



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Comportamiento hidráulico de flujos en sifón invertido de la línea de
conducción según diámetros de tuberías, Central Hidroeléctrica San
Gabán Puno, 2022

AUTOR:

Calcina Lujan, Sephora Keyla Keren (orcid.org/0000-0002-5062-2268)

ASESOR:

Mg. Muñiz Paucarmayta, Marco Herber (orcid.org/0000-0002-5818-6097)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Obras Hidráulicas y Saneamiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVESITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A mis queridos padres Félix y Vilma por todo el amor y apoyo que me brindaron, porque me impulsaron a ser una mejor hija, persona y profesional.

A mi adorado abuelo Víctor que sé que desde el cielo aún guía mi camino.

Agradecimiento

A Dios por cada día, cada oportunidad, por ser mi guía y al que le debo todas las alegrías de mi vida.

A mi familia, amigos, ingenieros, y mi asesor que fueron de gran apoyo para encaminar este proyecto y por el conocimiento que me brindaron, además de ello a la Empresa de Generación Eléctrica San Gabán por el apoyo brindado para el desarrollo del proyecto.

Índice de Contenidos

	Pág.
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de tablas.....	vi
Índice de figuras	viii
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA.....	18
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	18
3.2. Variables y operacionalización:	19
3.3. Población, muestra y muestreo	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:.....	21
3.5. Procedimientos	23
3.5.1. Estudios previos.....	23
3.6. Método de análisis de datos	41
3.6.1. Determinación de la capacidad hidráulica en el sifón invertido de la línea de conducción con la tubería planteada en el expediente técnico considerando el diámetro comercial, el cual es de DN 630 mm y 800 mm, sin cambiar la elevación de la captación.	43
3.6.2. Determinación de la capacidad hidráulica de la tubería planteada en el expediente técnico, el cual es de DN 630 mm, cambiando la elevación de la captación, hasta lograr la carga hidráulica requerida en el sifón invertido de la línea de conducción.....	47
3.6.3. Conservación de la capacidad hidráulica con un nuevo diámetro de tubería del sifón invertido de la línea de conducción, sin cambiar la elevación de la captación.	49

3.6.4.	Estudio del comportamiento hidráulico de flujo del sifón invertido según los diámetros tuberías HDPE, PVC y Hierro Dúctil en la línea de conducción de la central hidroeléctrica san gaban	50
3.7.	Aspectos éticos	51
IV.	RESULTADOS	52
4.1.	Descripción de la zona de estudio.....	52
4.2.	Resultados	54
4.2.1.	Determinación de la capacidad hidráulica en el sifón invertido de la línea de conducción con la tubería planteada en el expediente técnico considerando el diámetro comercial, el cual es de DN 630 mm y 800 mm, sin cambiar la elevación de la captación.	54
4.2.2.	Determinación de la capacidad hidráulica de la tubería planteada en el expediente técnico, el cual es de DN 630 mm, cambiando la elevación de la captación, hasta lograr la carga hidráulica requerida en el sifón invertido de la línea de conducción.....	55
4.2.3.	Mantenimiento de la capacidad hidráulica con un nuevo diámetro de tubería del sifón invertido de la línea de conducción, sin cambiar la elevación de la captación.	56
4.2.4.	Estudio del comportamiento hidráulico de flujo del sifón invertido según los diámetros de tuberías HDPE, PVC y Hierro Dúctil en la línea de conducción de la central hidroeléctrica San Gabán.	57
V.	DISCUSIÓN	58
VI.	CONCLUSIONES	62
VII.	RECOMENDACIONES.....	64
	REFERENCIAS:	65
	ANEXOS	69

Índice de tablas

Tabla 1.	Tubos HDPE bajo la norma ISO 4427, PE100	12
Tabla 2.	Tubos PVC-O bajo la norma ISO 16422	13
Tabla 3.	Tubos hierro dúctil bajo la norma (ISO 2531, 2009).....	13
Tabla 4.	Coefficiente de fricción “C” Hazen y Williams	16
Tabla 5.	k_c para codos en tuberías.....	16
Tabla 6.	Rangos de validez y confiabilidad	22
Tabla 7.	Dictamen de juicio de expertos.....	22
Tabla 8.	Flujograma del desarrollo del proyecto de investigación	23
Tabla 9.	Análisis de discontinuidades	24
Tabla 10.	Validación del RMR	25
Tabla 11.	Parámetros de resistencia y capacidad admisible del macizo rocoso .	25
Tabla 12.	FS recomendados	29
Tabla 13.	Constante en función al diámetro.	31
Tabla 14.	Cálculo de datos de anclaje en codos del sifón invertido.	39
Tabla 15.	Elección del tipo de tubería HDPE	41
Tabla 16.	Diámetros comerciales de tubería HDPE.....	42
Tabla 17.	Diámetros comerciales de tubería PVC-O	42
Tabla 18.	Diámetros comerciales de tubería Hierro Dúctil	42
Tabla 19.	Datos para diseño de tubería HDPE DN 630mm	43
Tabla 20.	Cambios de dirección en la longitud del sifón.....	45
Tabla 21.	Cálculos tubería HDPE800mm manteniendo la elevación de la captación 46	
Tabla 22.	Cálculos tubería PVC-O (630 y 800mm) y Hierro Dúctil (600 y 800mm) 47	
Tabla 23.	Cálculos con cambio de elevación en la captación	48
Tabla 24.	Cálculos para tubería de DN 710 y 700 mm.....	49

Tabla 25.	Cuadro resumen de resultados de tuberías de DN 630mm y 600mm .54
Tabla 26.	Cuadro resumen de resultados de tubería de DN 800mm.....55
Tabla 27.	Cuadro resumen de cálculos con cambio de elevación de la captación 55
Tabla 28.	Cuadro resumen de cálculos de tubería de DN 710mm y 700mm.....56
Tabla 29.	Número de Reynolds57

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i>	Semi túnel - tramo 1 y 3	2
<i>Figura 2.</i>	Túnel - tramo 2.....	2
<i>Figura 3.</i>	tubería HDPE	11
<i>Figura 4.</i>	Tubería PVC-O	12
<i>Figura 5.</i>	Tubería de hierro fundido dúctil	12
<i>Figura 6.</i>	“K _e ” por tipo de entrada	17
<i>Figura 7.</i>	Introducción de datos en el software.....	26
<i>Figura 8.</i>	Factor de seguridad del talud.....	27
<i>Figura 9.</i>	Causas de desestabilización.....	28
<i>Figura 10.</i>	Esquema del desarenador	33
<i>Figura 11.</i>	Tirante en el canal de ingreso al sifón invertido.	34
<i>Figura 12.</i>	Transición de ingreso al sifón	35
<i>Figura 13.</i>	Tirante en la tubería de la línea de conducción	36
<i>Figura 14.</i>	Transición de salida.....	36
<i>Figura 15.</i>	Cálculo del tirante en la transición de salida.....	37
<i>Figura 16.</i>	Sumergencia en la transición de salida.....	38
<i>Figura 17.</i>	Dado de anclaje tipo I.....	40
<i>Figura 18.</i>	Dado de anclaje tipo II.....	40
<i>Figura 19.</i>	Dado de anclaje tipo III.....	40
<i>Figura 20.</i>	Cambio de elevación de la captación para HDPE y Hierro Dúctil	47
<i>Figura 21.</i>	Cambio de elevación de la captación para tubería PVC.....	48
<i>Figura 22.</i>	Mapa político del Perú.....	52
<i>Figura 23.</i>	Mapa de la provincia de Puno	52
<i>Figura 24.</i>	Mapa del distrito de San Gabán	52
<i>Figura 25.</i>	Mapa de la ubicación del sifón invertido	52
<i>Figura 26.</i>	Gráfico de pérdidas de carga por tipo de tubería DN 630 y 600mm	54

Figura 27. Gráfico de pérdidas de carga por tipo de tubería DN 710 y 700mm56

Resumen

Esta investigación tuvo el objetivo es conocer el comportamiento hidráulico del flujo del sifón invertido según los diámetros de tuberías HDPE, PVC y Hierro Dúctil en la línea de conducción de la central hidroeléctrica San Gabán. La metodología que se aplico es de enfoque cuantitativo de tipo aplicada, nivel explicativo y diseño no experimental.

Los resultados indican que el comportamiento hidráulico en el sifón invertido para tubería HDPE, PVC y Hierro Dúctil hallados bajo el No de Reynolds es 1071056, 1040633, 1039711 respectivamente (flujos turbulentos), el caudal de diseño es 0.55m³/s. En las tuberías HDPE, PVC (DN630mm), la tubería de Hierro Dúctil (DN600mm) se obtuvo diferencias de energía -0.74,-0.28,-0.75mca respectivamente, el caudal máximo que logra conducir estos sistemas son 0.41, 0.53, 0.45m³/s. En caso del DN 800mm, la velocidad del flujo es 1.28, 1.21, 1.15m/s respectivamente, El uso del DN710 mm de HDPE y PVC así mismo el DN 700mm de Hierro dúctil velocidades halladas son 1.629, 1.538, 1.504 m/s respectivamente, las diferencias de energía son positivas.

En conclusión, el comportamiento hidráulico en el sifón es de flujo turbulento, los DN de 630, 600, 800mm. no son recomendables para su uso en este sistema, el DN710mm y 700mm, son recomendables, además se debe considerar las estructuras de transición adicionales.

Palabras clave: sifón invertido, diámetros comerciales, comportamiento hidráulico.

Abstract

The objective of this research was to know the hydraulic behavior of the inverted siphon according to the diameters of HDPE, PVC and Ductile Iron pipes in the conduction line of the San Gaban hydroelectric plant. The methodology that was applied is of quantitative approach of applied type, explanatory level and non-experimental design.

The results indicate that the hydraulic behavior in the inverted siphon for HDPE, PVC and Ductile Iron pipes found under the Reynolds No is 1071056, 1040633, 1039711 respectively (turbulent flows). the design flow rate is 0.55m³/s. HDPE, PVC (DN630mm), Ductile Iron (DN600mm) pipes whose energy differences are -0.74,-0.28,-0.75mca respectively, the maximum flow that manages to drive these systems are 0.41, 0.53, 0.45m³/s. In the case of DN 800mm, the flow velocity is 1.28, 1.21, 1.15m/s respectively. The use of DN710mm of HDPE and PVC as well as DN 700mm of Ductile Iron found velocities are 1.629, 1.538, 1.504m/s respectively, the energy differences are positives.

In conclusion, the hydraulic behavior in the siphon is of turbulent flow, the DN of 630, 600, 800mm. are not recommended for use in this system, DN710mm and 700mm are recommended, additional transition structures should be considered.

Keywords: inverted siphon, commercial diameters, hydraulic behavior.

I. INTRODUCCIÓN

En el contexto internacional, (Ordoñez Palacios et al., 2020) afirmó que en los últimos años, en muchos lugares del mundo, debido a la contaminación se busca utilizar los recursos naturales cuidando el planeta, el agua como fuente de energía renovable es utilizada para generar energía en las centrales hidroeléctricas. (ONU, 2017) en su artículo de investigación menciona que la energía eléctrica debido a su consumo alto por el desarrollo de la tecnología, se incrementó a nivel mundial, por ello los países deben buscar la forma de generar energía para impulsar su economía. (Hernandez Torres, 2011) asevera que en la construcción de centrales hidroeléctricas se debe tomar en cuenta un aspecto importante, el cual es la topografía, debido a que en muchas ocasiones se encuentran obstáculos (roca fija, arboles, ojos de agua, etc.) que se deben destruir o evitar para no afectar la construcción de las diferentes estructuras.

En el ámbito nacional (Schmerler Vainteín et al., 2019) dice que la energía eléctrica generada por las centrales hidroeléctricas representa el 55% de la producción eléctrica nacional. Las centrales hidroeléctricas aprovechan el recurso hídrico de los cauces de los ríos desviándolo y conduciéndolo hasta un punto donde se pueda generar energía con la caída de agua. A cerca de la geomorfología (Fuentes Cavides, 2013) afirma que el suelo en el Perú es bastante accidentada y variada, lo cual hace que existan lugares específicos donde se puede construir centrales hidroeléctricas y generar de energía, pero, debido a la variedad de suelos y la conformación de ellos, se puede encontrar muchos vicios ocultos u obstáculos que no permiten realizar la construcción de uno o varios elementos estructurales de las centrales hidroeléctricas.

El distrito de San Gabán provincia de Carabaya, está ubicado en el sector nor-este del departamento de Puno, se puede encontrar que la morfología de la zona se caracteriza por las fuertes pendientes de las laderas, el área donde se plantea el presente proyecto se encuentra en el lado este de la cordillera de los andes, por lo tanto, se puede disponer del recurso hídrico que abastecerá a la central hidroeléctrica para la generación de energía.

En la actualidad la empresa de generación eléctrica San Gaban viene desarrollando el proyecto “Aprovechamiento de la quebrada Tupuri” una central hidroeléctrica de

2.226 MW aprovechando la caída hidráulica desde las captaciones de 2 quebradas hacia el embalse regulador de la Central Hidroeléctrica San Gabán II Puno.

El proyecto mencionado consta de las siguientes estructuras: 02 bocatomas, 02 captaciones, 02 desarenadores, 02 líneas de conducción, cámara de carga, tubería forzada, canal de aliviadero, casa de máquinas, sub estación y canal de descarga.

En cuanto a la línea de conducción en el expediente técnico del proyecto, contempla la conducción a presión atmosférica o flujo libre en todo su recorrido, el área de estudio consta de los diámetros y materiales siguientes:

- Desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 0+100 la tubería es de DN 800, material HDPE, ubicada en un semi túnel, estando la tubería expuesta, con un pendiente de 0.001 m/m. (tramo 1)
- Desde la progresiva 0+100 a la 0+170 la tubería es de DN 600, material RIB LOC, con una pendiente de 0.005 m/m, ubicada en un túnel (tramo 2).
- De la progresiva 0+170 a la 0+220 la tubería es de DN 600 mm, material HDPE, con una pendiente de 0.005 m/m, ubicada en un semi túnel (tramo 3)

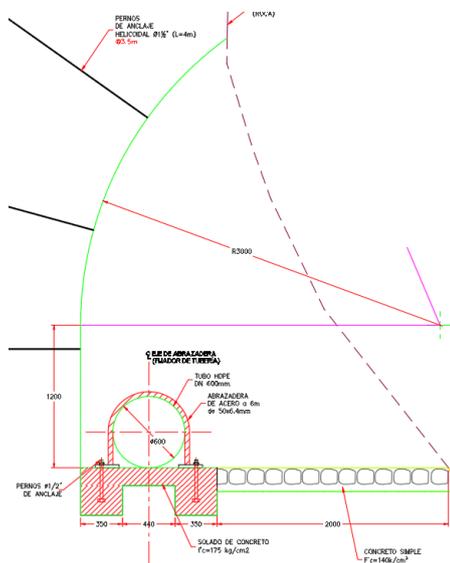


Figura 1. Semi túnel - tramo 1 y 3

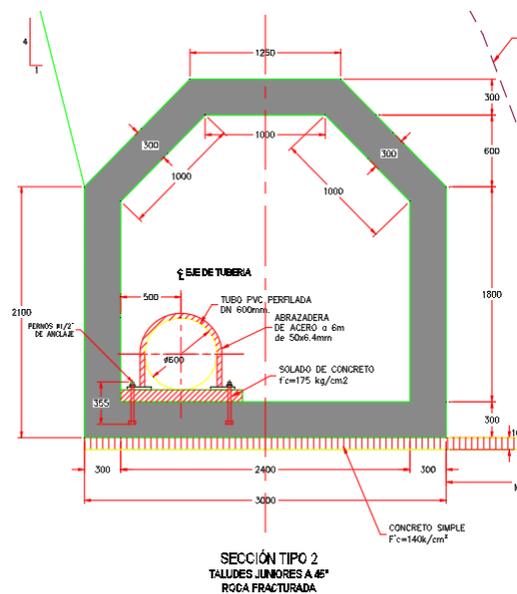


Figura 2. Túnel - tramo 2

En plena ejecución del proyecto se presentaron problemas geotécnicos y topográficos para la construcción de la línea de conducción desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 0+220.

Las condiciones geológicas y geotécnicas evaluadas por especialistas indican que el afloramiento rocoso de la zona presenta fracturas con disposición espacial desfavorables para la construcción del semi túnel.

Dicho esto, se tiene la necesidad de realizar un cambio en la línea de conducción por razones geotécnicas, desde la progresiva 0+000 a la progresiva 0+220.

La conducción de agua se verá perjudicada ya que no se puede construir sobre el terreno rocoso e inestable, Si no se logra concretar esta obra será un perjuicio para el estado peruano ya que destinó un presupuesto para la ejecución de la obra, además de ello, esta central hidroeléctrica se constituye como una fuente importante de energía para el departamento de Puno.

Se tiene la necesidad de plantear una nueva forma de conducción de agua acorde a la topografía del lugar, se plantea como alternativa de solución para continuar con la conducción del recurso hídrico la construcción de un sifón invertido, para ello se evalúa tres tipos de tubería, sin embargo para la utilización de este se hace la siguiente pregunta ¿Cómo es el comportamiento hidráulico del flujo del sifón invertido según los diámetros de tuberías HDPE, PVC y Hierro Dúctil en la línea de conducción de la central hidroeléctrica san gaban? adicionalmente a ello nos hacemos las siguientes preguntas ¿Cómo afecta mantener las tuberías planteadas en el expediente técnico, considerando el diámetro comercial los cuales son de DN 630 mm y 800, manteniendo la elevación de la captación a la capacidad hidráulica en el sifón invertido de la línea de conducción? ¿Se deberá cambiar la elevación de la captación para lograr la carga hidráulica requerida en el sifón invertido de la línea de conducción, manteniendo la tubería planteada en el expediente técnico, considerando el diámetro comercial el cual es de DN630 mm? ¿Calculando un nuevo diámetro de tubería puedo mantener la capacidad hidráulica en el sifón invertido de la línea de conducción sin cambiar la elevación de la captación?

Justificación teórica, en el desarrollo de este proyecto se pretende conocer el comportamiento hidráulico del flujo del sifón invertido con tuberías HDPE, PVC Y Hierro Dúctil, adicionalmente a ello, se evaluará la dimensión y elevación de la estructura para que el funcionamiento de este sifón invertido no afecte el caudal calculado que debe llevar la línea de conducción a la cámara de carga el cual es de 550 lt/s. en cuanto a la justificación metodológica esta investigación es de

carácter cuantitativo es por ello que para poder realizar los cálculos se necesita recolección de datos topográficos del lugar, se analizará los datos obtenidos, y se elaboraran hojas de cálculo para la demostración del comportamiento hidráulico de flujo del sifón invertido, estos datos evidenciaran a las hipótesis que se tienen, aseverando si son verdaderas o falsas, cabe indicar que el diseño del sifón invertido deberá asegurar que el caudal calculado en la línea de conducción de la central hidroeléctrica siga siendo el mismo. Por otro lado, en cuanto a la Justificación social, la región Puno necesita producir energía mediante la construcción de centrales hidroeléctricas para llegar a todos los lugares donde se encuentran sus pobladores, los beneficiarios directos son los habitantes del departamento de Puno y en general del Perú, la energía generada ingresa al sistema eléctrico interconectado nacional (SEIN) para poder ser distribuido.

Con esta investigación se tiene por objeto conocer el comportamiento hidráulico de flujo del sifón invertido según los diámetros de tres tipos de tuberías en la línea de conducción de la central hidroeléctrica San Gában y evaluar tres posibles escenarios, que se describen a continuación:

- Determinar la capacidad hidráulica de la tubería planteada en el expediente técnico, con diámetro comercial el cual es de DN 630 mm y 800mm, sin cambiar la elevación de la captación.
- Determinar la capacidad hidráulica de la tubería planteada en el expediente técnico, con diámetro comercial el cual es de DN 630 mm, cambiando la elevación de la captación, hasta lograr la carga hidráulica requerida.
- Determinar la capacidad hidráulica con un nuevo diámetro sin cambiar la elevación de la captación.

Se debe tomar en cuenta que el caudal que se entregue a la línea de conducción debe ser 550 lt/s.

Se tiene como hipótesis que los diámetros de las tuberías HDPE, PVC y Hierro Dúctil del sifón invertido en la línea de conducción de la central hidroeléctrica san gaban altera el comportamiento hidráulico del flujo en el sistema, en cuanto a las hipótesis específicas, se cree que conservando la elevación de la captación y la tubería comercial de DN 630mm planteada en el expediente técnico no proporcionará el caudal requerido en el punto de llegada del sifón invertido de la

línea de conducción, sin embargo, la tubería de DN 800 si logra asegurar el transporte del agua al punto de llegada, manteniendo la dimensión de la tubería DN 630mm según expediente técnico como diámetro comercial se deberá elevar la cota de la captación para lograr el caudal requerido en el punto de llegada del sifón invertido de la línea de conducción, la dimensión de la tubería calculada del sifón invertido de la línea de conducción proporcionará el caudal requerido manteniendo las cotas de la captación según el expediente técnico.

II. MARCO TEÓRICO

En cuanto a las investigaciones internacionales, (Ramírez Aguilar, 2015) en su investigación tuvo como objetivo analizar las propiedades y características de las tuberías de PVC, PE100 Y PE100-RC (Tipo 2) en las redes de agua potable y determinó si el uso de este recurso es una alternativa eficaz que pueda ser utilizado en los proyectos a futuro en Ecuador. La metodología, es de enfoque cuantitativo, es una investigación aplicada de carácter descriptivo dado que analizará a 3 tipos de tubería y determinara las diferencias de cada una de ellas, esta investigación dio como resultado en la prueba de impacto por baliza que la tubería de PE100 y PE100-RC tiene mayor resistencia a la tubería de PVC, en cuanto al ensayo a presión hidrostática se obtuvo que la tubería de PVC tiene mayor resistencia sin embargo la mayoría de fallas se encuentra en las uniones y que las tuberías de polietileno de alta densidad tiene una fallas de tipo dúctil, cuando se analizó las deflexiones mediante el programa computarizado se determinó que estas son parecidas, la deformación del HDPE es menor que en la tubería de PVC. En conclusión: se pudo observar que entre la tubería PE100 y PE100-rc la resistencia de esta última a las grietas e impactos es mayor, tiene una vida útil de 100 años y su funcionamiento puede ser a zanja abierta, la tubería de PE100 tiene menor pérdida de carga que la de tipo PE100-RC con una diferencia de más de 1.05%.

En España (Pérez Marrero, 2011), realizó un análisis del sifón de arquillos, basándose en los documentos existentes de trabajos, en el pasado analizaron el caudal y determinaron datos técnicos de los restos materiales y a partir de ello se propuso plantear una propuesta actual considerando la planimetría y altimetría del lugar, la longitud, la pérdida de carga y posibles cambios de dirección la metodología para desarrollar el trabajo fue de diseño descriptivo de tipo aplicada, se recopiló información y clasifíco los datos de campo e información complementaria. El análisis de los datos dio como resultado que el sistema tiene una gradiente hidráulica de 2.85 m/km y una pérdida de carga de 10m, es por ello que para la conducción de 7885m³/día se analizó 2 secciones en el sistema, y los cálculos determinaron que se necesitarán de 2 a 3 tuberías dependiendo de las condiciones de operación, estos dependerán de las rugosidades de cada tubería.

En Ecuador (Enriquez Erazo & Gudiño Gordillo, 2018) realizó un proyecto de investigación cuyo objetivo fue rediseñar el sistema de riego debido a que el sistema existente es insuficiente para cubrir todos los sectores agrícolas de la localidad, la metodología que utilizaron es de tipo aplicada y tiene un nivel explicativo no experimental. Se obtuvo como resultados que en el sifón invertido de 345m de longitud con una tubería de diámetro 0.16m se obtiene una sumatoria de pérdidas de 1.73m para un caudal de 40.16l/s, para una tubería de impulsión de diámetro 200mm la pérdida de carga es de 14.1m en 519.11m de longitud de tubería para un caudal de 40.16l/s y llegó a la conclusión que el diseño del sifón invertido se hizo evitando en lo posible las pérdidas de carga para llegar a una cota en la que pueda considerarse un desnivel menor, al tener una topografía con pendientes muy pronunciadas se tuvo que llevar al límite ciertas condiciones hidráulicas como presión y velocidad, siempre teniendo presentes las recomendaciones de las normas.

Así mismo en Ecuador (Changoluisa Analuisa, 2014) en su proyecto de investigación se planteó estudiar sobre los movimientos de los fluidos, tanto laminar como turbulento en tuberías de diferentes diámetros la metodología es de tipo aplicada, nivel explicativo, experimental. Se obtuvo como resultados en los ensayos que para un caudal máximo 0.020 l/seg se observa el flujo laminar y cambiando a flujos turbulentos con caudales mayores de hasta 0.25 l/seg en el conducto de diámetro 12.7mm. La relación entre pérdidas de carga Vs. Caudales, se observa que, al incremento de carga, mayor será el caudal de salida, existiendo una proporcionalidad entre estos parámetros. Se concluye que de los resultados de las prácticas se observó que, al aumentar la carga del agua en el contenedor principal, de igual manera aumenta la velocidad con la que fluye en líquido.

En el ámbito nacional (Pinto Huamantica, 2020) se propuso como objetivo analizar el comportamiento hidráulico del recurso hídrico en las tuberías conductoras del fluido en la línea de conducción frente a una morfología del suelo agreste ubicada en Circa Apurímac. En cuanto a la metodología es de tipo aplicada nivel explicativo no experimental. El resultado muestra claramente que la presión hidráulica en la conducción en tubería de PVC es de 34700, HDPE (35456) y de F°G° (36584), en función al número de Reynolds en el sistema se tiene que son flujos turbulentos. En cuanto a la presión, esta varía entre 20 – 184 m.c.a. y las velocidades son

variables de 0.51-0.81 m/s en PVC, 0.58-0.88 m/s en HDPE y 0.54-0.84 m/s en F°G°. En conclusión, el sistema se desgasta más rápido de lo habitual, debido al flujo turbulento hallado con el número de Reynolds. Por lo tanto, tiene tendencia a fallar.

En Huánuco, (Borda Mora, 2020) investigó sobre la comparación de 2 tipos de tubería (HDPE y PVC) en la línea de conducción de la red de distribución, realizando los diseños hidráulicos con las tuberías en mención con el objetivo de hallar la mejor alternativa, usando la metodología cuantitativa de carácter descriptivo, se dio como resultado que para un diámetro de 63mm, utilizando la tubería PVC la velocidad fue de 0.42m/s y una presión de 39.01 - 68.02 m.c.a. Y si se utiliza una tubería HDPE con el mismo diámetro se obtiene una velocidad de 0.42m/s y en cuanto a la presión varía entre 86.96 - 87.26 m.c.a. En conclusión, con los resultados obtenidos se puede afirmar que la tubería más eficiente para la conducción de agua es la tubería HDPE en comparación con la tubería de PVC.

(Torre & Vega, 2021) se planteó determinar la mejor opción en cuanto al diseño de un sifón invertido que se encuentra ubicado en un canal de riego, así como también formular las estructuras que intervendrán para el correcto funcionamiento. La metodología en el cual se desarrolla esta investigación es cuantitativa de tipo aplicada, el diseño de investigación corresponde a descriptivo no experimental, la población lo conforman 4 comunidades, la muestra se realizó analizando la demanda hídrica de 2620 hectáreas de terreno, el muestreo fue no probabilístico, y como instrumentos se realizó estudios básicos de ingeniería. Del estudio realizado dio como resultado que el sifón transportara un caudal promedio de 1.211m³/s en una longitud inclinada de 1,949.60ml, este contara con tubería de PVC de DN 710mm y tubería de hierro dúctil de DN 700mm. Con ello se llegó a la conclusión que estos dos tipos de tubería son necesarios para conducir el caudal promedio hallado, adicionalmente a ello se requiere de estructuras hidráulicas que sostengan al sifón invertido para un correcto funcionamiento de este.

(Palomino Ramirez, 2017) su artículo tiene por objeto realizar el análisis y diseño de un sifón invertido tomando en consideración el diámetro de la tubería, las pérdidas de carga y comprobar que la perdida de carga sea menor a la carga hidráulica de esta manera asegurar su funcionamiento, la metodología que usa es

cuantitativa de nivel descriptivo, los resultados del análisis muestran que para la conducción de 3 m³/s se utilizará 2 tuberías de hierro fundido de 44" y con las condiciones topográficas del lugar se obtiene una pérdida de carga de 3.306m en conclusión, con los cálculos realizados se afirma que la estructura es completamente funcional y cumple con los requisitos hidráulicos utilizando 2 tuberías de 44" de diámetro las cuales trabajan independientemente.

(Mendez Inga, 2020) Este artículo tiene como fin diseñar un sifón invertido a fin de abastecer de agua para irrigación, planificando y calculando las pérdidas así mismo comprobando que la carga hidráulica sea mayor a las pérdidas de carga. El tipo de investigación es aplicada, nivel descriptivo explicativo la población beneficiaria cuenta con 114 has, como resultado, el sifón invertido deberá conducir 109 l/s en una longitud de 1640m con tubería PVC UF 355mm, con H_{min} de 0.25 m. para tener una carga energética disponible de 0.71 m. En conclusión, este diseño de sifón invertido funcionará bajo los resultados obtenidos con una tubería convencional de PVC UF 355mm para garantizar un caudal de 109l/s que abastecerá a todos los sembríos.

(Ammash et al., 2009), in his scientific article, he intends to carry out an optimal hydraulic and structural design of the inverted siphon, Modifying the Method of Hooke and Jeeves, The objective of his research on steel pipe siphons was the optimization of the cost of transportation, cutting and construction. research method used is the application level, as a result of your research, says that siphon velocities should range between (1.07 m/s) and (3.05 m/s), depending on the height available and economic considerations, he also said that to avoid sedimentation, the minimum velocity considered is (0.6 m/s). s) . the siphon must be dropped so that the initial height is greater in the duct with respect to the outlet of the siphon with slope (1 to 5 (V:H)), he assumed that the initial base point is within the range of constraints. also reduced the step length to a lower value like (0.00001). and also reduced the step length(s) to (1/1.001) of its previous value seems to be more satisfactory in practice instead of a tenth, In conclusion, the modification of the assumed initial basis points improved the Hooke and Jeeves method. In addition to this, changing the step length value also improved the formula. In addition, in terms of construction cost, it was significantly reduced due to modifications in the optimal hydraulic and structural design for inverted siphon.

(Janson et al., 2005) studied in his scientific article the qualification of large-diameter polyethylene pipes in PE100-LS, taking into account creep over a long period. The tests were carried out to find the creep in hydrostatically pressurized pipe. As a result, the research shows that for PE pipes with a large diameter, thick thickness and low sinking, it indicates good properties. The long-term time-dependent stress behavior of the pipe material is recommendable better than normal PE100 materials.

En cuanto a las bases teóricas para entender los conceptos de esta investigación serán las siguientes:

Con respecto a la variable 1 diámetros de tuberías, para ello debemos conocer a los 3 tipos de tubería, para el HDPE (Orenes Vega, 2018) indica que sus siglas en español son (polietileno de alta densidad) el polietileno es un material plástico, dúctil, no toxico, tiene una buena resistencia a la temperatura, pero se destruye a los 300°C. Actualmente es de las mejores opciones para la conducción de flujos, además de ello la duración en buena condición a lo largo de los años de este tipo de tubería es mayor a otras con más de 50 años de vida útil. La tubería HDPE, según (TIGRE, 2018) indica que este tipo de tubería proporciona soluciones alternativas a problemas comunes, el costo de mantenimiento es bajo con respecto a otros materiales, las propiedades y aplicaciones de los tubos de HDPE son para diferentes tipos de fluidos, además son resistentes a la temperatura, descargas eléctricas, sismos y golpes.



Figura 3. tubería HDPE

Fuente: (TIGRE, 2018)

Para la tubería PVC – O, el (ISO 16422, 2014) afirma que el proceso de orientación molecular provee la capacidad de soportar fisuras o rasguños en la pared del tubo entre las propiedades de este tubo tiene un espesor de pared reducido y resistencia de impacto a la fatiga, se utiliza para el abastecimiento y distribución del agua en sistemas a presión. Para (MOLECOR, 2018) es un material con una tecnología avanzada, la orientación molecular mejora las propiedades físicas del PVC otorgándole cualidades como resistencia al impacto, tracción y fatiga además de ello es flexible.



Figura 4. Tubería PVC-O

Fuente: (MOLECOR, 2018)

Las tuberías de Hierro dúctil se elaboran bajo la norma (ISO 2531, 2009) son tubos que funcionan con y sin presión para el transporte de fluidos ya sea enterrados o aéreos, (CMAX, 2013) indica que el hierro dúctil es más flexible y elástico, son fuertes y fáciles de conectar, son más estables, tienen resistencia a la corrosión.



Figura 5. Tubería de hierro fundido dúctil

Fuente: (CMAX, 2013)

El diseño de la conducción se hace con un diámetro comercial para aminorar costos, en su catálogo (TIGRE, 2018) proporciona una tabla de los diámetros comerciales que cumplen con la norma ISO 4427 para la tubería HDPE PE 100.

Tabla 1. Tubos HDPE bajo la norma ISO 4427, PE100

PE 100	SDR 21		SDR 26		SDR 33		SDR 41	
	PN 8		PN 6		PN 5		PN 4	
DIAMETRO NOMINAL (mm)	Espesor (mm)	Peso (Kg/m)						
550	26.70	45.13	21.40	36.59	17.20	29.69	13.70	23.80
630	30.00	57.01	24.10	46.36	19.30	37.46	15.40	30.11
710	33.90	72.70	27.20	59.03	21.80	47.68	17.40	38.38
800	38.10	92.15	30.60	74.76	24.50	60.40	19.60	48.66

Fuente: Catalogo tigre

Para tubería PVC- O el catálogo de (MOLECOR, 2018) indica los diámetros comerciales de acuerdo a la norma (ISO 16422, 2014), los cuales según son los siguientes:

Tabla 2. *Tubos PVC-O bajo la norma ISO 16422*

PVC-O 500				
Presión nominal (bar)		PN 12.5		PN 16
DN	Di	Espesor mínimo (mm)	Di	Espesor mínimo (mm)
630	598.8	11.0	595.4	13.8
710	674..8	12.4	671.0	15.4
800	760.4	14	756.1	17.4

Fuente: (MOLECOR, 2018)

Clases de presión preferencial para tubos de hierro dúctil

Tabla 3. *Tubos hierro dúctil bajo la norma (ISO 2531, 2009)*

Diámetro para tubería de hierro fundido dúctil		
DN (mm)	Clase de presión	Espesor de pared de hierro nominal (mm)
600	C30	8.7
700	C25	8.8
800	C25	9.6

Fuente: (CMAX, 2013)

(RNE, 2020) define a la depresión como una variación de altitud de manera descendiente que experimenta con el fluido este puede ser de forma natural o bombeado, para sistemas de drenaje y conducción, la depresión se usará para conducir un fluido en una sección circular por gravedad y la presión que genera por su propio peso logrará elevar de nuevo el fluido a cierta altura o cota.

En cuanto al concepto de sifón invertido, (ANA, 2010) indica que, son estructuras de cruce, que se usan para poder superar o evadir un obstáculo, conduciendo el flujo a través de una depresión mediante una tubería el cual trabajará a presión por la diferencia de cotas entre el nivel de agua y el obstáculo. (Lopez Andre, 1997) indica que son estructuras que usualmente se construyen o instalan en valles o quebradas debido a la topografía agreste y puntos bajos, es como una tubería forzada en una depresión, la perdida de carga se calcula como si fuese una tubería de impulsión considerando sus accesorios. (RNE, 2020) define al sifón como un

canal cerrado que debido a la diferencia de cotas genera una presión mayor a la atmosférica.

en cuanto a la variable 2, El comportamiento hidráulico de la línea de conducción, (Mott. Robert, 2006) explica que el recurso hídrico que fluye tiene un comportamiento dependiendo de las características del conducto, así como también de la forma, ya sea circular u otras, este análisis, dependerá de variables tales como la elevación, presión, caudal, energía y pérdida de carga, de estas se hace un cálculo para determinar cómo se comportara el flujo bajo las condiciones a las que será sometida.

Para la determinación del comportamiento hidráulico se realizará mediante la fórmula del Número de Reynolds.

El número de Reynolds según (Mott. Robert, 2006) sirve para analizar la pérdida de energía conforme circulan los fluidos en una tubería o conducto se usa el número de Reynolds, si es que el flujo es lento o suave se le denominara como flujo laminar, si son irregulares y rápidos se denominaran flujos turbulentos, además de ello se toma en cuenta variables importantes como la velocidad, longitud de la trayectoria, densidad y la viscosidad del fluido.

El comportamiento de un fluido, según el número de Reynolds (N_R) en cuanto a la pérdida de energía dependerá del tipo de flujo en un tipo de conducto circular, la fluidez del fluido depende de:

$$N_R = \frac{vD_p}{\eta} = \frac{vD}{V} \quad (1)$$

η es la Viscosidad dinámica, v representa a la velocidad media p es la densidad del fluido, V viscosidad cinemática y D es el diámetro de la tubería, se dan los siguientes parámetros para diferenciar a los flujos:

Flujo laminar: $N_R < 2000$

Flujo de transición: $2000 < N_R < 4000$ (región crítica)

Flujo turbulento: $N_R > 4000$

Para las aplicaciones de flujos estos no deben estar en la región crítica, si es así, se debe cambiar el diámetro de tubería con la que se está trabajando y/o la tasa de flujo para que este cambie a laminar o turbulento.

Las presiones en el recorrido de la tubería en una determinada longitud o tramo se determinan mediante la ecuación de Bernoulli, halla la carga total, considera la elevación, presión para hallar la velocidad o viceversa.

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} - h = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (2)$$

Donde: “P/γ” es la carga que ejerce la presión, “z” es la carga por la elevación, “v²/2g” es la carga producida por la velocidad y “h” es la perdida de carga total.

La presión según (Lopez Andre, 1997) puede ser medido bajo las siguientes unidades, pascal (Nw/m²), en Kg/m², atmosferas, mm de Hg o mca.

A causa de la fricción, los accesorios ingresos y salidas que interviene en el sistema el fluido, este tiende a perder energía, la perdida por fricción en el conducto o tubería es por la resistencia en las paredes cuando el flujo está en movimiento.

La magnitud de la perdida dependerá de las propiedades y características de cada tipo de tubería, esta se halla bajo la fórmula de Hazen – Williams, multiplicándola por toda la longitud de la tubería con la siguiente formula.

$$h_f = \left(\frac{Vt}{0.8494 * C * \left(\frac{D_i}{4}\right)^{0.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}} * L \quad (3)$$

$$Q = 0.2787 * C * D_i^{2.63} * S^{0.54} \quad (4)$$

Donde, “C” es el coeficiente de fricción, “Di” es el diámetro interior, “L” es la longitud de la tubería y “Vt” es la velocidad del flujo y se calcula con la siguiente fórmula:

$$Vt = \frac{4 * Q}{\pi * Di^2} = \frac{m}{s} \quad (5)$$

Según (ANA, 2010), la velocidad con la que debe trascurrir el fluido en los sifones grandes debe ser de 2.5 a 3.5 m/s y en los pequeños de 1.6m/s a más, un sifón es largo cuando la longitud es más de 500 veces su diámetro.

Tabla 4. Coeficiente de fricción “C” Hazen y Williams

TIPO DE TUBERIA	“C”
Concreto	110
Hierro fundido dúctil con revestimiento	140
Hierro galvanizado	100
Polietileno	140
Policloruro de vinilo (PVC)	150

Fuente: (RNE, 2020)

(Ortiz Flórez, 2012) indica que La pérdida por válvulas y accesorios se da cuando en un sistema se tiene cambios de dirección o control de flujo, en sistemas grandes estas pérdidas son menores y se expresan según la ecuación de Darcy:

$$h_k = k_c * \frac{V_t^2}{2 * g} \quad (6)$$

Tabla 5. k_c para codos en tuberías

Coeficiente de perdida k_c para codos en tuberías							
α (grados)	10	15	22.5	30	45	60	90
k_c	0.044	0.062	0.154	0.165	0.320	0.684	1.265

Fuente: (Ortiz Flórez, 2012)

Según (ANA, 2010) Se debe considerar que también se tiene perdidas adicionales en el sifón los cuales son los siguientes.

Perdida por transición de entrada:

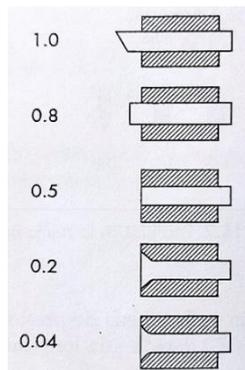
$$h_{te} = 0.1 \frac{V_t^2 - V_{cre}^2}{2 * g} = mca \quad (7)$$

Perdida por transición de salida:

$$h_{ts} = 0.2 \frac{V_t^2 - V_{crs}^2}{2 * g} = mca \quad (8)$$

Dónde: V_{cre} y V_{crs} son las velocidades en las estructuras de transición.

Perdida de carga por la entrada:



$$h_e = K_e * \frac{Vt^2}{2 * g} = mca \quad (9)$$

Figura 6. "Ke" por tipo de entrada

Según (Mott. Robert, 2006) la velocidad del fluido depende del tipo de tubería, longitud del conducto, diámetro, tipo de flujo y la caída según sea el caso. La velocidad es mayor cuando el diámetro de la tubería disminuye, esto se puede corroborar con la ecuación de continuidad, la caída de agua en depresiones aumenta la velocidad del flujo, el flujo volumétrico (caudal) se halla bajo la siguiente fórmula.

$$Q = Av = \left(\frac{m^3}{s}\right) \quad (10)$$

donde A es el área del conducto y v es la velocidad promedio. Y según la ecuación de la continuidad se tiene.

$$A_1v_1 = A_2v_2 \Rightarrow Q_1 = Q_2 \quad (11)$$

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: aplicada

La investigación aplicada requiere de un marco teórico, utiliza esa información para confrontar sus hipótesis y resultados, se orienta a la solución de sus teorías (Behar, 2010). Es por ello que esta investigación es de tipo aplicada debido a que de los resultados obtenidos se comparan con la teoría actual y se utiliza para la solución del problema planteado.

Enfoque de investigación: cuantitativo

Existe 2 tipos de estrategias para realizar una investigación, considerando el desarrollo de este proyecto en el enfoque cuantitativo, se recoge información y datos para demostrar y comprobar nuestras hipótesis, se apoya en la estadística con el fin de probar una teoría y responde a nuevas interrogantes, en el desarrollo, se descubren las preguntas de investigación (Hernández Sampieri et al., 2014).

Esta investigación recolectó datos del terreno, niveles, características y propiedades de las tuberías, se trabajó con fórmulas, libros, normas que respalden los datos que se obtendrán de los cálculos, se tiene hipótesis planteadas y es por ello que la investigación será de enfoque cuantitativo.

El diseño de la investigación: no experimental

Los estudios no experimentales toman datos sin intervenir o alterar lo que ocurre naturalmente (Behar, 2010).

El diseño de la investigación es de tipo no experimental, debido a que se trabaja con los datos que se encontraron in situ.

Nivel de la investigación: explicativo

Existen 4 niveles de investigación, el nivel explicativo indica que en este nivel se busca cuáles fueron las causas por el cual se realiza el estudio y explica el porqué de los sucesos, además de ello busca probar las hipótesis (Hernández Sampieri et al., 2014).

Por lo tanto, esta investigación es de nivel explicativo ya que busca probar las hipótesis analizando las causas de las pérdidas de carga, analizando las propiedades de la tubería, y determinando la factibilidad de conducir el fluido según las condiciones a las que se le someterá.

3.2. Variables y operacionalización:

variable 1: Diámetros de tuberías

definición conceptual:

Son designaciones dimensionales de una tubería para los sistemas de conducción para fluidos expresado en milímetros, utilizados para diseño de redes. (RNE, 2020)

Definición operacional:

Son dimensiones de las tuberías, ya sean calculadas y comerciales, empleadas para el diseño y funcionamiento de un sistema de transporte de agua.

Dimensión: D1: diámetro calculado, D2: diámetro comercial, D3: Diámetro nominal del expediente técnico

Indicadores son: mm, 630mm, 710mm, 630mm, 800mm

Escala de medición: De razón

Variable 2: comportamiento hidráulico de flujos es un sifón invertido

Definición conceptual:

En un sistema encerrado en tubería los flujos se comportan hidráulicamente a una mayor presión que la atmosférica, ellos están expuestos a cambios de caudal, dependiendo de las características del sistema de tubería. (Mott. Robert, 2006)

Definición operacional:

El comportamiento hidráulico de flujo en una tubería redonda de un sifón invertido depende de 3 magnitudes: diámetro de la tubería, la velocidad promedio del flujo y la pérdida de carga.

Dimensión: D1: pérdida de carga, D2: velocidad del agua en el sifón invertido, D3: caudal.

Indicadores: mca, velocidad máxima, promedio, mínima, lt/s.

Escala de medición: De razón

3.3. Población, muestra y muestreo

Población:

Es una unión de elementos, unidades, materias de las que está constituida la investigación, estas son medibles. (Ñaupas Paitán et al., 2018)

Esta investigación tiene como población la tubería en el sifón invertido en la línea de conducción de la central hidroeléctrica el cual es de 324.26 metros.

Criterios y/o características a evaluación:

Se delimita bajo las características, propiedades o dimensiones que se requiere de acuerdo a las condiciones que necesita la estructura. (Fadias G, 2012)

Este proyecto es realizado con las tuberías HDPE, PVC y Hierro Dúctil, los cálculos se realizan de acuerdo a los diámetros comerciales.

Muestra

Es un subconjunto de la población, la muestra recogerá datos o elementos característicos de la población que servirán desarrollar los cálculos y de esta manera hallar los resultados. (Behar, 2010)

En este Proyecto la muestra está conformada por la tubería que será utilizada en el sifón invertido, será de una longitud de 324.26 metros debido a que los cálculos se desarrollaron en todo el recorrido del sifón.

Muestreo

El muestreo no probabilístico indica que se tomarán los datos, casos o características, los cuales serán manipuladas a conveniencia del investigador. (Hernández Sampieri et al., 2014)

El muestreo de la presente investigación es **no probabilístico**, debido a que se manipulan las cotas y dimensiones de la tubería para abastecer a la central hidroeléctrica asegurando el caudal requerido.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Técnicas: observación.

Son técnicas que conducen a la verificación del problema que se planteó, estas técnicas dependerán de cada tipo de investigación, se utilizará herramientas e instrumentos de acuerdo a lo requerido, la observación es el registro sistemático, fiable y correcto de un comportamiento. (Behar, 2010)

En la actual investigación se empleó la **técnica de observación** para la recolección de datos e información, en este caso se realizó en el lugar de estudio la cual se sitúa en la línea de conducción de la central hidroeléctrica San Gabán, estos datos se procesaron en gabinete.

Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos son cualquier medio, recurso, maquina, equipo, formato que permite recolectar información que servirá para desarrollar el proyecto tanto en el procesamiento e interpretación de datos. (Fadías G, 2012)

En cuanto a los instrumentos que se emplearon en este proyecto son fundamentalmente los conocimientos en ingeniería, hidráulica, topografía, diseño hidráulico, geología, conocimiento en programación de hojas de cálculo, libros, fichas técnicas, conocimiento de programas computarizados de hidráulica, equipos y herramientas para obtención de datos.

Validez: Juicio de expertos

La validez de una investigación se refiere a la eficacia en la que un instrumento mide a la variable para cumplir un propósito. (Ñaupas Paitán et al., 2018). la validez radica en asegurar que los resultados sean producto de la variable independiente (Fadías G, 2012)

Para tener un respaldo de lo planteado en esta investigación, tres expertos en la materia de estudio valoraron la confiabilidad de este proyecto. (Ver anexo 03)

Tabla 6. Rangos de validez y confiabilidad

rangos	Magnitud
0.01 a 0.20	Muy Baja
0.21 a 0.40	Baja
0.41 a 0.60	Moderada
0.61 a 0.80	Alta
0.81 a 1	Muy Alta

Fuente: (Ruiz Bolivar, 2002)

Tabla 7. Dictamen de juicio de expertos

Validez de la interacción de variables: comportamiento hidráulico de flujos en sifón invertido de la línea de conducción con diámetros de tuberías

N°	Profesión	Nombres y Apellidos	CIP	Dictamen
1	Ingeniero civil	Klever Lombardi Flores	144536	0.925
2	Ingeniero civil	Edison Galo Chalco Torres	106448	0.850
3	Ingeniero civil	Edwin Illachura Velazco	103297	0.942

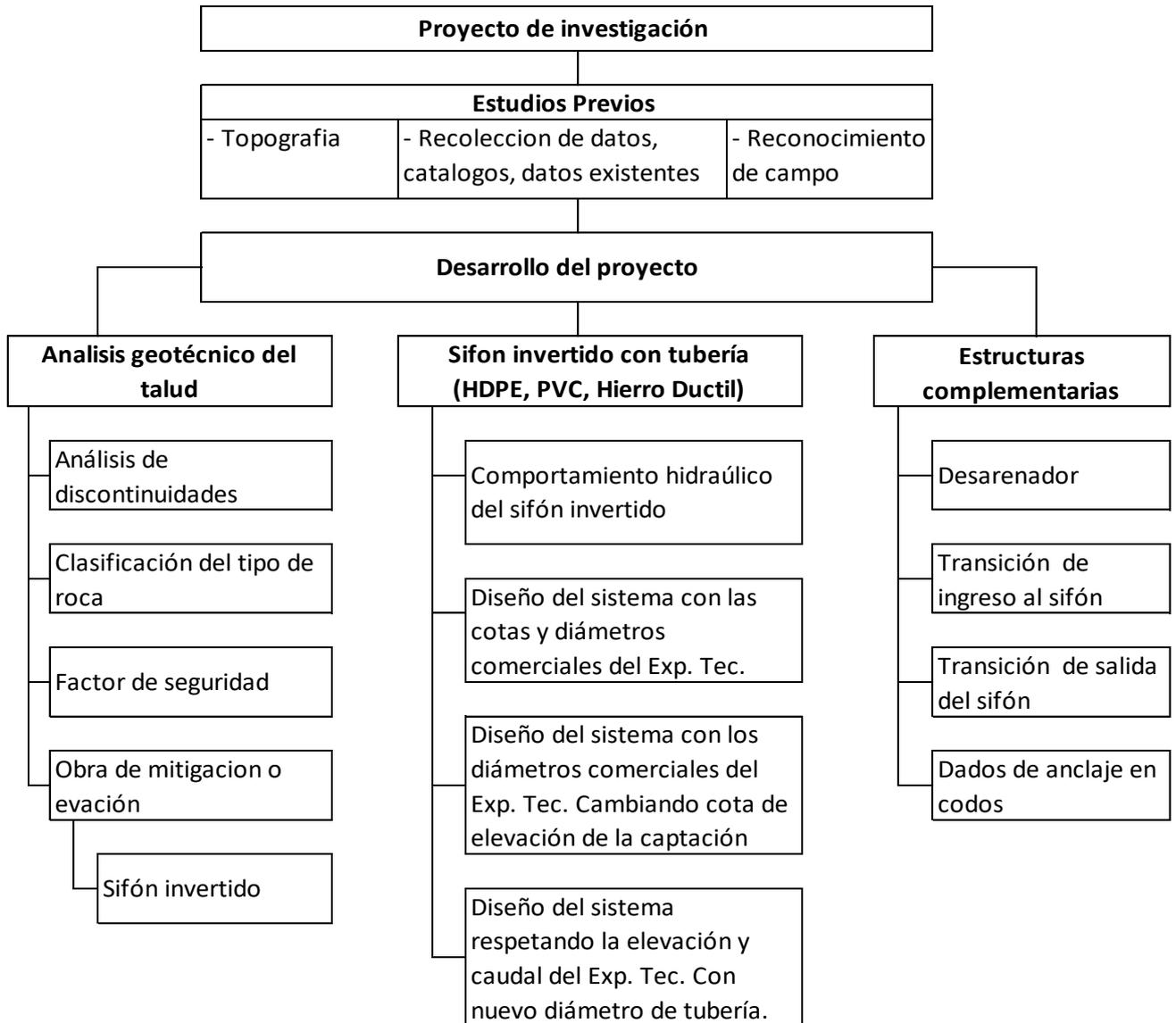
Como promedio del dictamen se tiene una validación de 0.906, por lo tanto, la magnitud de validez es **Muy Alta** de acuerdo a la tabla N°6

Confiabilidad de los instrumentos

Es el grado en el que el instrumento genera resultados estables y de representación coherente, se aplica de forma repetida en el mismo objeto y si los resultados son los mismos se puede afirmar que son confiables. (Hernández Sampieri et al., 2014).

3.5. Procedimientos

Tabla 8. *Flujograma del desarrollo del proyecto de investigación*



3.5.1. Estudios previos

3.5.1.1. Estudios de campo

Estudio topográfico

El levantamiento topográfico se realizó con una Estación Total, empleando el método Taquimétrico. El levantamiento topográfico se realiza desde una poligonal

abierta, se cuentan con 2 Bms ubicados en todo el tramo del sifón invertido iniciando en la bocatoma y finalizando en la transición de salida.

El sifón invertido comienza inmediatamente a la salida del desarenador Tupuri; en esta zona existe un valle estrecho con altos taludes muy empinados, tapizados por vegetación densa producto de la alta humedad promedio.

La obra tiene una plataforma de ancho 3m que servirá de acceso a las obras de bocatoma, captación y desarenador, es por ello que se aprovecha esta área de acceso para la ubicación del sifón invertido, a fin de no alterar más la topografía del terreno, ni alterar más las condiciones de las laderas ni la estabilidad de los taludes a fin de dar seguridad a la permanencia de la obra de conducción

Los trabajos topográficos se realizaron con una estación total N7 South, dos prismas y un trípode, 4 radios, una wincha de 50m, un flexómetro de 5m, un GPS Garmin 62s, una Camioneta HILUX. Se adjunta el certificado de calibración de la Estación Total y la información taquimétrica que se encuentran en los anexos.

3.5.1.2. Estudio geotécnico

De acuerdo al expediente técnico el ensayo de carga puntual en roca se realizó de acuerdo a la norma ASTM D-5731, para determinar las propiedades físicas: gravedad específica, porosidad, absorción (ASTM C-9783) y densidad (ASTM D-2937). Los certificados se adjuntan en anexos.

- **Análisis de discontinuidades**

La información recabada del expediente técnico de la dirección de buzamiento y buzamiento en la estación geomecánica de estudio se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 9. *Análisis de discontinuidades*

Ubicación	Ubicación (km)	Estación Geomecánica	Familias Principales
Canal de conducción Tupuri	0+164	EG-2	Fam 1: 65 / 050
			Fam 2: 66 / 338
			Fam 3: 48 / 295

Fuente: Exp. Téc. (Estudios geotecnicos., 2015)

- **Clasificación geomecánica.**

Los datos fueron analizados bajo el método propuesto por Bieniawski (RMR). Para la validación, se califica por clase y calidad, como se detalla en la tabla.

Tabla 10. Validación del RMR

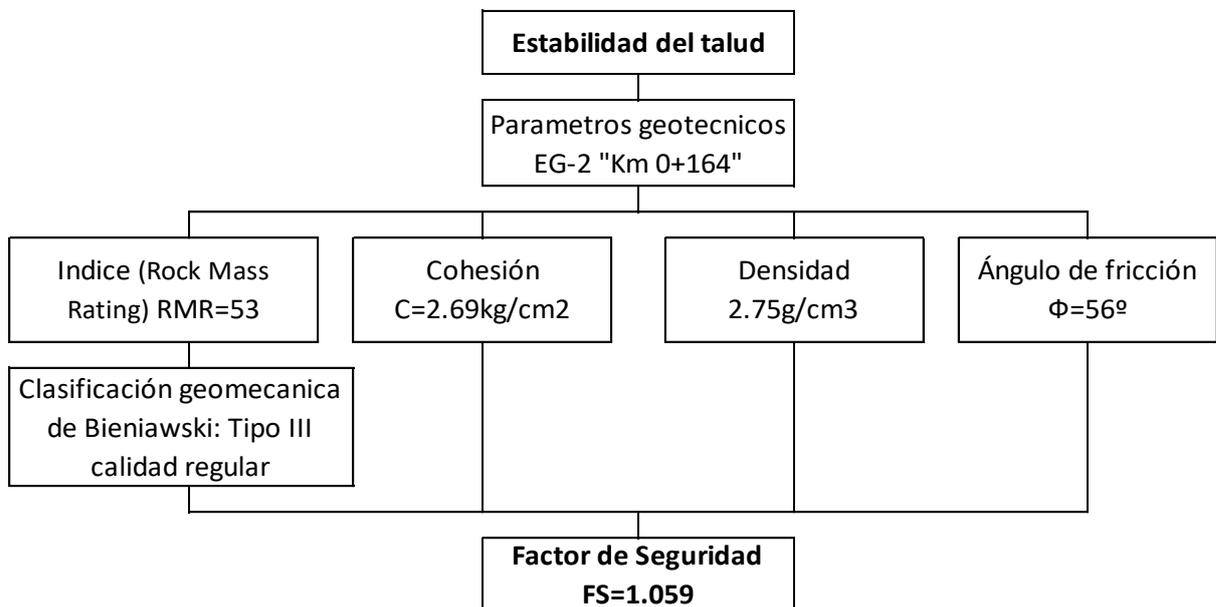
Clase	Calidad	Valoración RMR
I	Muy Buena	100 - 81
II	Buena	80 - 61
III	Regular	60 - 41
IV	Mala	40 - 21
V	Muy mala	< 20

Fuente: (Bienianwski, 1989)

Los resultados de los ensayos fueron recopilados de los (Estudios geotecnicos., 2015) del expediente técnico, los certificados se encuentran en los anexos.

Los resultados hallados de los ensayos y expuestos en el expediente técnico son los siguientes.

Tabla 11. Parámetros de resistencia y capacidad admisible del macizo rocoso



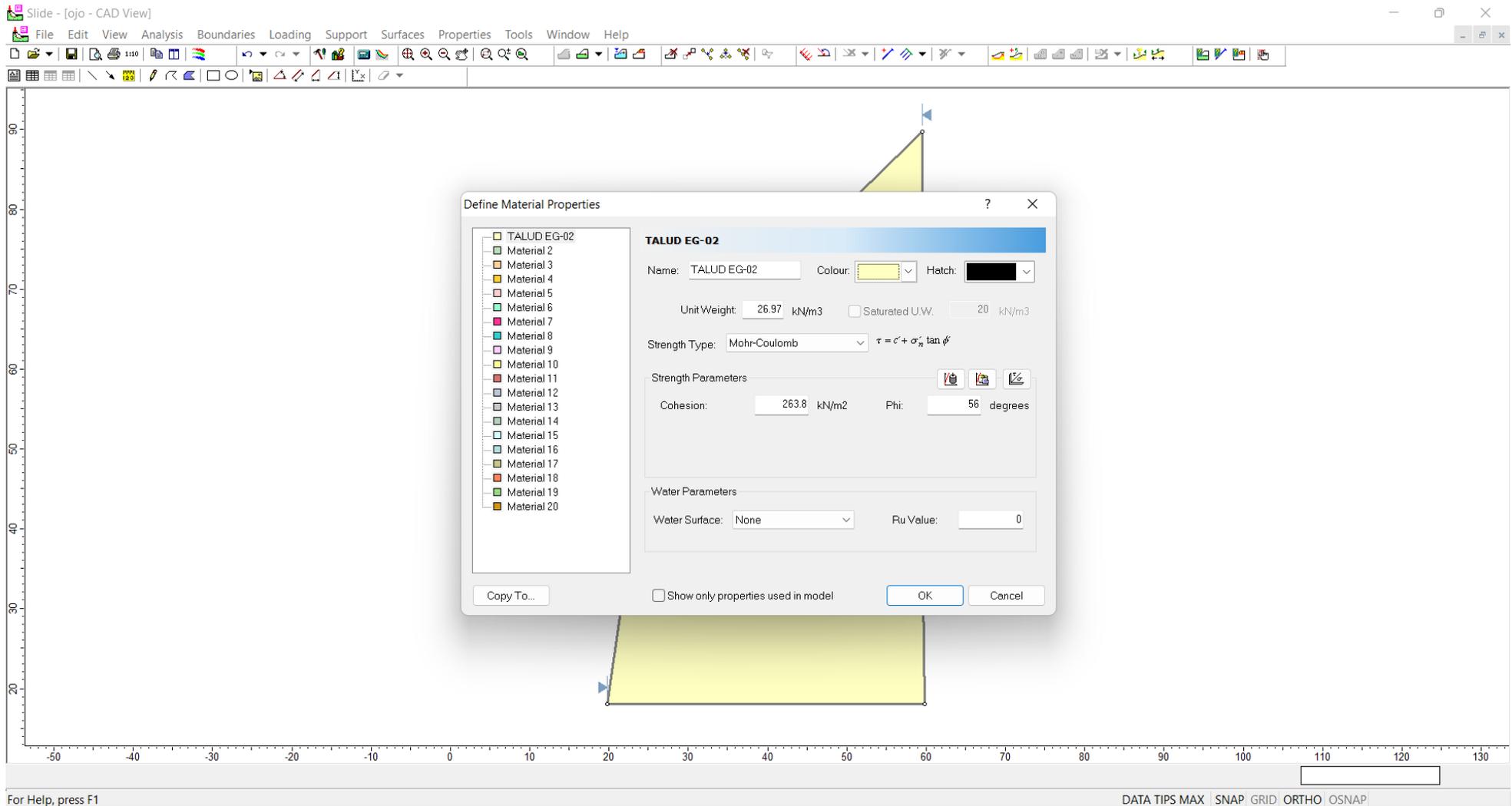


Figura 7. Introducción de datos en el software

fuelle: (Slide 6.0)

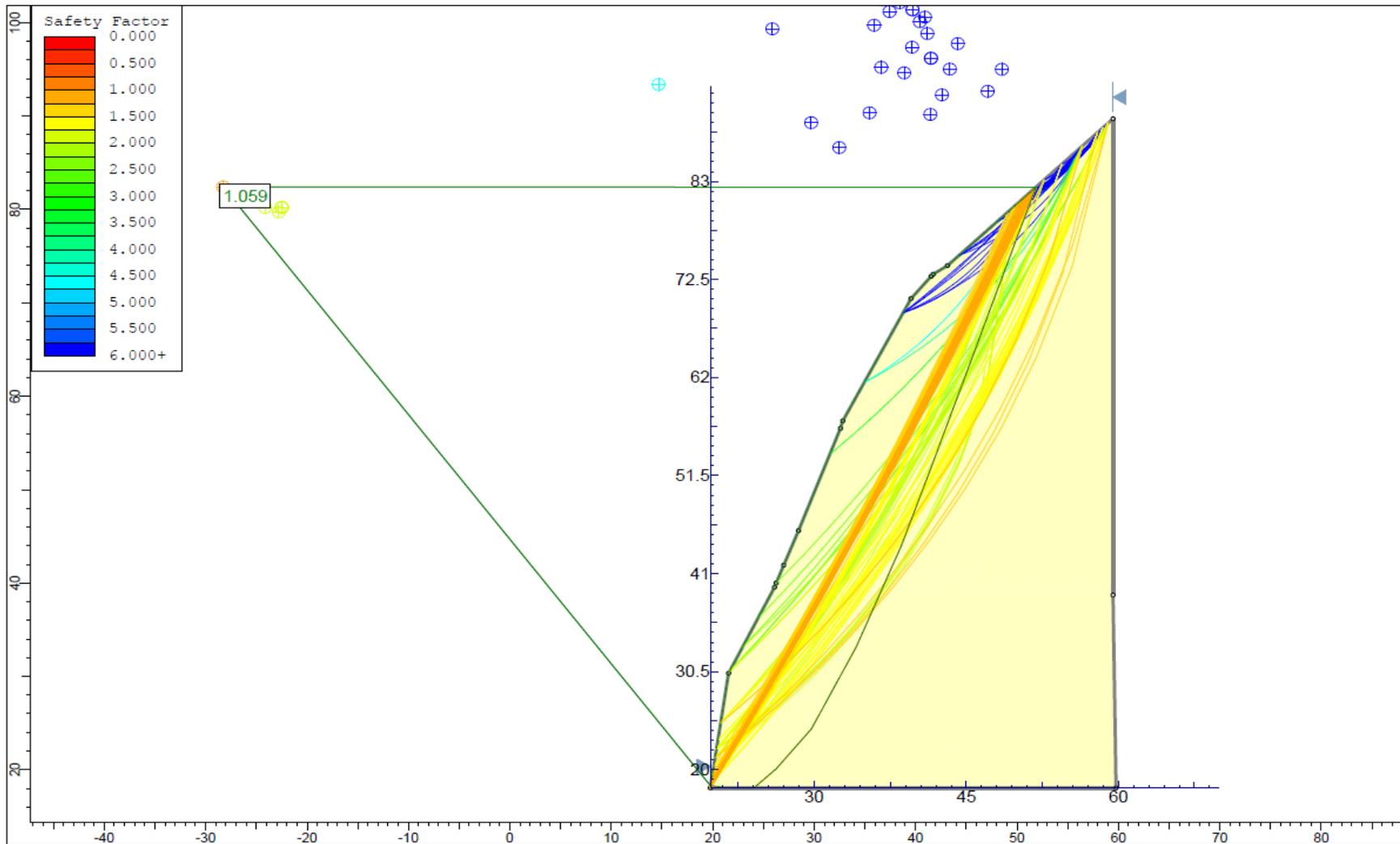


Figura 8. Factor de seguridad del talud

fuelle: (Slide 6.0)

(The Government of the Hong Kong Special Administrative region, 1984), indica que cuando un factor de seguridad es igual a 1.00 el talud se encuentra en un estado de falla incipiente, generalmente un valor de 1.40 como factor de seguridad es aceptable para considerar un talud como estable.

Además de ello (Gavilanes J., 2018) de la asociación de ingenieros de minas de Ecuador, indica que una causa de desestabilización es la sobre excavación en la base del talud como se muestra a continuación:

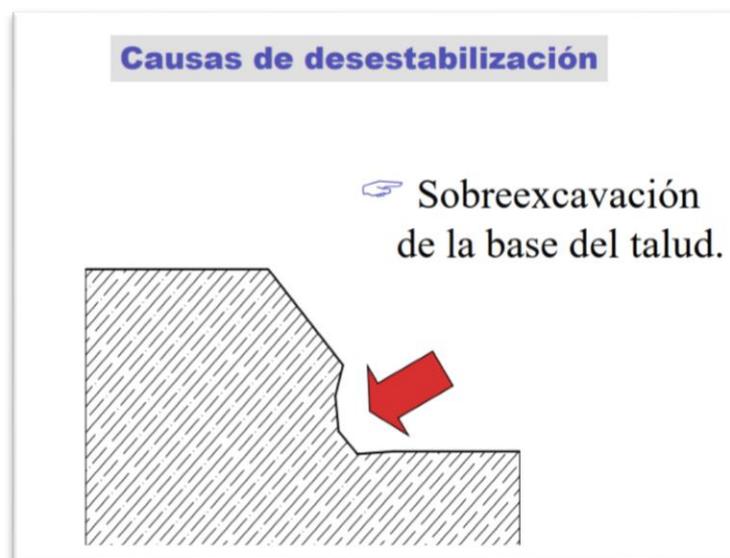


Figura 9. Causas de desestabilización

Fuente: (Gavilanes J., 2018)

(Pilco Copaja, 2021) en su análisis del este talud como especialista geólogo indica lo siguiente

1. Se encontró roca bastante fracturada de clase III y IV (referencia la clasificación de Bieniawski) entre la progresiva 0+060 y 0+160 sin embargo para que un semitúnel fuese viable en el tramo sería necesario un macizo de altísima calidad
2. El tramo comprendido entre las progresivas 0+160 a 0+220, el macizo rocoso se encuentra intensamente fracturado, es por ello que la conformación de un semitúnel es muy desfavorable.
3. Se evidencia la necesidad de cambios en la Línea de Conducción Tupuri, por razones geotécnicas desde la progresiva 0+000 a la progresiva 0+220.

Según (Osinergmin, 2017) establece que los valores del factor de seguridad recomendados como mínimos son los siguientes.

Tabla 12. *FS recomendados*

Plazo	Rangos de FS
Estabilidad a largo plazo (LP)	>1.5
Estabilidad a mediano plazo (MP)	1.3 – 1.5
Estabilidad a corto plazo (CP)	1.1 - 1.3

Fuente: (Osinergmin, 2017)

se considera: CP<3 meses, 3 meses<MP<1año y LP>1 año

Del análisis realizado con el software de aplicación (Slide 6.0) se ha determinado que el factor de seguridad es 1.059, que resulta ser inferior a los valores mínimos establecidos por (The Government of the Hong Kong Special Administrative region, 1984), (Gavilanes J., 2018), (Osinergmin, 2017) así mismo, (Pilco Copaja, 2021) descartan la alternativa de instalar tubos a través de un semitunel y debido a las recomendaciones hechos por los mismos en el presente trabajo se opta por instalar las tuberías mediante un sifón invertido dado que la estabilidad es mínima y a fin de no alterar más la topografía del terreno, ni alterar más las condiciones de las laderas ni la estabilidad de los taludes, a fin de dar seguridad a la permanencia de la obra de conducción evitando deslizamiento o derrumbes del talud.

3.5.1.3. Diseño hidráulico.

Para el correcto funcionamiento del sifón se debe considerar la estructura de desarenador, transición de ingreso y salida, debido a que en la bocatoma se puede arrastrar material sólido lo cual afectaría tanto al sifón como a la turbina Pelton que se encuentra en la casa de máquinas, es por ello que se realizaron los diseños de las estructuras ya mencionadas.

El dimensionamiento del desarenador se ha basado en la capacidad de recibir un caudal de 0.55 m³/s y retener partículas de diámetros mayores o iguales a 0.2 mm, este tamaño de partículas es adecuado por ser de un diámetro recomendado para aprovechamientos hidroeléctricos con turbinas proyectadas tipo Pelton se considera este valor de acuerdo a los parámetros de (ANA, 2010)

Cabe indicar que la demanda de agua para el funcionamiento de la central hidroeléctrica es de 550 lt/s la misma que fue autorizada por el ANA bajo resolución: RD N°0299-2018-ANA-AAA.MDD el cual se puede observar en el anexo N°9

a) Diseño del desarenador

El desarenador cumple la función de separar (decantar) y remover (evacuar) el material sólido que lleva el agua de un canal. El material sólido que se transporta ocasiona perjuicios en las obras. En la central hidroeléctrica, la arena arrastrada por el agua pasa a las turbinas desgastándolas tanto más rápidamente cuanto mayor es la velocidad. Esto significa una disminución del rendimiento y a veces exige reposiciones frecuentes y costosas.

Parámetros de diseño

Los datos de entrada para el cálculo del desarenador son:

- Caudal :0.55 m³/s
- Diámetro de la partícula a sedimentar :0.2 mm
- Pendiente del desarenador :0.035 m/m
- Velocidad de decantación :0.0216 m/s
- Desarenador con baja velocidad (K) :1.5
- Peso específico :2,121 kg/m³

Criterios de diseño

✓ Longitud de transición

Para obtener la longitud de transición se utilizó la siguiente fórmula:

$$L_t = \frac{(B-b)}{2 \times \tan \alpha} = \frac{(2-1.13)}{2 \times \tan(22.5^\circ)} = 4.40 \text{ m} ; \text{ donde: } \alpha=22.5^\circ$$

✓ Cálculo de velocidad de flujo en el tanque

Tabla 13. Constante en función al diámetro.

a	D (mm)
51	<0.1
44	0.1 – 1
36	>1

Fuente: (ANA, 2010)

$$v = a \times \sqrt{d} = 44 * \sqrt{0.2} = 19.68 \left(\frac{\text{cm}}{\text{s}} \right) = 0.1968 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Dónde:

d = Diámetro (mm)

a = Constante en función del diámetro

✓ Cálculo de la velocidad de caída w

La fórmula de Owens

$$w = k \times \sqrt{d \times (\rho_s - 1)} = 1.5 \times \sqrt{0.0002 \times (2.121 - 1)} = 0.02246$$

Dónde: W = Velocidad de sedimentación (m/s)

D = Diámetro de partículas (m)

Pe = Peso específico del material (g/cm³)

K = Constante de forma y naturaleza de los granos.

✓ Cálculo de las dimensiones del desarenador

Para el dimensionamiento de cada nave se aplica la recomendación según la cual la relación entre el ancho y la altura debe ser uno (1) ó ligeramente superior:

Numero de naves : 1

Caudal para la nave : 0.55 m³/s

$$\frac{\text{Ancho de cada nave (b')} }{\text{Altura (h')} } = \frac{1.5}{1}$$

Se halla el área: $A = \frac{Q}{V} = \frac{0.55}{0.1968} = 2.8 \text{ m}^2$

$$J' = \sqrt{\frac{\text{Area}}{b' * h'}} = \sqrt{\frac{2.8}{1.5 * 1}} = 1.37m$$

Entonces la altura del desarenador es:

$$h = J' * h' = 1.37 * 1.0 = 1.4 \text{ m} ; \text{ valor redondeado}$$

Ancho interno de la nave

$$b = \frac{Q_{nave}}{h * v_{sed}} = \frac{0.55}{1.4 * 0.01968} = 2m$$

Luego, para obtener la longitud del desarenador se aplica la fórmula de Sokolov:

$$L = k * \frac{h * v}{w} = 1.5 * \frac{1.4 * 0.2}{0.02246} = 18.7; \text{ valor redondeado} = 19 \text{ m}$$

Para que el desarenador sea óptimo la relación de longitud al ancho de cada nave debería ser como mínimo 8 a 1:

$$\frac{L}{b} = \frac{8}{1} = \frac{19}{2} = 9.5 ; \text{ se cumple con la condición.}$$

✓ Cálculo del vertedero del desarenador

El vertedero de salida del desarenador con los siguientes datos, "Q" caudal 0.55m³/s, "b" ancho de la nave igual a 2m. y se calcula bajo la siguiente expresión.

$$H = \left(\frac{Q}{1.84b} \right)^{2/3} = \left(\frac{0.55}{1.84 * 2} \right)^{2/3} = 0.28 \text{ m}$$

Considerando además un borde libre de 0.18 veces la altura del desarenador, obtenemos la altura total del muro en el desarenador.

$$Bl = 0.18 * h = 0.18 * 1.4 = 0.25m$$

Por lo tanto, la altura de muro del vertedero es 0.28+0.25= 0.53 m, Además de ello la altura de muro en el desarenador será de 1.65 m.

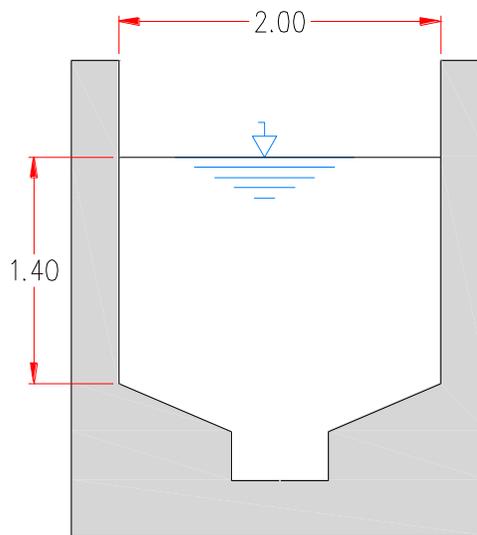
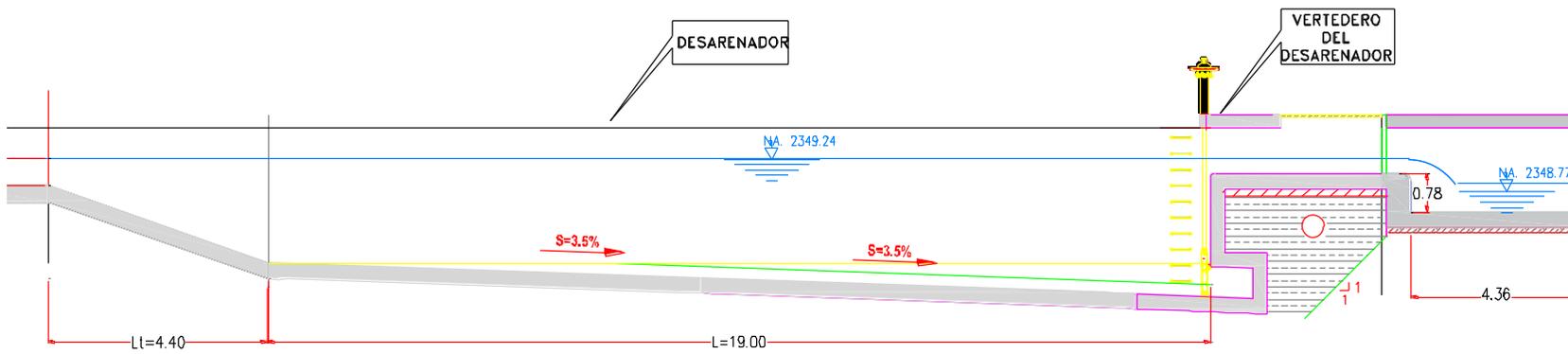


Figura 10. Esquema del desarenador

b) Diseño de transición de ingreso

✓ Longitud de transición

Para obtener la longitud de transición se utilizó la siguiente fórmula:

$$L_t = \frac{(B-b)}{2 \times \tan \alpha} = \frac{(2-0.3376)}{2 \times \tan(14.5^\circ)} = 3.19 \text{ m ; donde: } \alpha=14.5^\circ$$

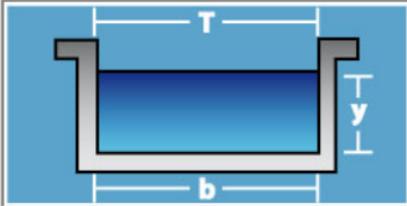
Cálculo de la longitud de transición interior de rectangular a circular:

$$L_t = 1.5 * D = 1.5 * 0.67 = 1.01 \text{ m}$$

Los datos para hallar el tirante se procesaron mediante el programa de Hcanales, y se obtuvo los siguientes resultados.

Lugar:	SAN GABAN-PUNO	Proyecto:	TESIS - SIFÓN INVERTIDO
Tramo:	TRANSICION DE INGRESO	Revestimiento:	CANAL DE CONCRETO

Datos:	
Caudal (Q):	0.55 m ³ /s
Ancho de solera (b):	1.17 m
Talud (Z):	
Rugosidad (n):	0.017
Pendiente (S):	0.001 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.5996 m	Perímetro (p):	2.3692 m
Área hidráulica (A):	0.7015 m ²	Radio hidráulico (R):	0.2961 m
Espejo de agua (T):	1.1700 m	Velocidad (v):	0.7840 m/s
Número de Froude (F):	0.3232	Energía específica (E):	0.6309 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico		

Figura 11. Tirante en el canal de ingreso al sifón invertido.

Fuente: (Hcanales)

Es por ello que se considera 0.60 m de tirante en la transición de ingreso.

✓ Nivel de sumergencia en el ingreso

Para tubería HDPE de diámetro comercial de 710 mm y de diámetro interior de 655.6 mm, la determinación del caudal que debe transcurrir por la tubería es 0.55 m³/s, este dato es imprescindible para el funcionamiento de la central hidroeléctrica.

$$\text{Área de la tubería de aireación} = A_{ta} = 0.1 * \frac{\pi D^2}{4} = 0.1 * \frac{\pi * 0.71^2}{4} = 0.040 \text{ m}^2$$

Entonces la tubería de aireación será de 200 mm de diámetro.

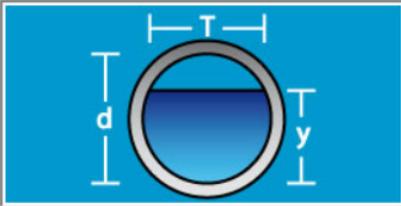
c) Diseño de transición de salida

✓ Nivel de sumergencia en la salida.

(ANA, 2010) indica que en el punto de entrega a la línea de conducción se debe tener una estructura de transición de salida, esta irá conectada con la tubería planteada en el expediente técnico el cual es tubo de PVC Rib Loc $\Phi 600\text{mm}$, para ello primero se determina el tirante con el que va a transcurrir en esa tubería.

Lugar:	SAN GABAN - PUNO	Proyecto:	TESIS - SIFON INVERTIDO
Tramo:	LINEA DE CONDUCCION	Revestimiento:	PVC - RIB LOC

Datos:	
Caudal (Q):	0.55 m ³ /s
Diámetro (d):	0.59 m
Rugosidad (n):	0.009
Pendiente (S):	0.005 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0.4447 m	Perímetro mojado (p):	1.2409 m
Área hidráulica (A):	0.2211 m ²	Radio hidráulico (R):	0.1782 m
Espejo de agua (T):	0.5083 m	Velocidad (v):	2.4877 m/s
Número de Froude (F):	1.2044	Energía específica (E):	0.7602 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

Figura 13. Tirante en la tubería de la línea de conducción

Fuente: (Hcanales)

Se observa que la tubería PVC Rib loc tiene un tirante de 0.45 m.

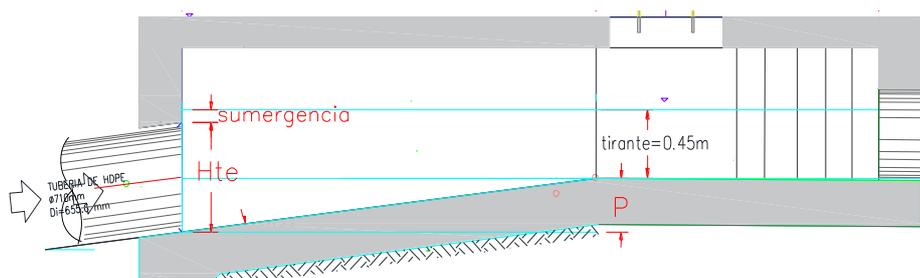


Figura 14. Transición de salida

✓ **Longitud de transición llegada del sifón**

Para obtener la longitud de transición se utilizó la siguiente fórmula:

$$L_t \geq 4 \times D = 4 \times 0.68 = 2.77 \text{ m}$$

Por aspectos topográficos la longitud de transición que se tomará es 2.77m hasta llegar a la cota 2346.70m

✓ **Nivel de sumergencia.**

$H_{te} = D / \cos(\alpha) = 0.71 / \cos(6.834^\circ) = 0.715 \text{ m}$ y el P máximo = $D/2 = 0.71/2 = 0.35 \text{ m}$.

Por lo tanto, altura de sumergencia = tirante + P – $H_{te} = 0.45 + 0.35 - 0.715 = 0.085 \text{ m}$

Nivel de sumergencia < $H_{te} / 6$, entonces $0.085 < 0.119 =$ se cumple el requisito.

✓ **Ancho de canal de salida**

Lugar:	SAN GABAN-PUNO	Proyecto:	TESIS - SIFON INVERTIDO
Tramo:	TRANSICION DE SALIDA	Revestimiento:	CANAL DE CONCRETO

Datos:			
Caudal (Q):	0.55	m ³ /s	
Ancho de solera (b):	1	m	
Talud (Z):			
Rugosidad (n):	0.017		
Pendiente (S):	0.005	m/m	

Resultados:			
Tirante normal (y):	0.4498	m	
Área hidráulica (A):	0.4498	m ²	
Espejo de agua (T):	1.0000	m	
Número de Froude (F):	0.5821		
Tipo de flujo:	Subcrítico		
Perímetro (p):	1.8996	m	
Radio hidráulico (R):	0.2368	m	
Velocidad (v):	1.2228	m/s	
Energía específica (E):	0.5260	m-Kg/Kg	

Figura 15. Cálculo del tirante en la transición de salida.

Fuente: (Hcanales)

✓ **Longitud de transición salida a la línea de conducción:**

Para obtener la longitud de transición se utilizó la siguiente fórmula:

$$L_t = \frac{(B-b)}{2 \times \tan \alpha} = \frac{(1-0.5317)}{2 \times \tan(11.25^\circ)} = 1.18 \text{ m} ; \text{ donde: } \alpha = 11.25^\circ$$

Por lo tanto, la estructura de transición de salida es de la siguiente manera:

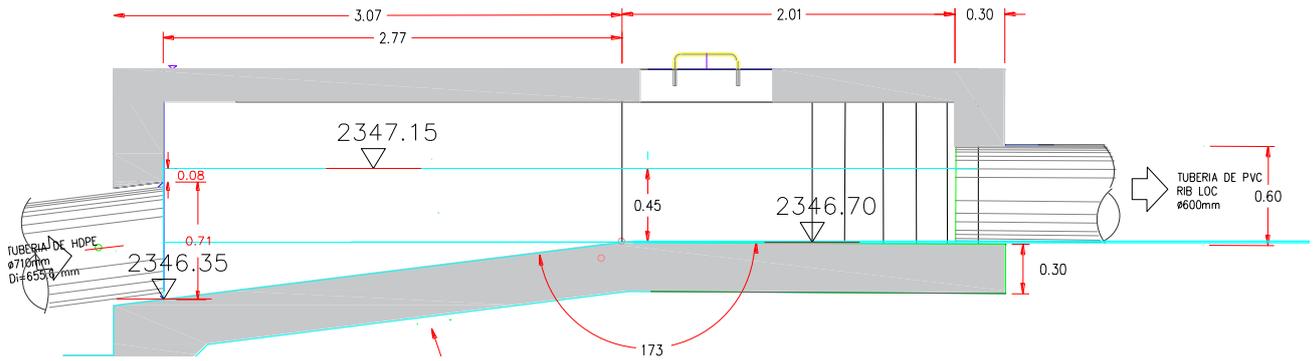


Figura 16. Sumergencia en la transición de salida

d) Cálculo de dados de concreto en cambios de dirección

Datos para el cálculo del codo en el punto más bajo prog. (0+105):

Presión de trabajo	: 25.39 mca	
DN	: 655.6 mm	
γ agua	: 1000 kg/m ³	
Ángulo del codo	: 19.34 °	
Área de la tubería	: 0.338 m ²	
Ángulo de rozamiento	: 33.9 °	Fuente: (Estudios geotécnicos., 2015)
Cohesión	: 0.89 t/m ²	Fuente: (Estudios geotécnicos., 2015)

Fórmula para el cálculo del empuje en codos: (Monge Redondo, 2018)

$$E = 2 * \gamma_a * P * A * \text{Sen} \left(\frac{\phi}{2} \right) = 2 * 1000 * 25.39 * 0.34 * \text{Sen} \left(\frac{19.34^\circ}{2} * \frac{\pi}{180} \right) = 2878.7 \text{ kg}$$

Cálculo del área del macizo del dado con la zanja: (Monge Redondo, 2018)

$$A = \frac{E}{C} = \frac{2878.7 \text{ kg}}{(0.89 * 1000) \text{ kg}} = 3.23 \text{ m}^2$$

Se asume una sección de 2.5 x 1.3 = 3.25m² debido a que es mayor a lo calculado.

Se asume la profundidad del macizo=0.2m y se tiene un volumen de 0.65 m³

(Monge Redondo, 2018) indica que el anclaje deberá dimensionarse de manera que cumpla lo siguiente

$$\text{Vol} * 2.3 * \text{tg}\phi + C * A \geq 1.1 * E$$

Reemplazando se tiene:

$$0.65 * 2.3 * \text{tg}\phi + 0.89 * 0.338 \geq 1.1 * 2.879 \quad \therefore \quad 3.90 \geq 3.17, \text{ cumple la condición.}$$

Entonces, las dimensiones del anclaje son: largo=2.5m, ancho=1.3m y alto= 1.10m.

Datos:

- DN 655.6 mm
 - γ agua 1000 kg/m³
 - Área de la tubería 0.338 m²
 - Ángulo de rozamiento 33.9°
 - Cohesión 0.89 t/m²
- Fuente: Exp. Tec. (Estudios geotecnicos., 2015)

Tabla 14. Cálculo de datos de anclaje en codos del sifón invertido.

Ubicación		ángulo del codo (°)	Presión	Empuje en el codo (E) kg	Área Calc. (Ac) m ²	área asumida		Área diseño (Ad) m ²	Ad>=Ac	asumir altura inferior	resistencia para el anclaje (R)	condición de cumplimiento 1.1*E	comprobación (R>=1.1*E)	dimensiones finales			tipo de codo
						Largo	Ancho							largo	ancho	altura total	
PI (1)	0+000.75	5.00	1.48	43.67	0.05	1.1	1.2	1.32	cumple	0.20	1.58	0.05	cumple	1.10	1.20	1.10	Tipo I
PI (2)	0+025.78	19.50	1.58	180.94	0.20	1.1	1.2	1.32	cumple	0.20	1.58	0.20	cumple	1.10	1.20	1.10	
PI (3)	0+029.66	10.85	3.62	230.96	0.26	1.1	1.2	1.32	cumple	0.20	1.58	0.25	cumple	1.10	1.20	1.10	
PI (4)	0+053.72	13.19	9.06	702.33	0.79	1.1	1.2	1.32	cumple	0.20	1.58	0.77	cumple	1.10	1.20	1.10	
PI (5)	0+066.15	5.69	13.30	445.58	0.50	1.1	1.2	1.32	cumple	0.20	1.58	0.49	cumple	1.10	1.20	1.10	
PI (6)	0+094.15	5.69	20.21	677.04	0.76	1.1	1.2	1.32	cumple	0.20	1.58	0.74	cumple	1.10	1.20	1.10	
PI (7)	0+105	19.34	25.39	2878.65	3.23	2.5	1.3	3.25	cumple	0.20	3.90	3.17	cumple	2.50	1.30	1.10	Tipo II
PI (8)	0+109.57	5.00	25.29	744.88	0.84	1.1	1.2	1.32	cumple	0.20	1.58	0.82	cumple	1.10	1.20	1.10	Tipo I
PI (9)	0+120.98	6.68	24.19	950.70	1.07	1.1	1.2	1.32	cumple	0.20	1.58	1.05	cumple	1.10	1.20	1.10	
PI (10)	0+158.98	3.94	20.53	476.29	0.54	1.1	1.2	1.32	cumple	0.20	1.58	0.52	cumple	1.10	1.20	1.10	
PI (11)	0+191.60	20.45	15.63	1873.06	2.10	1.75	1.2	2.10	cumple	0.20	2.49	2.06	cumple	1.75	1.20	1.10	Tipo III
PI (12)	0+224.40	15.86	11.96	1113.95	1.25	1.1	1.2	1.32	cumple	0.20	1.58	1.23	cumple	1.10	1.20	1.10	Tipo I
PI (13)	0+245.75	19.41	9.50	1080.73	1.21	1.1	1.2	1.32	cumple	0.20	1.58	1.19	cumple	1.10	1.20	1.10	
PI (14)	0+270.38	16.24	5.82	554.99	0.62	1.1	1.2	1.32	cumple	0.20	1.58	0.61	cumple	1.10	1.20	1.10	
PI (15)	0+291.91	2.59	3.38	51.47	0.06	1.1	1.2	1.32	cumple	0.20	1.58	0.06	cumple	1.10	1.20	1.10	

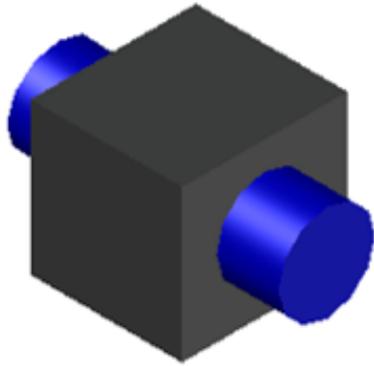


Figura 17. Dado de anclaje tipo I

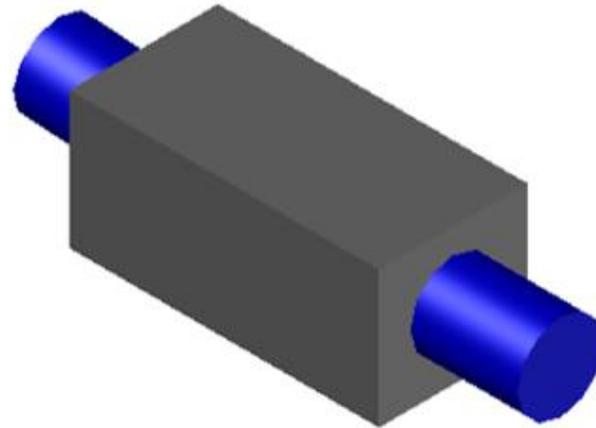


Figura 18. Dado de anclaje tipo II

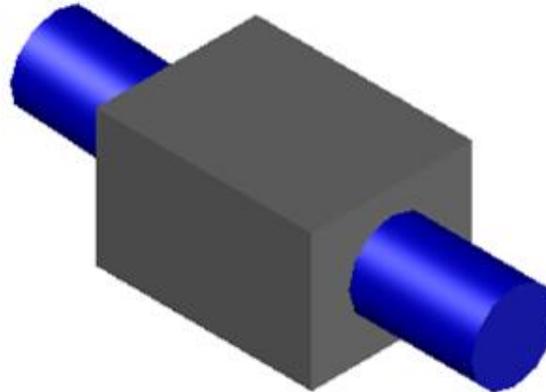


Figura 19. Dado de anclaje tipo III

3.6. Método de análisis de datos

La obra de la central hidroeléctrica “aprovechamiento de la quebrada Tupuri” contempla en su expediente técnico que la línea de conducción de la prog. 0+000 a 0+220 están ubicados debajo de dos semi túneles y un túnel, sin embargo, analizado el talud de la zona de estudio con el software Slide 6.0 se obtiene un factor de seguridad de 1.059 (estabilidad mínima) y el macizo rocoso está clasificado como calidad regular. Dado que la estabilidad es la mínima permisible para evitar la desestabilización del talud no es recomendable los semi túneles, adicionalmente la roca se encuentra intensamente fracturada.

Es por ello que ante esa amenaza y siguiendo las recomendaciones del especialista geólogo de la empresa de generación eléctrica San Gabán (Pilco Copaja, 2021) da como alternativa de solución para la conducción del fluido evitando la desestabilización del talud el diseño de una obra de arte como lo es un sifón invertido mediante una tubería a presión, el caudal de diseño es de 550 lt/s.

Calculo 1: características de la tubería HDPE

El sifón inicia en la progresiva 0+000 con una cota fondo de 2347.44 y el punto más bajo en la progresiva 0+105 con una cota de 2322.875, con diferencia de 24.565m. Se halla la presión a la cual este sistema va a trabajar en el punto más bajo para un SDR 26 y un SDR 21.

Tabla 15. Elección del tipo de tubería HDPE

Descripción			HDPE	
Nomen.	tubería	unidad	SDR 26 pn6	SDR 21 pn8
Di	diámetro interior	mm	655.6	642.2
L	longitud	m	324.26	324.26
Q	caudal	l/s	550	550
n	coef. Manning		0.009	0.009
v	velocidad	m/s ²	1.63	1.70
ΔHg	diferencia geométrica	mca	24.565	24.565
perdida de carga s/ Hazen Williams			PN 6	PN 8
C	coef. Hazen William		140	140
J	perdida de carga	m/km	2.84	3.14
ΔHc	perdida de carga	mca	0.92	1.018
ΔHt	ΔHg-ΔHc	mca	23.644	23.547
Ps	presión de servicio	bar	2.32	2.31

Se puede observar que con ambas tuberías se cumple con la condición de no sobrepasar la presión máxima recomendada, es por ello que se utiliza la tubería HDPE SDR 26 PN6 dado que la presión de trabajo en el sifón es menor a la presión nominal de este, por lo tanto, de acuerdo a las dimensiones de tuberías comerciales se considera el siguiente cuadro.

Tabla 16. *Diámetros comerciales de tubería HDPE*

Diámetro Externo (mm)	Espesores (mm) – Peso (kg/m)	
	PE 100	SDR 26 PN 6 (bar)
Min (DN)	e min	Di (mm)
630	24.1	581.8
710	27.2	655.6
800	30.6	738.8

Fuente: (TIGRE, 2018)

Calculo 2: Características de la tubería PVC-O 500

Tabla 17. *Diámetros comerciales de tubería PVC-O*

Diámetro Nominal	PVC-O	
	Presión nominal	PN 12.5 bares
Min (DN)	Diámetro interior	Espesor mínimo
	(mm)	(mm)
630	598.80	11.00
710	674.80	12.40
800	760.40	14.00

Fuente: (MOLECOR, 2018)

Calculo 3: Características de tubería hierro fundido

Tabla 18. *Diámetros comerciales de tubería Hierro Dúctil*

Diámetro Nominal	HIERRO DUCTIL	
	CLASE	Espesor mínimo
Min (DN)		(mm)
600	C30	8.7
700	C25	8.8
800	C25	9.6

Fuente: (CMAX, 2013)

3.6.1. Determinación de la capacidad hidráulica en el sifón invertido de la línea de conducción con la tubería planteada en el expediente técnico considerando el diámetro comercial, el cual es de DN 630 mm y 800 mm, sin cambiar la elevación de la captación.

Para tubería HDPE de DN 630mm

Tabla 19. *Datos para diseño de tubería HDPE DN 630mm*

Datos calculados para el diseño	
Caudal en la captación	Q= 0.55 m ³ /s
Diámetro interno	Di= 581.8 mm
Área interior de la tubería	0.26585 m ²
Coeficiente de fricción	C= "140" polietileno
Longitud total del sifón invertido	L= 324.26
Material de la tubería	HDPE PE100
Cota ingreso al sifón	2348.770 m.s.n.m.
Cota final del sifón	2347.150 m.s.n.m.
Carga hidráulica disponible	1.62 m

Cálculo de la velocidad del flujo en la tubería de diámetro 630mm HDPE.

$$V_t = \frac{4 * 0.55}{\pi * 0.5818^2} = 2.069 \text{ m/s}$$

Cálculo de pérdidas hidráulica

- **Perdida por transición de entrada**

Velocidad en la sección del canal aguas arriba.

$$V_{cre} = \frac{0.55}{1.17 * 0.6} = 0.784 \frac{m}{s}$$

Cálculo de la pérdida de carga en el canal de ingreso:

$$h_{te} = 0.1 \frac{2.069^2 - 0.784^2}{2 * 9.81} = 0.019 \text{ m}$$

- **Perdida por transición de salida**

Velocidad en la sección del canal aguas abajo

$$V_{crs} = \frac{0.55}{1.0 * 0.45} = 1.22 \frac{m}{s}$$

Cálculo de la perdida de carga en el canal de salida – entrega a la línea de conducción:

$$h_{ts} = 0.2 \frac{2.069^2 - 1.22^2}{2 * 9.81} = 0.029 m$$

- **Perdida de carga por la entrada**

Se usa como dato de $k_e = 0.5$ por la forma de salida de la tubería de acuerdo a la figura 6.

$$h_3 = 0.5 * \frac{2.069^2}{2 * 9.81} = 0.109 m$$

- **Perdida de carga por fricción**

Se halla bajo la fórmula de Hazen – Williams, multiplicándola por toda la longitud de la tubería en el sifón invertido.

$$h_f = \left(\frac{2.069}{0.8494 * 140 * \left(\frac{0.5818}{4} \right)^{0.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}} * 324.26 = 1.696 m$$

- **Perdida por cambio de dirección o accesorios**

Se emplea la siguiente fórmula y se aplica a cada codo o accesorio

$$h_k = k_c * \frac{Vt^2}{2 * g}$$

Tabla 20. Cambios de dirección en la longitud del sifón

ANGULOS HORIZONTALES Y VERTICALES (TUBERIA HDPE 630mm)								
Punto de quiebre	Tipo de ángulo	Veloc. Vt	Prog.	Angulo °C	Angulo de Inflexión (Ai)	KC	Vt ² /2g	h _k
Inicio			0+000					
PI (1)	H	2.069	0+000.75	175	5	0.04	0.218	0.010
PI (2)	H	2.069	0+025.78	160.503	19.497	0.15	0.218	0.034
PI (3)	V	2.069	0+029.66	169.154	10.846	0.06	0.218	0.014
PI (4)	H - V	2.069	0+053.72	166.813	13.187	0.06	0.218	0.014
PI (5)	V	2.069	0+066.15	174.311	5.689	0.04	0.218	0.010
PI (6)	H	2.069	0+094.15	174.747	5.253	0.04	0.218	0.010
PI (7)	V	2.069	0+105	160.665	19.335	0.15	0.218	0.034
PI (8)	H - TEE	2.069	0+109.57	175	5	0.04	0.218	0.010
PI (9)	H - V	2.069	0+120.98	173.325	6.675	0.04	0.218	0.010
PI (10)	H	2.069	0+158.98	176.061	3.939	0.04	0.218	0.010
PI (11)	H	2.069	0+191.60	159.555	20.445	0.15	0.218	0.034
PI (12)	H	2.069	0+224.40	164.136	15.864	0.15	0.218	0.034
PI (13)	H	2.069	0+245.75	160.594	19.406	0.15	0.218	0.034
PI (14)	H	2.069	0+270.38	163.762	16.238	0.15	0.218	0.034
PI (15)	H	2.069	0+291.91	177.414	2.586	0.04	0.218	0.010
final	H	2.069	0+318.85	180				
SUMATORIA								0.296

La sumatoria de la pérdida de carga por la totalidad de codos es de 0.296 metros.

El acumulado de pérdidas producidas en el sifón invertido es:

$$h_{total} = \sum \text{pérdidas} = 0.019 + 0.029 + 0.109 + 1.696 + 0.296 = 2.149 \text{ m}$$

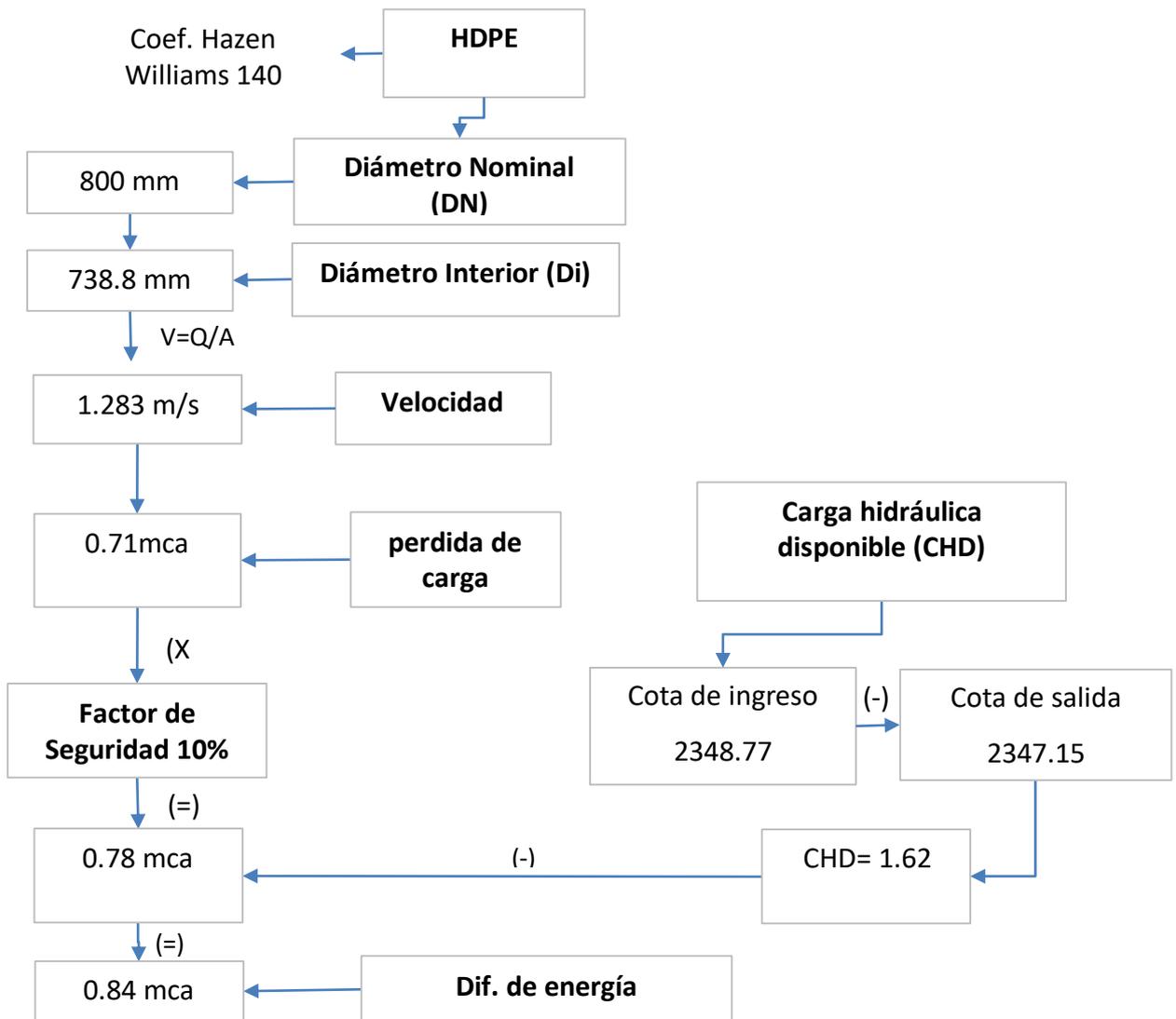
Se debe aplicar un factor de seguridad de 10% a la pérdida de carga total.

$$F_s * h_{total} = 1.1 * 2.149 \text{ m} = 2.364 \text{ m}$$

Carga disponible = 1.62 m, debido a que la pérdida de carga es mayor a la carga disponible no se cumple con la condición si es que se utiliza el diámetro de 630mm y las cotas planteadas en del expediente técnico.

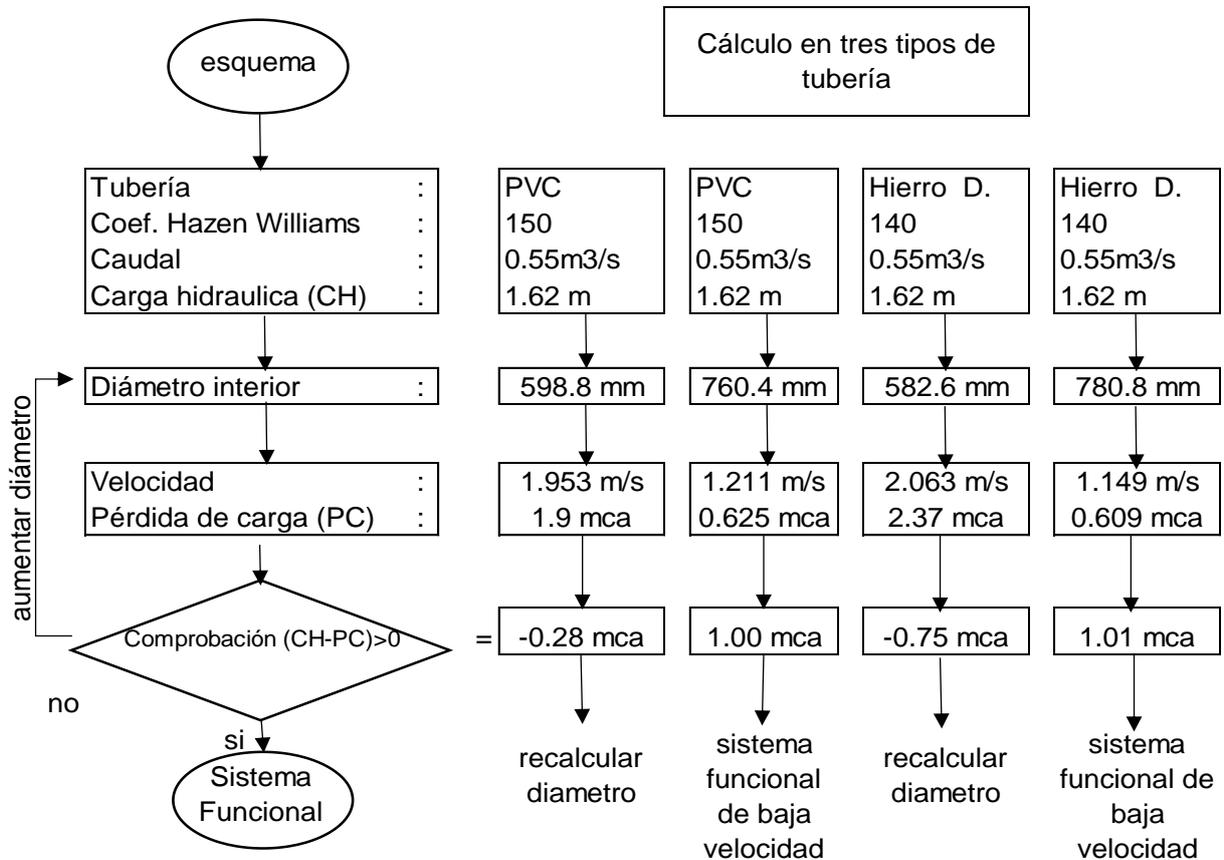
Para el cálculo de tubería HDPE DN800mm, SRD 26, PN6 manteniendo las cotas del expediente técnico se tiene los siguientes resultados

Tabla 21. Cálculos tubería HDPE800mm manteniendo la elevación de la captación



Para el cálculo de tuberías PVC-O y Hierro Dúctil manteniendo la cota de agua en el ingreso es de 2348.77 msnm, y la cota de salida es 2347.15 msnm. teniendo una carga hidráulica disponible de 1.62m. y un caudal requerido el cual es de 550 lt/s y la longitud del sifón es de 324.26 m. se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 22. Cálculos tubería PVC-O (630 y 800mm) y Hierro Dúctil (600 y 800mm)



3.6.2. Determinación de la capacidad hidráulica de la tubería planteada en el expediente técnico, el cual es de DN 630 mm, cambiando la elevación de la captación, hasta lograr la carga hidráulica requerida en el sifón invertido de la línea de conducción.

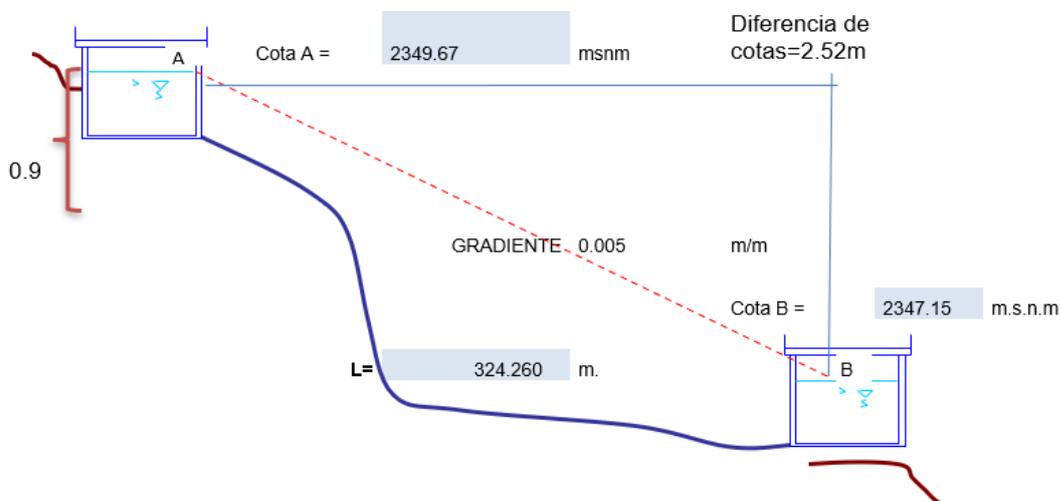


Figura 20. Cambio de elevación de la captación para HDPE y Hierro Dúctil

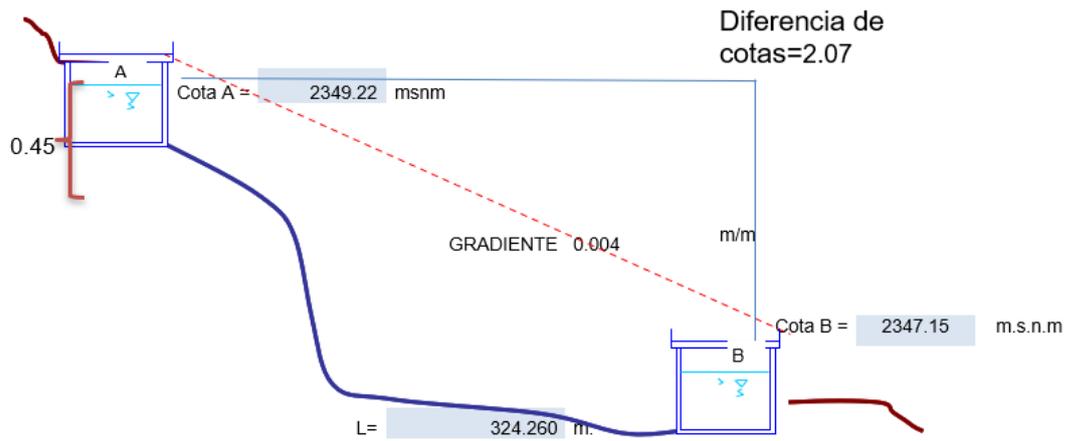
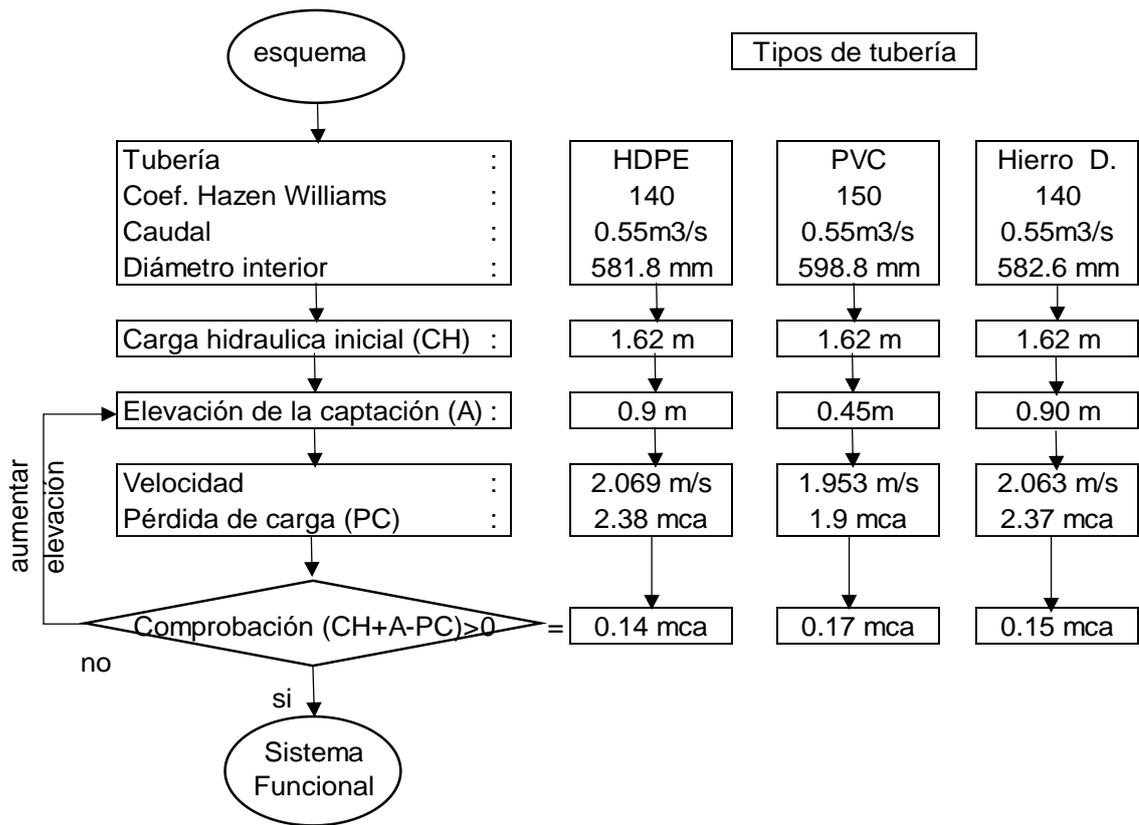


Figura 21. Cambio de elevación de la captación para tubería PVC

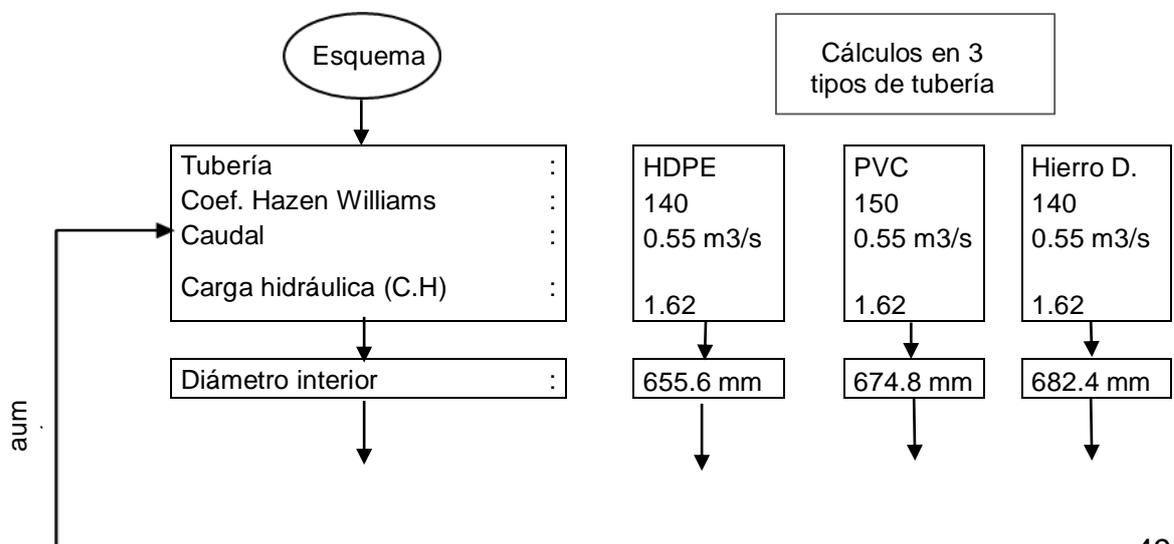
Manteniendo el caudal de diseño de la bocatoma el cual es $0.55\text{m}^3/\text{s}$ y la dimensión de la tubería según expediente técnico, se debe elevar la captación en 0.90m si se usa la tubería de HDPE y Hierro Dúctil, y si en caso se quiere usar tubería PVC se debe elevar la captación en 0.45m para que el sistema funcione, como se muestra a continuación.

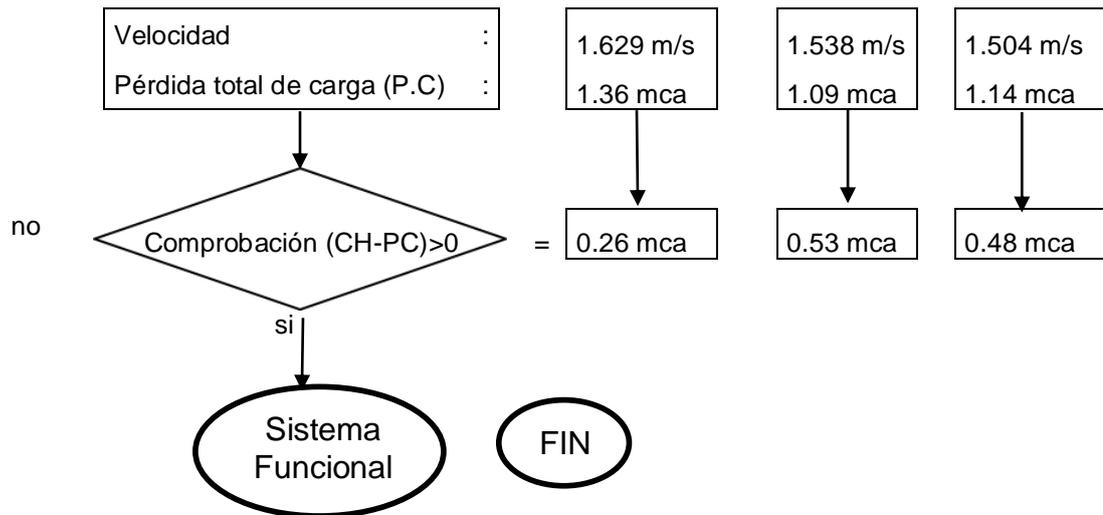
Tabla 23. *Cálculos con cambio de elevación en la captación*



3.6.3. Conservación de la capacidad hidráulica con un nuevo diámetro de tubería del sifón invertido de la línea de conducción, sin cambiar la elevación de la captación.

Tabla 24. Cálculos para tubería de DN 710 y 700 mm





Los cálculos se realizaron conservando la cota de la captación, con el caudal requerido el cual es 550lt/s, para la fórmula de Hazen Williams se usó el coeficiente de acuerdo al RNE, C=140 para tubería HDPE y Hierro Dúctil, y C=150 para PVC

3.6.4. Estudio del comportamiento hidráulico de flujo del sifón invertido según los diámetros tuberías HDPE, PVC y Hierro Dúctil en la línea de conducción de la central hidroeléctrica san gaban

- **Cálculo del Número de Reynolds, en tubería (HDPE):**

En diámetro 630mm:
$$N_R = \frac{2.069 \frac{m}{s} * 0.5818m}{1.002 * 10^{-6} \frac{Ns}{m^2}} = 1,201,341.52$$

Para diámetro 710mm:
$$N_R = \frac{1.629 \frac{m}{s} * 0.6556m}{1.002 * 10^{-6} \frac{Ns}{m^2}} = 1,065,840.72$$

Para diámetro 800mm:
$$N_R = \frac{1.283 \frac{m}{s} * 0.7388m}{1.002 * 10^{-6} \frac{Ns}{m^2}} = 945,988.42$$

Debido a que la velocidad es constante en el sifón invertido el flujo que corre en las tuberías es turbulento

- **Cálculo del Número de Reynolds, en tubería (PVC):**

En diámetro 630mm:
$$N_R = \frac{1.953 \frac{m}{s} * 0.5988m}{1.002 * 10^{-6} \frac{Ns}{m^2}} = 1,167,122.16$$

$$\text{Para diámetro 710mm: } N_R = \frac{1.538 \frac{m}{s} * 0.6748m}{1.002 * 10^{-6} \frac{Ns}{m^2}} = 1,035,770.86$$

$$\text{Para diámetro 800mm: } N_R = \frac{1.211 \frac{m}{s} * 0.7604m}{1.002 * 10^{-6} \frac{Ns}{m^2}} = 919,006.39$$

Debido a que la velocidad es constante en el sifón invertido el flujo que corre en las tuberías es turbulento

- **Cálculo del Número de Reynolds, en tubería (HIERRO DUCTIL):**

$$\text{En diámetro 600mm: } N_R = \frac{2.063 \frac{m}{s} * 0.5826m}{1.002 * 10^{-6} \frac{Ns}{m^2}} = 1,199,504.79$$

$$\text{Para diámetro 700mm: } N_R = \frac{1.504 \frac{m}{s} * 0.6824m}{1.002 * 10^{-6} \frac{Ns}{m^2}} = 1,024,281.04$$

$$\text{Para diámetro 800mm: } N_R = \frac{1.149 \frac{m}{s} * 0.7808m}{1.002 * 10^{-6} \frac{Ns}{m^2}} = 895,348.50$$

Debido a que la velocidad es constante en el sifón invertido el flujo que corre en las tuberías es turbulento

3.7. Aspectos éticos

El contenido de los diferentes capítulos del presente proyecto de investigación que fue desarrollado, respetó la autoría de los libros, revistas de investigación, tesis y artículos de investigación, es por ello que se realizó la referencia bibliográfica de cada una de las que fueron citadas, las referencias se realizaron de acuerdo a la norma ISO -690 séptima edición. así mismo, en cuanto a la forma de la presentación del documento, se basó en el modelo del proyecto de tesis aprobado y otorgado por la Universidad Cesar Vallejo de esta manera se lleva un orden del contenido de la tesis.

La autorización de la toma de datos en campo es solicitada a la empresa de generación eléctrica San Gabán, el diseño e interpretación de datos del comportamiento hidráulico de flujo del sifón invertido será realizado en gabinete.

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción de la zona de estudio

Ubicación política

El área de estudio para la esta investigación se sitúa en la región Puno, Provincia de Carabaya, distrito de San Gabán



Figura 22. Mapa político del Perú



Figura 23. Mapa de la provincia de Puno



Figura 24. Mapa del distrito de San Gabán

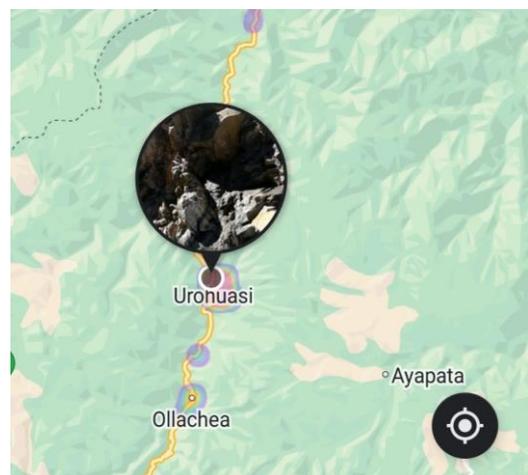


Figura 25. Mapa de la ubicación del sifón invertido

Limites:

Norte : Con el departamento de Cuzco y el distrito de Ayapata.

Sur : Con el distrito de Ollachea y Ayapata.

Este : Con el distrito de Ayapata.

Oeste : Con el departamento de Cuzco y el distrito de Ollachea.

Ubicación geográfica

En el distrito de San Gabán, comunidad de Icacó, la quebrada Tupuri se ubica, entre los 74°35' y 74°45' de longitud Oeste y entre los 12°20' y 12°30' de latitud Sur., la altitud del área de investigación se encuentra entre los 2400 y los 2100 m.s.n.m.

Características de la zona de estudio**Clima**

El área de estudio presenta un clima de acuerdo a las estaciones del año siendo el mes más frío y seco en la estación de invierno en el mes de julio y el mes más cálido en enero además del más lluvioso en la estación de verano. La temperatura llega a un máximo de 25°C y mínimo de 5°C durante el año.

Geografía de la zona

El talud se encuentra ligeramente meteorizado y fracturado, se encuentra cubierto por una ligera vegetación, del km 0+112 al km 0+185 se encuentra el talud con roca fracturada con aberturas rellenas por material orgánico, este sector presenta una pendiente de 78° y 60°, Del km 0+185 - 0+195 el talud se encuentra meteorizado y con roca fracturada, este sector presenta una pendiente de 52°. Del Km 0+195 - 0+330: el talud se encuentra con roca fracturada, con aberturas de 1 a 5 cm rellenas por material orgánico; superficialmente se aprecia cobertura vegetal con material orgánico. Este sector presenta una pendiente de 49°.

4.2. Resultados

4.2.1. Determinación de la capacidad hidráulica en el sifón invertido de la línea de conducción con la tubería planteada en el expediente técnico considerando el diámetro comercial, el cual es de DN 630 mm y 800 mm, sin cambiar la elevación de la captación.

Tabla 25. Cuadro resumen de resultados de tuberías de DN 630mm y 600mm

Tipo de tubería	cota		Carga Hidrául (m)	DN (mm)	Di (mm)	Veloc. (m/s)	perdida de carga total	Dif. de Energía (mca)
	inicio	final						
HDPE	2348.77	2347.15	1.62	630	581.8	2.069	2.36	-0.74
PVC-O	2348.77	2347.15	1.62	630	598.8	1.953	1.90	-0.28
Hierro Dúctil	2348.77	2347.15	1.62	600	582.6	2.063	2.37	-0.75

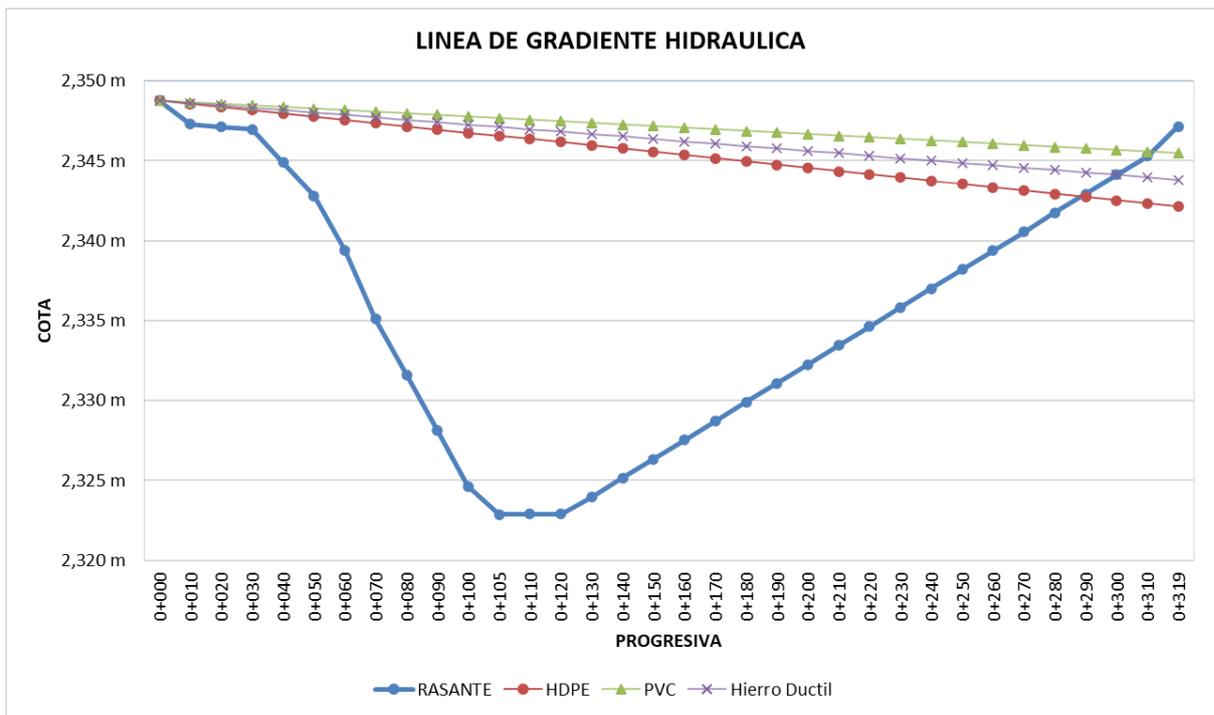


Figura 26. Gráfico de pérdidas de carga por tipo de tubería DN 630 y 600mm

Interpretación:

Según los resultados de la tabla 24, se observa que si mantenemos la tubería de 630mm para tubería de HDPE y PVC-O y de DN 600mm para tubería de hierro dúctil, y además de ello se mantiene las cotas del expediente, las pérdidas de carga

que se calcularon en todo el recorrido del sifón son mayores a la carga hidráulica disponible en los 3 tipos de tubería.

Tabla 26. Cuadro resumen de resultados de tubería de DN 800mm

Tipo de tubería	Cota		Carga Hidrául. (m)	DN (mm)	Di (mm)	Velocidad (m/s)	perdida de carga total	Dif. de Energía (mca)
	inicio	Final						
HDPE	2348.77	2347.15	1.62	800	738.8	1.283	0.78	0.84
PVC-O	2348.77	2347.15	1.62	800	760.4	1.211	0.625	1.00
Hierro Dúctil	2348.77	2347.15	1.62	800	780.8	1.149	0.609	1.01

Interpretación:

Realizando los cálculos con el DN 800 mm en todo el recorrido del sifón se obtiene los resultados de la tabla 25, se puede observar que la pérdida de carga es menor a la carga hidráulica disponible, lo cual indica que el flujo hídrico logrará ser transportado por todo el recorrido del sifón con los diferentes materiales de tubería, sin embargo, (ANA, 2010) indica que para sifones cuya longitud es menor a 500 veces su diámetro, la velocidad debe ser mayor a 1.60 m/s. y ninguno de los tipos de tubería cumple con este requisito.

4.2.2. Determinación de la capacidad hidráulica de la tubería planteada en el expediente técnico, el cual es de DN 630 mm, cambiando la elevación de la captación, hasta lograr la carga hidráulica requerida en el sifón invertido de la línea de conducción.

Tabla 27. Cuadro resumen de cálculos con cambio de elevación de la captación

Tipo de tubería	altura adicional	Cota		Carga Hidrául. (m)	DN (mm)	Di (mm)	Veloc. (m/s)	perdida de carga total	Dif. de Energía (mca)
		inicio	final						
HDPE	0.900	2349.67	2347.15	2.52	630	581.8	2.069	2.38	0.14
PVC-O	0.450	2349.22	2347.15	2.07	630	598.8	1.953	1.90	0.17
Hierro Dúctil	0.900	2349.67	2347.15	2.52	600	582.6	2.063	2.37	0.15

Interpretación:

Para considerar utilizar el diámetro indicado en el expediente técnico se deberá cambiar el nivel de la captación hasta lograr un comportamiento hidráulico aceptable en el sifón, se debe considerar que para la tubería de HDPE y Hierro Dúctil se debe elevar la captación en 0.90 m, por lo que se tendría un nivel de ingreso en el sifón de 2349.67 msnm. Para la tubería de PVC la captación se

elevaría en 0.45 m por lo que se tendría un nivel de ingreso en el sifón de 2349.22 msnm; para los tres casos se mantiene la cota de salida de 2,347.15 msnm debido a que se debe respetar las pendientes y cotas de la línea de conducción.

4.2.3. Mantenimiento de la capacidad hidráulica con un nuevo diámetro de tubería del sifón invertido de la línea de conducción, sin cambiar la elevación de la captación.

Como se determinó la necesidad de un diámetro comercial superior al propuesto en el expediente técnico, siendo el inmediato superior el DN 710 mm para tubería HDPE, PVC, y para la tubería de hierro dúctil con DN 700 mm. Se procedió a calcular con este diámetro, con lo cual se obtuvieron los resultados que se muestran a continuación.

Tabla 28. Cuadro resumen de cálculos de tubería de DN 710mm y 700mm

Tipo de tubería	cota		Carga Hidráulic.	DN (mm)	Di (mm)	Veloc.	perdida de carga total	Dif. de Energía
	inicio	final						
HDPE	2348.77	2347.15	1.62	710	655.6	1.629	1.36	0.26
PVC-O	2348.77	2347.15	1.62	710	674.8	1.538	1.09	0.53
Hierro Dúctil	2348.77	2347.15	1.62	700	682.4	1.504	1.14	0.48

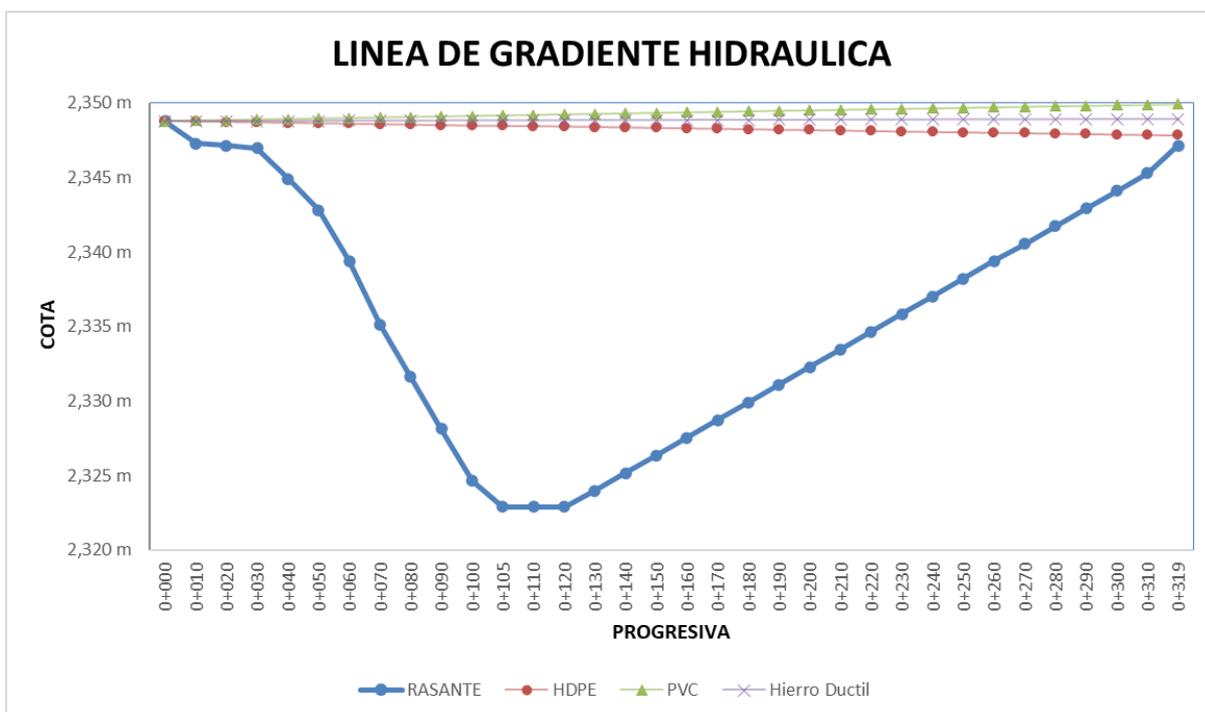


Figura 27. Gráfico de pérdidas de carga por tipo de tubería DN 710 y 700mm

Interpretación:

Realizando los cálculos con el DN 710mm en tuberías de HDPE y PVC, y de DN 700 en tubería de Hierro dúctil en todo el recorrido del sifón se obtiene los resultados de la tabla 27, se puede observar que la pérdida de carga es menor a la carga hidráulica disponible en los tres tipos de tubería.

4.2.4. Estudio del comportamiento hidráulico de flujo del sifón invertido según los diámetros de tuberías HDPE, PVC y Hierro Dúctil en la línea de conducción de la central hidroeléctrica San Gabán.

El comportamiento del flujo se determina de acuerdo al número de Reynolds, para los diferentes tipos de tubería se obtuvo los siguientes datos:

Tabla 29. *Número de Reynolds*

Tubería	N° Reynolds
HDPE	1,071,056.89
PVC	1,040,633.14
Hierro dúctil	1,039,711.44

Interpretación:

Debido a que el número de Reynolds hallado en los tres tipos de tubería son mayores a 4,000 se determina que el flujo en el sistema es turbulento.

V. DISCUSIÓN

Las discusiones son desarrolladas acorde a los objetivos.

Discusión 1. Determinación de la capacidad hidráulica en el sifón invertido de la línea de conducción con la tubería planteada en el expediente técnico considerando el diámetro comercial, el cual es de DN 630 mm y 800 mm, sin cambiar la elevación de la captación.

Las tuberías HDPE y PVC de DN 630mm y la tubería de Hierro Dúctil de DN600mm tienen diferencias de energía negativa -0.74, -0.28, -0.75mca respectivamente lo cual indica que la pérdida de carga es mayor a la carga hidráulica disponible, el caudal máximo que logra conducir estos sistemas son 0.41, 0.53, 0.45m³/s respectivamente. La rugosidad que se considera es de acuerdo al RNE que indica que C coeficiente de rugosidad para PVC es 150 y para HDPE y Hierro dúctil es 140. Las diferencias en cuanto a las pérdidas de carga se deben a los diámetros interiores que se encuentran de acuerdo a los catálogos comerciales de las empresas que distribuyen las tuberías en el Perú. Con el DN 800mm el sistema logra conducir el fluido, dado que la carga hidráulica disponible es mayor a la pérdida de carga total, sin embargo, la velocidad del flujo con este diámetro es 1.28, 1.21, 1.15m/s respectivamente. Sin embargo (ANA, 2010) indica que, como criterios de diseño, la velocidad para sifones cortos es 1.6m/s, y para largos de 2.5-3.5 m/s para evitar sedimentación.

(Palomino Ramirez, 2017) citado como antecedente nacional indica que, para tubería de diámetro 44" se tiene una pérdida de carga de 2.767 m, e indica que si el diámetro es menor existe una mayor pérdida de carga centrada en la tubería

(Pérez Marrero, 2011) citado como antecedente internacional indica que la disminución del caudal se debe a posibles desviaciones de agua, y consecuentes pérdidas de carga en todo su recorrido.

Debido a que las velocidades no son congruentes a lo especificado por el ANA se descarta el uso de estos diámetros en este sistema.

Discusión 2. Determinación de la capacidad hidráulica de la tubería planteada en el expediente técnico, el cual es de DN 630 mm, cambiando la elevación de

la captación, hasta lograr la carga hidráulica requerida en el sifón invertido de la línea de conducción.

Para considerar utilizar el diámetro comercial indicado en el expediente técnico de DN630mm y 600mm se deberá elevar el nivel de la cota de captación, para el caso de tuberías HDPE y Hierro Dúctil se deberá elevar en 0.90m y si se utiliza el material de PVC se deberá elevar en 0.45m, sin embargo, para realizar el cambio de cota de elevación previamente se tiene que efectuar la modificación del diseño hidráulico de la bocatoma y del desarenador según el tipo de tubería a considerar.

(Mendez Inga, 2020) citado como antecedente nacional indica que, se tiene una diferencia de altura de 7.6m y este es mayor a la pérdida de carga total es de 6.89m, la ubicación del inicio del sifón es indispensable para asegurar la carga energética disponible.

(Enriquez Erazo & Gudiño Gordillo, 2018) citado como antecedente internacional indica que, para diseñar un sifón invertido se debe tratar al máximo evitar la pérdida de carga y ubicar una cota lo más alto posible asegurando que el desnivel logre conducir el fluido.

Como se observa los valores determinados son congruentes con lo dicho en los antecedentes citados es por ello que el objetivo es alcanzado.

Discusión 3. Mantenimiento de la capacidad hidráulica con un nuevo diámetro de tubería del sifón invertido de la línea de conducción, sin cambiar la elevación de la captación.

El uso del DN 710 mm de HDPE y PVC así mismo el DN 700mm de Hierro dúctil en el sistema de conducción planteado, en los tres casos se asegura la conducción del fluido manteniendo el caudal requerido para el transporte del fluido y se mantiene las cotas de la bocatoma y desarenador planteados en el expediente técnico las velocidades halladas son 1.629, 1.538, 1.504m/s respectivamente así mismo, las presiones entre los tres tipos de tubería es de 25.39, 25.49 y 25.48mca respectivamente, de los tres tipos la que mejor resultado ante la presión es la tubería de HDPE. La mejor opción para el funcionamiento del sifón es la tubería HDPE debido a que los resultados se encuentran bajo los parámetros que indica

(ANA, 2010). Además, se obtuvo un promedio de la gradiente hidráulica de 2.77m/km.

(Borda Mora, 2020) citado como antecedente nacional indica que, el diseño hidráulico del recorrido de la tubería de HDPE y PVC se obtiene calculando el diámetro y velocidad respetando parámetros máximos y mínimos de los reglamentos y normas, para un diámetro de 63mm se tiene una velocidad de 0.42m/s para ambos tipos de tubería sin embargo la que mejor se comporta ante la presión es la tubería HDPE frente a la de PVC con resultados siguientes 57.98 y 58.75 respectivamente, se determinó la tubería más eficiente para el uso en instalaciones de agua potable es la tubería de polietileno de alta densidad (HDPE) presenta mayor eficiencia con respecto a la tubería de PVC.

(Zubieta, 2013) Citado como antecedente internacional, el diámetro recomendado hallado bajo la ecuación de continuidad lograra transportar el caudal requerido tomando en cuenta los parámetros del reglamento. (Pérez Marrero, 2011) indica que para un sifón de 3.5km se tiene una gradiente hidráulica de 2.85m/km y se obtuvo una pérdida de carga de 10m.

Dado que los valores obtenidos en el objetivo específico 3 son consistentes a los antecedentes citados el objetivo es alcanzado. (ANA, 2010) indica que, como criterios de diseño, la velocidad para sifones cortos es 1.6m/s, y para largos de 2.5-3.5m/s para evitar sedimentación.

Discusión 4. Estudio del comportamiento hidráulico de flujo del sifón invertido según los diámetros de tuberías HDPE, PVC y Hierro Dúctil en la línea de conducción de la central hidroeléctrica San Gabán.

El comportamiento hidráulico del flujo en el sifón invertido para tubería HDPE, PVC y Hierro Dúctil hallados bajo el No de Reynolds es 1071056, 1040633, 1039711 respectivamente por lo tanto el flujo es turbulento en todos los casos, debido a ello las tuberías están expuestas al desgaste.

(Pinto Huamantla, 2020) citado como antecedente nacional indica que, el No de Reynolds en tuberías de presión de HDPE, PVC, F°G° el flujo es turbulento

calculando desde 3.5×10^4 a 3.7×10^4 , lo cual indica un posible desgaste con el pasar de los años de vidas útil.

(Changoluisa Analuisa, 2014) citado como antecedente internacional indica que de acuerdo a ensayos que realizó con un caudal máximo de 0.02l/s es laminar y los flujos turbulentos se producen debido a un incremento en el caudal y de la velocidad, los caudales mayores a 0.25l/s en un ducto de 12.7mm son flujos turbulentos.

Se observa que los valores calculados para la obtención del resultado de este ítem son congruentes a los antecedentes citados, por ello, el objetivo es alcanzado.

VI. CONCLUSIONES

Conclusión 1

Las tuberías HDPE y PVC de DN 630mm y la tubería de Hierro Dúctil de DN600mm tienen diferencias de energía negativa, el caudal máximo que logra conducir estos sistemas son 0.41, 0.53, 0.45 m³/s respectivamente, en ninguno de los casos se logrará conducir el caudal requerido.

En caso del DN 800mm de los 3 tipos de tubería se concluye que el sistema lograría conducir el fluido, sin embargo, las velocidades del flujo calculadas en los 3 casos son menores a lo indicado por (ANA, 2010) el cual es 1.6m/s, es por ello que se descartan todos los diámetros analizados.

Conclusión 2

Para considerar utilizar el diámetro comercial indicado en el expediente técnico de DN630mm y 600mm se deberá elevar el nivel de la cota de captación, para el caso de tuberías HDPE y Hierro Dúctil se deberá elevar en 0.90m y si se utiliza el material de PVC se deberá elevar en 0.45m, sin embargo, para realizar el cambio de cota de elevación previamente se tiene que efectuar la modificación del diseño hidráulico de la bocatoma y del desarenador según el tipo de tubería a considerar.

Conclusión 3

El uso del DN 710 mm de HDPE y PVC así mismo el DN 700mm de Hierro dúctil en este sistema asegurará la conducción del fluido manteniendo el caudal requerido y se mantiene las cotas de la bocatoma y desarenador planteados en el expediente técnico las velocidades halladas son 1.629, 1.538, 1.504m/s respectivamente. La mejor opción para el funcionamiento del sifón es la tubería HDPE debido a que los resultados se encuentran dentro de los parámetros que indica (ANA, 2010).

Conclusión 4

El comportamiento hidráulico del flujo en el sifón invertido para tubería HDPE, PVC y Hierro Dúctil hallados bajo en No de Reynolds son de 1071056, 1040633, 1039711 respectivamente por lo tanto el flujo es turbulento en todos los casos.

El régimen turbulento es caracterizado por altas velocidades del fluido, este puede ocasionar el desgaste de las paredes interiores de la tubería por esta razón se ha determinado espesores adecuados para asegurar el funcionamiento de las tuberías durante su periodo de vida útil. Para garantizar el funcionamiento seguro de la tubería.

VII. RECOMENDACIONES

Recomendación 1

Si en caso la pérdida de carga es mayor a la carga hidráulica disponible, se recomienda incrementar el diámetro de la tubería del sifón invertido. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la velocidad en estos sistemas debe estar dentro de los parámetros indicados por (ANA, 2010).

Recomendación 2

Cuando la pérdida de carga es mayor a la diferencia de cotas entre el ingreso y la salida, se recomienda elevar el nivel de captación para asegurar el correcto funcionamiento del sifón con el caudal de diseño planteado, así mismo cumpliendo con los parámetros de los criterios de diseños del (ANA, 2010).

Recomendación 3

Se recomienda utilizar diámetros de tuberías acorde a cada sistema que funcionen mínimamente con una velocidad de 1.60 m/s en sifones cortos para evitar sedimentación, la velocidad calculada debe estar dentro de los rangos establecidos por (ANA, 2010)

Recomendación 4

Se recomienda el uso de tubería HDPE, debido a que esta tubería debe ser enterrada para evitar daños en caso de derrumbes o deslizamientos. Si bien la tubería de PVC es resistente a presiones altas sin embargo estas pueden dañarse con golpes fuertes, en el caso de la tubería de hierro dúctil por encontrarse enterrado, la corrosión reduce su vida útil y debido a que el flujo es turbulento está expuesto a desgaste.

REFERENCIAS:

1. Ammash, H. K., Al-Husseini, T. R., & Al-Rammahi, M. A. (2009). Optimum hydraulic and structural design of inverted siphon. *Al-Qadisiyah Journal for Engineering Sciences*, 2(2), 177–191.
2. ANA. (2010). Criterios de diseños de obra hidraulicas para la formulacion de proyectos hidraulicos multisectoriales y de afianzamiento hidrico. *Autoridad Nacional Del Agua*.
3. Behar, D. S. (2010). Introducción a la Metodología de la Investigación. In *Shalom* (Vol. 1, Issues 978-959-212-783–7). <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
4. Bienianwski, Z. (1989). *Clasificaciones de macizos rocosos de ingeniería*.
5. Borda Mora, A. B. (2020). Diseño hidráulico empleando dos tipos de sistemas, tubería de polietileno de alta densidad (hdpe) y tubería pvc, la Florida -Huacrachuco - Marañón – Huánuco. In *Universidad Andina del Cusco*. Universidad Cesar Vallejo.
6. Changoluisa Analuisa, G. E. (2014). *Diseño y construccion de un equipo de laboratorio para la determinacion del numero de Reynolds*. Universidad Central del Ecuador.
7. CMAX. (2013). Tuberias De Hierro Ductil Y Conexiones. *CNBM International Corporación*, 1–46.
8. Enriquez Erazo, M. G., & Gudiño Gordillo, M. X. (2018). *Rediseño del sistema de riego Oyacoto, comunidad San Francisco de Oyacoto, parroquia Calderon, canton Quito, Provincia de Pichincha*. Universidad Central del Ecuador.
9. Estudios geotecnicos. (2015). *Expediente Técnico*.
10. Fadias G, A. (2012). *El proyecto de invetigación* (6ta ed.). Editorial Episteme, C.A.
11. Fuentes Cavides, W. F. (2013). *Pequeña central hidroelectrica de Tintoc*. Universidad Católica de Santa Maria.
12. Gavilanes J., H. (2018). Explotación de canteras. *Parámetros Geotécnicos y Estabilidad de Taludes*, 1–87.
13. Hcanales. (2013). *Villón Béjar, Máximo* (3.1).

14. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la Investigación*.
15. Hernández Torres, C. A. (2011). *Análisis ambiental de las grandes centrales hidroeléctricas de Colombia aplicando metodología multiobjetivo*. Universidad de la Salle.
16. Instituto Boliviano de Normalización y Calidad. (2007). *Reglamento técnico de diseño de sifones invertidos en sistemas sanitarios*. 1–32.
17. ISO 16422. (2014). Tubos y uniones de policloruro de vinilo orientado. *Tubos y Uniones de Poli(Cloruro de Vinilo) Orientado Para Conduccion de Agua a Presion*.
18. ISO 2531. (2009). *Tubos conexiones y piezas accesorias de fundicion ductil para consuccion de agua*. 2009.
19. Janson, L.-E., Bergström, G., Bäckman, M., & Blomster, T. (2005). Time-dependent strength of large diameter PE100 low sag pipe. *Plastics, Rubber and Composites*, 34(1), 20–24. <https://doi.org/10.1179/174328905X29749>
20. Lopez Andre, L. (1997). *Manual de Hidraulica*. Universidad de Alicante.
21. Mendez Inga, E. F. (2020). *Diseño hidráulico del sifón invertido en la progresiva 6+350 KM del canal Ishinca con fines de irrigación - distrito de Tarica - Huaraz*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
22. MOLECOR. (2018). *La nueva generacion de tuberia PVC orientado*. 41.
23. Monge Redondo, M. A. (2018). *Diseño agronómico e hidráulico de riegos agrícolas a presión* (2da ed.). Grupo Editorial Agrícola.
24. Mott, Robert. (2006). Mecanica de Fluidos. In *Mecánica de Fluidos: Vol. 3 ed.*
25. Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. In *ediciones de la U* (5ta ed., Vol. 5). Ediciones de la U. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
26. ONU. (2017). *Energía asequible y no contaminante: por qué es importante*. <http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>
27. Ordoñez Palacios, L. E., Bucheli Guerrero, V. A., & Ordoñez Erazo, H. (2020). Revisión sistemática sobre geolocalización automática para pequeñas centrales hidroeléctricas. *Investigación e Innovación En*

- Ingenierías*, 8(1), 168–191. <https://doi.org/10.17081/invinno.8.1.3779>
28. Orenes Vega, J. J. (2018). *Tuberías de polietileno en los sistemas de distribución de agua potable*. 655–657.
 29. Ortiz Flórez, R. (2012). *Pequeñas centrales hidroeléctricas* (Vol. 7).
 30. Osinergmin. (2017). *Guía de criterios geomecánicos para diseño, construcción, supervisión y cierre de labores subterráneas* (H. Mendieta Espinoza, F. Arías Arce, W. Salas Marroquin, E. Nikaido Hokama, & N. Curi Ayala (eds.); 1ra ed.).
 31. Palomino Ramirez, M. (2017). *Análisis de Diseño de Sifón*. Universidad José Carlos Mariátegui.
 32. Pérez Marrero, J. (2011). Nuevo análisis del sifón invertido de los arquillos, acueducto romano de Gades. *Cuadernos de Prehistoria de La Universidad de Granada*, 21, 91–126.
 33. Pinto Huamantla, J. N. (2020). *Comportamiento hidráulico en línea de conducción con tuberías convencionales en zonas de topografía agreste, Circa, Apurímac, 2020*. Universidad Cesar Vallejo.
 34. Ramírez Aguilar, R. X. (2015). *Tuberías de Polietileno de alta densidad resistentes al impacto (PE100-RC) destinadas al transporte, distribución y servicio de agua potable*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.
 35. RNE. (2020). Reglamento Nacional De Edificaciones. *Reglamento Nacional De Edificaciones*, 53(9), 1689–1699.
 36. Ruiz Bolívar, C. J. (2002). *Instrumentos y Técnicas de Investigación Educativa*. DANAGA Training and Consulting.
 37. Schmerler Vaintein, D., Velarde Sacio, J. C., Rodríguez González, A., & Solís Sosa, B. (2019). *Energías renovables: experiencia y perspectivas en la ruta del Perú hacia la transición energética* (D. Schmerler, J. C. Velarde, A. Rodríguez, & B. Solís (eds.); 1ra EDICIÓN). GRÁFICA BIBLOS S.A.
 38. Slide 6.0. (2015). *Rocscience* (pp. 1–32).
 39. The Government of the Hong Kong Special Administrative region. (1984). *Geotechnical Manual for Slopes*. In *The Government of the Hong Kong Special Administrative Region*.
 40. TIGRE. (2018). *“Catálogo de Infraestructura” Polietileno De Alta Densidad*.
 41. Torre, W. C., & Vega, J. J. (2021). Diseño hidráulico de sifón invertido del

cruce canal de riego quebrada Sonccoyuma, de distritos Antabamba, provincia Antabamba – departamento de Apurímac. In Ucv. Universidad César Vallejo.

42. Zubieta, diego fernando. (2013). *Diseño de sifon hidraulico para un sistema piloto de humedales hibridos como post tratamiento de aguas residuales de porcicola*. Universidad Libre Seccional Pereira.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Operacionalización de Variables.

TITULO: Comportamiento hidráulico de flujos en sifón invertido de la línea de conducción según diámetros de tuberías, Central Hidroeléctrica San Gabán Puno, 2022					
AUTOR: Sephora Keyla Keren Calcina Lujan					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA DE MEDICION
Variable independiente1: Diámetros de Tuberías	Son designaciones dimensionales de una tubería para los sistemas de transporte para fluidos es expresado en milímetros, son utilizados para diseño de redes. (RNE, 2020)	Son dimensiones de las tuberías, ya sean calculadas y comerciales, empleadas para el diseño y funcionamiento de un sistema de transporte de agua.	D1: Diámetros calculado D2: Diámetros comerciales D3: Diámetro nominal del expediente técnico	mm 630mm 710mm 630mm 800mm	Razón
Variable dependiente 2: comportamiento hidráulico de flujos en un sifón invertido.	En un sistema encerrado en tubería los flujos se comportan hidráulicamente a una mayor presión que la atmosférica, ellos están expuestos a cambios de caudal, dependiendo de las características del sistema de tubería. (Mott. Robert, 2006)	El comportamiento hidráulico de flujo en una tubería redonda de un sifón invertido depende de 3 magnitudes: diámetro de la tubería, la velocidad promedio del flujo y la pérdida de carga.	D1: pérdida de carga. D2: Velocidad del agua en el sifón invertido D3: caudal	mca Velocidad máxima, promedio, mínima. (m/s) Lt/s	Razón

Anexo 2. Matriz de Consistencia:

TITULO: Comportamiento hidráulico de flujos en sifón invertido de la línea de conducción según diámetros de tuberías, Central Hidroeléctrica San Gabán Puno, 2022							
AUTOR: Sephora Keyla Keren Calcina Lujan							
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable 1:	D1: Diámetros	mm	conocimientos	Enfoque
¿Como es el comportamiento hidráulico de flujo del sifón invertido según los diámetros de tuberías HDPE, PVC y Hierro Dúctil en la línea de conducción de la central hidroeléctrica san gaban?	Conocer el comportamiento hidráulico de flujo del sifón invertido según los diámetros de tuberías HDPE, PVC y Hierro Dúctil en la línea de conducción de la central hidroeléctrica san gaban	Los diámetros de las tuberías HDPE, PVC y Hierro Dúctil del sifón invertido en la línea de conducción de la central hidroeléctrica san gaban altera el comportamiento hidráulico del flujo en el sistema.	diámetros de tuberías.	calculados D2: Diámetros comerciales D3: Diámetro nominal del expediente técnico	630mm 710mm 630mm 800mm	en ingeniería, hidráulica, topografía, diseño de estructuras, diseño hidráulico, geología,	cuantitativo Tipo: aplicada Nivel: explicativo Diseño: no experimental
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable 2:	D1: perdida de carga	mca	conocimiento	población:
¿Como afecta mantener las tuberías planteadas en el expediente técnico, considerando el diámetro comercial los cuales son de DN 630 mm y 800, manteniendo la elevación de la captación a la capacidad hidráulica en el sifón invertido de la línea de conducción?	Determinar la capacidad hidráulica en el sifón invertido de la línea de conducción con la tubería planteada en el expediente técnico considerando el diámetro comercial, el cual es de DN 630 mm y 800 mm, sin cambiar la elevación de la captación	Conservando la elevación de la captación y la tubería comercial de DN 630mm planteada en el expediente técnico no proporcionará el caudal requerido en el punto de llegada del sifón invertido de la línea de conducción, sin embargo, la tubería de DN 800 si logra asegurar el transporte del agua al punto de llegada.	comportamiento hidráulico de flujos en el sifón invertido.	D2: Velocidad del agua en el sifón D3: caudal	Velocidad máxima, promedio, mínima. m/s Lt/s.	en programación de hojas de cálculo, libros, fichas técnicas, equipos y herramientas para obtención de datos.	la tubería en el sifón invertido en la línea de conducción de la central hidroeléctrica muestreo: no probabilístico

<p>¿Se deberá cambiar la elevación de la captación para lograr la carga hidráulica requerida en el sifón invertido de la línea de conducción, manteniendo la tubería planteada en el expediente técnico, considerando el diámetro comercial el cual es de DN630 mm?</p>	<p>Determinar la capacidad hidráulica de la tubería planteada en el expediente técnico, considerando un diámetro comercial el cual es de DN 630 mm, cambiando la elevación de la captación, hasta lograr la carga hidráulica requerida en el sifón invertido de la línea de conducción</p>	<p>Manteniendo la dimensión de la tubería DN 630mm según expediente técnico como diámetro comercial se deberá elevar la cota de la captación para lograr el caudal requerido en el punto de llegada del sifón invertido de la línea de conducción</p>					<p>muestra: 324.26 m</p> <p>instrumentos: libros, levantamiento topográfico, conocimiento en ingeniería, ficha técnica, programas computacionales.</p>
<p>¿Calculando un nuevo diámetro de tubería puedo mantener la capacidad hidráulica en el sifón invertido de la línea de conducción sin cambiar la elevación de la captación?</p>	<p>Mantener la capacidad hidráulica con un nuevo diámetro de tubería del sifón invertido de la línea de conducción, sin cambiar la elevación de la captación.</p>	<p>La dimensión de la tubería calculada del sifón invertido de la línea de conducción proporcionará el caudal requerido manteniendo las cotas de la captación según el expediente técnico.</p>					

Anexo 3. Validez.

SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS							
TITULO: Comportamiento hidráulico de flujos en sifón invertido de la línea de conducción con tubería Central Hidroeléctrica San Gabán Puno, 2022							
AUTOR: Sephora Keyla Keren Calcina Lujan							
I.-	INFORMACION GENERAL					EXPERTO	
UBICACIÓN:							
DISTRITO	San Gabán		ALTITUD	2400		A	
PROVINCIA	Carabaya		LATITUD	12°25'			
REGIÓN	Puno		LONGITUD	74°40'			
II.-	D1V1/D1V2: Diametro					1	
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V1 o D1V2							
indicador 1	Und	indicador 2	Und	indicador 3	Und		
diametro minimo	mm	diametro medio	mm	diametro maximo	mm		
III.-	D2V1/D2V2: cota inicial (depresión)					0.95	
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V1 o D2V2							
indicador 1	Und	indicador 2	Und	indicador 3	Und		
cota inicial	m.s.n.m.	pendiente	-%	cota fondo	m.s.n.m.		
IV.-	D3V1/D3V2: caudal					0.9	
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V1 o D3V2							
indicador 1	Und	indicador 2	Und	indicador 3	Und		
minimo	lt/s	promedio	lt/s	maximo	lt/s		
V.-	D1V2/D1V1: perdida de carga					0.9	
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V2 o D1V1							
indicador 1	Und	indicador 2	Und	indicador 3	Und		
accesorios	und	rugosidad	micra	cambio de dire	und		
VI.-	D2V2/D2V1: velocidad					0.85	
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V2 o D2V1							
indicador 1	Und	indicador 2	Und	indicador 3	Und		
alta	m/s	media	m/s	baja	m/s		
VII.-	D3V2/D3V1: cota de salida (elevación)					0.95	
Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V2 o D3V1							
indicador 1	Und	indicador 2	Und	indicador 3	Und		
cota fondo	m.s.n.m.	pendiente	%	cota salida	m.s.n.m.		

APELLIDOS Y NOMBRES	LOMBARDI FLORES, KLEVER
PROFESIÓN	INGENIERO CIVIL
REGISTRO CIP N°	145536
TELEFONO	926413343


 Klever Lombardi Flores
 INGENIERO CIVIL
 S.I.P. 145536

SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS							
TITULO: Comportamiento hidráulico de flujos en sifón invertido de la línea de conducción con tubería Central Hidroeléctrica San Gabán Puno, 2022							
AUTOR: Sephora Keyta Keren Calcina Lujan							
I.-	INFORMACION GENERAL					EXPERT	
	UBICACIÓN:					O	
	DISTRITO	San Gabán	ALTITUD	2400		B	
	PROVINCIA	Carabaya	LATITUD	12°25'			
	REGIÓN	Puno	LONGITUD	74°40'			
II.-	D1V1/D1V2: Diametro					0.85	
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V1 o D1V2						
	indicador 1	Und	indicador 2	Und	indicador 3		Und
	diametro min	mm	diametro med	mm	diametro maxi		mm
III.-	D2V1/D2V2: cota inicial (depresión)					0.85	
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V1 o D2V2						
	indicador 1	Und	indicador 2	Und	indicador 3		Und
	cota inicial	m.s.n.m.	pendiente	-%	cota fondo		m.s.n.m.
IV.-	D3V1/D3V2: caudal					0.85	
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V1 o D3V2						
	indicador 1	Und	indicador 2	Und	indicador 3		Und
	minimo	lt/s	promedio	lt/s	maximo		lt/s
V.-	D1V2/D1V1: perdida de carga					0.85	
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V2 o D1V1						
	indicador 1	Und	indicador 2	Und	indicador 3		Und
	accesorios	und	rugosidad	micra	cambio de dir		und
VI.-	D2V2/D2V1: velocidad					0.85	
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V2 o D2V1						
	indicador 1	Und	indicador 2	Und	indicador 3		Und
	alta	m/s	media	m/s	baja		m/s
VII.-	D3V2/D3V1: cota de salida (elevación)					0.85	
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V2 o D3V1						
	indicador 1	Und	indicador 2	Und	indicador 3		Und
	cota fondo	m.s.n.m.	pendiente	-%	cota salida		m.s.n.m.

APELLIDOS Y NOMBRES	Chalco Torres Adilson Gato
PROFESIÓN	Ing. Civil
REGISTRO CIP N°	106448
TELEFONO	966247122



Adilson Gato Chalco Torres
INGENIERO CIVIL
CIP N° 106448

SIMULACION DE ANALISIS DE VALIDEZ DE FICHA DE RECOPIACION DE DATOS							
TITULO: Comportamiento hidráulico de flujos en sifón invertido de la línea de conducción con tubería Central Hidroeléctrica San Gabán Puno, 2022							
AUTOR: Sephora Keyla Keren Calcina Lujan							
I.-	INFORMACION GENERAL					EXPERTO	
	UBICACIÓN:						
	DISTRITO	San Gabán	ALTITUD	2400		C	
	PROVINCIA	Carabaya	LATITUD	12°25'			
	REGIÓN	Puno	LONGITUD	74°40'			
II.-	D1V1/D1V2: Diametro					1	
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V1 o D1V2						
	Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3		Und
	diametro min	mm	diametro med	mm	diametro max		mm
III.-	D2V1/D2V2: cota inicial (depresión)					1	
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V1 o D2V2						
	Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3		Und
	cota inicial	m.s.n.m.	pendiente	-%	cota fondo		m.s.n.m.
IV.-	D3V1/D3V2: caudal					1	
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V1 o D3V2						
	Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3		Und
	caudal min	lt/s	caudal promed	lt/s	caudal max		lt/s
V.-	D1V2/D1V1: perdida de carga					0,9	
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D1V2 o D1V1						
	Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3		Und
	accesorios	und	rugosidad	micra	cambio de dire		und
VI.-	D2V2/D2V1: velocidad					0,85	
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D2V2 o D2V1						
	Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3		Und
	alta	m/s	media	m/s	baja		m/s
VII.-	D3V2/D3V1: cota de salida (elevación)					0,90	
	Colocar la información a recopilar de campo para medir la D3V2 o D3V1						
	Indicador 1	Und	Indicador 2	Und	Indicador 3		Und
	cota inicial	m.s.n.m.	pendiente	-%	cota fondo		m.s.n.m.

APELLIDOS Y NOMBRES	JILACHURA VELAZCO EDWIN
PROFESIÓN	Ing. Civil
REGISTRO CIP N°	103297
TELEFONO	988864557

EDWIN JILACHURA VELAZCO
INGENIERO CIVIL
CIP-103297

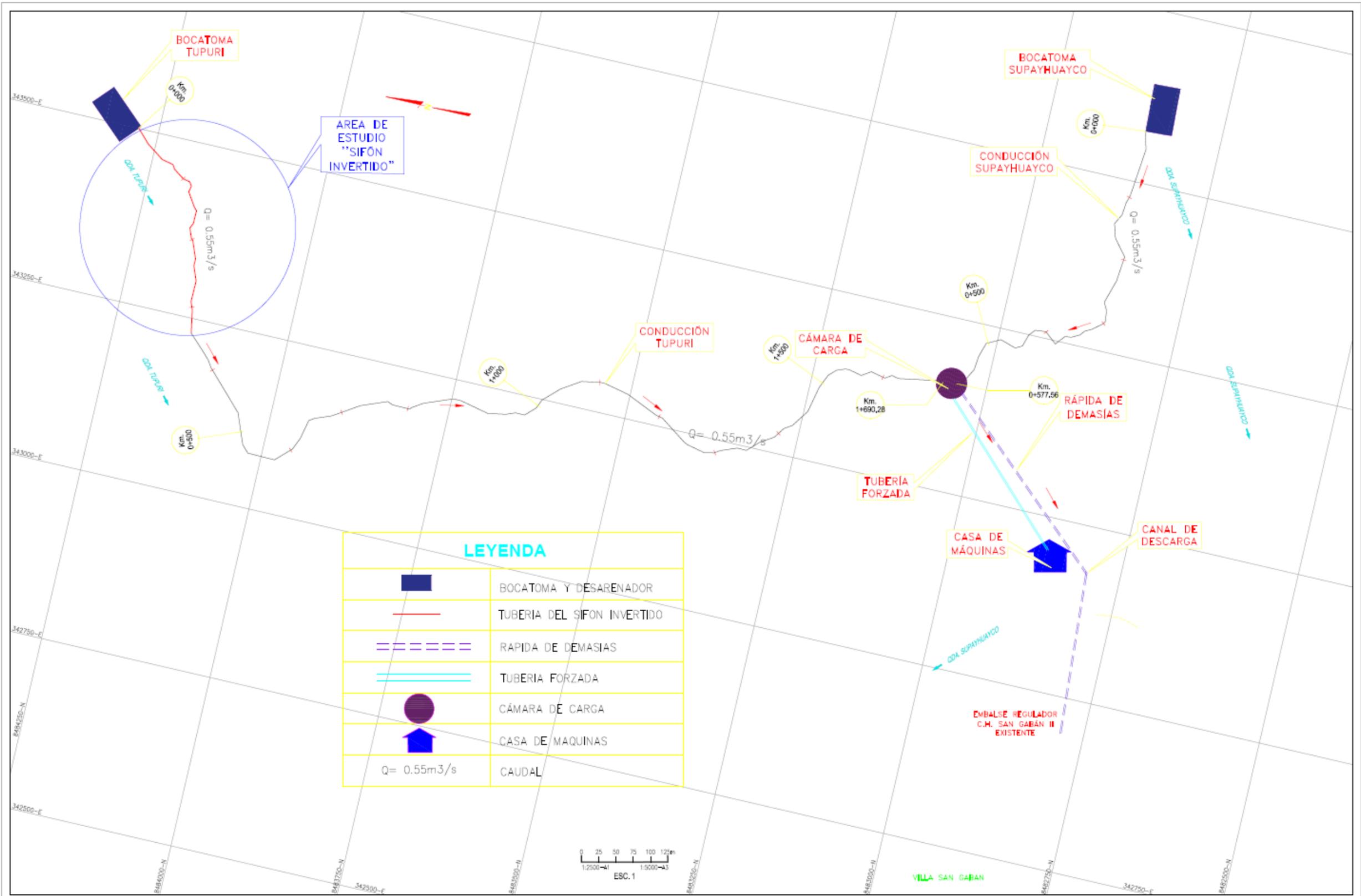
Anexo 4. Mapas y Planos.



Plano de ubicación del area de estudio



Vista satelital del área de estudio



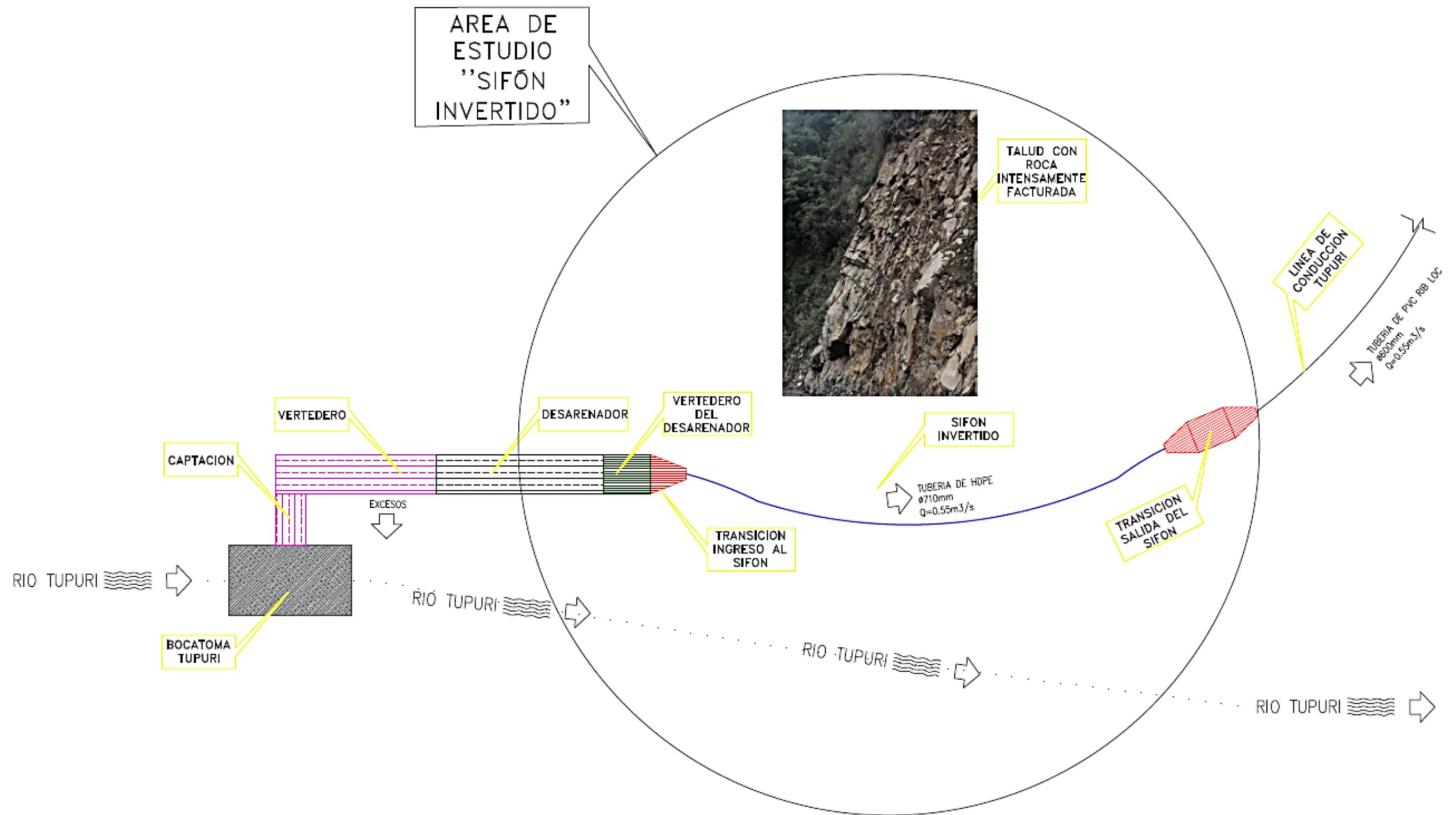
PROYECTO DE INVESTIGACION:
 "Comportamiento hidráulico de flujos en sifón invertido de la línea de conducción según diámetros de tuberías, Central Hidroeléctrica San Gabán Puno, 2022"

TESISTA:
 BACH. Sefhora Keyla Keren Calcina Lujan

OBRA:
 PROYECTO: APROVECHAMIENTO DE LA QUEBRADA TUPURI SIFON INVERTIDO

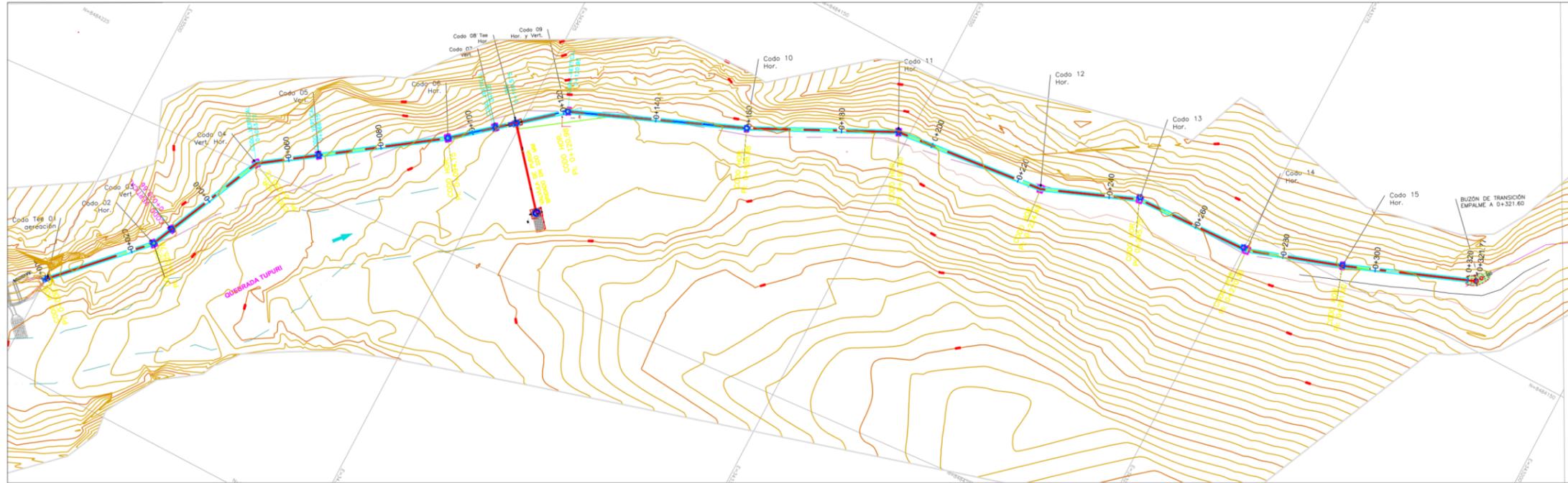
PLANO:
UBICACION PLANTA

ESCALA INDICADA
 FECHA: MAYO-2022
 COTILLON:
U-01

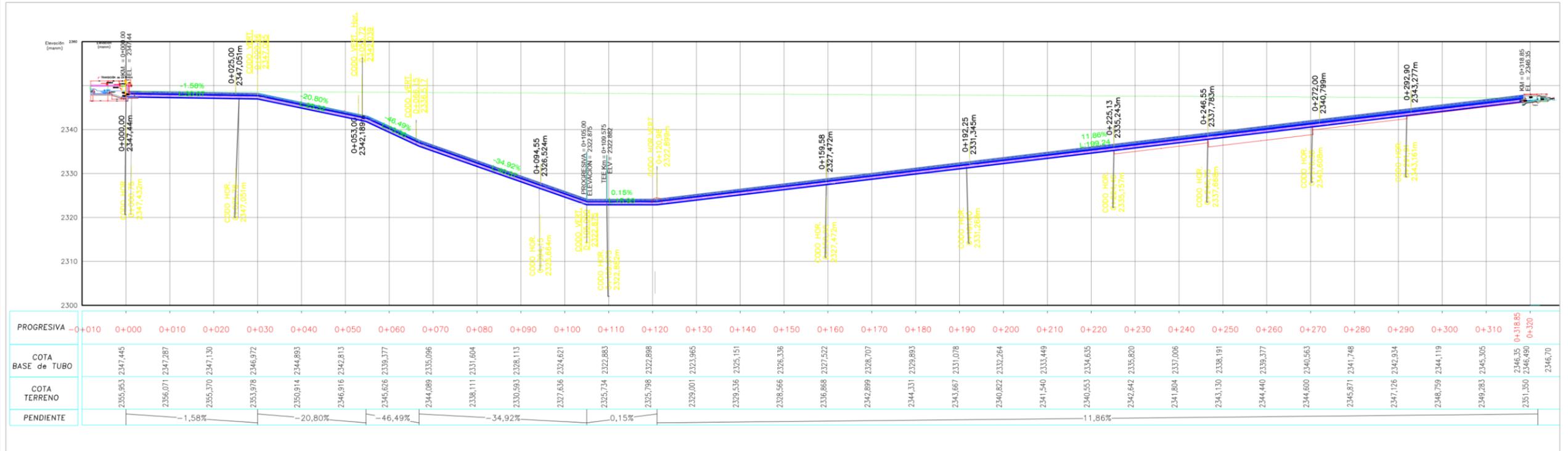


PROYECTO DE INVESTIGACION: "Comportamiento hidráulico de flujos en sifón invertido de la línea de conducción según diámetros de tuberías, Central Hidroeléctrica San Gabán Puno, 2022"	TESISISTA: BACH. Sephora Keyta Keren Calcina Lujan	OBRA: PROYECTO: APROVECHAMIENTO DE LA QUEBRADA TUPURI SIFON INVERTIDO	PLANO: UBICACIÓN	ESCALA:
				INDICADA
				FECHA:
				JULIO-2022
				CODIGO:
				U-02

PLANTA - SIFON INVERTIDO
Escala 1:500



PERFIL LONGITUDINAL - SIFON INVERTIDO
PROG: -0+000.00 - 0+321.60
Escala: 1:500



PROYECTO DE INVESTIGACION:
"Comportamiento hidráulico de flujos en sifón invertido de la línea de conducción según diámetros de tuberías, Central Hidroeléctrica San Gabán Puno, 2022"

TESISTA:
BACH. Sephora Keyla Keren Calcina Lujan

OBRA:
PROYECTO: APROVECHAMIENTO DE LA QUEBRADA TUPURÍ
SIFON INVERTIDO

PLANO:
SIFON INVERTIDO
PLANTA PERFIL

ESCALA: INDICADA
FECHA: MAYO-2022
CODIGO:

SI-01

Anexo 5. Panel Fotográfico.



Vista general de la zona donde se ubicará el sifón invertido



Vista del talud en la Prog. 0+300



Ubicación de la estación total para el levantamiento topográfico



Vista del talud en la Prog 0+090



Vista del talud desde la Prog. 0+050 – 0+090



Levantamiento topográfico de la zona de estudio

Anexo 6. Solicitud y autorización por la empresa y/o entidad pública.

ACCESO A LA OBRA TUPURI PARA TOMA DE DATOS TOPOGRAFICOS ▶ Recibidos x



sephora keyla calcina lujan <keyla.keren.1@gmail.com>
para mesadepartes, Julio ▾

mar, 19 abr, 13:41 (hace 1 día) ☆ ↶ ⋮

Buen día, se remite la presente carta para solicitar acceso a información y a la obra Aprovechamiento de la Quebrada Tupuri para recabar datos topográficos con fines de estudio.

A la espera de su pronta respuesta

Atentamente,

SEPHORA KEYLA KEREN CALCINA LUJAN
TESISTA DE LA UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO



Silvia Christi Pinto Chalco <cpinto@sangaban.com.pe>
para mí ▾

mar, 19 abr, 15:00 (hace 23 horas) ☆ ↶ ⋮

Buenas tardes

Vuestra carta se registró en el sistema con expediente 20220002338

Saludos cordiales,

Christi Pinto

GRACIAS.

MUCHAS GRACIAS.

OK.

↶ Responder

➡ Reenviar



EMPRESA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA SAN GABÁN S.A.

Sede Administrativa: Av. Floral 245 - Beltravista - Puno, Tel.: (051) 366431
Central Hidroeléctrica: Km. 247 Carretera Interoceánica Sur, Tel.: (051) 562139, (051) 562105
Web Site: <http://www.sangaban.com.pe> / E-mail: sangaban@sangaban.com.pe

Somos una empresa de la Corporación FOMAFE

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

EGESG N° 005 – 2022 – JDDP

Puno, 20 de abril de 2022

Señorita:

Bach. SEPHORA KEYLA KEREN CALCINA LUJAN

TESISTA DE LA UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO - SEDE LIMA NORTE

Puno

Asunto : Respuesta al acceso a información de la obra Tupuri y toma de datos topográficos en campo para proyecto de investigación

Referencia : CARTA N°001-2022-UCV/CT/SKKCL

De mi especial consideración:

Por medio de la presente me dirijo a usted, en atención al documento de la referencia, para comunicarle que, con respecto a vuestra solicitud, y teniendo en consideración que la Autorización solicitada para el acceso al Proyecto tienes fines académicos en calidad de tesista, se autoriza el acceso para la toma de datos topográficos en campo y el procesamiento de la información de la obra "Aprovechamiento de la quebrada Tupuri".

Asimismo, se le advierte que como responsable de la brigada de campo deberá hacer cumplir el adecuado uso del equipo de protección personal como casco, zapatos de seguridad, chaleco con cintas reflectivas, guantes, lentes de protección y mascarilla de protección contra el COVID, durante la permanencia al área de trabajo.

En cuanto a la fecha de ingreso Ud. deberá comunicarse directamente con el suscrito con una anticipación de un día antes de su llegada a las instalaciones de la obra, para coordinar con el área de seguridad.

En cuanto a la información del expediente técnico de la obra en mención, esta se encuentra en la web y es de uso público.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para manifestarle muestras de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,

MEDINA
SONCO Julio
FAU
20262221335
hard

Firmado
digitalmente por
MEDINA SONCO
Julio FAU
20262221335 hard

Julio Medina Sonco
Jefe de Departamento de Desarrollo de Proyectos

Anexo 7. Hoja de cálculos.

Cuadro resumen de cálculos para tubería HDPE de DN630mm y 800mm sin cambio de cotas.

CALCULOS CON FORMULA HAZEN - WILLIAMS		
DESCRIPCIÓN	MEDIDA	UNIDAD
Material de la tubería	HDPE	
PN	6	bar
SRD	26	
DESIGNACION DEL MATERIAL	PE 100	
Cota en Salida	2348.77	m.s.n.m.
Cota en Ingreso	2347.15	m.s.n.m.
Caudal a Transportar	550	l/s
Carga hidráulica disponible	1.620	m
Rugosidad de la Tubería	140	PE
Longitud de la tubería	324.26	m
Diámetro Comercial 630 mm		
Diámetro nominal	630	mm
Diámetro Interior Comercial Asumido 630mm	581.8	mm
Área Interior de la tubería	0.266	m ²
Velocidad	2.069	m/s
Perdida por ingreso k=0.5	0.109	m
perdida por transición entrada	0.022	m
Perdida por transición salida	0.043	m
Perdidas por cambio de dirección	0.296	m
Perdida de energía por fricción	1.696	m
Perdida de energía total x factor de seguridad 1.1	2.36	m
Gradiente Hidráulico por fricción con diámetro comercial (s)	0.003	m/m
Diámetro Comercial 800 mm		
Diámetro Interior Comercial Asumido DN=800 MM	738.800	mm
Área Interior de la tubería	0.429	m ²
Velocidad	1.283	m/s
Pérdida por ingreso k=0.5	0.042	m
Pérdida por transición entrada	0.008	m
Pérdida por transición salida	0.016	m
Pérdidas por cambio de dirección	0.114	m
Pérdida de energía por fricción	0.530	m
Pérdida de energía total x factor de seguridad 1.1	0.781	m
Gradiente Hidráulico por fricción con diámetro comercial (s)	0.004	m/m

SIFÓN INVERTIDO - CÁLCULO HIDRÁULICO TUBERIA HDPE DN 630 mm

$$h_f = \left(\frac{Vt}{0.8494 * C * \left(\frac{D_i}{4}\right)^{0.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}} * L$$

MATERIAL DE LA TUBERIA : HDPE
 SRD :26
 PN :6
 DESIGNACION DEL MATERIAL : PE100

DIAMETRO NOMINAL 630
 DIAMETRO INTERIOR 581.8
 LONGITUD DEL SIFON INVERTIDO 324.26
 CAUDAL 0.550

COTA INICIO DEL SIFON 2,348.77
 COTA FINAL DEL SIFON 2,347.15
 "C" HAZEN - WILLIAMS 140
 CARGA HIDRAULICA DISPONIBLE 1.62

Progresiva				Datos Tubería					Velocidad	Codos			Perdidas						Cota Piezométrica		Diferencia (m H2O)								
Inicial (KM)	Final (KM)	Cota 1	Cota 2	Longitud Horizontal (m)	Dif. Cotas (m)	Longitud real (m)	Longitud real Acumulada (m)	Pendiente	Cota	Caudal	Diámetro	Diámetro	C	(m/s)	Cantidad	Horizontal		Fricción	Entrada	kc	hk	Salida	Parcial x 10%	Acum	Dinámica	Estática	Dinámica	Estática	
									Rasante	(m3/s)	Nominal (mm)	Interior (mm)				g °	Final	Hazen			Codos								
	0+000.00		2,348.77															0.121											
0+000.00	0+010.00	2,348.77	2,347.29	10.00	1.48	10.11	10.11	-0.148	2347.29	0.550	630	581.8	140	2.069	1	175.00°	5.00	0.053		0.04	0.01		0.213	0.21	2348.77	2348.77	1.48	1.48	
0+010.00	0+020.00	2,347.29	2,347.13	10.00	0.16	10.00	20.11	-0.016	2347.13	0.550	630	581.8	140	2.069	1	00.00°	180.00	0.052			0.00		0.058	0.27	2348.50	2348.77	1.37	1.64	
0+020.00	0+030.00	2,347.13	2,346.97	10.00	0.16	10.00	30.11	-0.016	2346.97	0.550	630	581.8	140	2.069	1	160.50°	19.50	0.052		0.15	0.03		0.095	0.37	2348.40	2348.77	1.43	1.80	
0+030.00	0+040.00	2,346.97	2,344.89	10.00	2.08	10.21	40.33	-0.208	2344.89	0.550	630	581.8	140	2.069	1	169.15°	10.85	0.053		0.06	0.01		0.074	0.44	2348.33	2348.77	3.44	3.88	
0+040.00	0+050.00	2,344.89	2,342.81	10.00	2.08	10.21	50.54	-0.208	2342.81	0.550	630	581.8	140	2.069	1	00.00°	180.00	0.053			0.00		0.059	0.50	2348.27	2348.77	5.46	5.96	
0+050.00	0+060.00	2,342.81	2,339.38	10.00	3.44	10.57	61.11	-0.344	2339.38	0.550	630	581.8	140	2.069	1	166.81°	13.19	0.055		0.06	0.01		0.076	0.57	2348.20	2348.77	8.82	9.39	
0+060.00	0+070.00	2,339.38	2,335.10	10.00	4.28	10.88	71.99	-0.428	2335.10	0.550	630	581.8	140	2.069	1	174.31°	5.69	0.057		0.04	0.01		0.073	0.65	2348.12	2348.77	13.03	13.67	
0+070.00	0+080.00	2,335.10	2,331.60	10.00	3.49	10.59	82.58	-0.349	2331.60	0.550	630	581.8	140	2.069	1	00.00°	180.00	0.055			0.00		0.061	0.71	2348.06	2348.77	16.46	17.17	
0+080.00	0+090.00	2,331.60	2,328.11	10.00	3.49	10.59	93.18	-0.349	2328.11	0.550	630	581.8	140	2.069	1	174.31°	5.69	0.055		0.04	0.01		0.072	0.78	2347.99	2348.77	19.88	20.66	
0+090.00	0+100.00	2,328.11	2,324.62	10.00	3.49	10.59	103.77	-0.349	2324.62	0.550	630	581.8	140	2.069	1	00.00°	180.00	0.055			0.00		0.061	0.84	2347.93	2348.77	23.31	24.15	
0+100.00	0+105.00	2,324.62	2,322.88	5.00	1.75	5.30	109.06	-0.349	2322.88	0.550	630	581.8	140	2.069	1	00.00°	180.00	0.028			0.00		0.030	0.87	2347.90	2348.77	25.02	25.90	
0+105.00	0+110.00	2,322.88	2,322.88	5.00	-0.01	5.00	114.06	0.002	2322.88	0.550	630	581.8	140	2.069	1	160.67°	19.34	0.026		0.15	0.03		0.066	0.94	2347.83	2348.77	24.95	25.89	
0+110.00	0+120.00	2,322.88	2,322.90	10.00	-0.02	10.00	124.06	0.002	2322.90	0.550	630	581.8	140	2.069	1	175.00°	5.00	0.052		0.04	0.01		0.068	1.00	2347.77	2348.77	24.87	25.87	
0+120.00	0+130.00	2,322.90	2,323.97	10.00	-1.07	10.06	134.12	0.107	2323.97	0.550	630	581.8	140	2.069	1	173.33°	6.68	0.053		0.04	0.01		0.068	1.07	2347.70	2348.77	23.73	24.80	
0+130.00	0+140.00	2,323.97	2,325.15	10.00	-1.19	10.07	144.19	0.119	2325.15	0.550	630	581.8	140	2.069	1	00.00°	180.00	0.053			0.00		0.058	1.13	2347.64	2348.77	22.49	23.62	
0+140.00	0+150.00	2,325.15	2,326.34	10.00	-1.18	10.07	154.26	0.118	2326.34	0.550	630	581.8	140	2.069	1	00.00°	180.00	0.053			0.00		0.058	1.19	2347.58	2348.77	21.25	22.43	
0+150.00	0+160.00	2,326.34	2,327.52	10.00	-1.19	10.07	164.33	0.119	2327.52	0.550	630	581.8	140	2.069	1	176.06°	3.94	0.053		0.04	0.01		0.069	1.26	2347.51	2348.77	19.99	21.25	
0+160.00	0+170.00	2,327.52	2,328.71	10.00	-1.18	10.07	174.40	0.118	2328.71	0.550	630	581.8	140	2.069	1	00.00°	180.00	0.053			0.00		0.058	1.31	2347.46	2348.77	18.75	20.06	
0+170.00	0+180.00	2,328.71	2,329.89	10.00	-1.19	10.07	184.47	0.119	2329.89	0.550	630	581.8	140	2.069	1	00.00°	180.00	0.053			0.00		0.058	1.37	2347.40	2348.77	17.50	18.88	
0+180.00	0+190.00	2,329.89	2,331.08	10.00	-1.18	10.07	194.54	0.118	2331.08	0.550	630	581.8	140	2.069	1	00.00°	180.00	0.053			0.00		0.058	1.43	2347.34	2348.77	16.26	17.69	
0+190.00	0+200.00	2,331.08	2,332.26	10.00	-1.19	10.07	204.61	0.119	2332.26	0.550	630	581.8	140	2.069	1	159.56°	20.45	0.053		0.15	0.03		0.095	1.53	2347.24	2348.77	14.98	16.51	
0+200.00	0+210.00	2,332.26	2,333.45	10.00	-1.18	10.07	214.68	0.118	2333.45	0.550	630	581.8	140	2.069	1	00.00°	180.00	0.053			0.00		0.058	1.58	2347.19	2348.77	13.74	15.32	
0+210.00	0+220.00	2,333.45	2,334.64	10.00	-1.19	10.07	224.75	0.119	2334.64	0.550	630	581.8	140	2.069	1	00.00°	180.00	0.053			0.00		0.058	1.64	2347.13	2348.77	12.49	14.13	
0+220.00	0+230.00	2,334.64	2,335.82	10.00	-1.18	10.07	234.82	0.118	2335.82	0.550	630	581.8	140	2.069	1	164.14°	15.86	0.053		0.15	0.03		0.095	1.74	2347.03	2348.77	11.21	12.95	
0+230.00	0+240.00	2,335.82	2,337.01	10.00	-1.19	10.07	244.89	0.119	2337.01	0.550	630	581.8	140	2.069	1	00.00°	180.00	0.053			0.00		0.058	1.79	2346.98	2348.77	9.97	11.76	
0+240.00	0+250.00	2,337.01	2,338.19	10.00	-1.18	10.07	254.96	0.118	2338.19	0.550	630	581.8	140	2.069	1	160.59°	19.41	0.053		0.15	0.03		0.095	1.89	2346.88	2348.77	8.69	10.58	
0+250.00	0+260.00	2,338.19	2,339.38	10.00	-1.19	10.07	265.03	0.119	2339.38	0.550	630	581.8	140	2.069	1	00.00°	180.00	0.053			0.00		0.058	1.95	2346.82	2348.77	7.45	9.39	
0+260.00	0+270.00	2,339.38	2,340.56	10.00	-1.19	10.07	275.10	0.119	2340.56	0.550	630	581.8	140	2.069	1	00.00°	180.00	0.053			0.00		0.058	2.01	2346.76	2348.77	6.20	8.21	
0+270.00	0+280.00	2,340.56	2,341.75	10.00	-1.18	10.07	285.17	0.118	2341.75	0.550	630	581.8	140	2.069	1	163.76°	16.24	0.053		0.15	0.03		0.095	2.10	2346.67	2348.77	4.92	7.02	
0+280.00	0+290.00	2,341.75	2,342.93	10.00	-1.19	10.07	295.24	0.119	2342.93	0.550	630	581.8	140	2.069	1	00.00°	180.00	0.053			0.00		0.058	2.16	2346.61	2348.77	3.68	5.84	
0+290.00	0+300.00	2,342.93	2,344.12	10.00	-1.18	10.07	305.31	0.118	2344.12	0.550	630	581.8	140	2.069	1	177.41°	2.59	0.053		0.04	0.01		0.069	2.23	2346.54	2348.77	2.42	4.65	
0+300.00	0+310.00	2,344.12	2,345.31	10.00	-1.19	10.07	315.38	0.119	2345.31	0.550	630	581.8	140	2.069	1	00.00°	180.00	0.053			0.00		0.058	2.28	2346.49	2348.77	1.18	3.47	
0+310.00	0+318.85	2,345.31	2,347.15	8.85	-1.85	9.04	324.26	0.209	2347.15	0.550	630	581.8	140	2.069	1	00.00°	180.00	0.047			0.00	0.03	0.099	2.38	2346.39	2348.77	-0.74	1.62	

SIFÓN INVERTIDO - CÁLCULO HIDRÁULICO TUBERIA HDPE DN 800 mm

$h_f = \left(\frac{Vt}{0.8494 * C * \left(\frac{D_i}{4}\right)^{0.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}} * L$	MATERIAL DE LA TUBERIA	: HDPE	DIAMETRO NOMINAL	800	COTA INICIO DEL SIFON	2,348.77
	SRD	:26	DIAMETRO INTERIOR	738.8	COTA FINAL DEL SIFON	2,347.15
	PN	: 6	LONGITUD DEL SIFON INVERTIDO	324.26	"C" HAZEN - WILLIAMS	140
	DESIGNACION DEL MATERIAL	: PE100	CAUDAL	0.550	CARGA HIDRAULICA DISPONIBLE	1.62

Progresiva									Datos Tubería				Velocidad	Codos			Perdidas					Cota Piezométrica		Diferencia (m H2O)					
Inicial (KM)	Final (KM)	Cota 1	Cota 2	Longitud Horizontal (m)	Dif. Cotas (m)	Longitud real (m)	Longitud real Acumulada (m)	Pendiente	Cota	Caudal (m3/s)	Diámetro	Diámetro	C	(m/s)	Cantidad	Horizontal		Fricción	Entrada	kc	hk	Salida	Parcial x 10%	Acum	Dinámica	Estática	Dinámica	Estática	
									Rasante		Nominal (mm)	Interior (mm)				g °	Final	Hazen			Codos								
	0+000.00		2,348.77															0.05											
0+000.00	0+010.00	2,348.77	2,347.29	10.00	1.48	10.11	10.11	-0.148	2347.29	0.550	800	738.8	140	1.283	1	175.00°	5.00	0.017		0.04	0.00		0.077	0.08	2348.77	2348.77	1.48	1.48	
0+010.00	0+020.00	2,347.29	2,347.13	10.00	0.16	10.00	20.11	-0.016	2347.13	0.550	800	738.8	140	1.283	1	00.00°	180.00	0.016			0.00		0.018	0.09	2348.68	2348.77	1.55	1.64	
0+020.00	0+030.00	2,347.13	2,346.97	10.00	0.16	10.00	30.11	-0.016	2346.97	0.550	800	738.8	140	1.283	1	160.50°	19.50	0.016		0.15	0.01		0.032	0.13	2348.64	2348.77	1.67	1.80	
0+030.00	0+040.00	2,346.97	2,344.89	10.00	2.08	10.21	40.33	-0.208	2344.89	0.550	800	738.8	140	1.283	1	169.15°	10.85	0.017		0.06	0.01		0.024	0.15	2348.62	2348.77	3.73	3.88	
0+040.00	0+050.00	2,344.89	2,342.81	10.00	2.08	10.21	50.54	-0.208	2342.81	0.550	800	738.8	140	1.283	1	00.00°	180.00	0.017			0.00		0.018	0.17	2348.60	2348.77	5.79	5.96	
0+050.00	0+060.00	2,342.81	2,339.38	10.00	3.44	10.57	61.11	-0.344	2339.38	0.550	800	738.8	140	1.283	1	166.81°	13.19	0.017		0.06	0.01		0.025	0.19	2348.58	2348.77	9.20	9.39	
0+060.00	0+070.00	2,339.38	2,335.10	10.00	4.28	10.88	71.99	-0.428	2335.10	0.550	800	738.8	140	1.283	1	174.31°	5.69	0.018		0.04	0.00		0.024	0.22	2348.55	2348.77	13.46	13.67	
0+070.00	0+080.00	2,335.10	2,331.60	10.00	3.49	10.59	82.58	-0.349	2331.60	0.550	800	738.8	140	1.283	1	00.00°	180.00	0.017			0.00		0.019	0.24	2348.53	2348.77	16.93	17.17	
0+080.00	0+090.00	2,331.60	2,328.11	10.00	3.49	10.59	93.18	-0.349	2328.11	0.550	800	738.8	140	1.283	1	174.31°	5.69	0.017		0.04	0.00		0.023	0.26	2348.51	2348.77	20.40	20.66	
0+090.00	0+100.00	2,328.11	2,324.62	10.00	3.49	10.59	103.77	-0.349	2324.62	0.550	800	738.8	140	1.283	1	00.00°	180.00	0.017			0.00		0.019	0.28	2348.49	2348.77	23.87	24.15	
0+100.00	0+105.00	2,324.62	2,322.88	5.00	1.75	5.30	109.06	-0.349	2322.88	0.550	800	738.8	140	1.283	1	00.00°	180.00	0.009			0.00		0.010	0.29	2348.48	2348.77	25.61	25.90	
0+105.00	0+110.00	2,322.88	2,322.88	5.00	-0.01	5.00	114.06	0.002	2322.88	0.550	800	738.8	140	1.283	1	160.67°	19.34	0.008		0.15	0.01		0.023	0.31	2348.46	2348.77	25.58	25.89	
0+110.00	0+120.00	2,322.88	2,322.90	10.00	-0.02	10.00	124.06	0.002	2322.90	0.550	800	738.8	140	1.283	1	175.00°	5.00	0.016		0.04	0.00		0.022	0.33	2348.44	2348.77	25.54	25.87	
0+120.00	0+130.00	2,322.90	2,323.97	10.00	-1.07	10.06	134.12	0.107	2323.97	0.550	800	738.8	140	1.283	1	173.33°	6.68	0.016		0.04	0.00		0.022	0.36	2348.41	2348.77	24.45	24.80	
0+130.00	0+140.00	2,323.97	2,325.15	10.00	-1.19	10.07	144.19	0.119	2325.15	0.550	800	738.8	140	1.283	1	00.00°	180.00	0.016			0.00		0.018	0.37	2348.40	2348.77	23.24	23.62	
0+140.00	0+150.00	2,325.15	2,326.34	10.00	-1.18	10.07	154.26	0.118	2326.34	0.550	800	738.8	140	1.283	1	00.00°	180.00	0.016			0.00		0.018	0.39	2348.38	2348.77	22.04	22.43	
0+150.00	0+160.00	2,326.34	2,327.52	10.00	-1.19	10.07	164.33	0.119	2327.52	0.550	800	738.8	140	1.283	1	176.06°	3.94	0.016		0.04	0.00		0.022	0.41	2348.36	2348.77	20.83	21.25	
0+160.00	0+170.00	2,327.52	2,328.71	10.00	-1.18	10.07	174.40	0.118	2328.71	0.550	800	738.8	140	1.283	1	00.00°	180.00	0.016			0.00		0.018	0.43	2348.34	2348.77	19.63	20.06	
0+170.00	0+180.00	2,328.71	2,329.89	10.00	-1.19	10.07	184.47	0.119	2329.89	0.550	800	738.8	140	1.283	1	00.00°	180.00	0.016			0.00		0.018	0.45	2348.32	2348.77	18.43	18.88	
0+180.00	0+190.00	2,329.89	2,331.08	10.00	-1.18	10.07	194.54	0.118	2331.08	0.550	800	738.8	140	1.283	1	00.00°	180.00	0.016			0.00		0.018	0.47	2348.30	2348.77	17.22	17.69	
0+190.00	0+200.00	2,331.08	2,332.26	10.00	-1.19	10.07	204.61	0.119	2332.26	0.550	800	738.8	140	1.283	1	159.56°	20.45	0.016		0.15	0.01		0.032	0.50	2348.27	2348.77	16.00	16.51	
0+200.00	0+210.00	2,332.26	2,333.45	10.00	-1.18	10.07	214.68	0.118	2333.45	0.550	800	738.8	140	1.283	1	00.00°	180.00	0.016			0.00		0.018	0.52	2348.25	2348.77	14.80	15.32	
0+210.00	0+220.00	2,333.45	2,334.64	10.00	-1.19	10.07	224.75	0.119	2334.64	0.550	800	738.8	140	1.283	1	00.00°	180.00	0.016			0.00		0.018	0.54	2348.23	2348.77	13.60	14.13	
0+220.00	0+230.00	2,334.64	2,335.82	10.00	-1.18	10.07	234.82	0.118	2335.82	0.550	800	738.8	140	1.283	1	164.14°	15.86	0.016		0.15	0.01		0.032	0.57	2348.20	2348.77	12.38	12.95	
0+230.00	0+240.00	2,335.82	2,337.01	10.00	-1.19	10.07	244.89	0.119	2337.01	0.550	800	738.8	140	1.283	1	00.00°	180.00	0.016			0.00		0.018	0.59	2348.18	2348.77	11.18	11.76	
0+240.00	0+250.00	2,337.01	2,338.19	10.00	-1.18	10.07	254.96	0.118	2338.19	0.550	800	738.8	140	1.283	1	160.59°	19.41	0.016		0.15	0.01		0.032	0.62	2348.15	2348.77	9.96	10.58	
0+250.00	0+260.00	2,338.19	2,339.38	10.00	-1.19	10.07	265.03	0.119	2339.38	0.550	800	738.8	140	1.283	1	00.00°	180.00	0.016			0.00		0.018	0.64	2348.13	2348.77	8.75	9.39	
0+260.00	0+270.00	2,339.38	2,340.56	10.00	-1.19	10.07	275.10	0.119	2340.56	0.550	800	738.8	140	1.283	1	00.00°	180.00	0.016			0.00		0.018	0.66	2348.11	2348.77	7.55	8.21	
0+270.00	0+280.00	2,340.56	2,341.75	10.00	-1.18	10.07	285.17	0.118	2341.75	0.550	800	738.8	140	1.283	1	163.76°	16.24	0.016		0.15	0.01		0.032	0.69	2348.08	2348.77	6.33	7.02	
0+280.00	0+290.00	2,341.75	2,342.93	10.00	-1.19	10.07	295.24	0.119	2342.93	0.550	800	738.8	140	1.283	1	00.00°	180.00	0.016			0.00		0.018	0.71	2348.06	2348.77	5.13	5.84	
0+290.00	0+300.00	2,342.93	2,344.12	10.00	-1.18	10.07	305.31	0.118	2344.12	0.550	800	738.8	140	1.283	1	177.41°	2.59	0.016		0.04	0.00		0.022	0.73	2348.04	2348.77	3.92	4.65	
0+300.00	0+310.00	2,344.12	2,345.31	10.00	-1.19	10.07	315.38	0.119	2345.31	0.550	800	738.8	140	1.283	1	00.00°	180.00	0.016			0.00		0.018	0.75	2348.02	2348.77	2.72	3.47	
0+310.00	0+318.85	2,345.31	2,347.15	8.85	-1.85	9.04	324.26	0.209	2347.15	0.550	800	738.8	140	1.283	1	00.00°	180.00	0.015			0.00	0.02	0.034	0.78	2347.99	2348.77	0.84	1.62	

Cuadro resumen de cálculos para tubería PVC de DN630mm y 800mm sin cambio de cotas.

CALCULOS CON FORMULA HAZEN – WILLIAMS		
DESCRIPCIÓN	MEDIDA	UNIDAD
Material de la tubería	PVC - O	
PN	12.5	bar
Nivel de agua en el Ingreso (Transición de Inicio)	2348.77	m.s.n.m.
Cota en Salida del sifón	2347.15	m.s.n.m.
Caudal a Transportar	550	l/s
Carga hidráulica disponible	1.620	m
Coeficiente Hazen Williams	150	PVC
Longitud de la tubería	324.26	m
Diámetro Comercial 630 mm		
Diámetro Interior Comercial Asumido DN=630 MM	598.8	mm
Área Interior de la tubería	0.282	m ²
Velocidad	1.953	m/s
Perdida por ingreso k=0.5	0.097	m
perdida por transición entrada	0.022	m
Perdida por transición salida	0.043	m
Perdidas por cambio de dirección	0.264	m
Perdida de energía por fricción	1.297	m
Perdida de energía total x factor de seguridad 1.1	1.90	m
Gradiente Hidráulico por fricción con diámetro comercial (s)	0.0037	m/m
Diámetro Comercial 800 mm		
Diámetro Interior Comercial Asumido DN=800 MM	760.4	mm
Área Interior de la tubería	0.454	m ²
Velocidad	1.211	m/s
Pérdida por ingreso k=0.5	0.037	m
Pérdida por transición entrada	0.008	m
Pérdida por transición salida	0.016	m
Pérdidas por cambio de dirección	0.101	m
Pérdida de energía por fricción	0.405	m
Pérdida de energía total x factor de seguridad 1.1	0.625	m
Gradiente Hidráulico por fricción con diámetro comercial (s)	0.004	m/m

SIFÓN INVERTIDO - CÁLCULO HIDRÁULICO TUBERIA PVC DN 630 mm

$h_f = \left(\frac{V_t}{0.8494 * C * \left(\frac{D_i}{4}\right)^{0.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}} * L$		MATERIAL DE LA TUBERIA : PVC			DIAMETRO NOMINAL : 630			COTA INICIO DEL SIFON : 2,348.77																									
PN : 12.5		DIAMETRO INTERIOR : 598.8			COTA FINAL DEL SIFON : 2,347.15																												
DESIGNACION DEL MATERIAL : PVC - O		LONGITUD DEL SIFON INVERTIDO : 324.26			"C" HAZEN - WILLIAMS : 150																												
		CAUDAL : 0.550			CARGA HIDRAULICA DISPONIBLE : 1.62																												
Progresiva									Datos Tubería				Velocidad	Codos				Perdidas				Cota Piezométrica		Diferencia (m H2O)									
Inicial (KM)	Final (KM)	Cota 1	Cota 2	Longitud Horizontal (m)	Dif. Cotas (m)	Longitud real (m)	Longitud real Acumulada (m)	Pendiente	Cota	Caudal	Diámetro	Diámetro	C	(m/s)	Cantidad	Horizontal		Fricción	Entrada	kc	hk	Salida	Parcial x 10%	Acum	Dinámica	Estática	Dinámica	Estática					
									Rasante	(m3/s)	Nominal (mm)	Interior (mm)				gº	Final	Hazen			Codos												
	0+000.00		2,348.77															0.12															
0+000.00	0+010.00	2,348.77	2,347.29	10.00	1.48	10.11	10.11	-0.148	2347.29	0.550	630	598.8	150	1.953	1	175.00°	5.00	0.040		0.04	0.01		0.185	0.19	2348.77	2348.77	1.48	1.48					
0+010.00	0+020.00	2,347.29	2,347.13	10.00	0.16	10.00	20.11	-0.016	2347.13	0.550	630	598.8	150	1.953	1	00.00°	180.00	0.040			0.00		0.044	0.23	2348.54	2348.77	1.41	1.64					
0+020.00	0+030.00	2,347.13	2,346.97	10.00	0.16	10.00	30.11	-0.016	2346.97	0.550	630	598.8	150	1.953	1	160.50°	19.50	0.040		0.15	0.03		0.077	0.31	2348.46	2348.77	1.49	1.80					
0+030.00	0+040.00	2,346.97	2,344.89	10.00	2.08	10.21	40.33	-0.208	2344.89	0.550	630	598.8	150	1.953	1	169.15°	10.85	0.041		0.06	0.01		0.058	0.36	2348.41	2348.77	3.51	3.88					
0+040.00	0+050.00	2,344.89	2,342.81	10.00	2.08	10.21	50.54	-0.208	2342.81	0.550	630	598.8	150	1.953	1	00.00°	180.00	0.041			0.00		0.045	0.41	2348.36	2348.77	5.55	5.96					
0+050.00	0+060.00	2,342.81	2,339.38	10.00	3.44	10.57	61.11	-0.344	2339.38	0.550	630	598.8	150	1.953	1	166.81°	13.19	0.042		0.06	0.01		0.060	0.47	2348.30	2348.77	8.92	9.39					
0+060.00	0+070.00	2,339.38	2,335.10	10.00	4.28	10.88	71.99	-0.428	2335.10	0.550	630	598.8	150	1.953	1	174.31°	5.69	0.044		0.04	0.01		0.057	0.53	2348.24	2348.77	13.15	13.67					
0+070.00	0+080.00	2,335.10	2,331.60	10.00	3.49	10.59	82.58	-0.349	2331.60	0.550	630	598.8	150	1.953	1	00.00°	180.00	0.042			0.00		0.047	0.57	2348.20	2348.77	16.59	17.17					
0+080.00	0+090.00	2,331.60	2,328.11	10.00	3.49	10.59	93.18	-0.349	2328.11	0.550	630	598.8	150	1.953	1	174.31°	5.69	0.042		0.04	0.01		0.056	0.63	2348.14	2348.77	20.03	20.66					
0+090.00	0+100.00	2,328.11	2,324.62	10.00	3.49	10.59	103.77	-0.349	2324.62	0.550	630	598.8	150	1.953	1	00.00°	180.00	0.042			0.00		0.047	0.68	2348.09	2348.77	23.47	24.15					
0+100.00	0+105.00	2,324.62	2,322.88	5.00	1.75	5.30	109.06	-0.349	2322.88	0.550	630	598.8	150	1.953	1	00.00°	180.00	0.021			0.00		0.023	0.70	2348.07	2348.77	25.20	25.90					
0+105.00	0+110.00	2,322.88	2,322.88	5.00	-0.01	5.00	114.06	0.002	2322.88	0.550	630	598.8	150	1.953	1	160.67°	19.34	0.020		0.15	0.03		0.055	0.75	2348.02	2348.77	25.13	25.89					
0+110.00	0+120.00	2,322.88	2,322.90	10.00	-0.02	10.00	124.06	0.002	2322.90	0.550	630	598.8	150	1.953	1	175.00°	5.00	0.040		0.04	0.01		0.053	0.81	2347.96	2348.77	25.06	25.87					
0+120.00	0+130.00	2,322.90	2,323.97	10.00	-1.07	10.06	134.12	0.107	2323.97	0.550	630	598.8	150	1.953	1	173.33°	6.68	0.040		0.04	0.01		0.054	0.86	2347.91	2348.77	23.94	24.80					
0+130.00	0+140.00	2,323.97	2,325.15	10.00	-1.19	10.07	144.19	0.119	2325.15	0.550	630	598.8	150	1.953	1	00.00°	180.00	0.040			0.00		0.044	0.91	2347.86	2348.77	22.71	23.62					
0+140.00	0+150.00	2,325.15	2,326.34	10.00	-1.18	10.07	154.26	0.118	2326.34	0.550	630	598.8	150	1.953	1	00.00°	180.00	0.040			0.00		0.044	0.95	2347.82	2348.77	21.48	22.43					
0+150.00	0+160.00	2,326.34	2,327.52	10.00	-1.19	10.07	164.33	0.119	2327.52	0.550	630	598.8	150	1.953	1	176.06°	3.94	0.040		0.04	0.01		0.054	1.00	2347.77	2348.77	20.24	21.25					
0+160.00	0+170.00	2,327.52	2,328.71	10.00	-1.18	10.07	174.40	0.118	2328.71	0.550	630	598.8	150	1.953	1	00.00°	180.00	0.040			0.00		0.044	1.05	2347.72	2348.77	19.02	20.06					
0+170.00	0+180.00	2,328.71	2,329.89	10.00	-1.19	10.07	184.47	0.119	2329.89	0.550	630	598.8	150	1.953	1	00.00°	180.00	0.040			0.00		0.044	1.09	2347.68	2348.77	17.79	18.88					
0+180.00	0+190.00	2,329.89	2,331.08	10.00	-1.18	10.07	194.54	0.118	2331.08	0.550	630	598.8	150	1.953	1	00.00°	180.00	0.040			0.00		0.044	1.14	2347.63	2348.77	16.56	17.69					
0+190.00	0+200.00	2,331.08	2,332.26	10.00	-1.19	10.07	204.61	0.119	2332.26	0.550	630	598.8	150	1.953	1	159.56°	20.45	0.040		0.15	0.03		0.077	1.21	2347.56	2348.77	15.29	16.51					
0+200.00	0+210.00	2,332.26	2,333.45	10.00	-1.18	10.07	214.68	0.118	2333.45	0.550	630	598.8	150	1.953	1	00.00°	180.00	0.040			0.00		0.044	1.26	2347.51	2348.77	14.06	15.32					
0+210.00	0+220.00	2,333.45	2,334.64	10.00	-1.19	10.07	224.75	0.119	2334.64	0.550	630	598.8	150	1.953	1	00.00°	180.00	0.040			0.00		0.044	1.30	2347.47	2348.77	12.83	14.13					
0+220.00	0+230.00	2,334.64	2,335.82	10.00	-1.18	10.07	234.82	0.118	2335.82	0.550	630	598.8	150	1.953	1	164.14°	15.86	0.040		0.15	0.03		0.077	1.38	2347.39	2348.77	11.57	12.95					
0+230.00	0+240.00	2,335.82	2,337.01	10.00	-1.19	10.07	244.89	0.119	2337.01	0.550	630	598.8	150	1.953	1	00.00°	180.00	0.040			0.00		0.044	1.42	2347.35	2348.77	10.34	11.76					
0+240.00	0+250.00	2,337.01	2,338.19	10.00	-1.18	10.07	254.96	0.118	2338.19	0.550	630	598.8	150	1.953	1	160.59°	19.41	0.040		0.15	0.03		0.077	1.50	2347.27	2348.77	9.08	10.58					
0+250.00	0+260.00	2,338.19	2,339.38	10.00	-1.19	10.07	265.03	0.119	2339.38	0.550	630	598.8	150	1.953	1	00.00°	180.00	0.040			0.00		0.044	1.55	2347.22	2348.77	7.85	9.39					
0+260.00	0+270.00	2,339.38	2,340.56	10.00	-1.19	10.07	275.10	0.119	2340.56	0.550	630	598.8	150	1.953	1	00.00°	180.00	0.040			0.00		0.044	1.59	2347.18	2348.77	6.62	8.21					
0+270.00	0+280.00	2,340.56	2,341.75	10.00	-1.18	10.07	285.17	0.118	2341.75	0.550	630	598.8	150	1.953	1	163.76°	16.24	0.040		0.15	0.03		0.077	1.67	2347.10	2348.77	5.36	7.02					
0+280.00	0+290.00	2,341.75	2,342.93	10.00	-1.19	10.07	295.24	0.119	2342.93	0.550	630	598.8	150	1.953	1	00.00°	180.00	0.040			0.00		0.044	1.71	2347.06	2348.77	4.12	5.84					
0+290.00	0+300.00	2,342.93	2,344.12	10.00	-1.18	10.07	305.31	0.118	2344.12	0.550	630	598.8	150	1.953	1	177.41°	2.59	0.040		0.04	0.01		0.054	1.76	2347.01	2348.77	2.89	4.65					
0+300.00	0+310.00	2,344.12	2,345.31	10.00	-1.19	10.07	315.38	0.119	2345.31	0.550	630	598.8	150	1.953	1	00.00°	180.00	0.040			0.00		0.044	1.81	2346.96	2348.77	1.66	3.47					
0+310.00	0+318.85	2,345.31	2,347.15	8.85	-1.85	9.04	324.26	0.209	2347.15	0.550	630	598.8	150	1.953	1	00.00°	180.00	0.036			0.00	0.04	0.087	1.90	2346.87	2348.77	-0.28	1.62					

SIFÓN INVERTIDO - CÁLCULO HIDRÁULICO TUBERIA PVC DN 800 mm

$$h_f = \left(\frac{V_t}{0.8494 * C * \left(\frac{D_i}{4}\right)^{0.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}} * L$$

MATERIAL DE LA TUBERIA	: PVC	DIAMETRO NOMINAL	800	COTA INICIO DEL SIFON	2,348.77
PN	: 12.5	DIAMETRO INTERIOR	760.4	COTA FINAL DEL SIFON	2,347.15
DESIGNACION DEL MATERIAL	PVC - O	LONGITUD DEL SIFON INVERTIDO	324.26	"C" HAZEN - WILLIAMS	150
		CAUDAL	0.550	CARGA HIDRAULICA DISPONIBLE	1.62

Progresiva									Datos Tubería				Velocidad	Codos		Perdidas						Cota Piezométrica		Diferencia (m H2O)					
Inicial (KM)	Final (KM)	Cota 1	Cota 2	Longitud Horizontal (m)	Dif. Cotas (m)	Longitud real (m)	Longitud real Acumulada (m)	Pendiente	Cota	Caudal	Diámetro	Diámetro	C	(m/s)	Cantidad	Horizontal		Fricción	Entrada	kc	hk	Salida	Parcial x 10%	Acum	Dinámica	Estática	Dinámica	Estática	
									Rasante	(m3/s)	Nominal (mm)	Interior (mm)		g °		Final	Hazen	Codos											
	0+000.00		2,348.77																0.05										
0+000.00	0+010.00	2,348.77	2,347.29	10.00	1.48	10.11	10.11	-0.148	2347.29	0.550	800	760.4	150	1.211	1	175.00°	5.00	0.013		0.04	0.00		0.067	0.07	2348.77	2348.77	1.48	1.48	
0+010.00	0+020.00	2,347.29	2,347.13	10.00	0.16	10.00	20.11	-0.016	2347.13	0.550	800	760.4	150	1.211	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.08	2348.69	2348.77	1.56	1.64	
0+020.00	0+030.00	2,347.13	2,346.97	10.00	0.16	10.00	30.11	-0.016	2346.97	0.550	800	760.4	150	1.211	1	160.50°	19.50	0.013		0.15	0.01		0.026	0.11	2348.66	2348.77	1.69	1.80	
0+030.00	0+040.00	2,346.97	2,344.89	10.00	2.08	10.21	40.33	-0.208	2344.89	0.550	800	760.4	150	1.211	1	169.15°	10.85	0.013		0.06	0.00		0.019	0.13	2348.64	2348.77	3.75	3.88	
0+040.00	0+050.00	2,344.89	2,342.81	10.00	2.08	10.21	50.54	-0.208	2342.81	0.550	800	760.4	150	1.211	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.14	2348.63	2348.77	5.82	5.96	
0+050.00	0+060.00	2,342.81	2,339.38	10.00	3.44	10.57	61.11	-0.344	2339.38	0.550	800	760.4	150	1.211	1	166.81°	13.19	0.013		0.06	0.00		0.020	0.16	2348.61	2348.77	9.23	9.39	
0+060.00	0+070.00	2,339.38	2,335.10	10.00	4.28	10.88	71.99	-0.428	2335.10	0.550	800	760.4	150	1.211	1	174.31°	5.69	0.014		0.04	0.00		0.019	0.18	2348.59	2348.77	13.50	13.67	
0+070.00	0+080.00	2,335.10	2,331.60	10.00	3.49	10.59	82.58	-0.349	2331.60	0.550	800	760.4	150	1.211	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.015	0.19	2348.58	2348.77	16.97	17.17	
0+080.00	0+090.00	2,331.60	2,328.11	10.00	3.49	10.59	93.18	-0.349	2328.11	0.550	800	760.4	150	1.211	1	174.31°	5.69	0.013		0.04	0.00		0.018	0.21	2348.56	2348.77	20.45	20.66	
0+090.00	0+100.00	2,328.11	2,324.62	10.00	3.49	10.59	103.77	-0.349	2324.62	0.550	800	760.4	150	1.211	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.015	0.23	2348.54	2348.77	23.92	24.15	
0+100.00	0+105.00	2,324.62	2,322.88	5.00	1.75	5.30	109.06	-0.349	2322.88	0.550	800	760.4	150	1.211	1	00.00°	180.00	0.007			0.00		0.007	0.23	2348.54	2348.77	25.66	25.90	
0+105.00	0+110.00	2,322.88	2,322.88	5.00	-0.01	5.00	114.06	0.002	2322.88	0.550	800	760.4	150	1.211	1	160.67°	19.34	0.006		0.15	0.01		0.020	0.25	2348.52	2348.77	25.63	25.89	
0+110.00	0+120.00	2,322.88	2,322.90	10.00	-0.02	10.00	124.06	0.002	2322.90	0.550	800	760.4	150	1.211	1	175.00°	5.00	0.012		0.04	0.00		0.017	0.27	2348.50	2348.77	25.60	25.87	
0+120.00	0+130.00	2,322.90	2,323.97	10.00	-1.07	10.06	134.12	0.107	2323.97	0.550	800	760.4	150	1.211	1	173.33°	6.68	0.013		0.04	0.00		0.017	0.29	2348.48	2348.77	24.52	24.80	
0+130.00	0+140.00	2,323.97	2,325.15	10.00	-1.19	10.07	144.19	0.119	2325.15	0.550	800	760.4	150	1.211	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.30	2348.47	2348.77	23.32	23.62	
0+140.00	0+150.00	2,325.15	2,326.34	10.00	-1.18	10.07	154.26	0.118	2326.34	0.550	800	760.4	150	1.211	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.32	2348.45	2348.77	22.12	22.43	
0+150.00	0+160.00	2,326.34	2,327.52	10.00	-1.19	10.07	164.33	0.119	2327.52	0.550	800	760.4	150	1.211	1	176.06°	3.94	0.013		0.04	0.00		0.017	0.33	2348.44	2348.77	20.92	21.25	
0+160.00	0+170.00	2,327.52	2,328.71	10.00	-1.18	10.07	174.40	0.118	2328.71	0.550	800	760.4	150	1.211	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.35	2348.42	2348.77	19.72	20.06	
0+170.00	0+180.00	2,328.71	2,329.89	10.00	-1.19	10.07	184.47	0.119	2329.89	0.550	800	760.4	150	1.211	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.36	2348.41	2348.77	18.52	18.88	
0+180.00	0+190.00	2,329.89	2,331.08	10.00	-1.18	10.07	194.54	0.118	2331.08	0.550	800	760.4	150	1.211	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.37	2348.40	2348.77	17.32	17.69	
0+190.00	0+200.00	2,331.08	2,332.26	10.00	-1.19	10.07	204.61	0.119	2332.26	0.550	800	760.4	150	1.211	1	159.56°	20.45	0.013		0.15	0.01		0.027	0.40	2348.37	2348.77	16.11	16.51	
0+200.00	0+210.00	2,332.26	2,333.45	10.00	-1.18	10.07	214.68	0.118	2333.45	0.550	800	760.4	150	1.211	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.41	2348.36	2348.77	14.91	15.32	
0+210.00	0+220.00	2,333.45	2,334.64	10.00	-1.19	10.07	224.75	0.119	2334.64	0.550	800	760.4	150	1.211	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.43	2348.34	2348.77	13.71	14.13	
0+220.00	0+230.00	2,334.64	2,335.82	10.00	-1.18	10.07	234.82	0.118	2335.82	0.550	800	760.4	150	1.211	1	164.14°	15.86	0.013		0.15	0.01		0.027	0.45	2348.32	2348.77	12.50	12.95	
0+230.00	0+240.00	2,335.82	2,337.01	10.00	-1.19	10.07	244.89	0.119	2337.01	0.550	800	760.4	150	1.211	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.47	2348.30	2348.77	11.30	11.76	
0+240.00	0+250.00	2,337.01	2,338.19	10.00	-1.18	10.07	254.96	0.118	2338.19	0.550	800	760.4	150	1.211	1	160.59°	19.41	0.013		0.15	0.01		0.027	0.50	2348.27	2348.77	10.08	10.58	
0+250.00	0+260.00	2,338.19	2,339.38	10.00	-1.19	10.07	265.03	0.119	2339.38	0.550	800	760.4	150	1.211	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.51	2348.26	2348.77	8.88	9.39	
0+260.00	0+270.00	2,339.38	2,340.56	10.00	-1.19	10.07	275.10	0.119	2340.56	0.550	800	760.4	150	1.211	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.52	2348.25	2348.77	7.68	8.21	
0+270.00	0+280.00	2,340.56	2,341.75	10.00	-1.18	10.07	285.17	0.118	2341.75	0.550	800	760.4	150	1.211	1	163.76°	16.24	0.013		0.15	0.01		0.027	0.55	2348.22	2348.77	6.47	7.02	
0+280.00	0+290.00	2,341.75	2,342.93	10.00	-1.19	10.07	295.24	0.119	2342.93	0.550	800	760.4	150	1.211	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.56	2348.21	2348.77	5.27	5.84	
0+290.00	0+300.00	2,342.93	2,344.12	10.00	-1.18	10.07	305.31	0.118	2344.12	0.550	800	760.4	150	1.211	1	177.41°	2.59	0.013		0.04	0.00		0.017	0.58	2348.19	2348.77	4.07	4.65	
0+300.00	0+310.00	2,344.12	2,345.31	10.00	-1.19	10.07	315.38	0.119	2345.31	0.550	800	760.4	150	1.211	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.59	2348.18	2348.77	2.87	3.47	
0+310.00	0+318.85	2,345.31	2,347.15	8.85	-1.85	9.04	324.26	0.209	2347.15	0.550	800	760.4	150	1.211	1	00.00°	180.00	0.011			0.00	0.02	0.030	0.62	2348.15	2348.77	1.00	1.62	

**Cuadro resumen de cálculos para tubería Hierro Dúctil de DN600mm y 800mm
sin cambio de cotas.**

CALCULOS CON FORMULA HAZEN - WILLIAMS		
DESCRIPCIÓN	MEDIDA	UNIDAD
Material de la tubería	HIERRO - DUCTIL	
CLASE	C 30	
PN	40	
Nivel de agua en el Ingreso (Transición de Inicio)	2348.77	m.s.n.m.
Cota en Salida del sifón	2347.15	m.s.n.m.
Caudal a Transportar	550	l/s
Carga hidráulica disponible	1.620	m
Coeficiente Hazen Williams	140.00	Hierro- Duc
Longitud de la tubería	324.26	m
DIÁMETRO COMERCIAL 600 mm		
Diámetro Interior Comercial Asumido DN=600 MM	582.60	mm
Área Interior de la tubería	0.267	m ²
Velocidad	2.063	m/s
Pérdida por ingreso k=0.5	0.108	m
Pérdida por transición entrada	0.022	m
Pérdida por transición salida	0.043	m
Pérdidas por cambio de dirección	0.294	m
Pérdida de energía por fricción	1.684	m
Pérdida de energía total x factor de seguridad 1.1	2.37	m
Gradiente Hidráulico por fricción con diámetro comercial (s)	0.0036	m/m
DIÁMETRO COMERCIAL 800 mm		
Diámetro Interior Comercial Asumido DN=800 MM	780.8	mm
Área Interior de la tubería	0.479	m ²
Velocidad	1.149	m/s
Pérdida por ingreso k=0.5	0.034	m
Pérdida por transición entrada	0.008	m
Pérdida por transición salida	0.016	m
Pérdidas por cambio de dirección	0.091	m
Pérdida de energía por fricción	0.405	m
Pérdida de energía total x factor de seguridad 1.1	0.609	m
Gradiente Hidráulico por fricción con diámetro comercial (s)	0.0045	m/m

SIFÓN INVERTIDO - CÁLCULO HIDRÁULICO TUBERIA HIERRO DUCTIL DN 600 mm

$$h_f = \left(\frac{V_t}{0.8494 * C * \left(\frac{D_i}{4}\right)^{0.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}} * L$$

MATERIAL DE LA TUBERIA
CLASE
PN

: Hierro Dúctil
: C30
: 40

DIAMETRO NOMINAL 600
DIAMETRO INTERIOR 582.6
LONGITUD DEL SIFON INVERTIDO 324.26
CAUDAL 0.550

COTA INICIO DEL SIFON 2,348.77
COTA FINAL DEL SIFON 2,347.15
"C" HAZEN - WILLIAMS 140
CARGA HIDRAULICA DISPONIBLE 1.62

Progresiva					Datos Tubería					Velocidad	Codos		Perdidas					Cota Piezométrica		Diferencia (m H2O)													
Inicial (KM)	Final (KM)	Cota 1	Cota 2	Longitud Horizontal (m)	Dif. Cotas (m)	Longitud real (m)	Longitud real Acumulada (m)	Pendiente	Cota Rasante	Caudal (m3/s)	Diámetro Nominal (mm)	Diámetro Interior (mm)	C	Velocidad (m/s)	Cantidad	Horizontal		Fricción Hazen	Entrada	kc	hk Codos	Salida	Parcial x 10%	Acum	Dinámica	Estática	Dinámica	Estática					
																g °	Final																
	0+000.00		2,348.77																0.13														
0+000.00	0+010.00	2,348.77	2,347.29	10.00	1.48	10.11	10.11	-0.148	2347.29	0.550	600	582.6	140	2.063	1	175.00°	5.00	0.053		0.04	0.01		0.212	0.21	2348.77	2348.77	1.48	1.48					
0+010.00	0+020.00	2,347.29	2,347.13	10.00	0.16	10.00	20.11	-0.016	2347.13	0.550	600	582.6	140	2.063	1	00.00°	180.00	0.052			0.00		0.057	0.27	2348.50	2348.77	1.37	1.64					
0+020.00	0+030.00	2,347.13	2,346.97	10.00	0.16	10.00	30.11	-0.016	2346.97	0.550	600	582.6	140	2.063	1	160.50°	19.50	0.052		0.15	0.03		0.094	0.36	2348.41	2348.77	1.43	1.80					
0+030.00	0+040.00	2,346.97	2,344.89	10.00	2.08	10.21	40.33	-0.208	2344.89	0.550	600	582.6	140	2.063	1	169.15°	10.85	0.053		0.06	0.01		0.073	0.44	2348.33	2348.77	3.44	3.88					
0+040.00	0+050.00	2,344.89	2,342.81	10.00	2.08	10.21	50.54	-0.208	2342.81	0.550	600	582.6	140	2.063	1	00.00°	180.00	0.053			0.00		0.058	0.49	2348.28	2348.77	5.46	5.96					
0+050.00	0+060.00	2,342.81	2,339.38	10.00	3.44	10.57	61.11	-0.344	2339.38	0.550	600	582.6	140	2.063	1	166.81°	13.19	0.055		0.06	0.01		0.075	0.57	2348.20	2348.77	8.82	9.39					
0+060.00	0+070.00	2,339.38	2,335.10	10.00	4.28	10.88	71.99	-0.428	2335.10	0.550	600	582.6	140	2.063	1	174.31°	5.69	0.057		0.04	0.01		0.073	0.64	2348.13	2348.77	13.03	13.67					
0+070.00	0+080.00	2,335.10	2,331.60	10.00	3.49	10.59	82.58	-0.349	2331.60	0.550	600	582.6	140	2.063	1	00.00°	180.00	0.055			0.00		0.061	0.70	2348.07	2348.77	16.46	17.17					
0+080.00	0+090.00	2,331.60	2,328.11	10.00	3.49	10.59	93.18	-0.349	2328.11	0.550	600	582.6	140	2.063	1	174.31°	5.69	0.055		0.04	0.01		0.071	0.77	2348.00	2348.77	19.88	20.66					
0+090.00	0+100.00	2,328.11	2,324.62	10.00	3.49	10.59	103.77	-0.349	2324.62	0.550	600	582.6	140	2.063	1	00.00°	180.00	0.055			0.00		0.061	0.83	2347.94	2348.77	23.31	24.15					
0+100.00	0+105.00	2,324.62	2,322.88	5.00	1.75	5.30	109.06	-0.349	2322.88	0.550	600	582.6	140	2.063	1	00.00°	180.00	0.028			0.00		0.030	0.86	2347.91	2348.77	25.03	25.90					
0+105.00	0+110.00	2,322.88	2,322.88	5.00	-0.01	5.00	114.06	0.002	2322.88	0.550	600	582.6	140	2.063	1	160.67°	19.34	0.026		0.15	0.03		0.065	0.93	2347.84	2348.77	24.96	25.89					
0+110.00	0+120.00	2,322.88	2,322.90	10.00	-0.02	10.00	124.06	0.002	2322.90	0.550	600	582.6	140	2.063	1	175.00°	5.00	0.052		0.04	0.01		0.068	1.00	2347.77	2348.77	24.87	25.87					
0+120.00	0+130.00	2,322.90	2,323.97	10.00	-1.07	10.06	134.12	0.107	2323.97	0.550	600	582.6	140	2.063	1	173.33°	6.68	0.052		0.04	0.01		0.068	1.07	2347.70	2348.77	23.74	24.80					
0+130.00	0+140.00	2,323.97	2,325.15	10.00	-1.19	10.07	144.19	0.119	2325.15	0.550	600	582.6	140	2.063	1	00.00°	180.00	0.052			0.00		0.058	1.12	2347.65	2348.77	22.50	23.62					
0+140.00	0+150.00	2,325.15	2,326.34	10.00	-1.18	10.07	154.26	0.118	2326.34	0.550	600	582.6	140	2.063	1	00.00°	180.00	0.052			0.00		0.058	1.18	2347.59	2348.77	21.25	22.43					
0+150.00	0+160.00	2,326.34	2,327.52	10.00	-1.19	10.07	164.33	0.119	2327.52	0.550	600	582.6	140	2.063	1	176.06°	3.94	0.052		0.04	0.01		0.068	1.25	2347.52	2348.77	20.00	21.25					
0+160.00	0+170.00	2,327.52	2,328.71	10.00	-1.18	10.07	174.40	0.118	2328.71	0.550	600	582.6	140	2.063	1	00.00°	180.00	0.052			0.00		0.058	1.31	2347.46	2348.77	18.76	20.06					
0+170.00	0+180.00	2,328.71	2,329.89	10.00	-1.19	10.07	184.47	0.119	2329.89	0.550	600	582.6	140	2.063	1	00.00°	180.00	0.052			0.00		0.058	1.36	2347.41	2348.77	17.51	18.88					
0+180.00	0+190.00	2,329.89	2,331.08	10.00	-1.18	10.07	194.54	0.118	2331.08	0.550	600	582.6	140	2.063	1	00.00°	180.00	0.052			0.00		0.058	1.42	2347.35	2348.77	16.27	17.69					
0+190.00	0+200.00	2,331.08	2,332.26	10.00	-1.19	10.07	204.61	0.119	2332.26	0.550	600	582.6	140	2.063	1	159.56°	20.45	0.052		0.15	0.03		0.094	1.52	2347.25	2348.77	14.99	16.51					
0+200.00	0+210.00	2,332.26	2,333.45	10.00	-1.18	10.07	214.68	0.118	2333.45	0.550	600	582.6	140	2.063	1	00.00°	180.00	0.052			0.00		0.058	1.57	2347.20	2348.77	13.75	15.32					
0+210.00	0+220.00	2,333.45	2,334.64	10.00	-1.19	10.07	224.75	0.119	2334.64	0.550	600	582.6	140	2.063	1	00.00°	180.00	0.052			0.00		0.058	1.63	2347.14	2348.77	12.50	14.13					
0+220.00	0+230.00	2,334.64	2,335.82	10.00	-1.18	10.07	234.82	0.118	2335.82	0.550	600	582.6	140	2.063	1	164.14°	15.86	0.052		0.15	0.03		0.094	1.73	2347.04	2348.77	11.22	12.95					
0+230.00	0+240.00	2,335.82	2,337.01	10.00	-1.19	10.07	244.89	0.119	2337.01	0.550	600	582.6	140	2.063	1	00.00°	180.00	0.052			0.00		0.058	1.78	2346.99	2348.77	9.98	11.76					
0+240.00	0+250.00	2,337.01	2,338.19	10.00	-1.18	10.07	254.96	0.118	2338.19	0.550	600	582.6	140	2.063	1	160.59°	19.41	0.052		0.15	0.03		0.094	1.88	2346.89	2348.77	8.70	10.58					
0+250.00	0+260.00	2,338.19	2,339.38	10.00	-1.19	10.07	265.03	0.119	2339.38	0.550	600	582.6	140	2.063	1	00.00°	180.00	0.052			0.00		0.058	1.93	2346.84	2348.77	7.46	9.39					
0+260.00	0+270.00	2,339.38	2,340.56	10.00	-1.19	10.07	275.10	0.119	2340.56	0.550	600	582.6	140	2.063	1	00.00°	180.00	0.052			0.00		0.058	1.99	2346.78	2348.77	6.21	8.21					
0+270.00	0+280.00	2,340.56	2,341.75	10.00	-1.18	10.07	285.17	0.118	2341.75	0.550	600	582.6	140	2.063	1	163.76°	16.24	0.052		0.15	0.03		0.094	2.09	2346.68	2348.77	4.94	7.02					
0+280.00	0+290.00	2,341.75	2,342.93	10.00	-1.19	10.07	295.24	0.119	2342.93	0.550	600	582.6	140	2.063	1	00.00°	180.00	0.052			0.00		0.058	2.14	2346.63	2348.77	3.69	5.84					
0+290.00	0+300.00	2,342.93	2,344.12	10.00	-1.18	10.07	305.31	0.118	2344.12	0.550	600	582.6	140	2.063	1	177.41°	2.59	0.052		0.04	0.01		0.068	2.21	2346.56	2348.77	2.44	4.65					
0+300.00	0+310.00	2,344.12	2,345.31	10.00	-1.19	10.07	315.38	0.119	2345.31	0.550	600	582.6	140	2.063	1	00.00°	180.00	0.052			0.00		0.058	2.27	2346.50	2348.77	1.20	3.47					
0+310.00	0+318.85	2,345.31	2,347.15	8.85	-1.85	9.04	324.26	0.209	2347.15	0.550	600	582.6	140	2.063	1	00.00°	180.00	0.047			0.00	0.04	0.099	2.37	2346.40	2348.77	-0.75	1.62					

SIFÓN INVERTIDO - CÁLCULO HIDRÁULICO TUBERIA HIERRO DUCTIL DN 800 mm

$$h_f = \left(\frac{V_t}{0.8494 * C * \left(\frac{D_i}{4}\right)^{0.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}} * L$$

MATERIAL DE LA TUBERIA : Hierro Ductil	DIAMETRO NOMINAL : 800	COTA INICIO DEL SIFON : 2,348.77
CLASE : C30	DIAMETRO INTERIOR : 780.8	COTA FINAL DEL SIFON : 2,347.15
PN : 40	LONGITUD DEL SIFON INVERTIDO : 324.26	"C" HAZEN - WILLIAMS : 140
	CAUDAL : 0.550	CARGA HIDRAULICA DISPONIBLE : 1.62

Progresiva					Datos Tubería				Velocidad	Codos		Perdidas					Cota Piezométrica		Diferencia (m H2O)									
Inicial (KM)	Final (KM)	Cota 1	Cota 2	Longitud Horizontal (m)	Dif. Cotas (m)	Longitud real (m)	Longitud real Acumulada (m)	Pendiente	Cota	Caudal (m3/s)	Diámetro	Diámetro	C	(m/s)	Cantidad	Horizontal		Fricción	Entrada	kc	hk	Salida	Parcial x 10%	Acum	Dinámica	Estática	Dinámica	Estática
									Rasante		Nominal (mm)	Interior (mm)				Hazen	Codos											
	0+000.00		2,348.77															0.04										
0+000.00	0+010.00	2,348.77	2,347.29	10.00	1.48	10.11	10.11	-0.148	2347.29	0.550	800	780.8	140	1.149	1	175.00°	5.00	0.013		0.04	0.00		0.063	0.06	2348.77	2348.77	1.48	1.48
0+010.00	0+020.00	2,347.29	2,347.13	10.00	0.16	10.00	20.11	-0.016	2347.13	0.550	800	780.8	140	1.149	1	00.00°	180.00	0.012			0.00		0.014	0.08	2348.69	2348.77	1.56	1.64
0+020.00	0+030.00	2,347.13	2,346.97	10.00	0.16	10.00	30.11	-0.016	2346.97	0.550	800	780.8	140	1.149	1	160.50°	19.50	0.012		0.15	0.01		0.025	0.10	2348.67	2348.77	1.70	1.80
0+030.00	0+040.00	2,346.97	2,344.89	10.00	2.08	10.21	40.33	-0.208	2344.89	0.550	800	780.8	140	1.149	1	169.15°	10.85	0.013		0.06	0.00		0.019	0.12	2348.65	2348.77	3.76	3.88
0+040.00	0+050.00	2,344.89	2,342.81	10.00	2.08	10.21	50.54	-0.208	2342.81	0.550	800	780.8	140	1.149	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.13	2348.64	2348.77	5.82	5.96
0+050.00	0+060.00	2,342.81	2,339.38	10.00	3.44	10.57	61.11	-0.344	2339.38	0.550	800	780.8	140	1.149	1	166.81°	13.19	0.013		0.06	0.00		0.019	0.15	2348.62	2348.77	9.24	9.39
0+060.00	0+070.00	2,339.38	2,335.10	10.00	4.28	10.88	71.99	-0.428	2335.10	0.550	800	780.8	140	1.149	1	174.31°	5.69	0.014		0.04	0.00		0.018	0.17	2348.60	2348.77	13.50	13.67
0+070.00	0+080.00	2,335.10	2,331.60	10.00	3.49	10.59	82.58	-0.349	2331.60	0.550	800	780.8	140	1.149	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.015	0.19	2348.58	2348.77	16.98	17.17
0+080.00	0+090.00	2,331.60	2,328.11	10.00	3.49	10.59	93.18	-0.349	2328.11	0.550	800	780.8	140	1.149	1	174.31°	5.69	0.013		0.04	0.00		0.018	0.20	2348.57	2348.77	20.45	20.66
0+090.00	0+100.00	2,328.11	2,324.62	10.00	3.49	10.59	103.77	-0.349	2324.62	0.550	800	780.8	140	1.149	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.015	0.22	2348.55	2348.77	23.93	24.15
0+100.00	0+105.00	2,324.62	2,322.88	5.00	1.75	5.30	109.06	-0.349	2322.88	0.550	800	780.8	140	1.149	1	00.00°	180.00	0.007			0.00		0.007	0.23	2348.54	2348.77	25.67	25.90
0+105.00	0+110.00	2,322.88	2,322.88	5.00	-0.01	5.00	114.06	0.002	2322.88	0.550	800	780.8	140	1.149	1	160.67°	19.34	0.006		0.15	0.01		0.018	0.24	2348.53	2348.77	25.64	25.89
0+110.00	0+120.00	2,322.88	2,322.90	10.00	-0.02	10.00	124.06	0.002	2322.90	0.550	800	780.8	140	1.149	1	175.00°	5.00	0.012		0.04	0.00		0.017	0.26	2348.51	2348.77	25.61	25.87
0+120.00	0+130.00	2,322.90	2,323.97	10.00	-1.07	10.06	134.12	0.107	2323.97	0.550	800	780.8	140	1.149	1	173.33°	6.68	0.013		0.04	0.00		0.017	0.28	2348.49	2348.77	24.53	24.80
0+130.00	0+140.00	2,323.97	2,325.15	10.00	-1.19	10.07	144.19	0.119	2325.15	0.550	800	780.8	140	1.149	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.29	2348.48	2348.77	23.33	23.62
0+140.00	0+150.00	2,325.15	2,326.34	10.00	-1.18	10.07	154.26	0.118	2326.34	0.550	800	780.8	140	1.149	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.31	2348.46	2348.77	22.13	22.43
0+150.00	0+160.00	2,326.34	2,327.52	10.00	-1.19	10.07	164.33	0.119	2327.52	0.550	800	780.8	140	1.149	1	176.06°	3.94	0.013		0.04	0.00		0.017	0.32	2348.45	2348.77	20.92	21.25
0+160.00	0+170.00	2,327.52	2,328.71	10.00	-1.18	10.07	174.40	0.118	2328.71	0.550	800	780.8	140	1.149	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.34	2348.43	2348.77	19.73	20.06
0+170.00	0+180.00	2,328.71	2,329.89	10.00	-1.19	10.07	184.47	0.119	2329.89	0.550	800	780.8	140	1.149	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.35	2348.42	2348.77	18.53	18.88
0+180.00	0+190.00	2,329.89	2,331.08	10.00	-1.18	10.07	194.54	0.118	2331.08	0.550	800	780.8	140	1.149	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.36	2348.41	2348.77	17.33	17.69
0+190.00	0+200.00	2,331.08	2,332.26	10.00	-1.19	10.07	204.61	0.119	2332.26	0.550	800	780.8	140	1.149	1	159.56°	20.45	0.013		0.15	0.01		0.025	0.39	2348.38	2348.77	16.12	16.51
0+200.00	0+210.00	2,332.26	2,333.45	10.00	-1.18	10.07	214.68	0.118	2333.45	0.550	800	780.8	140	1.149	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.40	2348.37	2348.77	14.92	15.32
0+210.00	0+220.00	2,333.45	2,334.64	10.00	-1.19	10.07	224.75	0.119	2334.64	0.550	800	780.8	140	1.149	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.42	2348.35	2348.77	13.72	14.13
0+220.00	0+230.00	2,334.64	2,335.82	10.00	-1.18	10.07	234.82	0.118	2335.82	0.550	800	780.8	140	1.149	1	164.14°	15.86	0.013		0.15	0.01		0.025	0.44	2348.33	2348.77	12.51	12.95
0+230.00	0+240.00	2,335.82	2,337.01	10.00	-1.19	10.07	244.89	0.119	2337.01	0.550	800	780.8	140	1.149	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.46	2348.31	2348.77	11.31	11.76
0+240.00	0+250.00	2,337.01	2,338.19	10.00	-1.18	10.07	254.96	0.118	2338.19	0.550	800	780.8	140	1.149	1	160.59°	19.41	0.013		0.15	0.01		0.025	0.48	2348.29	2348.77	10.10	10.58
0+250.00	0+260.00	2,338.19	2,339.38	10.00	-1.19	10.07	265.03	0.119	2339.38	0.550	800	780.8	140	1.149	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.50	2348.27	2348.77	8.90	9.39
0+260.00	0+270.00	2,339.38	2,340.56	10.00	-1.19	10.07	275.10	0.119	2340.56	0.550	800	780.8	140	1.149	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.51	2348.26	2348.77	7.70	8.21
0+270.00	0+280.00	2,340.56	2,341.75	10.00	-1.18	10.07	285.17	0.118	2341.75	0.550	800	780.8	140	1.149	1	163.76°	16.24	0.013		0.15	0.01		0.025	0.53	2348.24	2348.77	6.49	7.02
0+280.00	0+290.00	2,341.75	2,342.93	10.00	-1.19	10.07	295.24	0.119	2342.93	0.550	800	780.8	140	1.149	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.55	2348.22	2348.77	5.29	5.84
0+290.00	0+300.00	2,342.93	2,344.12	10.00	-1.18	10.07	305.31	0.118	2344.12	0.550	800	780.8	140	1.149	1	177.41°	2.59	0.013		0.04	0.00		0.017	0.57	2348.20	2348.77	4.09	4.65
0+300.00	0+310.00	2,344.12	2,345.31	10.00	-1.19	10.07	315.38	0.119	2345.31	0.550	800	780.8	140	1.149	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.58	2348.19	2348.77	2.89	3.47
0+310.00	0+318.85	2,345.31	2,347.15	8.85	-1.85	9.04	324.26	0.209	2347.15	0.550	800	780.8	140	1.149	1	00.00°	180.00	0.011			0.00	0.02	0.030	0.61	2348.16	2348.77	1.01	1.62

Cuadro resumen de cálculos para tubería HDPE de DN630mm con elevación de la cota de captación en 0.90m

CALCULOS CON FORMULA HAZEN - WILLIAMS		
DESCRIPCIÓN	MEDIDA	UNIDAD
Material de la tubería	HDPE	
PN	6	bar
SRD	26	
Designación del material	PE 100	
cota de ingreso según expediente	2348.770	m.s.n.m.
Caudal a Transportar	550	l/s
Coefficiente Hazen Williams	140	HDPE
Longitud de la tubería	324.26	m
DIÁMETRO COMERCIAL 630 mm		
Nueva cota de ingreso	2349.670	m
Elevación adicional en metros a la cota inicial	0.900	m
Cota de salida	2347.15	m.s.n.m.
Diámetro nominal	630	mm
Diámetro Interior Comercial Asumido DN=630 MM	581.8	mm
Carga hidráulica disponible	2.520	m
Área Interior de la tubería	0.266	m ²
Velocidad	2.069	m/s
Pérdida por ingreso k=0.5	0.109	m
Pérdida por transición entrada	0.022	m
Pérdida por transición salida	0.043	m
Pérdidas por cambio de dirección	0.296	m
Pérdida de energía por fricción	1.696	m
Pérdida de energía total x factor de seguridad 1.1	2.38	m
Gradiente Hidráulico por fricción con diámetro comercial (s)	0.0056	m/m

Cuadro resumen de cálculos para tubería PVC de DN630mm con elevación de la cota de captación en 0.45m

CALCULOS CON FORMULA HAZEN – WILLIAMS		
DESCRIPCIÓN	MEDIDA	UNIDAD
Material de la tubería	PVC - O	
PN	12.5	bar
Cota de ingreso según expediente	2348.770	m.s.n.m.
Caudal a Transportar	550	l/s
Coefficiente Hazen Williams	150	PVC
Longitud de la tubería	324.26	m
DIÁMETRO COMERCIAL 630 mm		
Nivel de agua en el Ingreso (Transición de Inicio)	2349.220	m.s.n.m.
Elevación adicional en metros a la cota inicial	0.450	m
Cota en Salida del sifón	2347.15	m.s.n.m.
Diámetro nominal	630	mm
Diámetro Interior Comercial Asumido DN=630 MM	598.8	mm
Carga hidráulica disponible	2.070	m
Área Interior de la tubería	0.282	m ²
Velocidad	1.953	m/s
Pérdida por ingreso k=0.5	0.097	m
Pérdida por transición entrada	0.022	m
Pérdida por transición salida	0.043	m
Pérdidas por cambio de dirección	0.264	m
Pérdida de energía por fricción	1.297	m
Pérdida de energía total x factor de seguridad 1.1	1.90	m
Gradiente Hidráulico por fricción con diámetro comercial (s)	0.0051	m/m

Cuadro resumen de cálculos para tubería Hierro Dúctil de DN600mm con elevación de la cota de captación en 0.90m

CALCULOS CON FORMULA HAZEN - WILLIAMS Para un diámetro comercial 600 mm		
DESCRIPCION	MEDIDA	UNIDAD
Material de la tubería	HIERRO - DUCTIL	
CLASE	C 30	
PN	40	
Cota de ingreso según expediente	2348.770	m.s.n.m.
Caudal a Transportar	550	l/s
Coeficiente Hazen Williams	140.00	Hier-Duct
Longitud de la tubería	324.26	m
Diámetro comercial 600mm		
Nivel de agua en el Ingreso (Transición de Inicio)	2349.670	m.s.n.m.
Elevación adicional en metros a la cota inicial	0.900	m
Cota en Salida del sifón	2347.15	m.s.n.m.
Diámetro nominal	600	mm
Diámetro Interior Comercial Asumido DN=600 MM	582.60	mm
Carga hidráulica disponible	2.520	m
Área Interior de la tubería	0.267	m ²
Velocidad	2.063	m/s
Pérdida por ingreso k=0.5	0.108	m
Pérdida por transición entrada	0.022	m
Pérdida por transición salida	0.043	m
Pérdidas por cambio de dirección	0.294	m
Pérdida de energía por fricción	1.684	m
Pérdida de energía total x factor de seguridad 1.1	2.37	m
Gradiente Hidráulico por fricción con diámetro comercial (s)	0.006	m/m

Cuadro resumen de cálculos para tubería HDPE de DN710mm sin cambio de cotas en la captación.

CÁLCULOS CON FORMULA HAZEN - WILLIAMS Para un diámetro comercial 710 mm		
DESCRIPCIÓN	MEDIDA	UNIDAD
Material de la tubería	HDPE	
PN	6	bar
SRD	26	
DESIGNACION DEL MATERIAL	PE 100	
Nivel de agua en el Ingreso (Transición de Inicio)	2348.77	m.s.n.m.
Cota en Salida del sifón	2347.15	m.s.n.m.
Diámetro nominal	710	mm
Diámetro Interior Comercial Asumido DN=710 MM	655.6	mm
Caudal a Transportar	550	l/s
Carga hidráulica disponible	1.620	m
Coefficiente Hazen Williams	140	PE
Longitud de la tubería	324.26	m
Área Interior de la tubería	0.338	m ²
Velocidad	1.629	m/s
Pérdida por ingreso k=0.5	0.068	m
Pérdida por transición entrada	0.013	m
Pérdida por transición salida	0.026	m
Pérdidas por cambio de dirección	0.183	m
Pérdida de energía por fricción	0.948	m
Pérdida de energía total x factor de seguridad 1.1	1.36	m
Gradiente Hidráulico por fricción con diámetro comercial (s)	0.003	m/m

SIFÓN INVERTIDO - CÁLCULO HIDRÁULICO

$$h_f = \left(\frac{V_t}{0.8494 * C * \left(\frac{D_t}{4}\right)^{0.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}} * L$$

MATERIAL DE LA TUBERIA : HDPE
 SRD :26
 PN : 6
 DESIGNACION DEL MATERIAL : PE100

DIAMETRO NOMINAL 710
 DIAMETRO INTERIOR 655.6
 LONGITUD DEL SIFON INVERTIDO 324.26
 CAUDAL 0.550

COTA INICIO DEL SIFON 2,348.77
 COTA FINAL DEL SIFON 2,347.15
 "C" HAZEN - WILLIAMS 140
 CARGA HIDRAULICA DISPONIBLE 1.62

Progresiva					Datos Tubería				Velocidad	Codos			Perdidas						Cota Piezométrica		Diferencia (m H2O)								
Inicial (KM)	Final (KM)	Cota 1	Cota 2	Longitud Horizontal (m)	Dif. Cotas	Longitud real (m)	Longitud real Acumulada (m)	Pendiente	Cota	Caudal (m3/s)	Diámet	Diámet	C	(m/s)	Cantidad	Horizontal		Fricción	Entrada	kc	hk	Salida	Parcial x 10%	Acum	Dinámica	Estática	Dinámica	Estática	
					(m)				Rasante		Nominal (mm)	Interior (mm)				g °	Final	Hazen			Codos								
	0+000.00		2,348.77																0.081										
0+000.00	0+010.00	2,348.77	2,347.29	10.00	1.48	10.11	10.11	-0.148	2347.29	0.550	710	655.6	140	1.629	1	175.00°	5.00	0.030		0.04	0.01		0.128	0.13	2348.77	2348.77	1.48	1.48	
0+010.00	0+020.00	2,347.29	2,347.13	10.00	0.16	10.00	20.11	-0.016	2347.13	0.550	710	655.6	140	1.629	1	00.00°	180.00	0.029		0.00			0.032	0.16	2348.61	2348.77	1.48	1.64	
0+020.00	0+030.00	2,347.13	2,346.97	10.00	0.16	10.00	30.11	-0.016	2346.97	0.550	710	655.6	140	1.629	1	160.50°	19.50	0.029		0.15	0.02		0.055	0.22	2348.55	2348.77	1.58	1.80	
0+030.00	0+040.00	2,346.97	2,344.89	10.00	2.08	10.21	40.33	-0.208	2344.89	0.550	710	655.6	140	1.629	1	169.15°	10.85	0.030		0.06	0.01		0.042	0.26	2348.51	2348.77	3.62	3.88	
0+040.00	0+050.00	2,344.89	2,342.81	10.00	2.08	10.21	50.54	-0.208	2342.81	0.550	710	655.6	140	1.629	1	00.00°	180.00	0.030		0.00			0.033	0.29	2348.48	2348.77	5.67	5.96	
0+050.00	0+060.00	2,342.81	2,339.38	10.00	3.44	10.57	61.11	-0.344	2339.38	0.550	710	655.6	140	1.629	1	166.81°	13.19	0.031		0.06	0.01		0.043	0.33	2348.44	2348.77	9.06	9.39	
0+060.00	0+070.00	2,339.38	2,335.10	10.00	4.28	10.88	71.99	-0.428	2335.10	0.550	710	655.6	140	1.629	1	174.31°	5.69	0.032		0.04	0.01		0.042	0.37	2348.40	2348.77	13.30	13.67	
0+070.00	0+080.00	2,335.10	2,331.60	10.00	3.49	10.59	82.58	-0.349	2331.60	0.550	710	655.6	140	1.629	1	00.00°	180.00	0.031		0.00			0.034	0.41	2348.36	2348.77	16.76	17.17	
0+080.00	0+090.00	2,331.60	2,328.11	10.00	3.49	10.59	93.18	-0.349	2328.11	0.550	710	655.6	140	1.629	1	174.31°	5.69	0.031		0.04	0.01		0.041	0.45	2348.32	2348.77	20.21	20.66	
0+090.00	0+100.00	2,328.11	2,324.62	10.00	3.49	10.59	103.77	-0.349	2324.62	0.550	710	655.6	140	1.629	1	00.00°	180.00	0.031		0.00			0.034	0.48	2348.29	2348.77	23.67	24.15	
0+100.00	0+105.00	2,324.62	2,322.88	5.00	1.75	5.30	109.06	-0.349	2322.88	0.550	710	655.6	140	1.629	1	00.00°	180.00	0.015		0.00			0.017	0.50	2348.27	2348.77	25.39	25.90	
0+105.00	0+110.00	2,322.88	2,322.88	5.00	-0.01	5.00	114.06	0.002	2322.88	0.550	710	655.6	140	1.629	1	160.67°	19.34	0.015		0.15	0.02		0.039	0.54	2348.23	2348.77	25.35	25.89	
0+110.00	0+120.00	2,322.88	2,322.90	10.00	-0.02	10.00	124.06	0.002	2322.90	0.550	710	655.6	140	1.629	1	175.00°	5.00	0.029		0.04	0.01		0.039	0.58	2348.19	2348.77	25.29	25.87	
0+120.00	0+130.00	2,322.90	2,323.97	10.00	-1.07	10.06	134.12	0.107	2323.97	0.550	710	655.6	140	1.629	1	173.33°	6.68	0.029		0.04	0.01		0.039	0.62	2348.15	2348.77	24.19	24.80	
0+130.00	0+140.00	2,323.97	2,325.15	10.00	-1.19	10.07	144.19	0.119	2325.15	0.550	710	655.6	140	1.629	1	00.00°	180.00	0.029		0.00			0.032	0.65	2348.12	2348.77	22.97	23.62	
0+140.00	0+150.00	2,325.15	2,326.34	10.00	-1.18	10.07	154.26	0.118	2326.34	0.550	710	655.6	140	1.629	1	00.00°	180.00	0.029		0.00			0.032	0.68	2348.09	2348.77	21.75	22.43	
0+150.00	0+160.00	2,326.34	2,327.52	10.00	-1.19	10.07	164.33	0.119	2327.52	0.550	710	655.6	140	1.629	1	176.06°	3.94	0.029		0.04	0.01		0.039	0.72	2348.05	2348.77	20.53	21.25	
0+160.00	0+170.00	2,327.52	2,328.71	10.00	-1.18	10.07	174.40	0.118	2328.71	0.550	710	655.6	140	1.629	1	00.00°	180.00	0.029		0.00			0.032	0.75	2348.02	2348.77	19.31	20.06	
0+170.00	0+180.00	2,328.71	2,329.89	10.00	-1.19	10.07	184.47	0.119	2329.89	0.550	710	655.6	140	1.629	1	00.00°	180.00	0.029		0.00			0.032	0.79	2347.98	2348.77	18.09	18.88	
0+180.00	0+190.00	2,329.89	2,331.08	10.00	-1.18	10.07	194.54	0.118	2331.08	0.550	710	655.6	140	1.629	1	00.00°	180.00	0.029		0.00			0.032	0.82	2347.95	2348.77	16.87	17.69	
0+190.00	0+200.00	2,331.08	2,332.26	10.00	-1.19	10.07	204.61	0.119	2332.26	0.550	710	655.6	140	1.629	1	159.56°	20.45	0.029		0.15	0.02		0.055	0.87	2347.90	2348.77	15.63	16.51	
0+200.00	0+210.00	2,332.26	2,333.45	10.00	-1.18	10.07	214.68	0.118	2333.45	0.550	710	655.6	140	1.629	1	00.00°	180.00	0.029		0.00			0.032	0.91	2347.86	2348.77	14.42	15.32	
0+210.00	0+220.00	2,333.45	2,334.64	10.00	-1.19	10.07	224.75	0.119	2334.64	0.550	710	655.6	140	1.629	1	00.00°	180.00	0.029		0.00			0.032	0.94	2347.83	2348.77	13.20	14.13	
0+220.00	0+230.00	2,334.64	2,335.82	10.00	-1.18	10.07	234.82	0.118	2335.82	0.550	710	655.6	140	1.629	1	164.14°	15.86	0.029		0.15	0.02		0.055	0.99	2347.78	2348.77	11.96	12.95	
0+230.00	0+240.00	2,335.82	2,337.01	10.00	-1.19	10.07	244.89	0.119	2337.01	0.550	710	655.6	140	1.629	1	00.00°	180.00	0.029		0.00			0.032	1.03	2347.74	2348.77	10.74	11.76	
0+240.00	0+250.00	2,337.01	2,338.19	10.00	-1.18	10.07	254.96	0.118	2338.19	0.550	710	655.6	140	1.629	1	160.59°	19.41	0.029		0.15	0.02		0.055	1.08	2347.69	2348.77	9.50	10.58	
0+250.00	0+260.00	2,338.19	2,339.38	10.00	-1.19	10.07	265.03	0.119	2339.38	0.550	710	655.6	140	1.629	1	00.00°	180.00	0.029		0.00			0.032	1.11	2347.66	2348.77	8.28	9.39	
0+260.00	0+270.00	2,339.38	2,340.56	10.00	-1.19	10.07	275.10	0.119	2340.56	0.550	710	655.6	140	1.629	1	00.00°	180.00	0.029		0.00			0.032	1.15	2347.62	2348.77	7.06	8.21	
0+270.00	0+280.00	2,340.56	2,341.75	10.00	-1.18	10.07	285.17	0.118	2341.75	0.550	710	655.6	140	1.629	1	163.76°	16.24	0.029		0.15	0.02		0.055	1.20	2347.57	2348.77	5.82	7.02	
0+280.00	0+290.00	2,341.75	2,342.93	10.00	-1.19	10.07	295.24	0.119	2342.93	0.550	710	655.6	140	1.629	1	00.00°	180.00	0.029		0.00			0.032	1.23	2347.54	2348.77	4.60	5.84	
0+290.00	0+300.00	2,342.93	2,344.12	10.00	-1.18	10.07	305.31	0.118	2344.12	0.550	710	655.6	140	1.629	1	177.41°	2.59	0.029		0.04	0.01		0.039	1.27	2347.50	2348.77	3.38	4.65	
0+300.00	0+310.00	2,344.12	2,345.31	10.00	-1.19	10.07	315.38	0.119	2345.31	0.550	710	655.6	140	1.629	1	00.00°	180.00	0.029		0.00			0.032	1.31	2347.46	2348.77	2.16	3.47	
0+310.00	0+318.85	2,345.31	2,347.15	8.85	-1.85	9.04	324.26	0.209	2347.15	0.550	710	655.6	140	1.629	1	00.00°	180.00	0.026		0.00	0.03		0.058	1.36	2347.41	2348.77	0.26	1.62	

Cuadro resumen de cálculos para tubería PVC de DN710mm sin cambio de cotas en la captación.

CALCULOS CON FORMULA HAZEN - WILLIAMS Para un diámetro comercial 710 mm		
DESCRIPCION	MEDIDA	UNIDAD
Material de la tubería	PVC - O	
PN	12.5	bar
Nivel de agua en el Ingreso (Transición de Inicio)	2348.77	m.s.n.m.
Cota en Salida del sifón	2347.15	m.s.n.m.
Diámetro nominal	710	mm
Diámetro Interior Comercial Asumido DN=710 MM	674.8	mm
Caudal a Transportar	550	l/s
Carga hidráulica disponible	1.620	m
Coefficiente Hazen Williams	150	PVC
Longitud de la tubería	324.26	m
Área Interior de la tubería	0.358	m ²
Velocidad	1.538	m/s
Pérdida por ingreso k=0.5	0.060	m
Pérdida por transición entrada	0.013	m
Pérdida por transición salida	0.026	m
Pérdidas por cambio de dirección	0.163	m
Pérdida de energía por fricción	0.725	m
Pérdida de energía total x factor de seguridad 1.1	1.09	m
Gradiente Hidráulico por fricción con diámetro comercial (s)	0.004	m/m

SIFÓN INVERTIDO - CÁLCULO HIDRÁULICO

$$h_f = \left(\frac{Vt}{0.8494 * C * \left(\frac{D_i}{4}\right)^{0.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}} *$$

MATERIAL DE LA TUBERIA : PVC
 PN : 12.5
 DESIGNACION DEL MATERIAL PVC - O

DIAMETRO NOMINAL 710
 DIAMETRO INTERIOR 674.8
 LONGITUD DEL SIFON INVERTIDO 324.26
 CAUDAL 0.550

COTA INICIO DEL SIFON 2,348.77
 COTA FINAL DEL SIFON 2,347.15
 "C" HAZEN - WILLIAMS 150
 CARGA HIDRAULICA DISPONIBLE 1.62

Progresiva				Datos Tubería				Velocidad	Codos				Perdidas						Cota Piezométrica		Diferencia (m H2O)							
Inicial (KM)	Final (KM)	Cota 1	Cota 2	Longitud Horizontal (m)	Dif. Cotas (m)	Longitud real (m)	Longitud real Acumulada (m)	Pendiente	Cota	Caudal	Diámet	Diámet	C	(m/s)	Cantidad	Horizontal		Fricción	Entrada	kc	hk	Salida	Parcial x 10%	Acum	Dinámica	Estática	Dinámica	Estática
									Rasante	(m3/s)	Nominal (mm)	Interior (mm)				g °	Final	Hazen			Codos							
	0+000.00		2,348.77															0.07					1.1					
0+000.00	0+010.00	2,348.77	2,347.29	10.00	1.48	10.11	10.11	-0.148	2347.29	0.550	710	674.8	150	1.538	1	175.00°	5.00	0.023		0.04	0.01		0.111	0.11	2348.77	2348.77	1.48	1.48
0+010.00	0+020.00	2,347.29	2,347.13	10.00	0.16	10.00	20.11	-0.016	2347.13	0.550	710	674.8	150	1.538	1	00.00°	180.00	0.022			0.00		0.025	0.14	2348.63	2348.77	1.50	1.64
0+020.00	0+030.00	2,347.13	2,346.97	10.00	0.16	10.00	30.11	-0.016	2346.97	0.550	710	674.8	150	1.538	1	160.50°	19.50	0.022		0.15	0.02		0.045	0.18	2348.59	2348.77	1.62	1.80
0+030.00	0+040.00	2,346.97	2,344.89	10.00	2.08	10.21	40.33	-0.208	2344.89	0.550	710	674.8	150	1.538	1	169.15°	10.85	0.023		0.06	0.01		0.033	0.21	2348.56	2348.77	3.66	3.88
0+040.00	0+050.00	2,344.89	2,342.81	10.00	2.08	10.21	50.54	-0.208	2342.81	0.550	710	674.8	150	1.538	1	00.00°	180.00	0.023			0.00		0.025	0.24	2348.53	2348.77	5.72	5.96
0+050.00	0+060.00	2,342.81	2,339.38	10.00	3.44	10.57	61.11	-0.344	2339.38	0.550	710	674.8	150	1.538	1	166.81°	13.19	0.024		0.06	0.01		0.034	0.27	2348.50	2348.77	9.12	9.39
0+060.00	0+070.00	2,339.38	2,335.10	10.00	4.28	10.88	71.99	-0.428	2335.10	0.550	710	674.8	150	1.538	1	174.31°	5.69	0.024		0.04	0.01		0.033	0.31	2348.46	2348.77	13.37	13.67
0+070.00	0+080.00	2,335.10	2,331.60	10.00	3.49	10.59	82.58	-0.349	2331.60	0.550	710	674.8	150	1.538	1	00.00°	180.00	0.024			0.00		0.026	0.33	2348.44	2348.77	16.83	17.17
0+080.00	0+090.00	2,331.60	2,328.11	10.00	3.49	10.59	93.18	-0.349	2328.11	0.550	710	674.8	150	1.538	1	174.31°	5.69	0.024		0.04	0.01		0.032	0.36	2348.41	2348.77	20.29	20.66
0+090.00	0+100.00	2,328.11	2,324.62	10.00	3.49	10.59	103.77	-0.349	2324.62	0.550	710	674.8	150	1.538	1	00.00°	180.00	0.024			0.00		0.026	0.39	2348.38	2348.77	23.76	24.15
0+100.00	0+105.00	2,324.62	2,322.88	5.00	1.75	5.30	109.06	-0.349	2322.88	0.550	710	674.8	150	1.538	1	00.00°	180.00	0.012			0.00		0.013	0.40	2348.37	2348.77	25.49	25.90
0+105.00	0+110.00	2,322.88	2,322.88	5.00	-0.01	5.00	114.06	0.002	2322.88	0.550	710	674.8	150	1.538	1	160.67°	19.34	0.011		0.15	0.02		0.033	0.44	2348.33	2348.77	25.45	25.89
0+110.00	0+120.00	2,322.88	2,322.90	10.00	-0.02	10.00	124.06	0.002	2322.90	0.550	710	674.8	150	1.538	1	175.00°	5.00	0.022		0.04	0.01		0.030	0.47	2348.30	2348.77	25.41	25.87
0+120.00	0+130.00	2,322.90	2,323.97	10.00	-1.07	10.06	134.12	0.107	2323.97	0.550	710	674.8	150	1.538	1	173.33°	6.68	0.022		0.04	0.01		0.031	0.50	2348.27	2348.77	24.31	24.80
0+130.00	0+140.00	2,323.97	2,325.15	10.00	-1.19	10.07	144.19	0.119	2325.15	0.550	710	674.8	150	1.538	1	00.00°	180.00	0.023			0.00		0.025	0.52	2348.25	2348.77	23.10	23.62
0+140.00	0+150.00	2,325.15	2,326.34	10.00	-1.18	10.07	154.26	0.118	2326.34	0.550	710	674.8	150	1.538	1	00.00°	180.00	0.023			0.00		0.025	0.55	2348.22	2348.77	21.89	22.43
0+150.00	0+160.00	2,326.34	2,327.52	10.00	-1.19	10.07	164.33	0.119	2327.52	0.550	710	674.8	150	1.538	1	176.06°	3.94	0.023		0.04	0.01		0.031	0.58	2348.19	2348.77	20.67	21.25
0+160.00	0+170.00	2,327.52	2,328.71	10.00	-1.18	10.07	174.40	0.118	2328.71	0.550	710	674.8	150	1.538	1	00.00°	180.00	0.023			0.00		0.025	0.60	2348.17	2348.77	19.46	20.06
0+170.00	0+180.00	2,328.71	2,329.89	10.00	-1.19	10.07	184.47	0.119	2329.89	0.550	710	674.8	150	1.538	1	00.00°	180.00	0.023			0.00		0.025	0.63	2348.14	2348.77	18.25	18.88
0+180.00	0+190.00	2,329.89	2,331.08	10.00	-1.18	10.07	194.54	0.118	2331.08	0.550	710	674.8	150	1.538	1	00.00°	180.00	0.023			0.00		0.025	0.65	2348.12	2348.77	17.04	17.69
0+190.00	0+200.00	2,331.08	2,332.26	10.00	-1.19	10.07	204.61	0.119	2332.26	0.550	710	674.8	150	1.538	1	159.56°	20.45	0.023		0.15	0.02		0.045	0.70	2348.07	2348.77	15.81	16.51
0+200.00	0+210.00	2,332.26	2,333.45	10.00	-1.18	10.07	214.68	0.118	2333.45	0.550	710	674.8	150	1.538	1	00.00°	180.00	0.023			0.00		0.025	0.72	2348.05	2348.77	14.60	15.32
0+210.00	0+220.00	2,333.45	2,334.64	10.00	-1.19	10.07	224.75	0.119	2334.64	0.550	710	674.8	150	1.538	1	00.00°	180.00	0.023			0.00		0.025	0.75	2348.02	2348.77	13.39	14.13
0+220.00	0+230.00	2,334.64	2,335.82	10.00	-1.18	10.07	234.82	0.118	2335.82	0.550	710	674.8	150	1.538	1	164.14°	15.86	0.023		0.15	0.02		0.045	0.79	2347.98	2348.77	12.16	12.95
0+230.00	0+240.00	2,335.82	2,337.01	10.00	-1.19	10.07	244.89	0.119	2337.01	0.550	710	674.8	150	1.538	1	00.00°	180.00	0.023			0.00		0.025	0.82	2347.95	2348.77	10.95	11.76
0+240.00	0+250.00	2,337.01	2,338.19	10.00	-1.18	10.07	254.96	0.118	2338.19	0.550	710	674.8	150	1.538	1	160.59°	19.41	0.023		0.15	0.02		0.045	0.86	2347.91	2348.77	9.72	10.58
0+250.00	0+260.00	2,338.19	2,339.38	10.00	-1.19	10.07	265.03	0.119	2339.38	0.550	710	674.8	150	1.538	1	00.00°	180.00	0.023			0.00		0.025	0.89	2347.88	2348.77	8.51	9.39
0+260.00	0+270.00	2,339.38	2,340.56	10.00	-1.19	10.07	275.10	0.119	2340.56	0.550	710	674.8	150	1.538	1	00.00°	180.00	0.023			0.00		0.025	0.91	2347.86	2348.77	7.30	8.21
0+270.00	0+280.00	2,340.56	2,341.75	10.00	-1.18	10.07	285.17	0.118	2341.75	0.550	710	674.8	150	1.538	1	163.76°	16.24	0.023		0.15	0.02		0.045	0.96	2347.81	2348.77	6.07	7.02
0+280.00	0+290.00	2,341.75	2,342.93	10.00	-1.19	10.07	295.24	0.119	2342.93	0.550	710	674.8	150	1.538	1	00.00°	180.00	0.023			0.00		0.025	0.98	2347.79	2348.77	4.86	5.84
0+290.00	0+300.00	2,342.93	2,344.12	10.00	-1.18	10.07	305.31	0.118	2344.12	0.550	710	674.8	150	1.538	1	177.41°	2.59	0.023		0.04	0.01		0.031	1.01	2347.76	2348.77	3.64	4.65
0+300.00	0+310.00	2,344.12	2,345.31	10.00	-1.19	10.07	315.38	0.119	2345.31	0.550	710	674.8	150	1.538	1	00.00°	180.00	0.023			0.00		0.025	1.04	2347.73	2348.77	2.43	3.47
0+310.00	0+318.85	2,345.31	2,347.15	8.85	-1.85	9.04	324.26	0.209	2347.15	0.550	710	674.8	150	1.538	1	00.00°	180.00	0.020			0.00	0.03	0.051	1.09	2347.68	2348.77	0.53	1.62

Cuadro resumen de cálculos para tubería Hierro Dúctil de DN700mm sin cambio de cotas en la captación.

CALCULOS CON FORMULA HAZEN - WILLIAMS Para un diámetro comercial 700 mm		
DESCRIPCION	MEDIDA	UNIDAD
Material de la tubería	HIERRO - DUCTIL	
CLASE	C 25	
PN	32	
Nivel de agua en el Ingreso (Transición de Inicio)	2348.77	m.s.n.m.
Cota en Salida del sifón	2347.15	m.s.n.m.
Diámetro nominal	700	mm
Diámetro Interior Comercial Asumido DN=700 MM	682.40	mm
Caudal a Transportar	550	l/s
Carga hidráulica disponible	1.620	m
Coefficiente Hazen Williams	140.00	Hier- Duct
Longitud de la tubería	324.26	m
Área Interior de la tubería	0.366	m ²
Velocidad	1.504	m/s
Pérdida por ingreso k=0.5	0.058	m
Pérdida por transición entrada	0.013	m
Pérdida por transición salida	0.026	m
Pérdidas por cambio de dirección	0.156	m
Pérdida de energía por fricción	0.780	m
Pérdida de energía total x factor de seguridad 1.1	1.14	m
Gradiente Hidráulico por fricción con diámetro comercial (s)	0.004	m/m

SIFÓN INVERTIDO - CÁLCULO HIDRÁULICO

$$h_f = \left(\frac{Vt}{0.8494 * C * \left(\frac{D_i}{4}\right)^{0.63}} \right)^{\frac{1}{0.54}} * L$$

MATERIAL DE LA TUBERIA : Hierro Dúctil
 CLASE : C25
 PN : 32

DIAMETRO NOMINAL 700
 DIAMETRO INTERIOR 682.4
 LONGITUD DEL SIFON INVERTIDO 324.26
 CAUDAL 0.550

COTA INICIO DEL SIFON 2,348.77
 COTA FINAL DEL SIFON 2,347.15
 "C" HAZEN - WILLIAMS 140
 CARGA HIDRAULICA DISPONIBLE 1.62

Progresiva									Datos Tubería				Velocidad	Codos			Perdidas					Cota Piezométrica		Diferencia (m H2O)										
Inicial (KM)	Final (KM)	Cota 1	Cota 2	Longitud Horizontal (m)	Dif. Cotas (m)	Longitud real (m)	Longitud real Acumulada (m)	Pendiente	Cota	Caudal	Diámetro	Diámetro	C	(m/s)	Cantidad	Horizontal		Fricción	Entrada	kc	hk	Salida	Parcial x 10%	Acum	Dinámica	Estática	Dinámica	Estática						
									Rasante	(m3/s)	Nominal (mm)	Interior (mm)				g °	Final	Hazen																
	0+000.00		2,348.77																0.07															
0+000.00	0+010.00	2,348.77	2,347.29	10.00	1.48	10.11	10.11	-0.148	2347.29	0.550	700	682.4	140	1.504	1	175.00°	5.00	0.024		0.04	0.01		0.110	0.11	2348.77	2348.77	1.48	1.48						
0+010.00	0+020.00	2,347.29	2,347.13	10.00	0.16	10.00	20.11	-0.016	2347.13	0.550	700	682.4	140	1.504	1	00.00°	180.00	0.024			0.00		0.026	0.14	2348.63	2348.77	1.50	1.64						
0+020.00	0+030.00	2,347.13	2,346.97	10.00	0.16	10.00	30.11	-0.016	2346.97	0.550	700	682.4	140	1.504	1	160.50°	19.50	0.024		0.15	0.02		0.046	0.18	2348.59	2348.77	1.62	1.80						
0+030.00	0+040.00	2,346.97	2,344.89	10.00	2.08	10.21	40.33	-0.208	2344.89	0.550	700	682.4	140	1.504	1	169.15°	10.85	0.025		0.06	0.01		0.035	0.22	2348.55	2348.77	3.66	3.88						
0+040.00	0+050.00	2,344.89	2,342.81	10.00	2.08	10.21	50.54	-0.208	2342.81	0.550	700	682.4	140	1.504	1	00.00°	180.00	0.025			0.00		0.027	0.24	2348.53	2348.77	5.71	5.96						
0+050.00	0+060.00	2,342.81	2,339.38	10.00	3.44	10.57	61.11	-0.344	2339.38	0.550	700	682.4	140	1.504	1	166.81°	13.19	0.025		0.06	0.01		0.036	0.28	2348.49	2348.77	9.11	9.39						
0+060.00	0+070.00	2,339.38	2,335.10	10.00	4.28	10.88	71.99	-0.428	2335.10	0.550	700	682.4	140	1.504	1	174.31°	5.69	0.026		0.04	0.01		0.034	0.31	2348.46	2348.77	13.36	13.67						
0+070.00	0+080.00	2,335.10	2,331.60	10.00	3.49	10.59	82.58	-0.349	2331.60	0.550	700	682.4	140	1.504	1	00.00°	180.00	0.025			0.00		0.028	0.34	2348.43	2348.77	16.82	17.17						
0+080.00	0+090.00	2,331.60	2,328.11	10.00	3.49	10.59	93.18	-0.349	2328.11	0.550	700	682.4	140	1.504	1	174.31°	5.69	0.025		0.04	0.01		0.034	0.38	2348.39	2348.77	20.28	20.66						
0+090.00	0+100.00	2,328.11	2,324.62	10.00	3.49	10.59	103.77	-0.349	2324.62	0.550	700	682.4	140	1.504	1	00.00°	180.00	0.025			0.00		0.028	0.40	2348.37	2348.77	23.74	24.15						
0+100.00	0+105.00	2,324.62	2,322.88	5.00	1.75	5.30	109.06	-0.349	2322.88	0.550	700	682.4	140	1.504	1	00.00°	180.00	0.013			0.00		0.014	0.42	2348.35	2348.77	25.48	25.90						
0+105.00	0+110.00	2,322.88	2,322.88	5.00	-0.01	5.00	114.06	0.002	2322.88	0.550	700	682.4	140	1.504	1	160.67°	19.34	0.012		0.15	0.02		0.033	0.45	2348.32	2348.77	25.44	25.89						
0+110.00	0+120.00	2,322.88	2,322.90	10.00	-0.02	10.00	124.06	0.002	2322.90	0.550	700	682.4	140	1.504	1	175.00°	5.00	0.024		0.04	0.01		0.032	0.48	2348.29	2348.77	25.39	25.87						
0+120.00	0+130.00	2,322.90	2,323.97	10.00	-1.07	10.06	134.12	0.107	2323.97	0.550	700	682.4	140	1.504	1	173.33°	6.68	0.024		0.04	0.01		0.032	0.52	2348.25	2348.77	24.29	24.80						
0+130.00	0+140.00	2,323.97	2,325.15	10.00	-1.19	10.07	144.19	0.119	2325.15	0.550	700	682.4	140	1.504	1	00.00°	180.00	0.024			0.00		0.027	0.54	2348.23	2348.77	23.08	23.62						
0+140.00	0+150.00	2,325.15	2,326.34	10.00	-1.18	10.07	154.26	0.118	2326.34	0.550	700	682.4	140	1.504	1	00.00°	180.00	0.024			0.00		0.027	0.57	2348.20	2348.77	21.87	22.43						
0+150.00	0+160.00	2,326.34	2,327.52	10.00	-1.19	10.07	164.33	0.119	2327.52	0.550	700	682.4	140	1.504	1	176.06°	3.94	0.024		0.04	0.01		0.032	0.60	2348.17	2348.77	20.65	21.25						
0+160.00	0+170.00	2,327.52	2,328.71	10.00	-1.18	10.07	174.40	0.118	2328.71	0.550	700	682.4	140	1.504	1	00.00°	180.00	0.024			0.00		0.027	0.63	2348.14	2348.77	19.44	20.06						
0+170.00	0+180.00	2,328.71	2,329.89	10.00	-1.19	10.07	184.47	0.119	2329.89	0.550	700	682.4	140	1.504	1	00.00°	180.00	0.024			0.00		0.027	0.65	2348.12	2348.77	18.22	18.88						
0+180.00	0+190.00	2,329.89	2,331.08	10.00	-1.18	10.07	194.54	0.118	2331.08	0.550	700	682.4	140	1.504	1	00.00°	180.00	0.024			0.00		0.027	0.68	2348.09	2348.77	17.01	17.69						
0+190.00	0+200.00	2,331.08	2,332.26	10.00	-1.19	10.07	204.61	0.119	2332.26	0.550	700	682.4	140	1.504	1	159.56°	20.45	0.024		0.15	0.02		0.046	0.73	2348.04	2348.77	15.78	16.51						
0+200.00	0+210.00	2,332.26	2,333.45	10.00	-1.18	10.07	214.68	0.118	2333.45	0.550	700	682.4	140	1.504	1	00.00°	180.00	0.024			0.00		0.027	0.75	2348.02	2348.77	14.57	15.32						
0+210.00	0+220.00	2,333.45	2,334.64	10.00	-1.19	10.07	224.75	0.119	2334.64	0.550	700	682.4	140	1.504	1	00.00°	180.00	0.024			0.00		0.027	0.78	2347.99	2348.77	13.35	14.13						
0+220.00	0+230.00	2,334.64	2,335.82	10.00	-1.18	10.07	234.82	0.118	2335.82	0.550	700	682.4	140	1.504	1	164.14°	15.86	0.024		0.15	0.02		0.046	0.83	2347.94	2348.77	12.12	12.95						
0+230.00	0+240.00	2,335.82	2,337.01	10.00	-1.19	10.07	244.89	0.119	2337.01	0.550	700	682.4	140	1.504	1	00.00°	180.00	0.024			0.00		0.027	0.85	2347.92	2348.77	10.91	11.76						
0+240.00	0+250.00	2,337.01	2,338.19	10.00	-1.18	10.07	254.96	0.118	2338.19	0.550	700	682.4	140	1.504	1	160.59°	19.41	0.024		0.15	0.02		0.046	0.90	2347.87	2348.77	9.68	10.58						
0+250.00	0+260.00	2,338.19	2,339.38	10.00	-1.19	10.07	265.03	0.119	2339.38	0.550	700	682.4	140	1.504	1	00.00°	180.00	0.024			0.00		0.027	0.93	2347.84	2348.77	8.47	9.39						
0+260.00	0+270.00	2,339.38	2,340.56	10.00	-1.19	10.07	275.10	0.119	2340.56	0.550	700	682.4	140	1.504	1	00.00°	180.00	0.024			0.00		0.027	0.95	2347.82	2348.77	7.25	8.21						
0+270.00	0+280.00	2,340.56	2,341.75	10.00	-1.18	10.07	285.17	0.118	2341.75	0.550	700	682.4	140	1.504	1	163.76°	16.24	0.024		0.15	0.02		0.046	1.00	2347.77	2348.77	6.02	7.02						
0+280.00	0+290.00	2,341.75	2,342.93	10.00	-1.19	10.07	295.24	0.119	2342.93	0.550	700	682.4	140	1.504	1	00.00°	180.00	0.024			0.00		0.027	1.03	2347.74	2348.77	4.81	5.84						
0+290.00	0+300.00	2,342.93	2,344.12	10.00	-1.18	10.07	305.31	0.118	2344.12	0.550	700	682.4	140	1.504	1	177.41°	2.59	0.024		0.04	0.01		0.032	1.06	2347.71	2348.77	3.59	4.65						
0+300.00	0+310.00	2,344.12	2,345.31	10.00	-1.19	10.07	315.38	0.119	2345.31	0.550	700	682.4	140	1.504	1	00.00°	180.00	0.024			0.00		0.027	1.08	2347.69	2348.77	2.38	3.47						
0+310.00	0+318.85	2,345.31	2,347.15	8.85	-1.85	9.04	324.26	0.209	2347.15	0.550	700	682.4	140	1.504	1	00.00°	180.00	0																

Anexo 8. Ensayo de carga puntual en roca: Fuente. (Estudios geotecnicos., 2015) del expediente técnico.



**ENSAYOS DE CARGA PUNTUAL EN ROCA
(ASTM - D 5731)**

ENSAYO N° : TC-018-001-2015
 PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA CENTRAL HIDROELÉCTRICA TUPURI
 UBICACIÓN : CARABAYA - PUNO, CANAL DE CONDUCCION TUPURI
 SONDEO : EG-02
 F. Recepción : 06/02/2015
 F. Ejecución : 07/02/2015

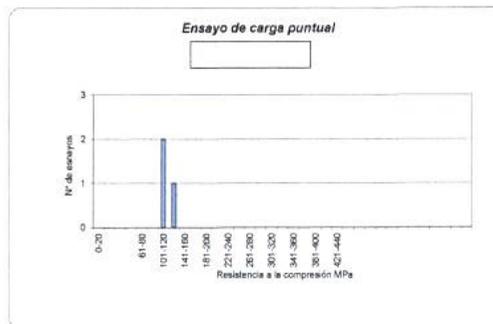
REALIZADO : J.L.L.
 REVISADO : C.T.C.



PRESA HIDRAULICA UTILIZADA: 5 KN / 60 KN

Procedencia	Sondaje / Muestra	Prof. (m)	N° de Prueba	Tipo de Roca	Dureza de la Roca	GEOMETRIA DE LA MUESTRA			D _s ²	Presión Hidráulica P _{hid} (KN)	Presión Corregida P _{hid} (KN)	I _c Calculado (N/mm2)	I _c Calculado (Mpa)	I _{c02} Corregido (Mpa)	σ _{c1} Calculado (Mpa)	σ _{c2} Calculado (Mpa)	Forma de rotura		
						Ancho (mm)	Largo (mm)	Altura (mm)											
CANAL DE CONDUCCION TUPURI	EG-02 0+170	SUPERFICIAL	1		R5	70.00	100.00	70.00	6238.87	24.72	24.80	3.98	3.98	4.88	117.2	110.6			
			2		R5	60.00	100.00	70.00	5347.61	22.30	22.35	4.18	4.18	4.95	119.0	112.0			
			3		R5	60.00	100.00	70.00	4458.34	20.98	20.99	4.71	4.71	5.37	128.8	121.0			

- R1 : Roca muy débil (1,0 - 5,0 MPa)
- R2 : Roca débil (5,0 - 25,0 MPa)
- R3 : Roca media (25,0 - 50,0 MPa)
- R4 : Roca dura (50,0 - 100,0 MPa)
- R5 : Roca muy dura (100,0 - 250,0 MPa)
- R6 : Roca extremadamente dura (> 250 MPa)



Indice de Carga Puntual [I_c] (MPa)

I_c(máx) = 5.4
 I_c(mín) = 4.9
 I_c(prom) = 5.1

Resistencia a la Compresión (MPa)

σ_c (máx) = 121.0
 σ_c (mín) = 110.6
 σ_c (prom) = 114.5

TCINGE S.A.C.
 Philippe Johan Lopez Lopez
 Técnico de Laboratorio

TCINGE S.A.C.
 Ing. Carlos A. Tupia Córdova
 Jefe de Laboratorio

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA. NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

ABSORCIÓN Y GRAVEDAD ESPECÍFICA DE ROCA NATURAL
(ASTM C 9783)

INFORME : TC-018-LG-100-2015
SOLICITANTE : TELMO INGENIEROS S.A.C
DIRECCIÓN : AV. MAXIMO ABRIL N° 560, OFICINA 403 - JESUS MARIA - LIMA
PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA CENTRAL HIDROELÉCTRICA TUPURI
UBICACIÓN : CARABAYA - PUNO

Realizado: J.L.L.
Revisado: C.T.C.
FECHA RECEPCIÓN : 29/01/2015
FECHA ENSAYO : 17/02/2015
FECHA EMISIÓN : 19/02/2015

Muestra	EG-02 M-1 Km 0+170			EG-03 M-1 Km 0+820			EG-04 M-1			TCT-12 M-1		
	Canal de Conduccion Tupuri			Canal de Conduccion Tupuri			Tubería Forzada			Canal de Conduccion Supayhuayco		
Peso roca saturada S.S. (gr)	4752.00	4752.00	4752.00	3303.00	3303.00	3303.00	5529.00	5529.00	5529.00	3842.00	3842.00	3842.00
Peso roca seca (gr)	4729.00	4729.00	4729.00	3267.00	3267.00	3267.00	5508.00	5508.00	5508.00	3815.00	3815.00	3815.00
Peso roca sumergida (gr)	3018.00	3018.00	3018.00	2134.00	2134.00	2134.00	3574.00	3574.00	3574.00	2467.00	2467.00	2467.00
Absorción (%)	0.49	0.49	0.49	1.10	1.10	1.10	0.38	0.38	0.38	0.71	0.71	0.71
Absorción promedio (%)	0.49			1.10			0.38			0.71		
Gravedad Específica	2.73	2.73	2.73	2.79	2.79	2.79	2.82	2.82	2.82	2.77	2.77	2.77
G. Específica promedio	2.73			2.79			2.82			2.77		
Porosidad (%)	0.46	0.48	0.48	1.09	1.09	1.09	0.38	0.38	0.38	0.70	0.70	0.70
Porosidad promedio (%)	0.48			1.09			0.38			0.70		

DENSIDAD DE LA ROCA
(ASTM D 2937)

Peso de Roca (g)	326.20	311.10	452.20	247.00	551.40	570.10	446.60	451.00
Peso de Roca + parafina (g)	333.86	316.59	462.64	255.30	572.66	585.37	456.30	460.35
Peso de parafina (g)	5.66	5.49	10.44	8.30	21.26	15.27	9.70	9.35
Densidad de parafina (g/cm ³)	0.86	0.86	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
Volumen de parafina (cm ³)	6.43	6.24	11.86	9.43	24.16	17.35	11.02	10.63
Peso de picnometro + agua (g)	1345.92	1345.92	1345.92	1345.92	1345.92	1345.92	1345.92	1345.92
Peso de picn.+agua+Roca+paraf. (g)	1554.01	1543.52	1633.35	1502.16	1699.23	1711.55	1632.00	1634.83
Volumen de Roca+parafina (cm ³)	125.77	118.99	175.21	99.06	219.35	219.74	170.22	171.44
Volumen de Roca (cm ³)	119.34	112.75	163.35	89.63	195.19	202.39	159.20	160.82
Densidad Seca de Roca (g/cm ³)	2.750	2.759	2.768	2.756	2.825	2.817	2.805	2.804
Promedio de Densidad Seca de Roca (g/cm ³)	2.75		2.76		2.82		2.80	

TCINGE S.A.C.

Philippe Johan Lopez Lopez
Técnico de Laboratorio

TCINGE S.A.C.

Ing. Carlos A. Tupia Córdova
Jefe de Laboratorio

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO DE FIDUCIA



Hoek-Brown Classification

sigci 105 MPa

GSI 45

mi 32

D 0.7

Hoek-Brown Criterion

mb 1.559

s 0.0003

a 0.508

$$\sigma_1 = \sigma_3 + \sigma_{ci} \left(m_b \frac{\sigma_3}{\sigma_{ci}} + s \right)^a$$

Failure Envelope Range

Application: Slopes

sig3max 0.9964 MPa

Unit Weight 0.027 MN/m3

Slope Height 90 m

Mohr-Coulomb Fit

c 0.263 MPa

phi 56.25 deg

Rock Mass Parameters

sigt -0.0233 MPa

sigc 1.829 MPa

sigcm 16.973 MPa

Em 4874.31 MPa

Copy Data

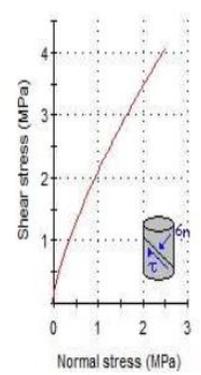
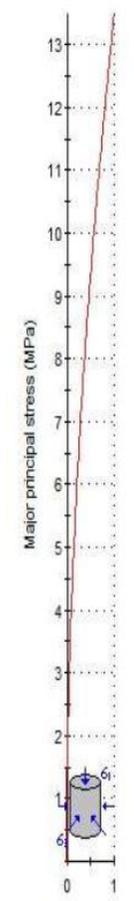
Analysis of Rock/Soil Strength using RocData

Hoek-Brown Classification
 intact uniaxial compressive strength = 105 MPa
 GSI = 45 mi = 32 Disturbance factor = 0.7

Hoek-Brown Criterion
 mb = 1.559 s = 0.0003 a = 0.508

Mohr-Coulomb Fit
 cohesion = 0.263 MPa friction angle = 56.25 deg

Rock Mass Parameters
 tensile strength = -0.023 MPa
 uniaxial compressive strength = 1.829 MPa
 global strength = 16.973 MPa
 modulus of deformation = 4874.31 MPa



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(ASTM - D3080)**

INFORME N° : TC-018-LG-003-2015
SOLICITANTE : TELMO INGENIEROS S.A.C.
DIRECCIÓN : AV. MAXIMO ABRIL N° 560, OFICINA 403 - JESUS MARIA - LIMA
PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA CENTRAL HIDROELÉCTRICA TUPURI
UBICACIÓN : CARABAYA - PUNO, CANAL DE CONDUCCION TUPURI
CALICATA : TCT - 3
MUESTRA : M - 1
PROFUNDIDAD (m) : 0.60 - 1.50
CLASIFICACION (S.U.C.S.) : SM **FECHA DE RECEPCIÓN:** 02/02/2015
ESTADO : REMOLDEADO / PARCIALMENTE SATURADO **FECHA DE ENSAYO** : 03/02/2015
VELOC. DE ENSAYO : 0.50 **FECHA DE EMISIÓN** : 04/02/2015

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03		
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	
Altura (h)	(cm)	2.12	1.97	2.12	1.84	2.12	1.77	
Ancho (φ)	(cm)	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	
Densidad Seca (γ _d)	(g/cm ³)	1.62	1.75	1.62	1.87	1.62	1.87	
Humedad (ω)	(%)	4.96	25.67	4.96	26.84	4.96	25.59	
Esfuerzo Normal	(Kg/cm ²)	0.50		1.00		1.50		
ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado	Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado	Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.02	0.04	0.05	0.02	0.02	0.05	0.03	0.02
0.10	0.04	0.07	0.10	0.04	0.04	0.10	0.06	0.04
0.20	0.06	0.11	0.20	0.07	0.07	0.20	0.10	0.07
0.35	0.08	0.15	0.35	0.10	0.10	0.35	0.16	0.11
0.50	0.09	0.17	0.50	0.13	0.13	0.50	0.22	0.14
0.75	0.11	0.22	0.75	0.18	0.18	0.75	0.29	0.20
1.00	0.14	0.28	1.00	0.23	0.23	1.00	0.35	0.23
1.25	0.15	0.30	1.25	0.26	0.26	1.25	0.39	0.26
1.50	0.16	0.32	1.50	0.29	0.29	1.50	0.45	0.30
1.75	0.18	0.37	1.75	0.32	0.32	1.75	0.52	0.34
2.00	0.20	0.41	2.00	0.34	0.34	2.00	0.56	0.37
2.50	0.23	0.45	2.50	0.38	0.38	2.50	0.66	0.44
3.00	0.24	0.48	3.00	0.43	0.43	3.00	0.69	0.46
3.50	0.27	0.54	3.50	0.46	0.46	3.50	0.74	0.50
4.00	0.28	0.56	4.00	0.50	0.50	4.00	0.71	0.48
4.50	0.29	0.59	4.50	0.53	0.53	4.50	0.75	0.50
5.00	0.32	0.63	5.00	0.56	0.56	5.00	0.78	0.52
6.00	0.34	0.68	6.00	0.60	0.60	6.00	0.84	0.56
7.00	0.36	0.72	7.00	0.64	0.64	7.00	0.88	0.59
8.00	0.37	0.74	8.00	0.66	0.66	8.00	0.92	0.62
9.00	0.38	0.77	9.00	0.69	0.69	9.00	0.96	0.64
10.00	0.39	0.79	10.00	0.71	0.71	10.00	0.99	0.66
11.00	0.41	0.81	11.00	0.72	0.72	11.00	1.02	0.68
12.00	0.42	0.83	12.00	0.72	0.72	12.00	1.05	0.70
13.00	0.43	0.86	13.00	0.73	0.73	13.00	1.07	0.71
14.00	0.44	0.88	14.00	0.74	0.74	14.00	1.09	0.73
			15.00	0.69	0.69	15.00	1.10	0.73
			16.00	0.71	0.71	16.00	1.11	0.74
			17.00	0.72	0.72	17.00	1.11	0.74
						18.00	1.11	0.74
						19.00	1.11	0.74

OBSERVACION Densidad Seca = 1.395 g/cm³, Humedad = 4.86%
 La muestra ha sido ensayada en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente, obtenida en campo por el consultor.
 El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEC 17025:2006).

TCINGE S.A.C.

 Philippe Johan Lopez Lopez
 Técnico de Laboratorio

TCINGE S.A.C.

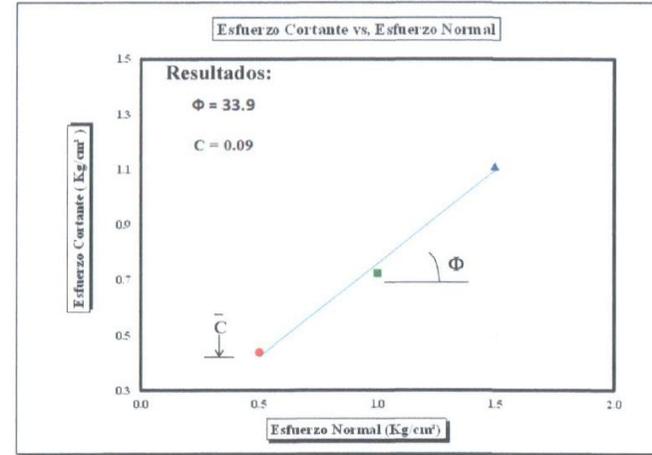
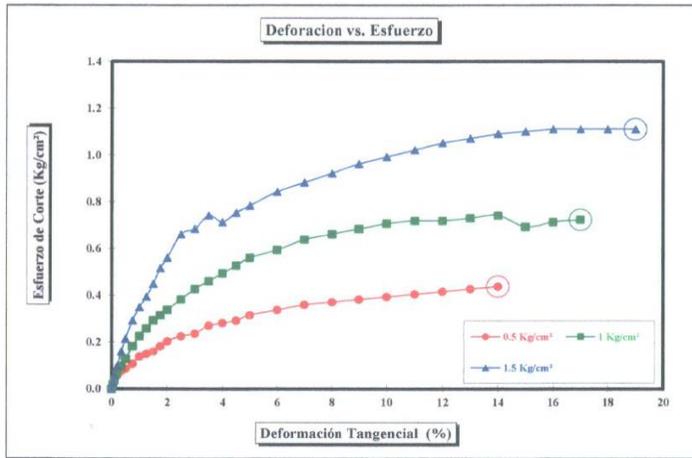
 Ing. Carlos A. Tupia Córdova
 Jefe de Laboratorio

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO UNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO
(ASTM - D3080)**

INFORME N° : TC-018-LG-003-2015
 SOLICITANTE : TELMO INGENIEROS S.A.C
 DIRECCIÓN : AV. MAXIMO ABRIL N° 560, OFICINA 403 - JESUS MARIA - LIMA
 PROYECTO : EVALUACIÓN GEOLÓGICA GEOTÉCNICA CENTRAL HIDROELÉCTRICA TUPURI
 UBICACIÓN : CARABAYA - PUNO, CANAL DE CONDUCCION TUPURI
 FECHA DE RECEPCIÓN : 02/02/2015

CALICATA : TCT - 3
 MUESTRA : M - 1
 PROFUNDIDAD (m) : 0.60 - 1.50
 CLASIFICACION (SUCS) : SM
 ESTADO : REMOLDEADO / PARCIALMENTE SATURADO
 FECHA DE EMISION : 04/02/2015



OBSERVACIÓN: Densidad Seca = 1.395 g/cm³. Humedad = 4.80%.

La muestra ha sido ensayada en estado alterado, suelto y húmeda a temperatura ambiente, obtenida en campo por el consultor.

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad (NTP - ISO/IEC 17025:2006.)

TCINGE S.A.C.

Philippe Johan Lopez Lopez
Técnico de Laboratorio

TCINGE S.A.C.

Ing. Carlos A. Tupia Córdova
Jefe de Laboratorio

INFORME DE ENSAYO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN NUESTRO LABORATORIO VALIDO ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA PROPORCIONADA, NO DEBE SER UTILIZADO COMO CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Anexo 9. Certificado de calibración de la estación total



**COSOLA
GROUP S.A.C.**
www.cosola.com

Av. Petit Thouars 1439
Lima - Perú
Tel.: 01 - 308-1396 Anexo 201 / 945 160 644
E-mail: laboratorio@cosola.com

CERTIFICADO DE CALIBRACION

DATOS DEL EQUIPO

Nombre :	ESTACION TOTAL	Precisión Angular :	02"
Marca :	SOUTH	Lectura mínima :	01"/05"
Modelo :	N7	Precisión de distancia :	±(2mm + 2ppm x D)m.s.e. No-Prisma: Prisma 3+2ppm
Serie :	S144142	Alcance :	5000 mts. c/01 prisma - No prisma (NP): 600 mts.
		Lectura mínima :	1.4 mt.

CERTIFICADO DE CALIBRACION

Nro. : 021-318/22
Fecha : 09/03/2022

ENTIDAD CERTIFICADORA: **COSOLA GROUP S.A.C.**

METODOLOGIA APLICADA Y TRAZABILIDAD DE LOS PATRONES

Para controlar y calibrar los ángulos se contrastan con un colimador SOUTH con telescopio de 40x en cuyo retículo enfocado al infinito, el grosor de sus trazos está dentro de 01"; que es patronado periódicamente por un teodolito KERN modelo DKM 2A precisión al 01" con el método de lectura Directa-Inversa

Para controlar y calibrar la constante promedio en las Distancias se hacen las mediciones en una base establecida con una Estación Total Marca TOPCON modelo GPT-3002W nueva de precisión en distancia de +/- (2mm + 2 ppm x D) m.s.e. = línea de la medida.

El control angular se ejecuta en la base soporte metálica fijada en cimiento específico a influencias del clima y enfocados los retículos al infinito.

Las distancias son medidas con la Estación total instalada en una base fijada en la pared y el prisma estacionado sobre un trípode KERN de bastón centrador en cada punto de control establecido, tomando en consideración la temperatura y la presión atmosférica.

TEMPERATURA LABORATORIO	HUMEDAD RELATIVA LABORATORIO	PRES. ATM.
21.1° CELSIUS	71%	760 mm Hg

MEDICIONES DE PATRON	MEDICIONES ANGULARES	DIF.
ANG. HZ: 00°00'00" / 180°00'00"	00°00'00" / 180°00'00"	00"
ANG. V: 90°00'00" / 270°00'00"	90°00'00" / 270°00'00"	00"

INCERTIDUMBRE : ANGULARES +/- 02" Distancias +/- 02mm

NORMA APLICADA

Desviación estándar basada en la norma ISO 9001:2000 FM /ISO 14001/ IP66-(mas resistente) al agua, para Estación Total N-7 fabricada por SOUTH.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO

Fecha	Mantenimiento	Calibración	Próxima Calibración	Observación
09/03/2022		X	06 meses	% 100 OPERATIVO

Responsable de Verificación	Propietario	Obra
COSOLA GROUP S.A.C.	LUNA TORRES ELISABETH RUC: 10418699855	
 COSOLA GROUP S.A.C. Pedro Andia Girao Gerente Técnico Firma y Sello	 Firma y Sello	

Anexo 10. Resolución directoral de la autoridad nacional del agua



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0299-2018-ANA-AAA.MDD

Puerto Maldonado, 29 de octubre de 2018

VISTO:

El Expediente Administrativo con CUT N° 151335-2018, instruido por el Área Técnica de esta Autoridad Administrativa del Agua, derivada de la solicitud de fecha 27.08.2018, presentado por la **Empresa de Generación Eléctrica San Gabán S.A.** identificada con RUC N° 20262221335, sobre Autorización para la ejecución de obras de aprovechamiento hídrico superficial para la obtención de licencia de uso de agua con fines energéticos del proyecto "Aprovechamiento de la quebrada Tupuri".

CONSIDERANDO:

PRIMERO.- Que, según establece el artículo 15° de la Ley N° 29338, Ley de Recursos Hídricos, la Autoridad Nacional del Agua tiene entre otras funciones la de otorgar, modificar y extinguir, previo estudio técnico, derechos de uso de agua.

SEGUNDO.- Que, el artículo 79° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos aprobado por el Decreto Supremo N° 001-2010-AG modificado por el Decreto Supremo N° 023-2014-MINAGRI, establece que los procedimientos para el otorgamiento de la licencia de uso de agua son los siguientes: a) *Autorización de ejecución de estudios de disponibilidad hídrica*, b) *Acreditación de disponibilidad hídrica* y, c) *Autorización de ejecución de obras de aprovechamiento hídrico*; dichos procedimientos se tramitan conforme a lo establecido en el "Reglamento de Procedimientos Administrativos para el Otorgamiento de Derechos de Uso de Agua y Autorización de Ejecución de Obras en Fuentes Naturales de Agua, aprobado mediante la Resolución Jefatural N° 007-2015-ANA".

TERCERO.- Que, el numeral 84.1 del artículo 84° del Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos establece que la autorización de ejecución de obras de aprovechamiento hídrico tiene entre otras características que su otorgamiento comprende la aprobación del plan de aprovechamiento y del esquema hidráulico, asimismo garantiza a su titular la obtención de la licencia de uso de agua con la sola verificación que las obras han sido realizadas conforme a la autorización otorgada.

CUARTO.- Que, en este contexto, la Empresa de Generación Eléctrica San Gabán S.A. solicitó la Autorización para la ejecución de obras de aprovechamiento hídrico superficial para la obtención de licencia de uso de agua con fines energéticos del proyecto "Aprovechamiento de la quebrada Tupuri", adjuntando al escrito de solicitud los siguientes documentos: copia de DNI del apoderado (folio 04), copia de certificado de vigencia de poder (fojas 05 al 08), copia del documento que acredita la certificación ambiental del proyecto (fojas 10 al 12), copia de la concesión definitiva para la generación de energía (fojas 14 al 17), copia de Resolución Directoral N° 0204-2018-ANA-AAA.MDD (fojas 19 al 23), memoria descriptiva para la autorización de ejecución de obras de aprovechamiento hídrico superficial según formato anexo N° 11 previsto en el Reglamento de Procedimientos Administrativos para el Otorgamiento de Derechos de Uso de Agua y Autorización de Ejecución de Obras en Fuentes Naturales de Agua, aprobado mediante la Resolución Jefatural N° 007-2015-ANA (fojas 33 al



73), copia del pago por derecho de trámite (folio 74).

QUINTO.- Que, mediante el memorial S/N de fecha 25.09.2018 los presidentes de las Rondas Campesinas del Sector Uruwasí de San Gabán Carabaya, Pobladores y Autoridades del Sector Uruwasí, Thiuri, Chacanaqui, Tunquini, Casahuiri, Churumayo, Sangari, Arica y otras Autoridades, plantearon en sus términos oposición conforme a su sumilla a los tramites de Autorización de ejecución de obra o licencia de uso de agua para el proyecto "Aprovechamiento de la quebrada Tupuri", el que fue sustentado de la siguiente manera:

- El estudio hidrológico del proyecto energético, contiene información imprecisa, desfasada y contradictoria, los cuales podrían inducir a error a la Autoridad Nacional de Agua, indicando que el proyecto "Aprovechamiento de la quebrada Tupuri", sin contar con sus derechos fundamentales.

De la evaluación técnica se desprende del Informe Técnico N° 030-2018-ANA-AAA.MDD-AT/CAQN que no existe derechos de uso de agua de terceros otorgados, los cuales se podrían ver afectados respecto de las fuentes de agua que serán aprovechadas para el desarrollo del proyecto energético, de manera que la Autorización para la ejecución de obras de aprovechamiento hídrico superficial para la obtención de licencia de uso de agua con fines energéticos del proyecto "Aprovechamiento de la quebrada Tupuri" a cumplido con los requisitos técnicos.



SEXTO.- Que, mediante el Informe Técnico N° 030-2018-ANA-AAA.MDD-AT/CAQN, el Área Técnica de esta Autoridad Administrativa del Agua concluyó que el expediente cumple con los requisitos establecidos para el presente procedimiento, recomendando aprobar el sistema hidráulico del proyecto, el cual consta de; 02 bocatomas (quebrada Tupuri y quebrada Supayhuayco), 02 desarenadores en las mismas quebradas, 02 líneas de conducción, Tupuri (incluye un falso túnel) y supayhuayco; Buzones de inspección a lo largo de las líneas de conducción, 01 cámara de carga, Aliviadero de demasías, Tubería forzada con sus bloques de anclaje y apoyos, 01 casa de máquinas, pequeña central hidroeléctrica Tupuri, con un grupo generador con turbina Pelton y generador sincrónico con eje vertical, incluye sala de control, mando y medición, protección y señalización, 01 canal de descarga de aguas turbinadas a la quebrada Supayhuayco, 01 acceso vehicular a la casa de máquinas, por lo que corresponde autorizar la Ejecución de Obras de Aprovechamiento Hídrico superficial con fines de **energéticos**, otorgando un plazo de 420 días para la ejecución de obras.

SEPTIMO.- Que, mediante el Informe Legal N° 091-2018-ANA-AAA.MDD-AL/JPGG el Área Legal de esta Autoridad Administrativa concluyó que de la revisión del expediente administrativo se colige que el procedimiento administrativo se ha llevado de manera regular, cumpliendo con los parámetros y requisitos técnicos legales, por lo que corresponde amparar la solicitud de Autorización para la ejecución de obras de aprovechamiento hídrico superficial para la obtención de licencia de uso de agua con fines energéticos del proyecto "Aprovechamiento de la quebrada Tupuri".

OCTAVO. - Que, de conformidad con lo establecido en el literal c) del artículo 46° del Reglamento de Organización y Funciones de la Autoridad Nacional del Agua aprobado mediante el Decreto Supremo N° 018-2017-MINAGRI,

SE RESUELVE:

ARTÍCULO 1°.- APROBAR el plan de aprovechamiento hídrico, así como el sistema hidráulico para el proyecto denominada "Aprovechamiento de la quebrada Tupuri".

ARTÍCULO 2°.- AUTORIZAR la ejecución de obras de aprovechamiento hídrico superficial para la obtención de licencia de uso de agua con fines energéticos del proyecto "Aprovechamiento de la quebrada Tupuri" conforme a las características señaladas en la memoria descriptiva a favor de la **Empresa de Generación Eléctrica San Gabán S.A.** identificada con RUC N° 20262221335, a desarrollarse en el distrito de San Gabán, Provincia de Carabaya, Región de Puno; de acuerdo al siguiente detalle:

Estructura	Características		Observaciones
Caudal de Aprovechamiento	Q=1,10 m ³ /s		
Bocatoma Tupuri	Q toma = 0,55m ³ /s	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19 S 343 536 8 484 317	Cimentada en material aluvial
Cota captación	2 350,26 msnm		Quebrada Tupuri
Desarenador Tupuri	Longitud = 18,00 m		Dos naves
Cámara de carga Tupuri	Capacidad = 30,00 m ³		
Bocatoma Supayhuayco	Q toma = 0,55 m ³ /s	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19 S 343 881 8 482 889	
Cota captación	2 343,04 msnm		Quebrada Supayhuayco
Desarenador Supayhuayco	Longitud = 19,00 m		Dos naves
Cámara de carga Supayhuayco	Capacidad = 30,00 m ³		
Conducción	Longitud = 1 682,00 m Longitud = 582,00 m Diámetro = 600mm Material = PVC Q conducción: 0,55 m ³ /s		Conducción Tupuri (incluye falso túnel) Conducción Supayhuayco Para cada conducción.
Cámara de carga C.H. Tupuri	Capacidad = 60 m ³		Recibe 2 conducciones de Tupuri y Supayhuayco
Tubería forzada	Longitud = 357,70 m Diámetro = 600,00 mm Espesor = 12,00 mm Q = 1,10 m ³ /s		De acero A36
Casa de máquinas C.H. Tupuri	Grupos 2 Caudal: 0,55 m ³ /s, cada uno Caida: 232,00 m Potencia: 1 036,7 kW cada uno Total: 2 073,4 kW		Tipo Pelton horizontal
Canal de aguas turbinadas descarga a la quebrada Supayhuayco	Longitud = 88 m	Coordenadas UTM WGS 84 - Zona 19 S 343 131 8 482 744	De concreto armado
Cota devolución	2 105 msnm		Quebrada Supayhuayco
Camino de acceso 1 a la bocatoma Tupuri	Longitud = 2 195,00 m		Pedonal
Camino de acceso 2 a la cámara de carga	Longitud = 2 255,00 m		Pedonal
Camino de acceso 3 a la bocatoma Supayhuayco	Longitud = 1 400,00 m		Pedonal
Camino de acceso a la casa de máquinas C.H. Tupuri	Longitud = 171,00 m		Vehicular



ARTÍCULO 3°. - **PRECISAR** que la autorización de ejecución de obras de aprovechamiento hídrico tendrá un plazo de vigencia de cuatrocientos veinte (420) días, la misma que se computará a partir del día siguiente de notificada la presente resolución.

ARTÍCULO 4°. - **PRECISAR**, que la presente resolución no autoriza la utilización del recurso hídrico, siendo necesario para ello que el administrado solicite y obtenga el derecho de uso de agua correspondiente, previa verificación técnica de campo de que las obras de aprovechamiento hídrico hayan sido ejecutadas conforme a la autorización otorgada.

ARTÍCULO 5°. - **NOTIFICAR** la presente resolución a la Empresa de Generación Eléctrica San Gabán S.A., en su domicilio legal ubicado en la Av. Floral N° 245, del distrito, provincia y región de Puno; poniéndose de conocimiento a la Dirección Regional de Energía y Minas de Puno, a la Comunidad Campesina de Uruwasi, distrito San Gabán, provincia Carabaya, región de Puno y a la Administración Local de Agua Tambopata – Inambari; y disponer su publicación en el portal institucional de la Autoridad Nacional del Agua: www.ana.gob.pe.

Regístrese y comuníquese.



PABLO BENITO SANTÍN RUIZ
Director

Autoridad Administrativa del Agua Madre de Dios

REG-0000
Cc. Arch