectiva**

Cuyo resultado se obtuvo mediante el criterio empírico del Water Power Resources Service (WPRS – USA).

- **Eficiencia del sistema de riego**

Para determinar este parámetro se observó el tipo de riego empleado, la tecnología empleada.

Figura 11. Eficiencia de riego en un sistema



Fuente: propia elaboración.

Balance hídrico para el proyecto de investigación

Se realizó la comparación entre la oferta hídrica disponible (Cuenca Ccarampa y Micro cuenca Sonccooyuma derecha) y las demandas identificadas de las comunidades beneficiarias (Chuñoahuacho, Mollocco, Antabamba y Matara), de manera mensual . de ello se desprenderá si hay deficit o superavit de agua para el sistema de riego planteado.

d) Procedimiento para el diseño hidráulico del sifón invertido

Se realizó el siguiente procedimiento para el diseño hidráulico de sifón invertido:

• Diámetro de la tubería del sifón invertido

Para hallar la tubería que sea económicamente y beneficioso, se determinan en función al caudal y velocidad que fluirá.

Se logra iniciar el cálculo presumiendo una velocidad mínima de 1 m/s y el caudal de diseño.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}}$$

Las particularidades hidráulicas del conducto serán:

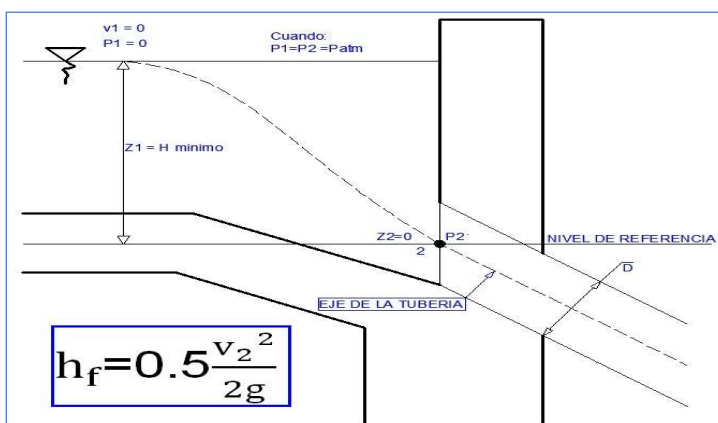
- Area hidráulica : $A = \pi \cdot \frac{D^2}{4}$
- Perímetro mojado: $P = \pi \cdot D$
- Radio hidráulico: $R = \frac{A}{P}$
- Velocidad media dentro de la tubería : $V_t = \frac{Q}{A}$

Se adoptará un diámetro comercial y se recalcula la velocidad para usar V_t

• Altura mínima de ahogamiento al inicio y salida del sifón

El sifón siempre funciona con carga hidráulica o presión, por lo tanto, debe estar ahogado tanto en la entrada del sifón y salida del sifón.

Figura 12. Altura mínima de ahogamiento



Fuente: elaboración propia.

Empleamos la ecuación de Energía en 1 y 2:

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + h_f$$

Ahora sustituyendo los valores y obtendremos lo siguiente:

$$H_{\min} + \frac{P_{\text{atm}}}{\gamma} = \frac{P_{\text{atm}}}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + 0.5 \cdot \frac{v_2^2}{2g}$$

Ahora, la altura mínima de ahogamiento al inicio de la tubería será:

$$H_{\min} = \frac{3}{2} \cdot \frac{v_2^2}{2g} \quad V_2 = V_t$$

También se debe comprobar con estas relaciones:

$$H_{\min} = 0.3 \cdot v_t \cdot \sqrt{D}$$

$$H_{\min} = 0.5 \cdot D \cdot \left(\frac{v_t}{\sqrt{D}}\right)^{0.55} \quad (\text{Polikouski y Perelman})$$

Del cálculo de estas tres formulas se adopta el mayor valor.

Donde:

V_t : es la velocidad media en la tubería (mt/s).

D: es el diámetro de la tubería de acero (mt)

- **Altura de ahogamiento proyectada al inicio y salida del sifón.**

$$H_{entrada} = Y_1 - \frac{h_1}{2} \quad H_{salida} = Y_2 - \frac{h_2}{2}$$

Se tiene que verificar:

$$H_i \geq H_{\min}$$

Para que el sifón siempre trabaje ahogado

- **Mermas de cargas hidráulicas**

Entre las principales mermas de carga de presión se menciona:

Pérdidas de carga por transición de inicio y salida

$$h_{in} = 0.1 * \frac{(V_t^2 - V_{esc}^2)}{2g}$$

$$h_{out} = 0.2 * \frac{(V_t^2 - V_{esc}^2)}{2g}$$

donde:

h_{in} : Pérdida por transición de inicio.

h_{out} : Pérdida en transición de salida.

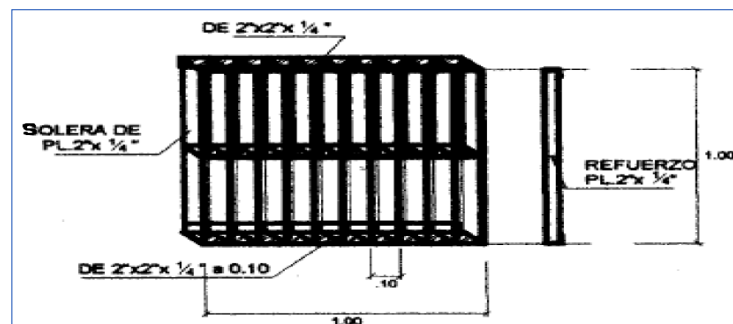
V_t : Es la Velocidad al interior de la tubería

V_{esc} : Es la Velocidad en l sección del canal ($V_{canal} = \frac{Q}{\text{Area mojada}}$)

Pérdidas en la rejilla

Se presentan cuando el agua hace contacto con la superficie de las varillas que conforman la reja.

Figura 14. Rejilla típica a la entrada y salida del ducto



Fuente: Autoridad Nacional del Agua, 2010.

Área neta por 1m² será:

$$A_n' = \text{Area}_{\text{rejilla}} - N^{\circ}_{\text{barrotes}} \cdot \text{Area}_{\text{barrote}}$$
$$A_n = A_n' \times A(\text{tubo})$$

El coeficiente de mermas en la rejilla está determinada por:

$$K = 1.45 - 0.45 \cdot \left(\frac{A_n}{A_g}\right) - \left(\frac{A_n}{A_g}\right)^2$$

Donde:

K= Valor adimensional de pérdida en rejilla.

A_n: Es la superficie neta de paso en la rejilla.

A_g: Es la superficie bruta de la estructura (área hidráulica del tubo de sifón).

La velocidad a través del espacio neto de la rejilla es:

$$V_n = \frac{Q}{A_n}$$

Luego las mermas por inicio y por salida serán:

$$h_r = K \cdot \frac{V_n^2}{2g} \dots\dots\dots (\alpha)$$

Como las mermas en las rejillas es al inicio y final, a la ecuación (α) se duplica.

$$2h_r = 2 \cdot K \cdot \frac{V_n^2}{2g}$$

Mermas de carga hidráulica por ingreso al conducto

$$h_2 = K_e \cdot \frac{V_t^2}{2g}$$

$$V_2 = V_t$$

Donde:

V_t: Es la velocidad media al interior de la tubería.

K_e: Valor adimensional que depende de la forma de ingreso.

(para ingreso con arista ligeramente redondeada K_e= 0.23)

Merms de carga por fricción en el conducto

Por Darcy Weisbach es:

$$h_f = f \cdot \left(\frac{L}{D}\right) \cdot \frac{V_t^2}{2g}$$

Donde:

f: Es el valor adimensional de rugosidad.

L: Es el largo del sifón

D: Es el Diámetro de la tubería.

$$h_f = \left(\frac{V_t}{0.8508 * C * R^{0.63}}\right)^{1.8518} * L$$

Merms de carga hidráulica por cambios bruscos de orientación

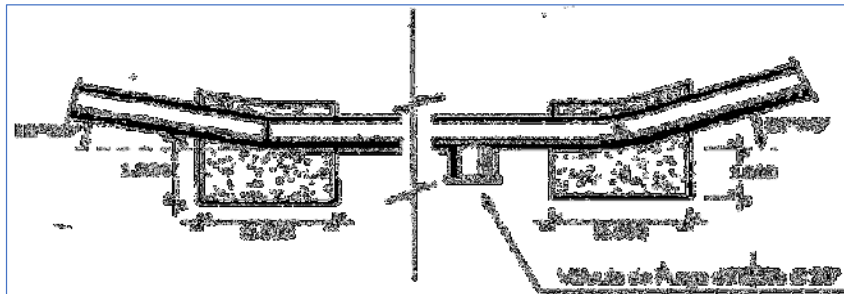
$$h_{cd} = k_c \cdot \sum_1^n \sqrt{\frac{\Delta}{90^\circ}} \cdot \frac{V_t^2}{2g}$$

Donde:

Δ : Es el áng. de deflexión

Kc: Es el número adimensional para codos comunes =0.25

Figura 15. Montaje entre codos y dado



Fuente: Autoridad Nacional del Agua. 2010.

Pérdidas de carga por accesorios

$$h = k * \frac{V^2}{2g}$$

Merms por válvulas de limpieza

Por ser esta merma mínima se desprecia. (Autoridad Nacional del Agua, 2010 p. 32)

Luego la suma de todas las merms producidas en el sifón es:

$$h_{\text{Totales}} = \sum \text{Perdidas} = (h_{\text{in}} + h_{\text{out}} + 2h_r + h_3 + h_f + h_{\text{cd}} + h)$$

En síntesis, la altura hidráulica disponible debe superar a las merms totales en el sifón.

$$\Delta H > h_{\text{totales}}$$

Perdidas de cargas total

$$h_{ft} = \sum h_{fi}$$

Verificación final

$$\Delta H - h_{ft} \geq 0$$

Donde:

ΔH : Carga disponible.

h_{totales} : Merms de carga total.

h_{ft} : = h_{totales} : Merms de carga total en el sifón.

H_{fi} : Pérdidas de cargas en el sifón.

3.6. Metodo de análisis de datos

La presente tesis se ha elaborado con fórmulas y programas tales como: Autocad Civil 3d, Arc Gis, Excel, Con los resultados de estas se obtendrán tablas y gráficos para su análisis.

Para la comprobación de las hipótesis, como se trata de estudios descriptivos la hipótesis también son descriptivos.

3.7. Aspectos éticos

La presente, realizó de acuerdo a los lineamientos de la Universidad Cesar Vallejo del cual se tomó lo siguiente:

Veracidad. De la información recopilada de investigaciones y artículos para la elaboración del informe.

Confidencialidad. La información recopilada es exclusivamente para la realización de la presente investigación.

Calidad. Este trabajo está elaborado mediante normas internacionales ISO 690 y 690-2.

IV. RESULTADOS

4.1. Estudio de topografía

- Se realizó el levantamiento de la superficie terrestre del canal principal con una longitud total de L= 53, 754 m desde la captación Ccarampa hasta la comunidad de Matara.
- Se realizó el levantamiento topográfico del eje del sifón invertido en una longitud inclinada de L= 1,949.60 ml. ubicada en la quebrada de Sonccooyuma en la progresiva 10+195.00 km al 12+020 km.
- Se obtuvo los planos topográficos a curvas de nivel (planta y perfil) a escala.

4.2. Estudio hidrológico

Del estudio hidrológico, se tiene:

Oferta hídrica

La oferta hídrica del SISTEMA CCARAMPA – ANTABAMBA se ha definido según el modelo hidrológico de Lutz Scholz para cada una de las cuencas analizadas (Cuenca Ccarampa y Micro cuenca Sonccooyuma derecha), cuyo análisis y resultado se muestra a continuación:

Tabla 2. Oferta hídrica del sistema de riego Ccarampa – Antabamba

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
dias	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
OFERTA (m³/s)													
Oferta 75% (m³/s)	6.677	8.593	8.896	3.210	1.082	0.627	0.516	0.502	0.622	0.981	1.273	5.675	3.138
Ccarampa (m³/s)	4.607	7.049	7.266	2.621	0.878	0.501	0.404	0.392	0.518	0.884	1.170	4.847	
Sonccooyuma derecho (m³/s)	1.070	1.545	1.630	0.589	0.204	0.126	0.112	0.110	0.104	0.096	0.103	0.828	
Flujo Base + Afluente (m³/s)	3.162	3.129	2.332	1.695	1.392	1.185	1.075	1.017	0.797	0.377	0.317	2.071	1.546
Ccarampa (m³/s)	3.162	3.129	2.332	1.695	1.392	1.185	1.075	1.017	0.797	0.377	0.317	2.071	
Oferta Total (m³/s)	8.839	11.722	11.228	4.905	2.474	1.812	1.591	1.520	1.419	1.357	1.590	7.746	4.684
VOLUMEN (m3)	23674961.9	28357692.2	30072092.9	12713783.0	6627643.2	4697422.7	4261695.5	4070382.1	3677075.1	3635600.0	4120098.2	20746678.3	146655125.17
VOLUMEN (HM3)	23.67	28.36	30.07	12.71	6.63	4.70	4.26	4.07	3.68	3.64	4.12	20.76	146.655
CAUDAL ECOLOGICO (m³/s)													
Caudal Ecologico (m³/s)	1.344	1.681	1.658	0.763	0.455	0.287	0.264	0.256	0.293	0.452	0.536	1.275	
Ccarampa (m³/s)	1.228	1.533	1.514	0.706	0.427	0.273	0.251	0.244	0.281	0.435	0.497	1.165	
Sonccooyuma derecho (m³/s)	0.116	0.148	0.145	0.057	0.028	0.014	0.013	0.012	0.012	0.017	0.039	0.110	
OFERTA DISPONIBLE (m³/s)													
Caudal disponib. (m³/s)	7.495	10.041	9.569	4.142	2.019	1.526	1.327	1.264	1.125	0.905	1.053	6.471	3.912
Ccarampa (m³/s)	6.541	8.644	8.084	3.610	1.843	1.414	1.226	1.166	1.034	0.826	0.990	5.753	
Sonccooyuma derecho (m³/s)	0.955	1.397	1.485	0.532	0.176	0.112	0.100	0.098	0.092	0.079	0.063	0.718	
VOL disponible (m3)	20075363.4	24291463.7	25630249.0	10736083.5	5408226.4	3954097.7	3554803.7	3384765.1	2916912.8	2424058.5	2729491.7	17333038.6	122438964.07
VOL disponible (HM3)	20.075	24.291	25.630	10.736	5.408	3.954	3.555	3.385	2.917	2.424	2.729	17.333	122.44

Fuente: elaboración propia.

La oferta hídrica disponible del sistema Ccarapampa y Antabamba incluye el aporte del flujo base, oferta un flujo medio multianual de 3.912 m³/s, mientras que el volumen multianual en este punto es de 122.44 Hm³ o es lo mismo 122, 438,564.07 m³ al año.

Así mismo esta Oferta Hídrica fue asignado por la entidad competente (ANA) a través de la Resolución Directoral N° 1042-2019-ANA-AAA PA, donde se asigna la siguiente asignación.

Tabla 3. Oferta Hídrica asignado

Oferta hídrica mensualizado - ANA	UNID.	M E S E S												Volumen total
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Nº de días/mes	días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
Rio Ccarapampa	Hm ³ /mes	3.030	2.540	1.590	1.020	1.400	1.760	2.310	3.030	2.720	1.590	1.560	2.310	24.86 Hm ³ /año
	m ³ /mes	3,030,000.000	2,540,000.000	1,590,000.000	1,020,000.000	1,400,000.000	1,760,000.000	2,310,000.000	3,030,000.000	2,720,000.000	1,590,000.000	1,560,000.000	2,310,000.000	24,860,000.00 m ³ /año
	l/s	1,131.272	1,049.934	593.638	363.519	522.700	679.012	862.455	1,131.272	1,049.383	593.638	601.852	862.455	
Quebrada Sonccoyma derecho	Hm ³ /mes	0.000	0.000	0.000	0.074	0.105	0.122	0.159	0.214	0.194	0.112	0.110	0.000	1.09 Hm ³ /año
	m ³ /mes	0.000	0.000	0.000	74,000.000	105,000.000	122,000.000	159,000.000	214,000.000	194,000.000	112,000.000	110,000.000	0.000	1,090,000.00 m ³ /año
	l/s	0.000	0.000	0.000	28.549	39.203	47.068	59.364	79.898	74.846	41.816	42.438	0.000	
total: Rio Ccarapampa + Quebrada Sonccoyma derecho	Hm ³ /mes	3.030	2.540	1.590	1.094	1.505	1.882	2.469	3.244	2.914	1.702	1.670	2.310	25.95 Hm ³ /año
	m ³ /mes	3,030,000.000	2,540,000.000	1,590,000.000	1,094,000.000	1,505,000.000	1,882,000.000	2,469,000.000	3,244,000.000	2,914,000.000	1,702,000.000	1,670,000.000	2,310,000.000	25,950,000.00 m ³ /año
	m ³ /s	1.131	1.050	0.594	0.422	0.562	0.726	0.922	1.211	1.124	0.635	0.644	0.862	
	l/s	1,131.272	1,049.934	593.638	422.068	561.903	726.080	921.819	1,211.171	1,124.228	635.454	644.290	862.455	

Fuente: R.D. N° 1042-2019-ANA-AAA.PA

La oferta hídrica asignada por el ANA con Resolución Directoral N° 1042-2019-ANA-AAA.PA, oferta un flujo medio multianual de 0.823m³/s, y el volumen multianual escurrido en este punto es de 25.95 Hm³ o es lo mismo 125, 950,000.00m³ al año.

Demanda hídrica

La demanda del SISTEMA CCARAMPA – ANTABAMBA comprende un área de 1310 hectáreas aptos para la agricultura, los cuales están distribuidos en cuatro (04) comunidades beneficiarias (Chuñoahuacho, Molocco, Antabamba y Matara) del distrito de Antabamba, provincia de Antabamba, el cual requiere un volumen multianual de 16.47 hm³ o 16, 473,715.77 m³ al año, con un caudal de diseño de 1.211 m³/s para cubrir la demanda hídrica del mes más crítico (agosto).

La demanda máxima para el mes de agosto es de 1.211 m³/s, y el caudal acreditado por el ANA con Resolución Directoral N° 1042-2019-ANA-AAA.PA, para

el mes (agosto) es de 1.211m³/s, de esta manera se estaría garantizando el caudal de oferta, para satisfacer la demanda de agua de los cultivos.

Balance oferta – demanda

El balance hídrico del SISTEMA CCARAMPA - ANTABAMBA define el déficit o Superávit del recurso hídrico. La oferta hídrica viene a ser aportada por las microcuencas de Ccarampa y Sonccooyuma Derecha, mientras la demanda hídrica está determinada por los cultivos implementados en 1310 hectáreas, distribuidos en cuatro (04) comunidades (Chuñohuacho, Mollocco, Antabamba y Matara).

Los ríos analizados (Río Ccarampa y Sonccooyuma derecho) presentan un flujo perenne durante todo el año, siendo el caudal de oferta disponible (reducido por el caudal ecológico), para el mes de agosto (mes de máxima demanda) de 1.264 m³/s y presentando una demanda de máxima (agosto) de 1.211 m³/s garantizando el normal abastecimiento del recurso hídrico a flujo libre para satisfacer la demanda de 1310 hectáreas de cultivo en el mes de agosto.

Por lo tanto, el caudal a emplear para determinar la línea de conducción es 1.211 m³/s, para satisfacer la demanda agrícola de 1310 hectáreas de cultivo que se encuentran distribuidos en cuatro (04) comunidades.

4.3. Estudio agrológico

Se ha determinado una cédula de cultivo con proyecto, donde se consideran los cultivos rentables; cuya cédula planteada se basa a la clasificación de suelos aptos para Riego y Capacidad de Uso Mayor (CUM); en donde las tierras potencialmente cultivables (tierras con cultivos anuales y permanentes o sea pastos cultivados); de acuerdo a las áreas planteadas a nivel de las 04 comunidades para la campaña grande se tiene un área de 1310.00 ha y campaña chica 1,310.00 ha para riego por gravedad.

Según cédula de cultivo, la demanda hídrica considerando un área total bajo riego de 1,310.00 ha, se obtiene una demanda hídrica de diseño para el mes crítico de 1,211.02 litros por segundo, tomando el mes más crítico agosto. Este caudal será dotado de las fuentes hídricas de la quebrada Ccarampa y Sonccooyuma. Finalmente, el balance oferta – demanda según la cedula de cultivo proyectado que

demanda un caudal de 1,211.02 lts/seg en el mes de agosto, cuya área de riego es de 1,310.00 has. considerando un Módulo de riego promedio de (0.91 a 0.95 lts/s).

4.4. Diseño hidráulico del sifón invertido

Se obtuvo un sifón que transporta un caudal de $Q = 1.211 \text{ m}^3/\text{s}$, el cual comprende desde la cámara de ingreso N° 01 hasta la cámara de salida sifón N° 02, cuya longitud Inclínada es de $L = 1,949.60 \text{ m}$.

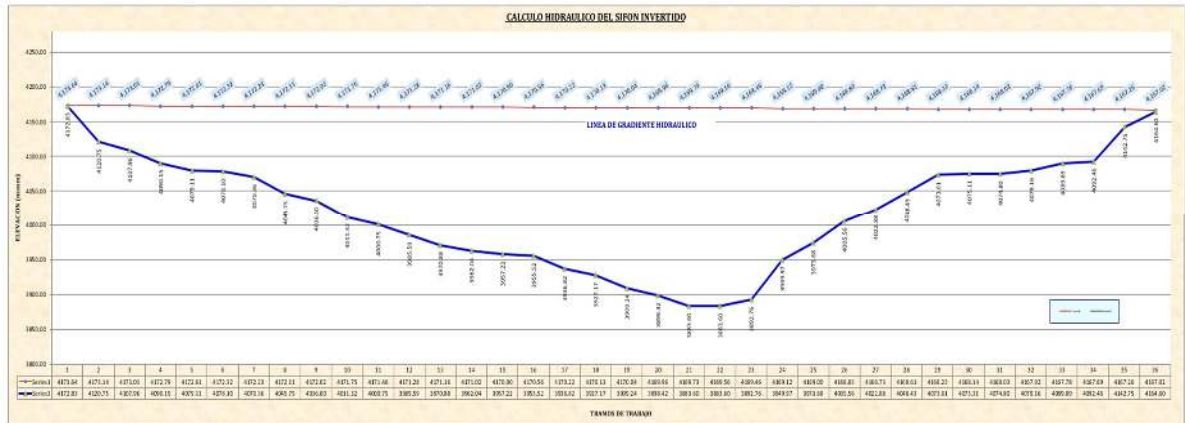
La línea del sifón contará de tubería PVC-O mellizo clase PN 12.5, 16, 20 y 25 de diámetro DN 710 mm ($\Phi 28''$) en una longitud de $L = 1,779.90 \text{ m}$, más Tubería de Hierro Dúctil con PN 40 de diámetro DN 700 mm en una longitud de $L = 169.70 \text{ m}$.

Tabla 4. Características hidráulicas del sifón invertido

CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS FINALES SIFÓN INVERTIDO SONCCOYUMA		
	PVC-O - HIERRO DUCTIL	
Kilometraje de progresiva inicial	10+195	Km.
Kilometraje de progresiva final	12+022	Km.
Cota de rasante en el Inicio	4,172.83	m.s.n.m.
Cota de rasante en el final	4,164.60	m.s.n.m.
Longitud Horizontal del sifón	1,827.28	m.
Longitud Inclínada del sifón (tubería)	1,949.60	m.
Diferencia de carga Inicio sifón - Punto más Bajo	289.22	m.
Diferencia de carga (Inicio - Salida)	8.23	m.
Mermas de carga total	6.62	m.
Mermas de carga total + FS=10%	7.28	
Presión de llegada	2.42	m.

Fuente: propia elaboración.

Figura 16. Vista de la línea de gradiente hidráulica del sifón invertido



Fuente: elaboración propia.

4.5. Componentes de estructuras para el correcto funcionamiento hidráulico del sifón invertido para el cruce canal de riego quebrada Sonccooyuma.

Se planteó obras de arte en el trayecto del sifón invertido tales como: cámara de Ingreso y Salida del Sifón, válvula de aire del sifón, válvula de purga del sifón, dados de anclaje y apoyo del sifón y puente canal del Sifón.

Tabla 5. Obras de arte en el sifón invertido Sonccooyuma

SIFON INVERTIDO SONCCOYUMA		
DESCRIPCION	CANT.	UND
CAMARA DE INGRESO	1.00	UND
CAMARA DE SALIDA	1.00	UND
TUBERIA PVC-O ISO 16422 DN 710 mm" PN 12.5, 16, 20 y 25 (MELLIZO)	1,779.90	ML
TUBERIA HIERRO DUCTIL ISO 3521 DN 700 mm" PN 40 (MELLIZO)	169.70	ML
VALVULA DE AIRE	3.00	UND
VALVULA DE PURGA	2.00	UND
DADO DE ANCLAJE	68.00	UND
DADO DE APOYO	606.00	UND
PUENTE CANAL (L= 50.00 m)	1.00	UND

V. DISCUSIÓN

El Ministerio del Agua, Viceministro de Servicios Básicos (2007), recomienda la velocidad del flujo en el sifón invertido, siendo como velocidad mínima de 0.90 mt/seg y como máximo 3 mt/seg. o 4 mt/seg.; se concuerda con la velocidad mínima de 0.90 m/seg pero no con la velocidad máxima de 4.0 m/seg., en vista que ha esta celeridad los sedimentos que se encuentran en el flujo causan deterioro de las paredes internas de la tubería.

La Autoridad Nacional del Agua (2010), afirma que en los tubos la pendiente no debe ser mayor a 2:1, se concuerda con esta afirmación en vista que pendientes elevadas aumentarían la velocidad del flujo en la tubería y con ello el desgaste de las paredes internas de los tubos. Según los resultados del plano topográfico del eje del sifón invertido planteado en el presente trabajo de investigación se tiene una pendiente de doblado de tubo a la entrada a 1.5:1 y pendiente de doblado de tubo a la salida de 1.9:1; lo cual se encuentra dentro del rango permitido.

Arbulu (2016), recomienda calcular las mermas de carga por fricción en ductos cerrados mediante las fórmulas de Manning o la de Darcy Weisbach. No estamos de acuerdo con la recomendación en vista que estas fórmulas arrojan mermas de carga inferiores a la merma de carga calculada por Hazen y Williams por lo que con fines de seguridad se prefiere la fórmula que presente la mayor merma de carga por fricción en las tuberías. Como resultado de las mermas de carga por fricción en las tuberías del sifón invertido se tiene 2.24 m., 4.88 m. y 1.20 m para las fórmulas de Manning, Darcy Weisbach y Hazen y Williams respectivamente.

Cruz (2005), no se concuerda con el cálculo del \emptyset de la tubería para el sifón invertido, ya que asumió una velocidad de 3.60 m/seg. para el cálculo del \emptyset de la tubería mediante la ec. de continuidad, para un caudal de 1,250 lit/seg. obteniendo un diámetro de 26"; en nuestro trabajo de investigación se calculó el \emptyset de la tubería del sifón invertido mediante la ec. de continuidad para un caudal del 1,211 lit/seg con una velocidad asumida de 1.60 m/seg., obteniéndose un diámetro de 38" por lo que se planteó en nuestra tesis que el sifón invertido sea 02 tubos en paralelo (mellizos) de diámetro 28", así mismo la velocidad empleada por el autor en mención se encuentra fuera del rango de los parámetros de diseño, en donde por normativa se recomienda emplear para el cálculo del diámetro de tubería con

velocidad de 1.5 m/seg., en cortos sifones y de 2.5 a 3.0 m/seg en sifones largos.

VI. CONCLUSIONES

1. Se tiene sifón invertido diseñado: de sección melliza de longitud inclinada $L=1,949.60.00$ m, con tubería PVC-O ISO-16422 PN012.5, PN016, PN 20, PN25 $D=710$ mm y TUBERÍA DE HIERRO DÚCTIL de PN 40, que conducirá un caudal promedio de $Q=1.211$ m³/seg. Dicho sifón se encuentra ubicada en la quebrada de Sonccoyuma (PROG. 10+195.00 km al 12+020 km).
2. Se planteó estructuras hidráulicas que intervienen para el correcto funcionamiento hidráulico del sifón invertido para el cruce canal de riego quebrada Sonccoyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba - departamento de Apurímac tales como: cámara de ingreso, cámara de salida, tubería PVC-O ISO 16422 DN 710 mm PN 12.5, 16, 20 y 25 (mellizo), tubería hierro dúctil ISO 3521 DN 700 mm PN 40 (mellizo), válvula de aire, válvula de purga, dado de anclaje, dado de apoyo, puente canal de longitud= 50.00 m.

VII. RECOMENDACIONES

1. Antes de realizar el diseños hidráulicos del sifón invertido se debe tener en cuenta los diferentes datos y parámetros que se obtiene de los estudios los estudios básicos tales como el estudio hidrológico donde se pudo determinar la oferta hídrica, del estudio agrologico se determinó la demanda de la zona del proyecto para luego realizar el balance hídrico, así mismo, se desarrolló el análisis de consistencia, los trabajos topográficos a lo largo de la línea de conducción, ubicación de obras planteadas y teniendo las consideraciones de los estudios geológicos – geotécnicos.
2. Se recomienda el planteamiento de sifón invertido cuando nos encontramos en con un canal en su trayectoria donde atravesará en algunos casos depresiones quebradas o zonas con problemas de estabilidad de suelos, que no podrán ser superados con estructuras elevadas (acueductos), sea por razones técnicas como económicas, por lo que podrá considerarse como variante una estructura que cruce el desnivel por medio de un conducto que se desplace por debajo del accidente topográfico, lo cual dará lugar a la configuración de un sifón invertido.
3. Se recomienda el planteamiento de sifón invertido en zonas donde no se va poder cruzar con un canal o donde es dificultoso construir estructuras de concreto para el paso del agua.

REFERENCIAS:

- ABANTO, Julio y AVALOS, Robinson. Propuesta de diseño de sifón como solución para abastecimiento de agua potable en la localidad de Lluchubamba – distrito de Sitacocha – provincia de Cajabamba – departamento Cajamarca, 2018. Tesis (ingeniero civil). Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo, 2018.

Disponible en:

<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12739/ABANTO%20LEAU%2c%20Julio%20Renzo%3b%20AVALOS%20GONZ%c3%81LEZ%2c%20Robinson%20ludin.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- AGUERO, Roger. Agua potable para poblaciones rurales [en línea]. Lima, Perú: Asociación Servicios Educativos Rurales, setiembre de 1997. [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2020].

Disponible en: <https://www.ircwash.org/sites/default/files/221-16989.pdf>

- AMMASH, Haider, AL-RAMAHEE, Munaf A. y RAZZAK, Thulfikar. Optimun hydraulic and structural design for inverted siphon. Revista de ciencias de la ingeniería [en línea]. Enero 2009. [Fecha de consulta: 05 de diciembre de 2020].

Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/308994221>

- ANAND, Nikhil. Hydraulic city: wáter and the infrastructures of citizenship in Mumbai. University of Pennsylvania [en línea]. Marzo 2017. [Fecha de consulta: 08 de diciembre de 2020].

Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/327387027>

- ARBULU, José. Estructuras hidráulicas [en línea]. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2016. [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2020].

Disponible en:

<https://es.scribd.com/document/400393596/Obras-Hidraulicas-Libro-Ing-Arbulu-Ramos-1>

- Autoridad Nacional del Agua. Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico [en línea]. Perú, diciembre de 2010 [Fecha de consulta: 08 de

diciembre de 2020].

Disponible en:

https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/normatividad/files/manual-disenos-1_0_2.pdf

- BELTRÁN, Abimael. Métodos de investigación científica. España. 1986.
- BELTRÁN, Abimael. Obras hidráulicas. Perú: Corporación de asesoramiento y capacitación profesional, 2007.
- BUTLER, David y DAVIES, John W. Urban Drainage. 3.^a ed. Londres, Inglaterra, 2011. 652 pp.
- CADAVID, Juan. Hidráulica de canales fundamentos [en línea]. Colombia: Universidad EAFIT, julio de 2006. [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2020].

Disponible en:

https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=3gqME66cnhwC&oi=fnd&pg=PA1&dq=hidraulica+de+tuberias+2020&ots=DhxBkXr_e4&sig=GNDEcvNNAgaySTW-jhpbcvt4ZVc#v=onepage&q=hidraulica%20de%20tuberias%202020&f=false

ISBN: 958-8281-28-8

- CASTRO, Omar. Diseño de estructuras hidráulicas [en línea]. Moquegua, Perú: Universidad José Carlos Mariátegui, 2017. [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2020].

Disponible en:

<https://es.scribd.com/doc/81688365/DISENO-DE-ESTRUCTURAS-HIDRAULICAS>

- Comisión Nacional del Agua - CONAGUA. Manual de agua potable, alcantarillado y saneamiento, conducciones – Libro 10 [en línea]. México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2016. [Fecha de consulta: 08 de diciembre de 2020].

Disponible en:

<http://cmx.org.mx/wp-content/uploads/MAPAS%202015/libros/SGAPDS-1-15-Libro10.pdf>

- CRUZ, Benjamín. Diseño hidráulico del sifón invertido acueducto

Cochanccay, proyecto de irrigación Yaurihuri. Monografía (ingeniero mecánico de fluidos). Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2005.

Disponible en:

https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/monografias/basic/cruz_lb/cap3.pdf

- CHEREQUE, Wendor. Mecánica de fluidos 2 [en línea]. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 1987. [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2020].

Disponible en:

http://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/41245/mecanica_de_fluidos_2.pdf

- Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable. Normas de diseño de sistemas de agua potable para la EMAAP-Q. Quito, Ecuador [en línea]. Ecuador: 2009. 176 pp. [Fecha de consulta: 08 de diciembre de 2020].

Disponible en: http://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/08/NORMAS_ALCANTARILLADO_EMAAP.pdf

- KESSENER Paul. The Aqueduct at Aspendos and its inverted siphonlas. JRA Journal of Roman Archaeology [en línea]. 2000. [Fecha de consulta: 08 de diciembre de 2020].

Disponible en:

https://www.academia.edu/7429900/The_Aqueduct_at_Aspendos_and_its_inverted_siphon_part_2

- KROCHIN, Sviatoslav. Diseño hidráulico [en línea]. 3.^a ed. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, 1986. [Fecha de consulta: 08 de diciembre de 2020].

Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/303391452/Diseno-Hidraulico-S-Krochin>

- MACIAS, Jonathan. Análisis de alternativas para el correcto funcionamiento hidráulico del cruce del canal de riego Poza Honda margen izquierdo sobre el río Portoviejo. Tesis (ingeniero civil). Manta, Ecuador: Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, 2015.

Disponible en:

<https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/1143/1/ULEAM-IC-0030.pdf>

- MAGNE, Fredy. Abastecimiento, diseño y construcción de sistemas de agua potable modernizando el aprendizaje y enseñanza en la asignatura de ingeniería sanitaria I. Trabajo dirigido por adscripción (ingeniero civil). Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón, 2008.
Disponible en:
<https://www.udocz.com/pe/read/7850/abastecimiento-diseo-y-constru-pdf>
- Manual de apuntes de la experiencia educativa de tuberías y canales por José Jiménez [et al.]. [en línea]. México: Universidad Veracruzana, 2013. [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2020].
Disponible en: <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-Hidraulica-de-Tuberias-y-Canales.pdf>
- MARTÍNEZ, Miguel. Hidráulica aplicada a proyectos de riego [en línea]. 2.^a ed. España: Universidad de Murcia, 1993. [Fecha de consulta: 08 de diciembre de 2020].
Disponible en: <https://es.scribd.com/document/129886671/Hidraulica-Aplicada-a-Proyectos-de-Riego-258-Pag>
ISBN: 84-7684-431-X
- MATERON, Hernán. Obras hidráulicas rurales [en línea]. Santiago de Cali, Colombia: Universidad del Valle, enero 1997. [Fecha de consulta: 08 de diciembre de 2020].
Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/124647890/Obras-Hidraulicas-Rurales-Hernan-Materon>
ISBN: 958-670-090-9
- MATTOS, Roger. Pequeñas obras hidráulicas, aplicación a cuencas andinas [en línea]. Montevideo: PHI/UNESCO, abril 1999. [Fecha de consulta: 08 de diciembre de 2020].
Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/71340470/Pequenas-Obras-Hidraulicas>
ISBN: 92-9089-069-X
- MENDEZ, Edwar. Diseño hidráulico del sifón invertido en la progresiva 6+350 Km del canal Ishinca con fines de irrigación – distrito de Tarica -

Huaraz. Trabajo de suficiencia profesional (ingeniero civil). Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina, 2020.

Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/4664>

- Ministerio del agua, Viceministerio de servicios básicos (Bolivia). NB 688: Reglamento técnico de diseño de sifones invertidos en sistemas sanitarios [en línea]. Tercera revisión. Bolivia: abril de 2007. 181 pp. [Fecha de consulta: 08 de diciembre de 2020].

Disponible en:

https://www.academia.edu/8695404/REGLAMENTO_T%C3%89CNICO_DE_DISE%C3%91O_DE_SIFONES_INVERTIDOS_EN_SISTEMAS_SANITARIOS_Reglamento_Nacional_NB_688

- Ministerio de Obras Públicas. Manual de drenaje urbano [en línea]. Chile: Dirección de obras públicas, octubre 2013. [Fecha de consulta: 08 de diciembre de 2020]. Capítulo 6. Diseño hidráulico de obras.

Disponible en: <https://es.scribd.com/document/360735811/Diseno-de-Obras-Hidraulicas>

- MONTAÑO, Ariel y SALAZAR, Juan. Actualización del material de apoyo didáctico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de obras hidráulicas I. Trabajo dirigido por adscripción (ingeniero civil). Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón, 2009.

Disponible en:

<https://es.scribd.com/document/465588773/Texto-guia-para-el-curso-de-Obras-Hidraulicas-pdf>

- NOGALES, Santos y QUISPE, Diomedes. Material de apoyo didáctico de “diseño y métodos constructivos de sistemas de alcantarillado y evacuación de aguas residuales” para la materia de ingeniería sanitaria II. Trabajo dirigido por adscripción (ingeniero civil). Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón, 2009.

Disponible en:

<https://www.udocz.com/pe/read/7850/abastecimiento-diseo-y-constru-pdf>

- NOVAK P., MOFFAT A.I.B. y NALLURI C. Hydraulic Structures. 2.^a ed. Colombia: McGraw-Hill Interamericana S.A., 2001. 601 pp.

ISBN: 958-41-0189-7

- PALOMINO, Moisés. Análisis y diseño de sifón. Trabajo de suficiencia profesional (ingeniero civil). Moquegua: Universidad José Carlos Mariátegui, 2017.
Disponible en:
https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/241/Moises_TrabajoDeSuficienciaProfesional_titulo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- PAREDES, Diego y RIVERA, Jaime. Análisis hidráulico de la línea de conducción Pita – Puengasí para planteamiento de acciones que optimicen su funcionamiento. Trabajo de titulación (ingeniero civil). Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador, 2018.
Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15911>
- PEREZ, Giovane. Manual de obras hidráulicas [en línea]. Lima, Perú: Universidad San Martín de Porres, febrero de 2016. [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2020].
Disponible en:
<https://civilgeeks.com/2016/03/12/manual-de-obras-hidraulicas-ing-giovene-perez-campomanes/>
- QUISPE, Elizabeth. Diseño de un sifón invertido para la conducción de agua del canal de irrigación del río Mosna, en la zona San Pedro de Pichiu – San Marcos - Huari. Tesis (ingeniero civil). Chimbote: Universidad San Pedro, 2016.
Disponible en:
http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/1013/Tesis_39549.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- RAO, Govinda. Desing of Volute Siphon. Revista del instituto indio de ciencias [en línea]. Diciembre de 2012. [Fecha de consulta: 08 de diciembre de 2020].
Disponible en:
https://www.academia.edu/27786460/Design_of_Volute_Siphon
- RAZZAK, Thulfikar. Optimun hydraulic design for inverted siphon. Revista de ciencias de la ingeniería [en línea]. Enero 2008. [Fecha de consulta: 05 de diciembre de 2020].

Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/308993867>

- ROCHA, Arturo. Hidráulica de tuberías y canales [en línea]. Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, enero de 2007. [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2020].

Disponible en:

https://www.academia.edu/9746328/HIDR%C3%81ULICA_DE_TUBER%C3%8DAS_Y_CANALES

- SALDARRIAGA, Juan. Hidráulica de tuberías, abastecimiento de agua, redes, riegos [en línea]. Bogotá, Colombia: Alfaomega, 2007. [Fecha de consulta: 09 de diciembre de 2020].

Disponible en: <https://es.scribd.com/document/400220359/Hidraulica-de-Tuberias-Juan-Saldarriaga-pdf>

ISBN: 978-958-682-680-8

- SANZ, Gerard (2013). Demand modelling and calibration for hydraulic network models. Tesis (Doctoral). España: Universidad Politécnica de Catalunya, 2013. 29 pp.
- SOTELO, Gilberto. Hidráulica general. México: Limusa S.A., 1994. 276 pp. ISBN: 968-18-0503-8
- Universidad de Nueva León. Abastecimiento y distribución de agua [en línea]. Monterrey, México: noviembre 1965. [Fecha de consulta: 08 de diciembre de 2020].

Disponible en: <https://es.scribd.com/document/253130024/Manual-d-Diseno-Hidraulico>

- VILLON, Máximo. Diseño de estructuras hidráulicas. Perú: Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2003. 188 pp.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia.

Anexo 2: Operacionalización de variables.

Anexo 3: Mapa de ubicación.

Anexo 4: Diseño del canal de entrada y salida del Sifón Invertido

Anexo 5: Diseño hidráulico de cámara ingreso - salida Sifón Invertido

Anexo 6: Diseño hidráulico del sifón invertido.

Anexo 7: Cálculo del coeficiente de resistencia de Darcy - Weisbach.

Anexo 8: Planos topográfico del eje de conducción del sifón invertido.

Anexo 9: Mapa de cuencas hidrográficas.

Anexo 10: Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas.

Anexo 11: Mapa de capacidad de uso mayor.

Anexo 12: Mapa de aptitud de riego.

Anexo 13: Mapa de áreas agrícolas.

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TESIS: DISEÑO HIDRAULICO DE SIFON INVERTIDO DEL CRUCE CANAL DE RIEGO QUEBRADA SONCCOYUMA, DE DISTRITOS ANTABAMBA, PROVINCIA ANTABAMBA – DEPARTAMENTO DE APURIMAC

Elaborado por: **TORRE PEREZ, Wilver Cayo**
VEGA QUISPE, Jhon

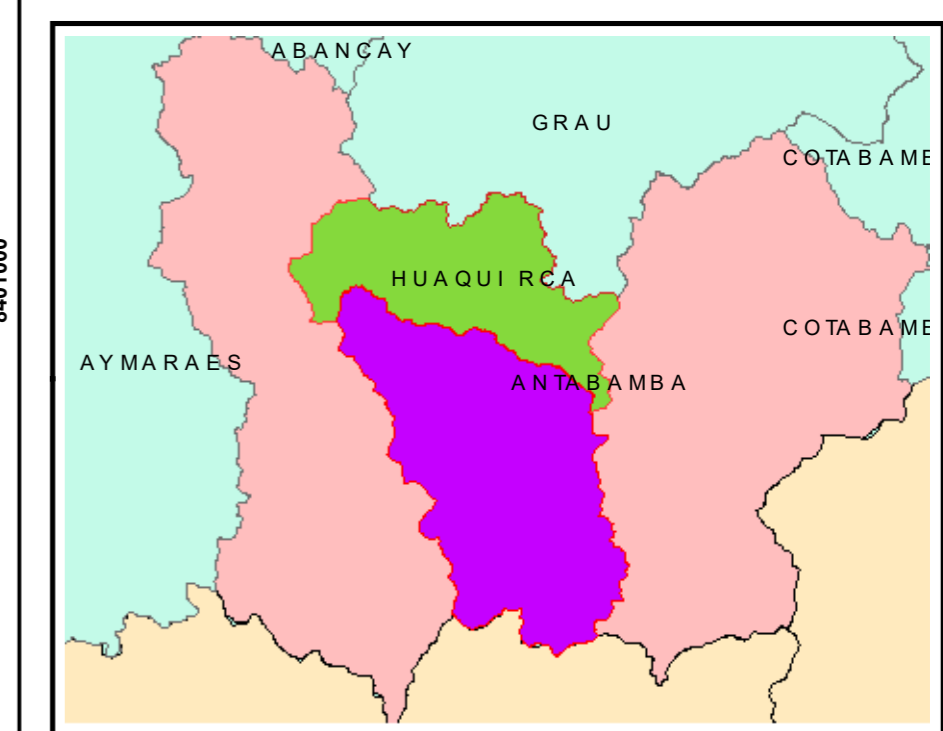
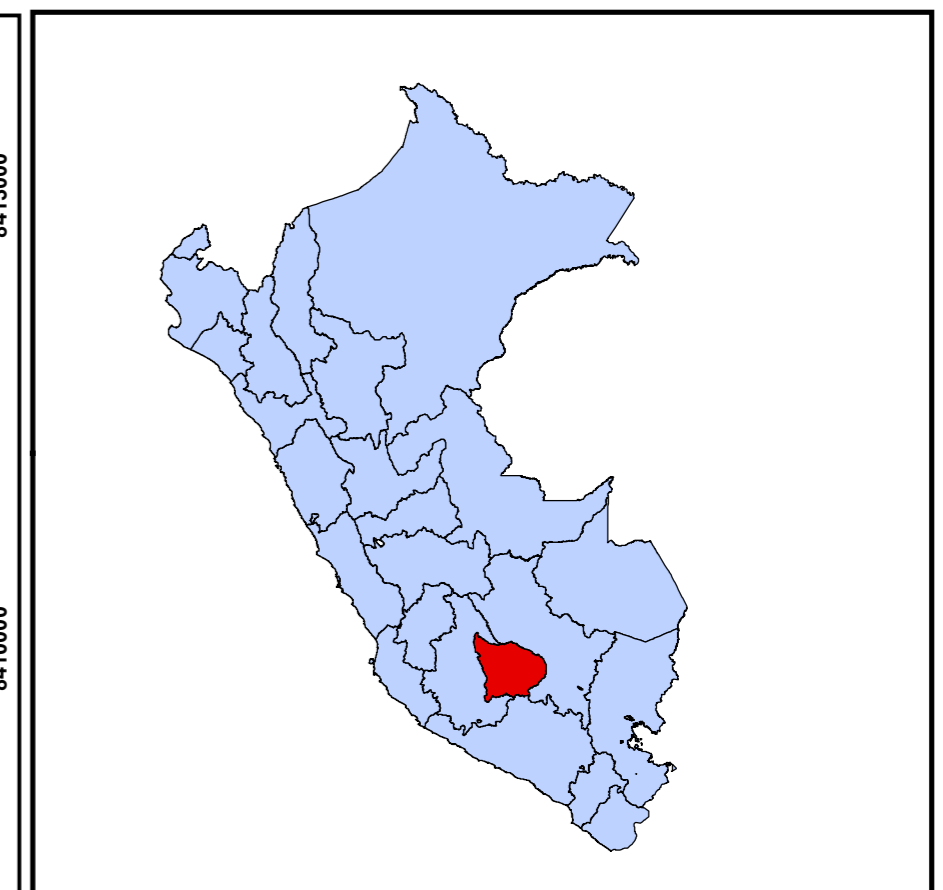
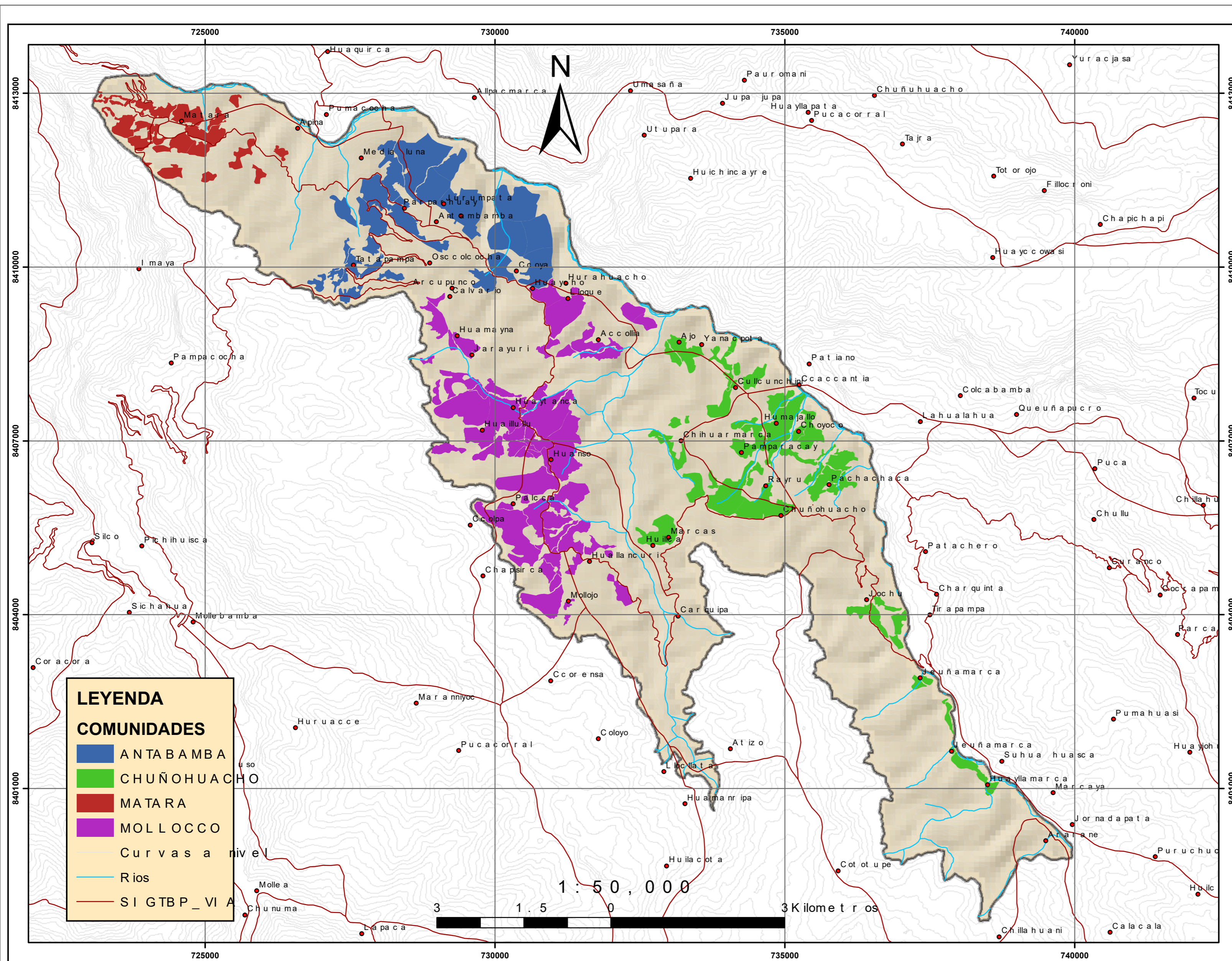


PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	VI: Diseño hidráulico del sifón invertido		Tipo de Investigación: Aplicada Nivel de Investigación: Descriptiva. Metodología de Investigación Cuantitativa. Diseño: No experimental Población: La población beneficiaria es de 02 distritos de Antabamba y Huaquirca conformado por 1,225 familias y 2620 ha de terreno Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos: - Observación, fichas técnicas, revisión de documentos, libros.
¿Cuál es la propuesta del diseño hidráulico de sifón invertido del cruce canal de riego quebrada Sonccooyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba – departamento de Apurímac?	¿Determinar cual es la mejor propuesta de diseño hidráulico del sifón invertido del cruce canal de riego quebrada Sonccooyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba - departamento de Apurímac?	¿La Implementación del diseño hidráulico del sifón invertido permitira el correcto paso, del cruce canal de riego quebrada Sonccooyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba - departamento de Apurímac?	Diseño hidráulico del sifón invertido	Estudio Topográfico	m	
				Caudal de Diseño	l/s	
				Velocidad mínima	m/s	
				Diametro de Tubería mínima	mm.	
				Presion Minima	m.c.a.	
				Presion Maxima	m.c.a.	
				Caudal de Diseño	l/s	
				balance oferta demanda	l/s	
				Estudio Topografico	m	
				Estudio de Suelos	kg/cm2	
				Temperatura	°C	
PROBLEMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPOTESIS ESPECIFICO	VARIABLE DEPENDIENTE	VD: Optimo funcionamirnto, Sifón invertido completo		
1.- ¿Como es el diseño hidráulico de sifón invertido del cruce canal de riego quebrada Sonccooyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba – departamento de Apurímac?	1.- Explicar la mejor propuesta de diseño hidráulico de sifón invertido del cruce canal de riego quebrada Sonccooyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba - departamento de Apurímac	La adecuada manera de realizar el diseño hidráulico de sifón invertido del cruce canal de riego quebrada Sonccooyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba - departamento de Apurímac	Diseño hidraulico optimo para el buen funcionamirnto del sifón invertido del cruce canal de riego quebrada Sonccooyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba - departamento de Apurímac	1. Cálculo de perdida de las perdidas de carga para determinar el desnivel necesario entre a entrada y la salida	m	
				2. Calculo de las transiciones	m	
				3. Verificación del ahogamiento en la entrada	m	
				4. Elección del diámetro de la tubería comprobando que la velocidad en el interior de conducto este dentro de los límites aceptables	mm	
				5. Conocer las características hidráulicas de escurrimiento en distintas secciones, esto se obtiene aplicando sucesivamente la ecuación de Bernoulli entre par de puntos	m	
2.- ¿Qué tipo de estructuras hidraulicas intervienen para el correcto funcionamiento hidráulico del sifón invertido para el cruce canal de riego quebrada Sonccooyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba – departamento de Apurímac?	2.- Determinar la totalidad de las estructuras hidraulicas que intervienen para el correcto funcionamiento hidráulico del sifón invertido para el cruce canal de riego quebrada Sonccooyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba - departamento de Apurímac	La totalidad de estructuras intervienen para el correcto funcionamiento hidráulico del sifón invertido para el cruce canal de riego quebrada Sonccooyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba - departamento de Apurímac	Dimensionamiento de elementos de sifón invertido del cruce canal de riego quebrada Sonccooyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba - departamento de Apurímac	Depósito de azolves	m3	
				Limitador de gasto	l/s	
				Transición de entrada	m	
				Compuerta de entrada	und	
				Conducto	m	
				Válvula de purga	und	
				Transición de salida	und	

ANEXO 2: OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Título del trabajo de investigación: Diseño hidráulico de sifón invertido del cruce canal de riego quebrada Sonccooyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba – departamento de Apurímac.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Diseño hidráulico del sifón invertido	Es la Interpretación y aplicación de la ecuación de la energía en el sifón en la posición 1 y 2, Se debe de cumplir que la Δh debe de ser mayor a la suma de todas las pérdidas que se generen en el sifón. (Cruz, 2005 pág. 12)	El diseño hidráulico del sifón invertido obedece a una serie de criterios de diseño de todas las partes de un sifón invertido como: transiciones de entrada y salida; rejilla de entrada y salida; Tuberías de presión; material usado para tubería de presión; velocidades en el conducto; funcionamiento del sifón a presión, por lo tanto, debe estar ahogado a la entrada y a la salida; válvula de purga de agua y lodos.	Como es el diseño hidráulico de sifón invertido	Carga de posición	Razón
				Carga de presión	
				Carga de velocidad	
				Carga hidráulica	
			Qué tipo de estructuras hidráulicas intervienen para el correcto funcionamiento hidráulico del sifón invertido	Transiciones de entrada y salida	Razón
				Rejilla de entrada y Salida	
				Tuberías de presión	
				Material usado para tubería de presión	
				Velocidades en el conducto	
				Funcionamiento del sifón	
Válvula de purga de agua y lodos					



LEYENDA

COMUNIDADES

- ANTABAMBA
- CHUÑOHUACHO
- MATARA
- MOLLOCCO

— Curvas a nivel

— Rios

— SI GTBP_VI A

1 : 50 , 000

3 Kilometros



PROYECTO DE TESIS:
 DISEÑO HIDRAULICO DE SIFON INVERTIDO DEL CRUCE
 CANAL DE RIEGO QUEBRADA SONCCOYUMA, DE
 DISTRITOS ANTABAMBA, PROVINCIA ANTABAMBA -
 DEPARTAMENTO DE APURIMAC.

UBICACIÓN:
 REGION : APURIMAC
 PROVINCIA : ANTABAMBA
 DISTRITO : ANTABAMBA

ESCALA:
 INDICADA

ASESOR:
 Msc. Ing. Castillo Chávez, Juan Humberto.

PRESENTADO POR:
 - Torre Pérez, Wilver Cayo.
 - Vega Quispe, John Jony.

DATUM - WGS -1984
 PROYECCIÓN
 GEOGRÁFICA - UTM
 ZONA -18 S

MAPA
UBICACIÓN

MAPA
01

ANEXO 4: EL DISEÑO DEL CANAL DE ENTRADA Y SALIDA DEL SIFON INVERTIDO PROGRAMA H-CANALES

PROYECTO	"DISEÑO HIDRAULICO DE SIFON INVERTIDO DEL CRUCE CANAL DE RIEGO QUEBRADA SONCCOYUMA, DE DISTRITOS ANTABAMBA, PROVINCIA ANTABAMBA - DEPARTAMENTO DE APURIMAC"			
Lugar	Distrito	Provincia	Departamento	Fecha
Multi comunal	Antabamba y Huaquirca	Antabamba	Apurimac	01-03-21

SIFON N° 01

1. CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL CANAL DE ENTRADA.

☑ Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:

Tramo:

Proyecto:

Revestimiento:

Datos:

Caudal (Q): m³/s

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m

Area hidráulica (A): m²

Espejo de agua (T): m

Número de Froude (F):

Tipo de flujo:

Perímetro (p): m

Radio hidráulico (R): m

Velocidad (v): m/s

Energía específica (E): m-Kg/Kg

DISEÑO DE CANAL DE ENTRADA

Descripción	Valor	Und.
Datos		
Caudal (Q)	1.211	m ³ /s
Ancho de solera (b)	1.30	m
Talud (Z)	0.00	
Rugosidad (n)	0.014	
Pendiente (S)	0.001	m/m
Resultados		
Tirante (Y1)	0.8131	m
Perímetro (P1)	2.9262	m
Area hidráulica (A1)	1.0570	m ²
Radio hidráulico (R1)	0.3612	m
Espejo de agua (T1)	1.30	m
Velocidad (V1)	1.1457	m/s
Número de Froude (F1)	0.4057	Adim.
Tipo de flujo	Subcrítico	---
Energía específica (E1)	0.8800	m-kg/kg
Borde libre	0.400	m

2. CANAL DE SALIDA (EMPALME)

☑ Cálculo de tirante normal secciones: trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar:

Tramo:

Proyecto:

Revestimiento:

Datos:


Caudal (Q): m³/s

Ancho de solera (b): m

Talud (Z):

Rugosidad (n):

Pendiente (S): m/m



Resultados:

Tirante normal (y): m

Area hidráulica (A): m²

Espejo de agua (T): m

Número de Froude (F):

Tipo de flujo:

Perímetro (p): m

Radio hidráulico (R): m

Velocidad (v): m/s

Energía específica (E): m-Kg/Kg

DISEÑO DE CANAL DE SALIDA

Descripción	Valor	Und.
Datos		
Caudal (Q)	1.211	m ³ /s
Ancho de solera (b)	1.30	m
Talud (Z)	0.00	
Rugosidad (n)	0.014	
Pendiente (S)	0.001	m/m
Resultados		
Tirante (Y1)	0.8131	m
Perímetro (P1)	2.9262	m
Area hidráulica (A1)	1.0570	m ²
Radio hidráulico (R1)	0.3612	m
Espejo de agua (T1)	1.30	m
Velocidad (V1)	1.1457	m/s
Número de Froude (F1)	0.4057	Adim.
Tipo de flujo	Subcrítico	---
Energía específica (E1)	0.8800	m-kg/kg
Borde libre	0.400	m

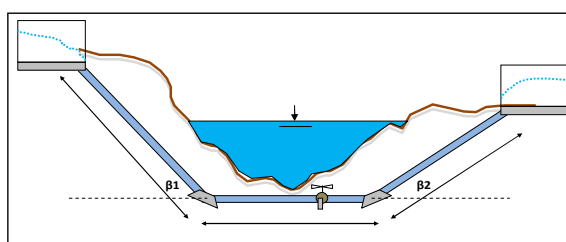
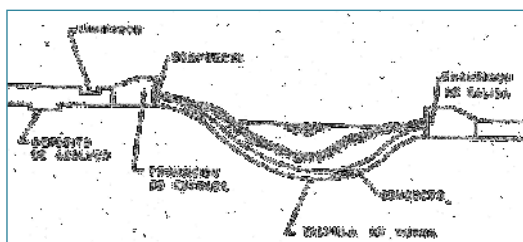
ANEXO 5: DISEÑO DE LA CAMARA DE INGRESO Y SALIDA DEL SIFON INVERTIDO

PROYECTO:

"DISEÑO HIDRAULICO DE SIFON INVERTIDO DEL CRUCE CANAL DE RIEGO QUEBRADA SONCCOYUMA, DE DISTRITOS ANTABAMBA, PROVINCIA ANTABAMBA - DEPARTAMENTO DE APURIMAC"

1. CONSIDERACIONES DE DISEÑO.

- a) La pendiente de los tubos doblados, no debe ser mayor a 2:1 y la pendiente mínima del tubo horizontal debe ser 5 o/oo.
- b) Para determinar el diámetro del tubo en sifones:
 - *En sifones relativamente cortos con transiciones de tierras, tanto a la entrada y salida se puede usar $V=1.0$ m/s.
 - *En sifones relativamente cortos con transiciones de concreto, tanto a la entrada y salida se puede usar $V=1.5$ m/s.
 - *En sifones largos con transiciones de concreto, tanto a la entrada y salida se puede usar $V=2.5$ m/s. a 3.0 m/s.
- c) En el diseño de la transición de entrada se recomienda que la parte superior de la abertura del sifón, esté ligeramente debajo de la superficie normal del agua, esta profundidad de sumergencia es conocida como sello de agua y en el diseño se toma 1.5 veces la carga de velocidad (hv) del sifón o 1.1 hv como mínimo o también 3".
- d) En la salida la sumergencia no debe exceder al valor $Hte/6$.
- e) Se debe considerar un aliviadero de demasías y un canal de descarga inmediatamente aguas arriba de la transición de ingreso.
- f) Se recomienda incluir una tubería de aeración después de la transición de ingreso.
- g) Se debe tener en cuenta los criterios de sumergencia (tubería ahogada) a la entrada y salida del sifón, a fin de evitar el ingreso de aire a la tubería.



2. DATOS GENERALES PARA EL DISEÑO

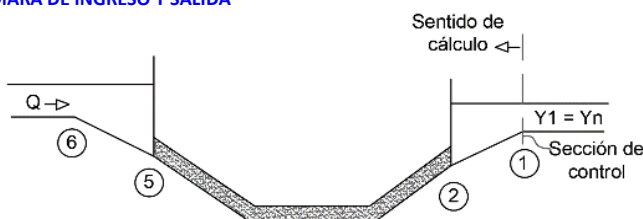
CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL CANAL DE INGRESO Y SALIDA

Considerando que el caudal total de $Q= 1,211$ Lit/seg se conducirá en 2 tuberías mellisas.

Por tanto: el caudal unitario por cada tubería será $Q1=Q2= 605.50$ Lit/seg.

Descripción	Ingreso	salida	Unidad	Comentario
Datos:				
Q=	605.50	605.50	lit/seg	Caudal de diseño del canal.
Q=	0.6055	0.6055	m3/seg	
b=	1.30	1.30	m	Solera del canal de ingreso y salida.
Z =	0.00	0.00		Talud del canal de ingreso y salida.
n=	0.014	0.014		Rugosidad (coef. De Maning).
S=	0.001		m/m	Pendiente del canal
Resultados (H canales):				
Y1 =	0.4846	0.4846	m	Tirante de agua en el canal de ingreso y salida.
Perimetro (P1)	2.2692		m	
Area hidráulica (A1)	0.6300		m2	
Radio hidráulico (R1)	0.2776		m	
Espejo de agua (T1)	1.30		m	
Vcanal =	0.9613		m/s	
Número de Froude (F1)	0.4409		Adim.	
Tipo de flujo	Subcrítico		---	
Energía específica (E1)	0.5317		m-kg/kg	
Borde libre	0.4000		m	

DATOS DE LA CAMARA DE INGRESO Y SALIDA



Descripción	Ingreso	salida	Unidad	Comentario
$\alpha_i =$	25.00	25.00	°	Angulo de transición de la entrada.
$\alpha_s =$	25.00	25.00	°	Angulo de transición de la salida.
β_1	12.00	---	°	Angulo de inclinación de la tubería (Tub. Ingreso al sifón).
β_2	---	12.00	°	Angulo de inclinación de la tubería (Tub. salida del sifón).
Cota FCI (6)	4,172.80		m.s.n.m.	Cota de Fondo de Canal de Ingreso

Cota FTI (5)			m.s.n.m.	Cota de Fondo de Transición de Ingreso
Cota FCS (1)		4,164.60	m.s.n.m.	Cota de Fondo de Canal de Salida.
Cota FTS (2)			m.s.n.m.	Cota de Fondo de Transición de Salida.

3. CALCULO DEL DIAMETRO DE LA TUBERIA DEL SIFON

Considerando que el caudal total de Q= 1,211 Lit/seg se conducirá en 2 tuberías mellisas.
Por tanto: el caudal unitario por cada tubería será Q1=Q2= 605.50 Lit/seg.

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{V * \pi}}$$

Ec. Continuidad

Diámetro calculado

Q=	605.50	Lit/seg
Q=	0.606	m3/seg
V=	1.60	m/seg.
Dint =	0.6941	m
Dint =	27.3287	Pulg

Diámetro asumido (comercial)

D asumido =	28.0	Pulg
D asumido =	710.0	mm
D asumido =	0.711	m

Características hidráulicas de la tubería asumida Ø =

28 Pulg

Area hidráulica (A) =	0.3973	m2
Perímetro mojado (P) =	2.2343	m
Radio hidráulico (R) =	0.1778	m
Velocidad tub. Sifón (V _{tub})=	1.524	m/s

$$A = \frac{\pi * D^2}{4}$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$P = \pi * D$$

$$V_{tub} = \frac{Q}{A}$$

4. CALCULO DE LA LONGITUD DE TRANSICIONES (L_T)

4.1. Espejo de agua del canal inicial (T1)

Solera (b) =	1.30	m
Talud (Z) =	0.00	
Tirante (Y) =	0.4846	m
T1 =	1.30	m

$$T = b + 2 * Z * Y$$

4.2. Diámetro de la tubería de ingreso (T2)

T2 = Dint. Tubo	0.711	m
-----------------	-------	---

4.3. Longitud de transiciones (L_T)

a)

$$L_T = \frac{T1 - T2}{2 * \tan(\alpha)}$$

Donde:

L_T =

Longitud de transición exterior (m).

T1 =

Espejo de agua en el canal (m).

T2 = Di =

Diámetro de la tubería (m).

α =

Angulo de la transición (°).

T1 =	1.30	m
T2 =	0.71	m
α =	25.00	°
L _T =	0.63	m

b) Para caudales < a 1.2 m3/seg, en tuberías, se recomienda:

L _T =	2.84	m
------------------	------	---

$$L_T = 4 * Di$$

Resumen de longitud de transición de ingreso y salida (L_T)

a) L _T	0.63	m
b) L _T	2.84	m
L _{Ti} Asumido	2.85	m

Por criterio constructivo: L_T mínimo debe ser 1.50 m.

5. ALTURA DE TRANSICIONES (P)

5.1. Altura de transición de ingreso (Pi)

En la transición de entrada el máximo valor en P debe ser:

$$P = \frac{3}{4} * D$$

Pi =	0.5334	m
------	--------	---

5.2. Altura de transición de salida (Ps)

En la transición de salida el máximo valor en P debe ser:

$$P = \frac{1}{2} * D$$

Ps =	0.3556	m
------	--------	---

6. CALCULO DE LA ALTURA MINIMA DE AHOGAMIENTO (H_{min})

* El sifón siempre funciona a presión, por tanto, debe estar ahogado a la entrada y salida.

* La entrada debe trabajar ahogado, para evitar que entren al conducto sólidos flotantes que pueden obstruirlo.

* El ahogamiento mínimo recomendable es de un décimo del tirante.

6.1. ALTURA MINIMA DE AHOGAMIENTO EN LA ENTRADA DEL SIFON

6.1.1. Proyección vertical del diámetro de la tubería a la entrada del sifón (h₁):

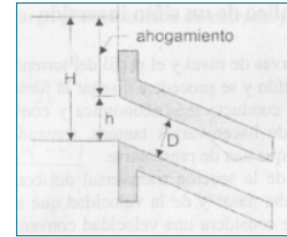
Donde:

Di: Diámetro interior de la tubería del sifón (m).

β₁: Angulo de inclinación de la tubería (Tub. Ingreso al sifón).

$$H_{te} = h_1 = \frac{D_i}{\cos \beta_1}$$

Di =	0.711	m
β ₁ =	12.00	°
H _{te} =h ₁ =	0.7271	m



6.1.2. Profundidad de sumergencia de la abertura superior del sifón (sello de agua) - entrada

En el diseño de transición de entrada se recomienda que la parte superior de la abertura del sifón, esté ligeramente debajo de la superficie normal del agua, esta profundidad de sumergencia es conocida como sello de agua.

Profundidad de sumergencia:

Mínimo = 1.1 hv

Máximo = 1.5 hv

$$h_v = \frac{v^2}{2g}$$

Donde: hv: Carga de velocidad del sifón

Datos:

V _{tub} =	1.524	m/s
V _{canal} =	0.9613	m/s

$$1.1 h_v = \left(\frac{V_{tub}^2}{2g} - \frac{V_{canal}^2}{2g} \right)$$



1.1 hv =	0.0784	m
----------	--------	---

$$1.5 h_v = \left(\frac{V_{tub}^2}{2g} - \frac{V_{canal}^2}{2g} \right)$$



1.5 hv =	0.1070	m
----------	--------	---

Alt. Sumergencia Asum.	0.107	m
-------------------------------	--------------	----------

6.1.3. Cálculo de altura mínima de ahogamiento a la entrada (H_{min}):

a)

$$H_{min} = \frac{3}{2} \left(\frac{V_{tub}^2}{2g} \right)$$

H _{min} =	0.1776	m
--------------------	--------	---

b)

$$H_{min} = \frac{D}{2} \left(\frac{V_{tub}}{\sqrt{2D}} \right)^{0.55}$$

(Fórmula según Polikouski y Perelman).

H _{min} =	0.4070	m
--------------------	--------	---

c)

$$H_{min} = 0.3 V_{tub} \sqrt{D}$$

H _{min} =	0.3856	m
--------------------	--------	---

De las tres, escogemos el mayor valor:

H_{min}=	0.407	m
-------------------------	--------------	----------

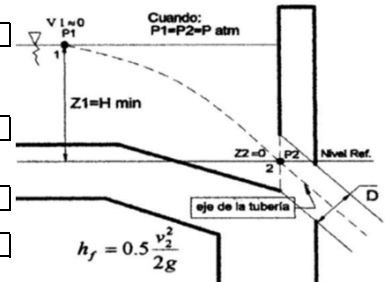


FIG. 6: INTERPRETACION DE LA ALTURA MINIMA DE AHOGAMIENTO

6.1.4. Condición de diseño:

$$H_{min} = 0.407 < A_{hog.} + H_{te}/2 = 0.47 \quad \text{OK}$$

6.1.5. Verificación del ahogamiento en la entrada:

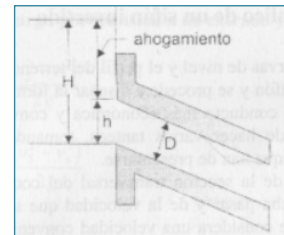
Datos:

H = Y+P :	1.0180	m
h = H _{te}	0.7271	m

$$\% \text{ de ahogamiento} = \frac{H-h}{h} \times 100$$

Condición: 10 % ≥ ahogamiento

% de ahogamiento =	40.01%	≥	10.00%	OK
---------------------------	---------------	----------	---------------	-----------



6.2. ALTURA MINIMA DE AHOGAMIENTO EN LA SALIDA DEL SIFON

6.2.1. Proyección vertical del diámetro de la tubería a la salida del sifón (h1):

$$h2 = \frac{Di}{\cos \beta 2}$$

Donde:

Di: Diámetro interior de la tubería del sifón (m).

$\beta 2$: Angulo de inclinación de la tubería (Tub. salida al sifón).

Di =	0.711	m
$\beta 2$	12.00	°
Hte=h2=	0.7271	m

6.2.2. Profundidad de sumergencia de la abertura superior del sifón (sello de agua) - salida

a) Altura de transición de salida (Ps)

En la transición de salida el máximo valor en P debe ser:

$$P = \frac{1}{2} * D$$

Ps =	0.3556	m
------	---------------	---

b) Altura de sumergencia a la salida (Hsum.)

Datos:

$$H_{sum.salida} = Y + Ps - Hte$$

Y =	0.4846
Ps =	0.3556
Hte =	0.7271
Hsum. salida=	0.1131

c) Condición de diseño:

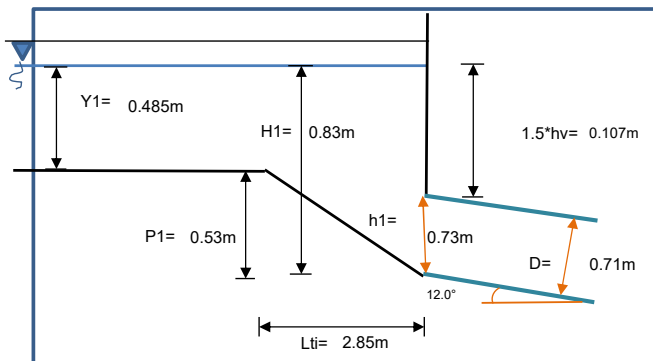
<i>Hsum. salida</i>	<	Hte/6	
0.1131	<	0.1212	OK

7. LONGITUD DE PROTECCION CON ENROCADO EN EL INGRESO Y SALIDA (Lp)

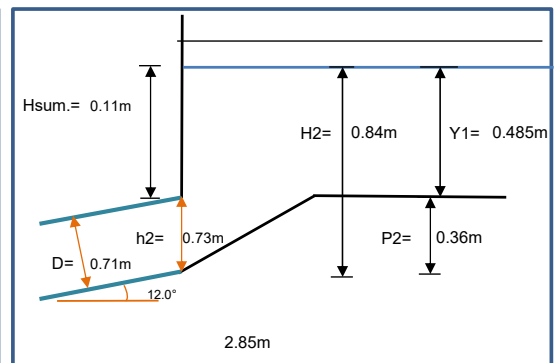
$$Lp = 3 * Di$$

Lp	2.13	m
Lp asumido	2.50	m

Cámara de Ingreso del Sifón:



Cámara de salida del Sifón:



**ANEXO 6: DISEÑO HIDRAULICO DEL SIFON INVERTIDO (Sección Mellizo)
(TRAMO DE LA PROGRESIVA 10+193 al 12+020 km)**

PROYECTO DE INVESTIGACION: DISEÑO HIDRAULICO DE SIFON INVERTIDO DEL CRUCE CANAL DE RIEGO QUEBRADA SONCCOYUMA, DE DISTRITOS ANTABAMBA, PROVINCIA ANTABAMBA - DEPARTAMENTO DE APURIMAC

Presentado por: Torre Perez, Wilver Cayo
Vega Quispe, John Jony

Lugar: Chuñoahuacho, Mollocco, Antabamba y Matara

Distrito: Antabamba y Huaquirca

Provincia: Antabamba

Departamento: Apurimac

Item	Descripción	TRAMO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35			
5.02	Pérdida por transición de entrada																																							
	Aceleración de la gravedad (g)																																							
	Díametro interior de tubería (ingreso al sifón)	$h_{te} = 0.1 + \frac{V_{tub}^2 - V_{canal\ aguas\ arriba}^2}{2 * g}$																																						
	Caudal de diseño																																							
	Ancho solera del canal rectangular antes del inicio de transición																																							
	Tirante de agua del canal rectangular antes del inicio de transición																																							
	Velocidad del agua antes del inicio de la transición (V1)	$v1 = Q / (b1 * y1)$																																						
	Velocidad del agua después del inicio de la transición (V2)	$v2 = 4 * Q / (Pi * D1^2)$																																						
	Pérdida de carga por transición de entrada	$h_e = 0.1 * (v2^2 - v1^2) / (2 * g)$																																						
5.03	Pérdida por transición de salida																																							
	Velocidad dentro de la tubería (V3)																																							
	Ancho de la sección del canal rectangular al final de la transición	$h_{ts} = 0.2 + \frac{V_{tub}^2 - V_{canal\ aguas\ abajo}^2}{2 * g}$																																						
	Tirante de agua de la sección del canal rectangular al final de la transición																																							
	Velocidad del agua al final de la transición (V4)	$v4 = Q / (b2 * y2)$																																						
	Pérdida de carga por transición de salida	$h_s = 0.2 * (v3^2 - v4^2) / (2 * g)$																																						
5.04	Pérdida por Rejilla de entrada y salida																																							
	Primer Método (Para el caso de rejillas parcialmente sumergidas) :																																							
	Ancho de la estructura de soporte de la rejilla																																							
	Altura de la estructura de soporte de la rejilla																																							
	Área bruta de la estructura de la rejilla	$Ab = B * H$																																						
	Espesor de las barras de la rejilla																																							
	Espaciamiento entre las barras de la rejilla																																							
	Ángulo de inclinación de la rejilla con el fondo de la solera																																							
	Coefficiente que depende de la forma o sección de la barra de la rejilla																																							
	Coefficiente de pérdida por rejilla, parcialmente sumergida	$Kr = Cf * (t/s) * (4/3) * \text{sen } \beta$																																						
	Velocidad del agua en la estructura de soporte de la rejilla	$vr = Q / Ab$																																						
	Pérdida de carga por rejilla sumergida	$hr = Kr * vr^2 / (2 * g)$																																						
	Segundo Método (Para el caso de rejillas sumergidas) :																																							
	Ancho de la estructura de soporte de la rejilla																																							
	Altura de la estructura de soporte de la rejilla																																							
	Área bruta de la estructura de la rejilla	$Ab = B * H$																																						
	Separación entre rejillas																																							
	Número de barras en la rejilla	$N = (B / Se) - 1$																																						
	Espesor de las barras de la rejilla	t																																						
	Ancho neto de la estructura de soporte de la rejilla	$b = B - N * t$																																						
	Área neta de paso entre rejillas	$An = b * H$																																						
	Coefficiente de pérdida por rejilla en condiciones sumergidas	$Kr = 1.45 - 0.45 * (An/Ab) - (An/Ab)^2$																																						
	Velocidad del agua a través del área neta de la rejilla dentro del A. hidráulica	$vr = Q / An$																																						
	Pérdida de carga por rejilla sumergida (en la entrada)	$hr = Kr * vr^2 / (2 * g)$																																						
	Pérdida de carga por rejilla sumergida (en la salida)	$hr = Kr * vr^2 / (2 * g)$																																						
	Pérdida por Rejilla (Se toma el valor más crítico que es el mayor)																																							
5.05	Pérdida de Carga en la Entrada al Tubo :																																							
	Velocidad del agua después del inicio de la transición (V2)																																							
	Coefficiente de entrada (para entrada con arista a 90°)																																							
	Pérdida por Entrada al Tubo	$h_e = Ke * v^2 / (2 * g)$																																						
5.06	Pérdida de Carga por salida del Tubo :																																							
	Velocidad dentro de la tubería (Vt) = (V3)																																							
	Coefficiente de entrada (para entrada con arista a 90°)																																							
	Pérdida por salida al Tubo	$h_s = Ke * v^2 / (2 * g)$																																						
5.07	Pérdida de Carga por cambio de dirección o Codos :																																							
	Inclinación (°)	α	-33.0	-15.9	-12.5	-9.1	-1.3	-15.9	-35.2	-21.2	-14.1	-5.9	-14.2	-20.2	-12.5	-6.9	-2.1	-9.6	-22.0	-35.3	-25.4	-31.8		17.7	31.2	38.7	32.8													

ANEXO 7: CALCULO DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA DE DARCY - WEISBACH

1. Datos de partida	Datos	Comentarios
Longitud inclinada (m)	95.56	
Diámetro interior de la tubería (mm)	681.6	
Diámetro interior de la tubería (cm)	68.16	
Rugosidad absoluta del mat. del tubo (cm) (ε)	0.00015	
Caudal (m ³ /s)	0.6055	Dejar blanco si el dato es velocidad
Velocidad (m/s)		Dejar blanco si el dato es caudal
Viscosidad cinemática de agua (m ² /seg)	1.007E-06	Valor por defecto para agua a 20°C

Uso de este tutorial:

* Introduzca los datos de su problema en las casillas verdes de datos de partida

* Tenga en cuenta los comentarios a los datos de partida

* La hoja de cálculo realiza automáticamente los cálculos intermedios

- Obtiene el coeficiente de fricción con tres iteraciones de la Ec. de Colebrook

Aplica la ley de Darcy-Weisbach para obtener la pérdida de carga.

2. Cálculos intermedios

Rugosidad relativa (ε/Di)	0.0000022
velocidad (m/s)	1.66
Número de Reynolds	1.12E+06

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon}{3.7 D} + \frac{2.51}{N_R \sqrt{\lambda}} \right)$$

$$H_r = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} = \lambda \frac{L}{D^5} \frac{8Q^2}{\pi^2 g}$$

f ≈ Coef.λ	λ propuesto	Termino 2º	λ de Termino 1	Dif (%)
Intento 0	0.01148615	9.34E+00	0.011470	0.14
Intento 1	0.01146977	9.34E+00	0.011471	0.01
Intento 2	0.01147125	9.34E+00	0.011471	0.00
Intento 3	0.01147112	9.34E+00	0.011471	0.00

VALVULA DE AIRE						
N°	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DIAMETRO	COTA (msnm)	PROG. (km)
1	VA-01	Und.	1	700 mm	4079.105	10+469.18
2	VA-02	Und.	1	700 mm	3955.518	11+025.75
3	VA-03	Und.	1	700 mm	4073.61	11+631.39

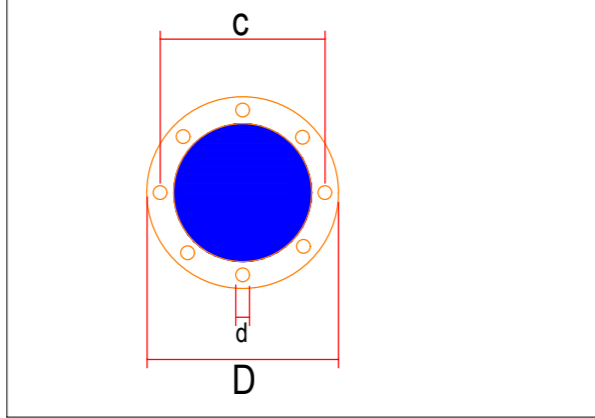
VALVULA DE PURGA						
N°	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	DIAMETRO	COTA (msnm)	PROG. (km)
1	VP-01	Und.	1	700 mm	3883.604	11+231.97
2	VP-02	Und.	1	700 mm	3883.604	11+231.97

PASE AERO						
N°	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	LONGITUD	COTA (msnm)	PROG. (km)
1	PA-01	Und.	1	50.00 m	3883.604	11+231.97

ANCLAJES			
N°	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	DA	Und	68

DETALLES DE BRIDAS					
DN	DIAMETRO "D"	"C"	NUMERO DE HUECOS	DIAMETRO DE AGUJERO "d"	DIAM. PERNO
700mm-PN10	890 mm	840 mm	24	31	27
700mm-PN16	910 mm	840 mm	24	37	33
700mm-PN25	960 mm	875 mm	24	43	39

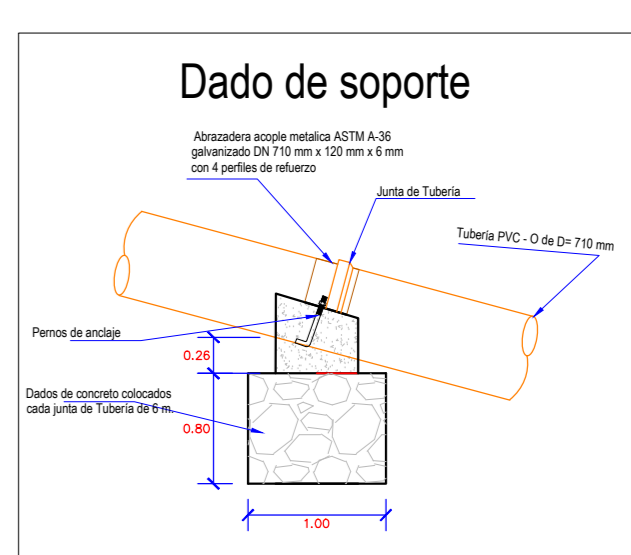
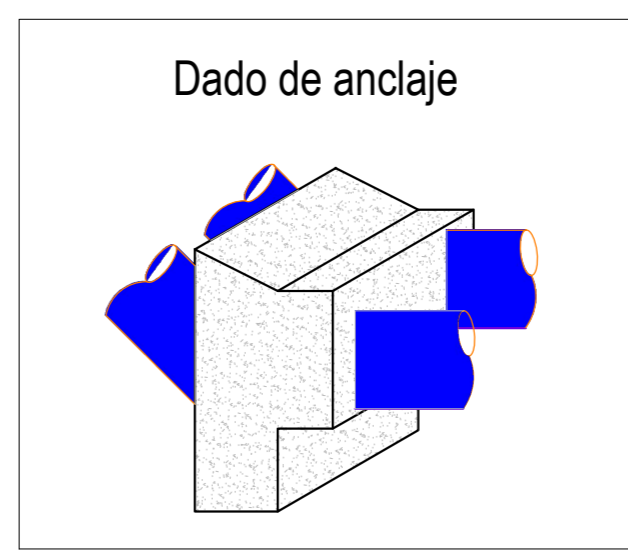
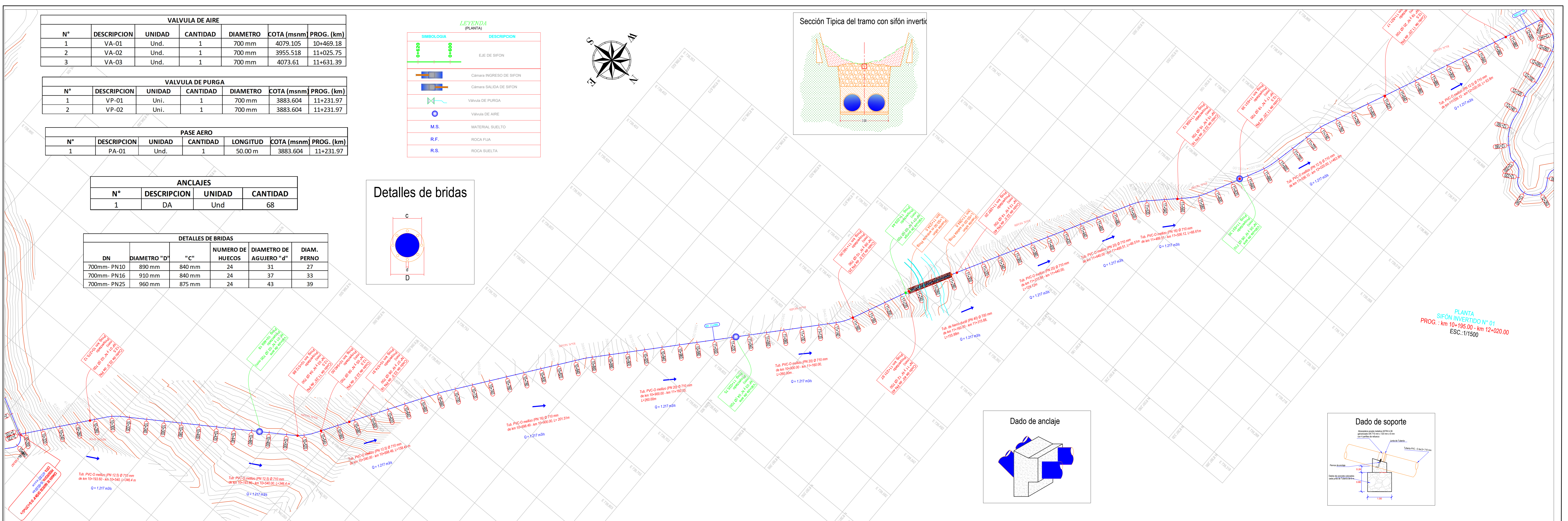
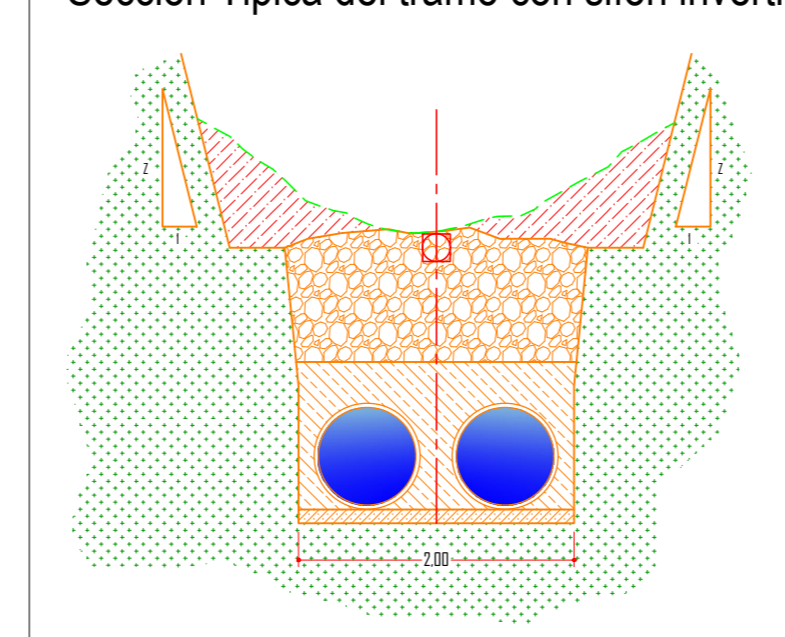
Detalles de bridas



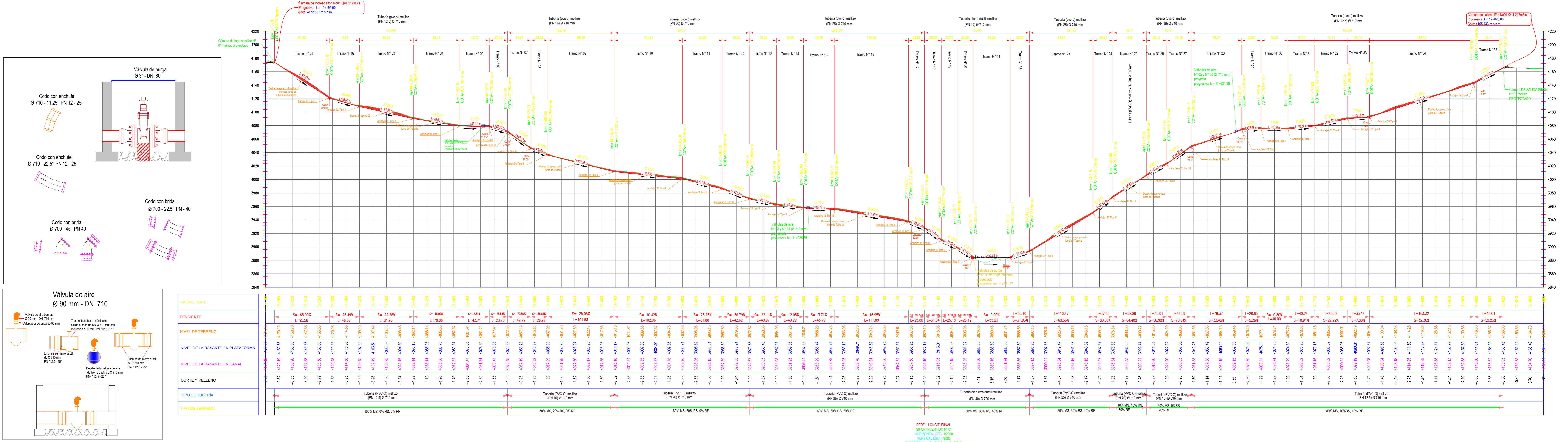
LEYENDA (PLANTA)	
SIMBOLOGIA	DESCRIPCION
	EJE DE SIFON
	Cámara INGRESO DE SIFON
	Cámara SALIDA DE SIFON
	Valvula DE PURGA
	Valvula DE AIRE
	MATERIAL SUELO
	ROCA FIJA
	ROCA SUELTA

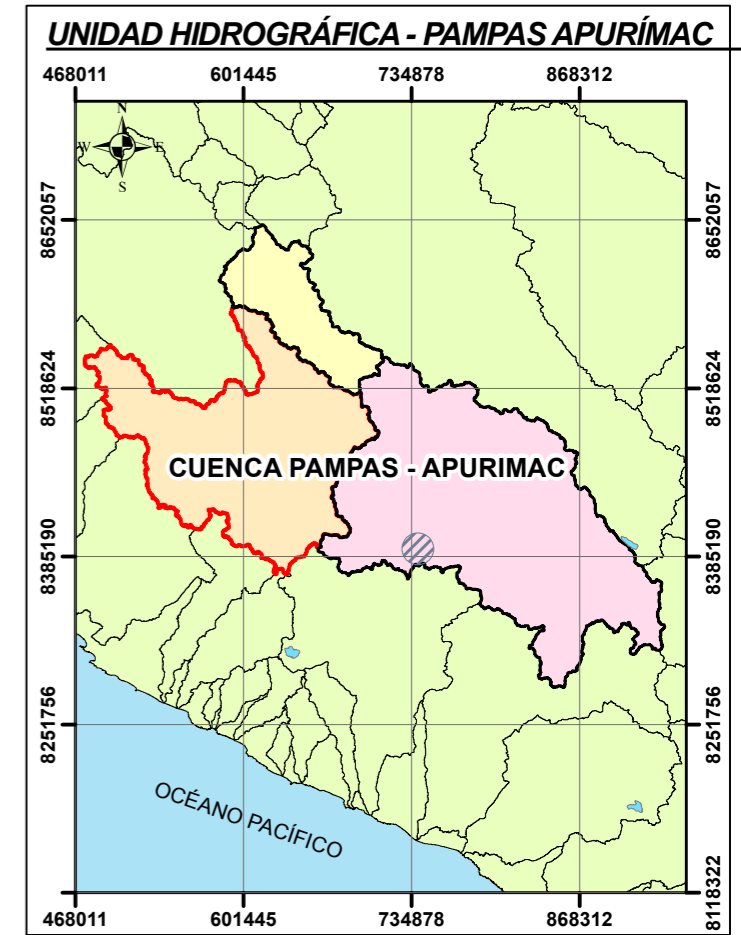
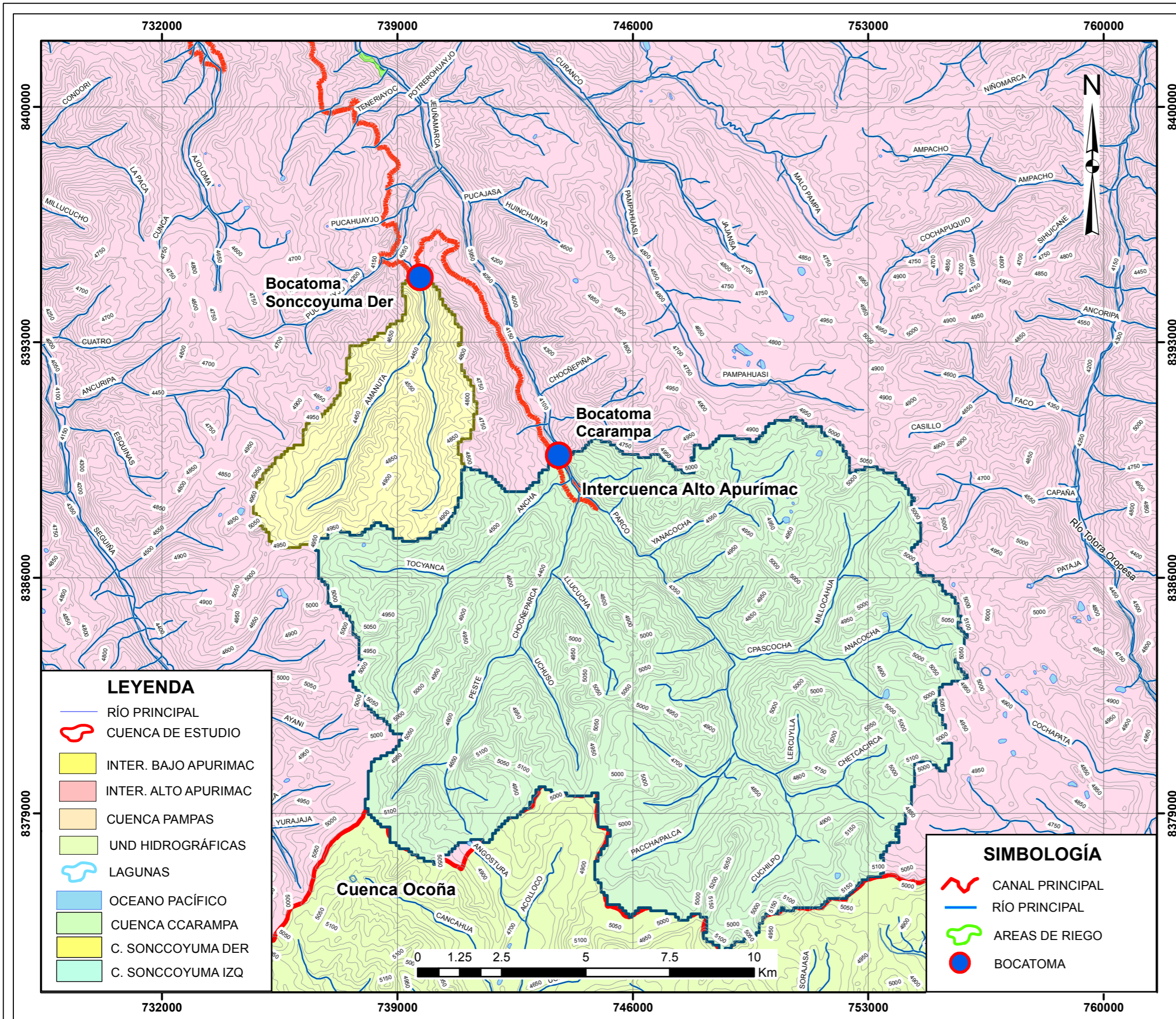


Sección Típica del tramo con sifón invertido



PLANTA SIFÓN INVERTIDO N° 01
PROG. : km 10+195.00 - km 12+020.00
ESC.: 1:1500





PROYECTO DE TESIS:
"DISEÑO HIDRAULICO DE SIFON INVERTIDO DEL CRUCE
CANAL DE RIEGO QUEBRADA SONCCOYUMA, DE
DISTRITOS ANTABAMBA, PROVINCIA, PROVINCIA
ANTABAMBA - DEPARTAMENTO DE APURIMAC"

UBICACION:
REGION: Apurímac
PROV. : Antabamba
DIST. : Antabamba

Asesor:
Msc. Ing. Castillo Chávez, Juan H.
Elaborado por:
- Torre Pérez, Wlber Cayo
- Vega Quispe, John Jony

Escala: 1 / 120 000

Fuente: Varias

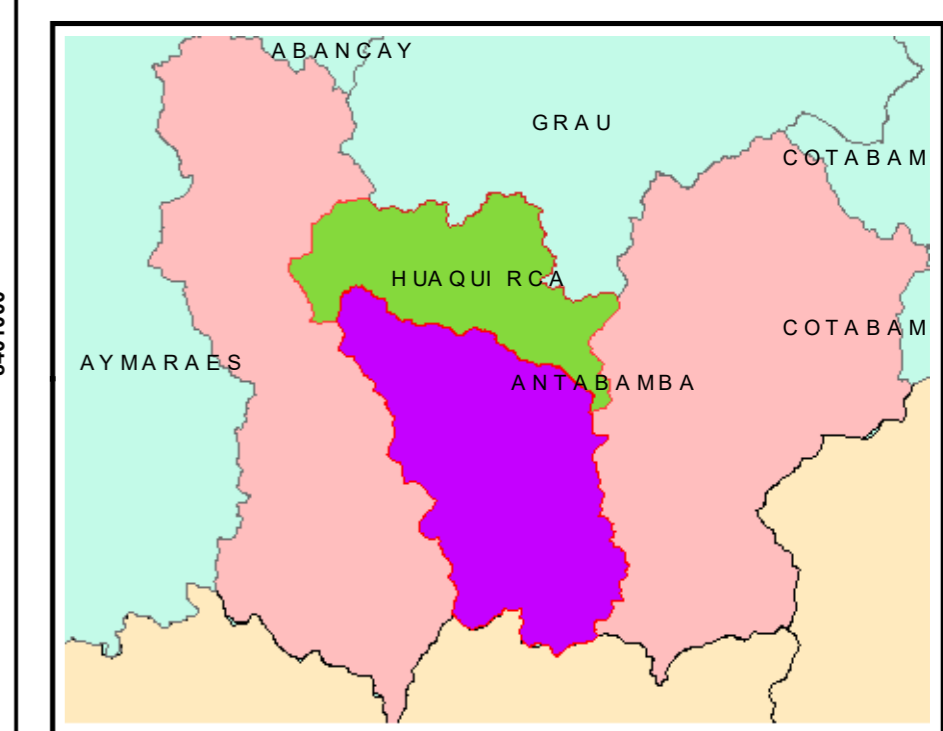
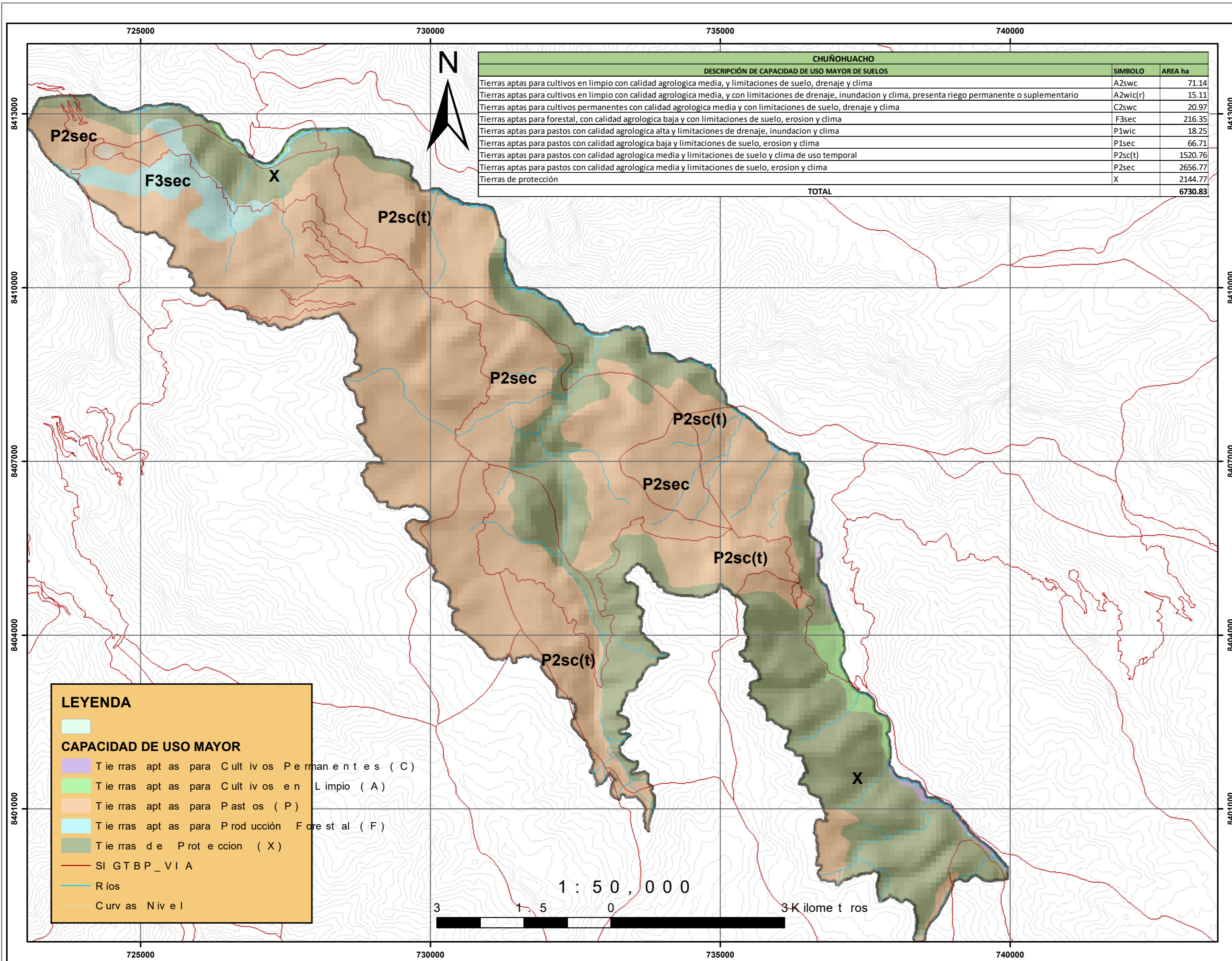
Datum: WGS 1984

Proyección Geográfica: UTM

Zona: 18 Hemisferio Sur

MAPA DE CUENCAS
HIDROGRÁFICAS
DETALLES

MAPA:
01



LEYENDA

CAPACIDAD DE USO MAYOR

- Tierras aptas para Cultivos Permanentes (C)
- Tierras aptas para Cultivos en Limpio (A)
- Tierras aptas para Pastos (P)
- Tierras aptas para Producción Forestal (F)
- Tierras de Protección (X)
- SIGTBP_VIA
- Ríos
- Curvas Nivel



PROYECTO DE TESIS:
 "DISEÑO HIDRAULICO DE SIFON INVERTIDO DEL CRUCE CANAL DE RIEGO QUEBRADA SONCCOYUMA, DE DISTRITOS ANTABAMBA, PROVINCIA ANTABAMBA - DEPARTAMENTO DE APURIMAC"

UBICACION:
 REGION : APURIMAC
 PROVINCIA : ANTABAMBA
 DISTRITO : ANTABAMBA

ESCALA:
 INDICADA

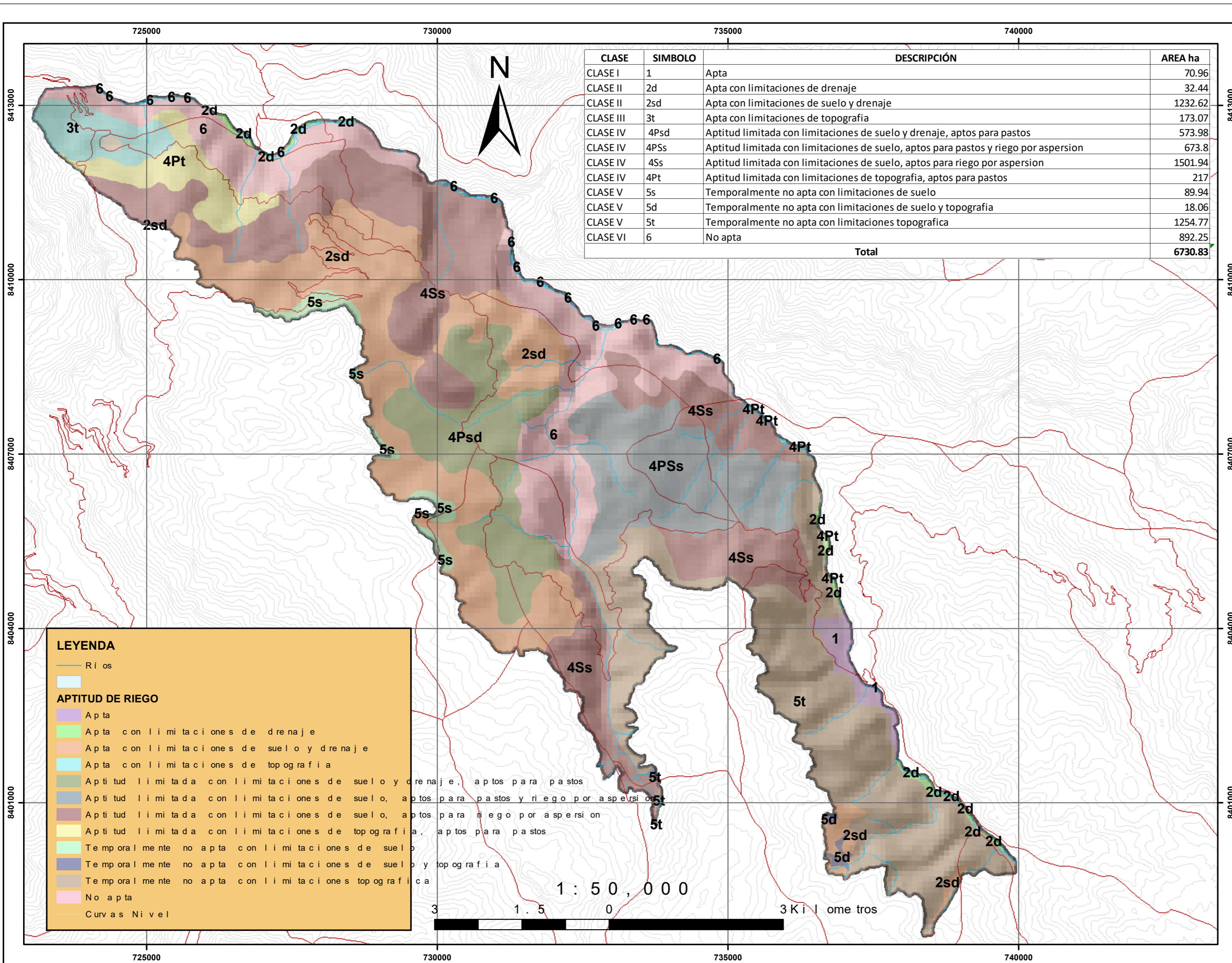
ASESOR:
 Msc.Ing. Castillo Chávez, Juan Humberto.

ELABORADO POR:
 - Torre Pérez, Wilver Cayo.
 - Vega Quispe, John Jony.

DATUM - WGS -1984
 PROYECCIÓN GEOGRÁFICA - UTM
 ZONA -18 S

MAPA
CAPACIDAD DE USO MAYOR

MAPA
02



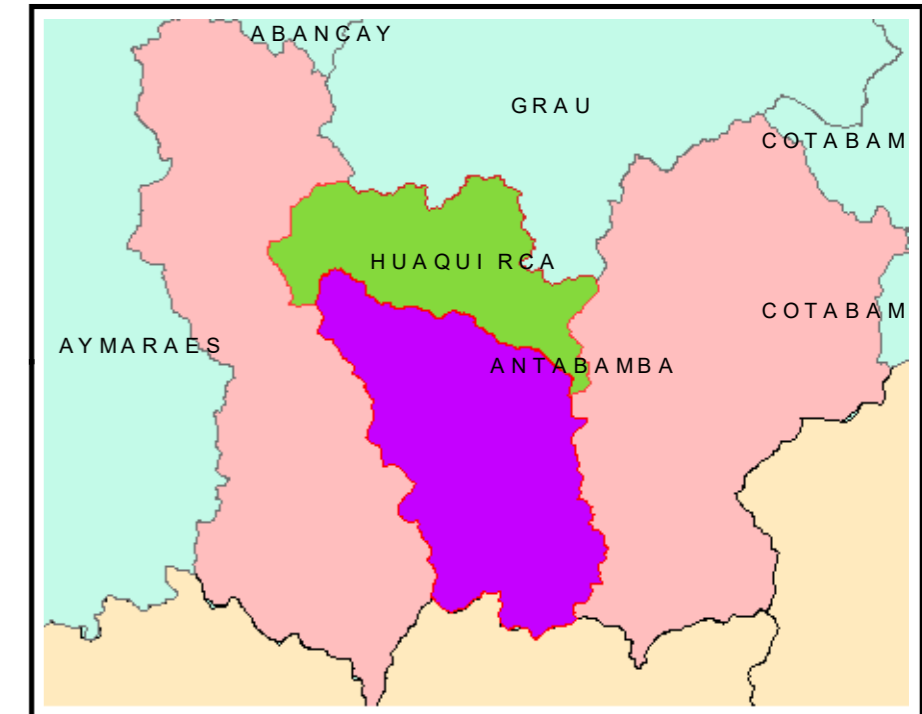
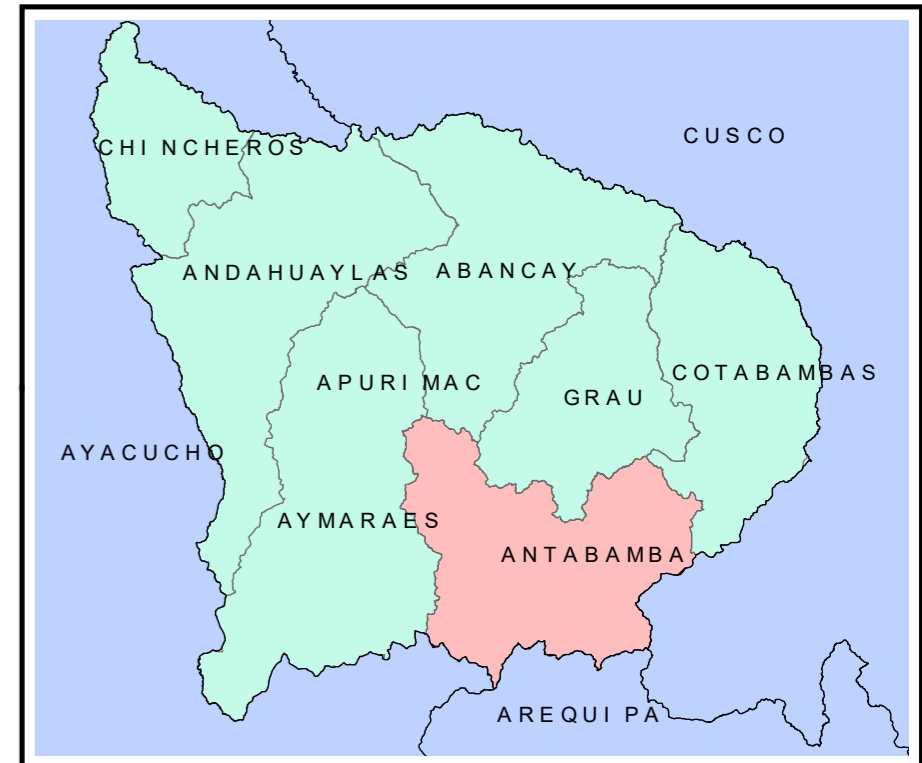
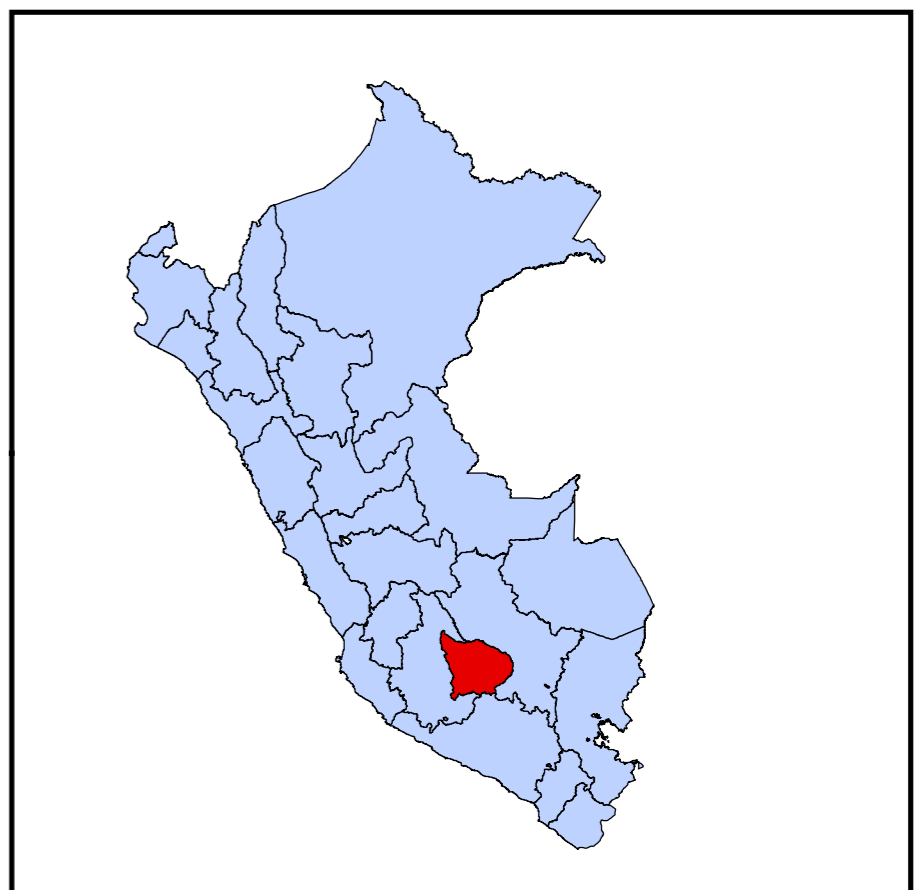
CLASE	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN	AREA ha
CLASE I	1	Apta	70.96
CLASE II	2d	Apta con limitaciones de drenaje	32.44
CLASE II	2sd	Apta con limitaciones de suelo y drenaje	1232.62
CLASE III	3t	Apta con limitaciones de topografía	173.07
CLASE IV	4Psd	Aptitud limitada con limitaciones de suelo y drenaje, aptos para pastos	573.98
CLASE IV	4PSs	Aptitud limitada con limitaciones de suelo, aptos para pastos y riego por aspersión	673.8
CLASE IV	4Ss	Aptitud limitada con limitaciones de suelo, aptos para riego por aspersión	1501.94
CLASE IV	4Pt	Aptitud limitada con limitaciones de topografía, aptos para pastos	217
CLASE V	5s	Temporalmente no apta con limitaciones de suelo	89.94
CLASE V	5d	Temporalmente no apta con limitaciones de suelo y topografía	18.06
CLASE V	5t	Temporalmente no apta con limitaciones topografica	1254.77
CLASE VI	6	No apta	892.25
Total			6730.83

LEYENDA

Ríos

APTITUD DE RIEGO

- Apta
- Apta con limitaciones de drenaje
- Apta con limitaciones de suelo y drenaje
- Apta con limitaciones de topografía
- Aptitud limitada con limitaciones de suelo y drenaje, aptos para pastos
- Aptitud limitada con limitaciones de suelo, aptos para pastos y riego por aspersión
- Aptitud limitada con limitaciones de suelo, aptos para riego por aspersión
- Aptitud limitada con limitaciones de topografía, aptos para pastos
- Temporalmente no apta con limitaciones de suelo
- Temporalmente no apta con limitaciones de suelo y topografía
- Temporalmente no apta con limitaciones topografica
- No apta
- Curvas Nivel



PROYECTO DE TESIS:
 "DISEÑO HIDRAULICO DE SIFON INVERTIDO DEL CRUCE CANAL DE RIEGO QUEBRADA SONCCOYUMA, DE DISTRITOS ANTABAMBA, PROVINCIA ANTABAMBA - DEPARTAMENTO DE APURIMAC"

UBICACION:
 REGION : APURIMAC
 PROVINCIA : ANTABAMBA
 DISTRITO : ANTABAMBA

ESCALA:
 INDICADA

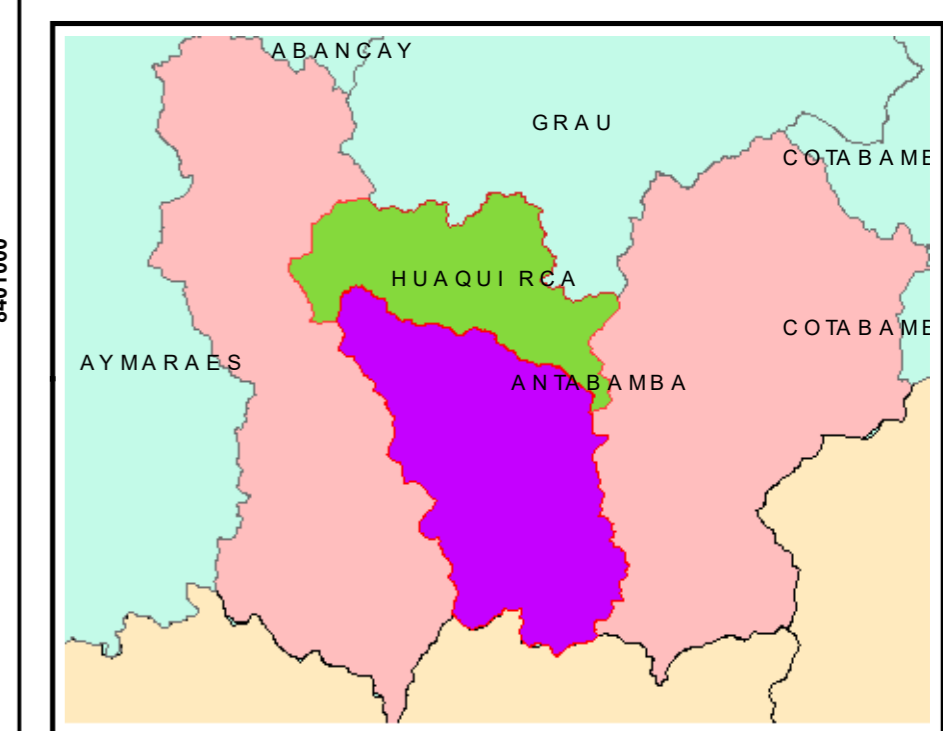
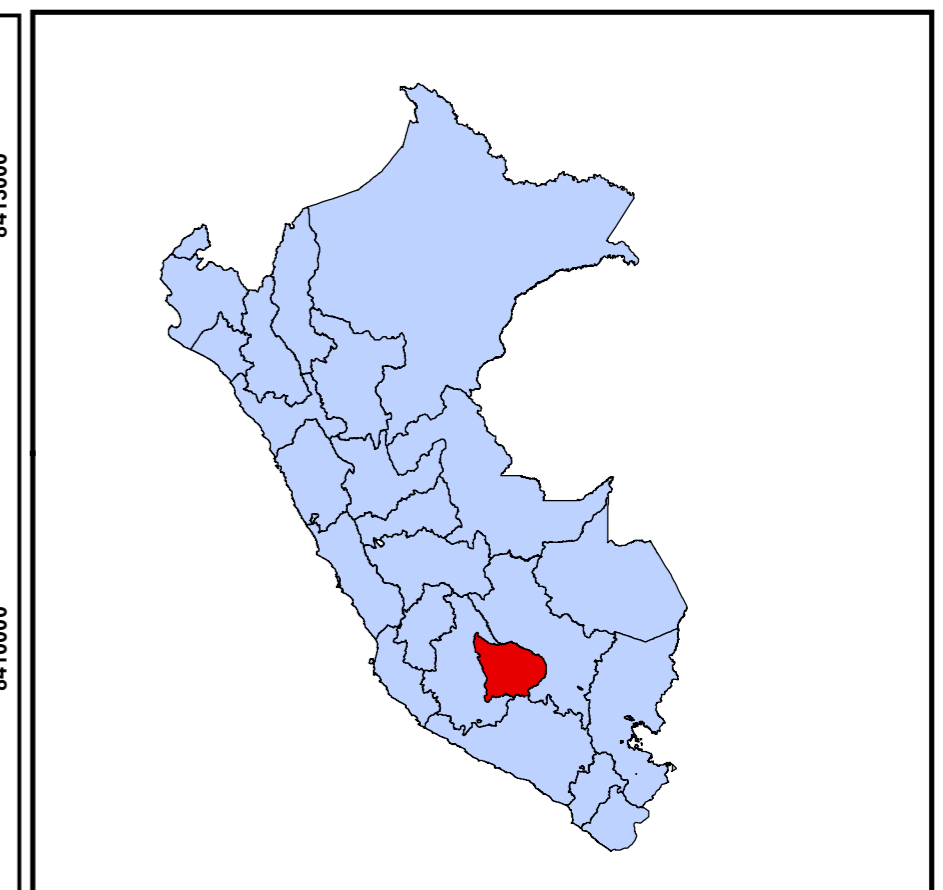
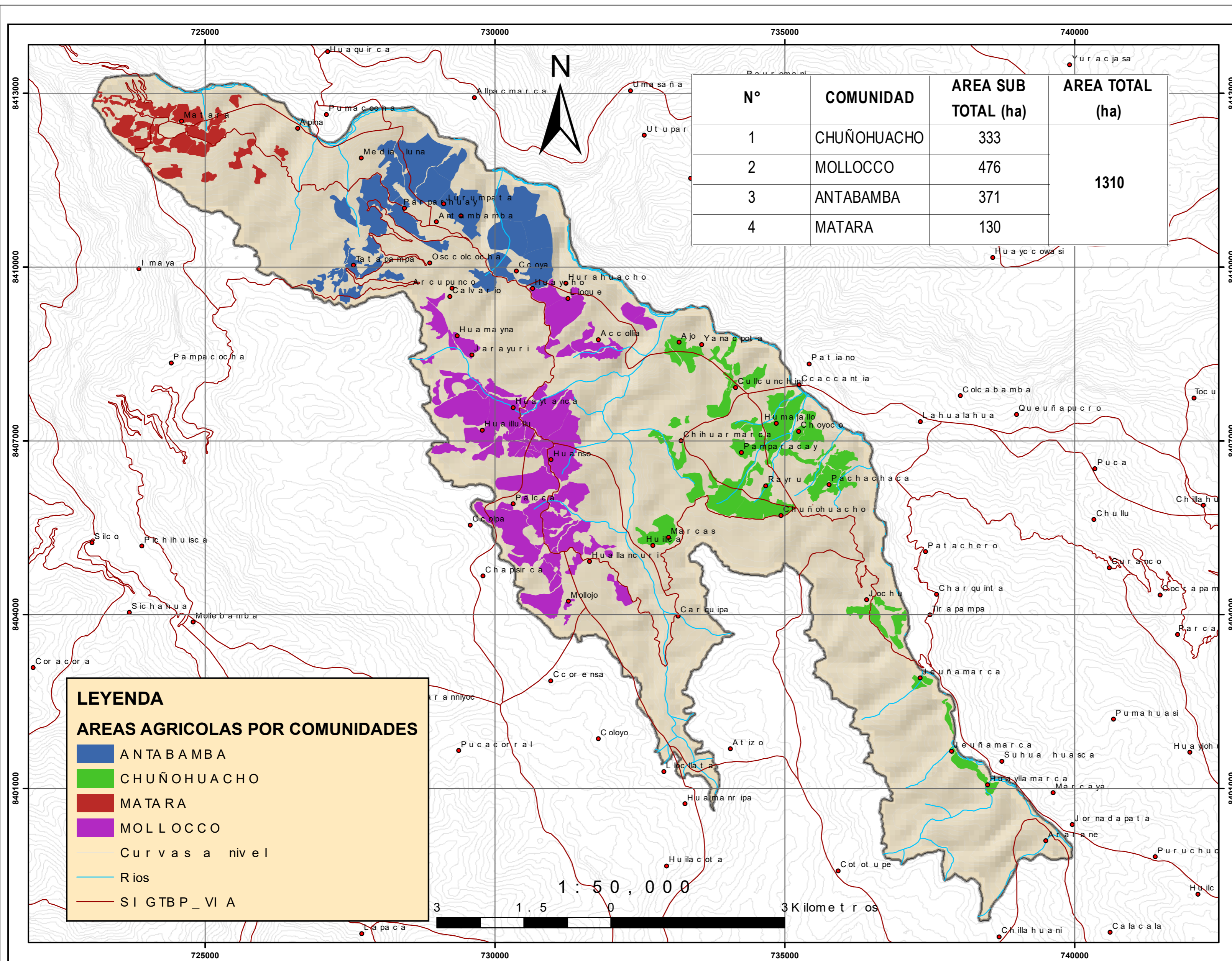
ASESOR:
 Msc. Ing. Castillo Chávez, Juan Humberto.

ELABORADO POR:
 - Torre Pérez, Wilver Cayo.
 - Vega Quispe, John Jony.

DATUM - WGS -1984
 PROYECCIÓN GEOGRÁFICA - UTM
 ZONA -18 S

MAPA
APTITUD DE RIEGO

MAPA
03



PROYECTO DE TESIS:
 "DISEÑO HIDRAULICO DE SIFON INVERTIDO DEL CRUCE CANAL DE RIEGO QUEBRADA SONCCOYUMA, DE DISTRITOS ANTABAMBA, PROVINCIA DE ANTABAMBA - DEPARTAMENTO DE APURIMAC"

UBICACION:
 REGION : APURIMAC
 PROVINCIA : ANTABAMBA
 DISTRITO : ANTABAMBA

ESCALA:
 INDICADA

ASESOR:
 Msc. Ing. Castillo Chávez, Juan Humberto.

ELABORADO POR:
 - Torre Pérez, Wilver Cayo.
 - Vega Quispe, John Jony.

DATUM - WGS -1984
 PROYECCIÓN GEOGRÁFICA - UTM
 ZONA -18 S

MAPA
 ÁREAS AGRÍCOLAS

MAPA
 04