



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**MEJORAMIENTO DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA  
MICROCUEENCA PHUSCANAPATA DEL DISTRITO DE  
USICAYOS-CARABAYA-PUNO, 2023**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. SANDRA MARGOT GALARZA PANCCA**

**Bach. WILDER ADHERLY MAMANI CANO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PUNO - PERÚ**

**2024**



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**MEJORAMIENTO DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA MICROCUENCA PHUS CANAPATA DEL DISTRITO DE USICAYOS -CARABAYA-PUNO, 2023**

AUTOR

**SANDRA MARGOT GALARZA PANCCA y WILDER ADHERLY MAMANI CANO**

RECuento DE PALABRAS

**22329 Words**

RECuento DE CARACTERES

**99514 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**112 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**7.0MB**

FECHA DE ENTREGA

**May 6, 2024 2:21 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**May 6, 2024 2:23 PM GMT-5**

● **18% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 18% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

  
Dr. German Belzario Quispe  
DOCENTE - UNA - PUNO

  
D.Sc. EDILBERTO VELARDE COAQUIRA  
Director Unidad de Investigación  
Facultad de Ingeniería Agrícola - UNA - Puno

Resumen



## DEDICATORIA

A mis queridos padres Jesús M. Galarza Laquise y Mery Pancca Cutimbo que me proporcionaron la vida, educación, apoyo y lecciones para convertirme en una persona de bien, transmitiéndome valores para el aporte de nuestra sociedad.

A mis hermanos, que directa e indirectamente me ayudaron en lograr mis objetivos profesionales.

A mi novio Lizardo que estuvo presente brindándome su apoyo en todo momento e incentivándome a seguir cumpliendo mis sueños.

A mis tíos, a mis familiares en general, que siempre están presentes cuando necesitaba sus respaldos y fueron incondicionales y sus sabios recomendaciones para formarme una profesional del bien.

**Sandra Margot Galarza Pancca**



## DEDICATORIA

A Dios, por estar apoyándome y darme iluminación para lograrlo.

A mis padres Wilson Mamani Mamani y Brigida Cano Ccoa quienes han sido el pilar y mis mentores para seguir progresando porque a pesar de las obstrucciones que se ha mostrado en mi vida, siempre están conmigo incondicionalmente.

A mis hermanas Gisela y Zheylya quienes siempre me apoyaron moralmente en las buenas y en las malas.

Y a cada una de las personas cercanas, que constantemente estuvieron a mi lado una u otra manera, proporcionándome su apoyo para seguir cumpliendo mis éxitos en la vida.

**Wilder Adherly Mamani Cano**



## AGRADECIMIENTOS

Mi gran agradecimiento a Dios que siempre me ilumina en toda la etapa de mis estudios.  
A mis queridos familiares quienes son la base primordial y quienes le dan verdadero sentido a mi vida.

Una gratitud en especial a la Universidad Nacional del Altiplano Puno, a la Facultad de Ingeniería Agrícola, como también a mis docentes que me inculcaron instrucciones primordiales.

A mi Asesor que siempre a estado a mi lado guiándome sabiamente en todo el proceso de la elaboración de la tesis.

**Sandra Margot Galarza Pancca**

**Wilder Adherly Mamani Cano**



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN .....</b>	<b>15</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>17</b>
1.1.1. Problema general.....	18
1.1.2. Problemas específicos .....	18
<b>1.2. HIPÓTESIS .....</b>	<b>19</b>
1.2.1. Hipótesis general .....	19
1.2.2. Hipótesis específicas .....	19
<b>1.3. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>19</b>
<b>1.4. OBJETIVOS.....</b>	<b>20</b>
1.4.1. Objetivo general .....	20
1.4.2. Objetivos específicos .....	20



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

<b>2.1.</b>	<b>ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>21</b>
2.1.1.	Internacionales .....	21
2.1.2.	Nacionales .....	24
2.1.3.	Regionales .....	26
<b>2.2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>28</b>
2.2.1.	Ciclo Hidrológico.....	28
2.2.2.	Tipos de precipitación .....	29
2.2.3.	Clasificación de la precipitación .....	30
2.2.4.	Características Geomorfológicas de las Microcuencas.....	30
2.2.5.	Temperatura .....	31
2.2.6.	Evapotranspiración.....	32
2.2.7.	Escurrimiento .....	32
2.2.8.	Infiltración.....	33
2.2.9.	Capacidad de infiltración o tasa de infiltración (f).....	33
2.2.10.	Volumen infiltrado (F) .....	33
2.2.11.	Percolación .....	33
2.2.12.	Velocidad de infiltración y velocidad de infiltración instantánea.....	33
2.2.13.	Infiltración acumulada .....	34
2.2.14.	Velocidad de infiltración básica.....	35
2.2.15.	Modelo precipitación escorrentía Lutz Scholz.....	35
2.2.16.	Componentes de un Dique de Tierra.....	36



## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

<b>3.1. ZONA DE ESTUDIO.....</b>	<b>38</b>
3.1.1. Límites.....	41
3.1.2. Vías de comunicación y accesibilidad .....	42
<b>3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>42</b>
<b>3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....</b>	<b>43</b>
<b>3.4. PROCEDIMIENTO METODOLOGICO.....</b>	<b>43</b>
3.4.1. Determinar la infiltración y evapotranspiración de agua existente en la microcuena Phuscanapata del distrito de Usicayos-Carabaya-Puno, 2023 .....	43
3.4.2. Determinar la oferta de agua para la microcuena Phuscanapata del distrito de Usicayos – Carabaya - Puno, 2023 .....	48
3.4.3. Diseñar Qochas para la mejora de la disponibilidad hídrica en la microcuena Phuscanapata del distrito de Usicayos - Carabaya - Puno, 2023.....	57

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1. DETERMINAR LA INFILTRACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN DE AGUA EXISTENTE EN LA MICROCUENA PHUSCANAPATA .....</b>	<b>61</b>
<b>4.2. DETERMINAR LA OFERTA HÍDRICA EN LA MICROCUENA PHUSCANAPATA.....</b>	<b>71</b>
<b>4.3. DISEÑAR QOCHAS PARA LA MEJORA DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA MICROCUENA PHUSCANAPATA .....</b>	<b>80</b>





<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>90</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>91</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>97</b>

**Área:** Ingeniería y Tecnología.

**Línea:** Recursos Hídricos

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 10 de mayo del 2024



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Permeabilidad del suelo a diferentes valores de “K” .....	46
<b>Tabla 2</b> Límite superior para la precipitación efectiva. ....	51
<b>Tabla 3</b> Coeficiente para el cálculo de la precipitación efectiva.....	51
<b>Tabla 4</b> Cálculo de los Coeficientes de Agotamiento “a”.....	54
<b>Tabla 5</b> Lámina de Agua acumulada en los tres tipos de almacén Hídrico. ....	55
<b>Tabla 6</b> Prueba de Infiltración.....	61
<b>Tabla 7</b> Funciones acumuladas (Método de Mínimos Cuadrados).....	62
<b>Tabla 8</b> Aplicación de logaritmos y sumatoria de los distintos componentes .....	64
<b>Tabla 9</b> Infiltración ajustada: .....	66
<b>Tabla 10</b> Temperatura máxima media mensual .....	68
<b>Tabla 11</b> Temperatura mínima media mensual.....	68
<b>Tabla 12</b> Evapotranspiración .....	69
<b>Tabla 13</b> Generación de caudales medios mensuales para el año promedio .....	74
<b>Tabla 14</b> Caudal medio mensual generado en m <sup>3</sup> /s – periodo de 1998 al 2022.....	77
<b>Tabla 15</b> Caudales medios mensuales generado por la Qocha Phuscanapata en (m <sup>3</sup> )	79
<b>Tabla 16</b> Zonas beneficiadas .....	81
<b>Tabla 17</b> Borde libre .....	84
<b>Tabla 18</b> Valores de coeficiente Cd – Tabla de Bazard .....	86
<b>Tabla 19</b> Taludes para diques.....	86
<b>Tabla 20</b> Volumen de la Qocha.....	88



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Componentes de la microcuenca .....	31
<b>Figura 2</b> Ubicación departamental .....	38
<b>Figura 3</b> Ubicación provincial .....	39
<b>Figura 4</b> Ubicación distrital.....	40
<b>Figura 5</b> Ubicación de la zona de estudio.....	41
<b>Figura 6</b> Reconocimiento del tipo de suelo.....	44
<b>Figura 7</b> Anillas para la prueba de infiltración.....	45
<b>Figura 8</b> Permeabilidad del suelo .....	45
<b>Figura 9</b> Gráfico de infiltración acumulada incluido la línea de tendencia y ecuación .....	67
<b>Figura 10</b> Evapotranspiración mensual .....	70
<b>Figura 11</b> Delimitación de la cuenca Phuscanapata .....	71
<b>Figura 12</b> Precipitación total media mensual generada en la estación crucero (mm) ..	73
<b>Figura 13</b> Modelamiento Lutz scholz - generación de caudal mensual .....	75
<b>Figura 14</b> Calibración con el modelo Lutz scholz.....	76
<b>Figura 15</b> Histograma de Caudales .....	78
<b>Figura 16</b> Plano topográfico de la Qocha Phuscanapata .....	80
<b>Figura 17</b> Detalles del vaso .....	88
<b>Figura 18</b> Medición altimétrica del cuerpo de dique con el terreno no excavado.....	98
<b>Figura 19</b> Medición altimétrica para conformar la boquilla donde se ubique el dique	98
<b>Figura 20</b> Vertido de agua ya colocada el plástico en el centro de la anilla .....	99
<b>Figura 21</b> Nivelación de los anillos .....	99



<b>Figura 22</b>	Inicio de la prueba para las lecturas iniciales.....	100
<b>Figura 23</b>	Vigilancia de situaciones críticas ante una mala instalación de los anillos	100
<b>Figura 24</b>	Anotaciones de lecturas .....	101
<b>Figura 25</b>	Estudio de suelo, vista de la calicata.....	101
<b>Figura 26</b>	Qocha Phusacanapata.....	102
<b>Figura 27</b>	Histograma de precipitación estación crucero .....	106



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO 1:</b> Panel fotográfico .....	98
<b>ANEXO 2:</b> Datos climatológicos .....	103
<b>ANEXO 4:</b> Prueba de Infiltracion .....	107
<b>ANEXO 5:</b> Detalles del dique .....	108



## ACRÓNIMOS

<b>CUBHIC:</b>	Cuantificación de los beneficios hídricos de las intervenciones en las cuencas hidrográficas
<b>FAO:</b>	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
<b>MM:</b>	Milímetros
<b>M:</b>	Metros
<b>M3:</b>	Metros cúbicos
<b>Ha:</b>	Hectáreas
<b>HP:</b>	Horse Power
<b>L:</b>	Litros
<b>ML:</b>	Mililitros
<b>SENAMHI:</b>	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
<b>SIG:</b>	Sistemas de Información Geográfica
<b>PP:</b>	Precipitación



## RESUMEN

En el estudio la microcuenca Phuscanapata se ve impactada por la variabilidad climática; esto está ocasionando una disminución en la disponibilidad de agua debido a las sequías, lo que está ocasionando bajos rendimientos en los cultivos agrícolas y otros problemas en la región Puno, el objetivo de mejorar la disponibilidad hídrica en la microcuenca Phuscanapata del distrito de Usicayos – Carabaya -Puno, 2023; la metodología empleada fue mediante la determinación de la oferta hídrica en la microcuenca Phuscanapata; la infiltración se halló mediante el método de la doble anilla generando una infiltración básica de 11.23 cm/hora con un valor de  $k = 3.12 \times 10^{-3} \text{ cm/s}$  presenta una permeabilidad relativa, impermeable (suelo típico “arena limo”), en la cual indica que tenemos altura de agua perdida por la infiltración de 0.0031 cm/s. La evapotranspiración con la ecuación de la FAO Penman-Monteith con un mensual total de evapotranspiración de 341.89 mm/mes. Para la oferta hídrica hallada mediante el modelo matemático - estocástico “Lutz Schulz”, con un periodo de información de 24 años para la microcuenca Phuscanapata fue de 49,880.448 m<sup>3</sup>. Para el diseño se halló las cotas del dique mediante el estudio topográfico, teniendo como nivel de avenidas 4,750.00 msnm, nivel de operación con 4,749.90 msnm, con altura del dique 2.5m, aliviadero de 4 m, ancho de la corona 3.35 m, con borde libre de 1.03 m, donde finalmente se calculó el volumen útil 32,095.30 m<sup>3</sup>.

**Palabras clave:** Dique, disponibilidad hídrica, evapotranspiración, infiltración, oferta de agua, Qocha.



## ABSTRACT

In the study the Phuscanapata micro-watershed is impacted by climate variability; this is causing a decrease in water availability due to droughts, which is causing low yields in agricultural crops and other problems in the Puno region, the objective of improving water availability in the Phuscanapata micro-watershed in the district of Usicayos - Carabaya - Puno, 2023; the methodology used was by determining the water supply in the Phuscanapata micro-watershed; infiltration was found using the double-ring method, generating a basic infiltration of 11.23 cm/hour with a value of  $k = 3.12 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$  presents a relative permeability, impermeable (typical "silty sand" soil), which indicates that we have a water height lost by infiltration of 0.0031 cm/s. The evapotranspiration with the FAO Penman-Monteith equation with a total monthly evapotranspiration of 341.89 mm/month. For the water supply found using the "Lutz Schulz" stochastic-mathematical model, with a 24-year data period for the Phuscanapata micro-watershed, it was 49,880.448 m<sup>3</sup>. For the design, the elevations of the dam were found by means of a topographic study, with a flood level of 4,750.00 m above sea level, an operating level of 4,749.90 m above sea level, a height of 2.5 m, a spillway of 4 m, a crown width of 3.35 m, with a free edge of 1.03 m, where finally the useful volume of 32,095.30 m<sup>3</sup> was calculated.

**Keywords:** Dam, water availability, evapotranspiration, infiltration, water supply, Qocha.





# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los cambios en los patrones en la actualidad pueden tener efectos significativos en el aumento de temperatura, como consecuencia del cambio climático y como resultado de la disminución de precipitaciones. En los últimos años, el tema del cambio climático ha cobrado gran relevancia por las predicciones catastróficas para el planeta realizadas por la comunidad científica (Caira, Lopez, & Carhuarupay, 2021). La presencia de la Cordillera de los Andes en el Perú y sus 159 cuencas, que se ven afectadas por fenómenos hidrometeorológicos como consecuencia del aumento de las temperaturas en la selva norte y regiones altoandinas (Muñoz, 2022). La disponibilidad de agua en la nación también se está viendo impactada, además muchas familias rurales dependen exclusivamente de la agricultura y la ganadería para su subsistencia, por lo que son las más perjudicadas por la escasez de agua en temporadas secas, que se traduce en la producción de cosechas de calidad inferior y en el peor de los casos, en la pérdida de toda la producción (Montoya, 2023). Debido a la sequía que está privando de agua a la población y a los cultivos, el Ministerio de Agricultura declaró formalmente la emergencia hídrica en 37 valles y zonas agrícolas de siete regiones de la nación incluyendo la región de Puno. (Cuadros & Mercado, 2020). En este sentido, la recarga hídrica y el programa de captación de agua son medidas que actualmente cobran mayor importancia debido a la relevancia de la variabilidad climática. (Curi, 2021).

En la microcuenca Phuscanapata del distrito de Usicayos, no escapa a esta realidad; esto está ocasionando una disminución en la disponibilidad de agua debido a las sequías, lo que está ocasionando bajos rendimientos en los cultivos, en la falta de



agua para el consumo para los animales, a la conservación bofedales y otros problemas. (SENAMHI., 2021) En este estudio, la zona productora de cultivos de papa y quinua en el distrito de Usicayos y en la región de Puno, menciona que está experimentando una sequía agrícola, presentando que la zona tiene mayores valores de sequedad agrícola, mediante el Índice de Satisfacción de las Necesidades Hídricas de los Cultivos (WRSI) mide el nivel de satisfacción con las necesidades hídricas de los cultivos. Entonces para el presente estudio se tomó la zona más afecta del distrito de Usicayos que son las comunidades de Oscoroque y Quetepalo, las dos zonas se encuentran a faldas de la microcuenca Phuscanapata, teniendo como consecuencia las fuertes sequias que se viven desde los meses de mayo hasta el mes de Noviembre (estiaje), la población se dedica en la mayoría del año y de toda su vida a la agricultura y ganadería. Ante esto la falta de recurso hídrico que aqueja y como resultado los escasos recursos económicos.

### **1.1.1. Problema general**

¿Cómo mejorar la disponibilidad hídrica en la microcuenca Phuscanapata del distrito de Usicayos – Carabaya -Puno, 2023?

### **1.1.2. Problemas específicos**

- ¿Cuánto es la infiltración y evapotranspiración de agua existente en la microcuenca Phuscanapata del distrito de Usicayos-Carabaya-Puno, 2023?
- ¿Cuál es la oferta hídrica en la microcuenca Phuscanapata del distrito de Usicayos – Carabaya -Puno, 2023?
- ¿Cómo diseñar qochas para la mejora de la disponibilidad hídrica en la microcuenca Phuscanapata del distrito de Usicayos - Carabaya - Puno, 2023?



## 1.2. HIPÓTESIS

### 1.2.1. Hipótesis general

Si es posible la mejora de la disponibilidad hídrica mediante el diseño de gochas en la microcuenca Phuscanapata del distrito de Usicayos – Carabaya - Puno, 2023

### 1.2.2. Hipótesis específicas

- La infiltración y evapotranspiración de agua existente en la microcuenca Phuscanapata del distrito de Usicayos-Carabaya-Puno, 2023 es elevada.
- La oferta hídrica requerida estará en base la microcuenca Phuscanapata del distrito de Usicayos–Carabaya–Puno, 2023.
- El diseño de gochas contribuirá a la mejora de la disponibilidad hídrica en la microcuenca Phuscanapata del distrito de Usicayos - Carabaya – Puno.

## 1.3. JUSTIFICACIÓN

La investigación se justifica debido a que en la microcuenca Phuscanapata del distrito de Usicayos el estudio hidrológico nos brinda datos característicos hidrológicos donde el estudio evalúa y mide la disponibilidad y la demanda de agua, lo que en última instancia permite comprender el funcionamiento hidrológico de la microcuenca, este trabajo hace contribuciones significativas, incluyendo la caracterización de la geomorfología y el clima, la modelización matemática, y la creación de las descargas medias mensuales desde la precipitación en las zonas de la cuenca; la disponibilidad de agua (oferta y demanda), el balance hídrico, las crecidas máximas, y, por último, la creación de las descargas medias mensuales a partir de la precipitación, las crecidas máximas, y por último, los episodios de sequía.



Beneficiando a la población, bofedales, praderas, aumento en la crianza de ganados y el aumento de la superficie agrícola, produciendo este recurso hídrico en los tiempos de estiaje, la guía técnica de diseño y construcción de pequeñas presas rusticas en las lagunas (Morante, 2017) halla el mejoramiento de la disponibilidad hídrica a la población alta tasa de pobreza, por ende es fundamental mantener el agua, siendo un valor es innegable, y preservarlo debe ser el principal objetivo del hombre. Sin este recurso en términos de cantidad, calidad y oportunidad, la vida sufre inicialmente un declive significativo y si tal deficiencia persiste en el tiempo, la vida se extingue.

## **1.4. OBJETIVOS**

### **1.4.1. Objetivo general**

Mejorar la disponibilidad hídrica en la microcuenca Phuscanapata del distrito de Usicayos–Carabaya–Puno, 2023

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar la infiltración y evaporación de agua existente en la microcuenca Phuscanapata del distrito de Usicayos-Carabaya-Puno, 2023
- Determinar la oferta hídrica en la microcuenca Phuscanapata del distrito de Usicayos–Carabaya–Puno, 2023
- Diseñar qochas para la mejora de la disponibilidad hídrica en la microcuenca Phuscanapata del distrito de Usicayos–Carabaya–Puno, 2023



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

##### 2.1.1. Internacionales

Mullo & Oquendo (2021) el estudio tuvo como objetivo diseñar una Presa Colinar basado en estudios topográficos, hidrológicos y geotécnicos con el fin de solventar las necesidades hídricas de la comunidad de “La Bichola” en el cantón Tosagua, Manabí, ya que la comunidad se destacan por cultivar y la recolección de maíz, maní y maracuyá; sin embargo, la comunidad se ve impactada por la estación seca, debido a que carece de una fuente constante de agua, para garantizar la estabilidad del embalse, el proyecto comprendió investigaciones topográficas, hidrológicas, geológicas y geotécnicas para conocer las propiedades del suelo, flujo, estabilidad de la pendiente para garantizar la estabilidad del embalse. Además, utilizó el Registro distribución de Pearson III para encontrar la intensidad de lluvia, precipitaciones del sector. A partir de los resultados se determinaron densidad, plasticidad y se determinó la permeabilidad del suelo a partir de pruebas de laboratorio basadas en hallazgos de los experimentos. El embalse tendrá una capacidad de 1.139.448,78 m<sup>3</sup> gracias a la presa de 288 m de longitud. Para evitar desbordes, también se incluyó en el diseño un aliviadero de 80 m de longitud. El diseño de la presa tiene la doble función de la mitigación y conservación ambiental mediante la retención y el suministro de agua para apoyar el crecimiento económico de la comunidad a través del turismo y la agricultura, reduciendo el impacto en el medio ambiente.



Jaime Bello et al. (2020). En su artículo científico publicado por MUTIS con el tema de “Análisis de viabilidad y diseño para el abastecimiento de agua potable en la vereda Socotá del municipio de Apuco”. Desarrollaron mediante la utilización de técnicas como el método de la distancia inversa (IDW) para la determinación de la precipitación, el método de Thornthwaite para el cálculo de la evapotranspiración, el método geométrico para la predomino de la población y la validación del cumplimiento de criterios para la selección de la opción de abastecimiento más viable, para su posterior diseño a través de las ecuaciones de Hazen Williams, esta investigación valida los fundamentales criterios en el diseño de un sistema de abastecimiento de agua potable a la vereda Socotá, municipio de Apulo. Utilizando estas técnicas, se identificó una precipitación bimodal de 1.101-1.156 mm/año con intervalos de almacenamiento de agua bajos y un caudal de 0,000295 m<sup>3</sup>/año para 105 posibles usuarios en total. Además, se determinó que la conexión al acueducto de Asuarcopsa es la opción óptima de abastecimiento. Para ello se requiere una tubería de una pulgada de diámetro y un tanque de almacenamiento de 10,195 L, permitiendo demostrar a través de los resultados las deficiencias en la disponibilidad, continuidad y calidad del agua que presenta el sistema de abastecimiento actual el sistema de abastecimiento existente.

Mite & Campozano (2021) estableció su proyecto investigación con el objetivo de “Diseñar la presa colinar “Naranjito” de Tosagua en base a las especificaciones técnicas proporcionadas a lo largo de este documento” en la cual definió que el embalse tiene capacidad suficiente para garantizar la disponibilidad de agua para fines agrícolas y las lluvias intensas son poco frecuentes, se ha demostrado que son hidráulicamente sostenibles, garantiza que



las actividades agrícolas tengan acceso al agua, la estabilidad de la presa así como los taludes que responden a las fuerzas hidrostáticas. Ofreciendo un diseño paisajístico integral con un enfoque comercial para generar empleo y turistas, al mismo tiempo se evaluó los efectos de construcción de la presa que tendrá sobre el medio ambiente, con un cuerpo de presa de 10 m de altura y 280 m de longitud se pueden conseguir 461.775,3 m<sup>3</sup> de agua y borde libre de 1 m, dado que se trata una gran escala de construcción, el presupuesto fue considerable, pero su ejecución seguramente dará como resultado el cambio que los habitantes del cantón esperan .

Velasco & Moreir (2021). el estudio denominado “Diseño de dique para embalsar y lograr la recarga subterránea en el Valle Cadeate y diseño de un embalse tipo para una finca”. Se diseñaron dos presas de tierra represas: una para el río Cadeate. de 4.30 m de altura con núcleo de geomembrana impermeable, y la finca vecina, de 3.70 m de altura con núcleo de arcilla y las pendientes aguas abajo de los terraplenes en ambas presas se midieron en 2:1 y 2.5:1, respectivamente. Además, el canal de aliviadero de cada presa se construyó en función de los caudales entre intervalos de retorno de 50 años. Concluyendo que los factores de seguridad que resultaron en el análisis de estabilidad de taludes de ambos diques exceden el valor permisible, lo que indica que el diseño es aceptable. Entonces, a razón de la pandemia se aconseja efectuar ensayos de laboratorio de suelos para ratificar resultados.

Delgadillo & Pérez (2016). Desarrollo el tema Medición de la infiltración del agua en el suelo, (método de la doble anilla), realizando como texto de apoyo para la capacitación en riego, la medición de la infiltración del suelo lo realizo sólo el movimiento gravitacional unidimensional es decir, el movimiento



causado por la gravedad, dando como objetivo de este trabajo, las técnicas de riego más utilizadas el método de la doble anilla, el modelo empírico que se ajusta a la homogeneidad y responde bien al fenómeno de la infiltración dentro de los límites de interés agrícola, obteniendo resultados tomando como ejemplo in situ, realizando cálculos en Excel y cálculos y dando un resultado la infiltración básica de 4.94 cm/h. Esta intervención puede atenerse a la regla fundamental de que no se puede programar ninguna aplicación de agua de forma que supere la capacidad de infiltración del suelo. Si esto no ocurre, es probable que se produzcan escorrentías superficiales y charcos de agua en el suelo. Esto puede acarrear una serie de problemas, como una menor eficiencia hídrica o un mayor riesgo de erosión.

### **2.1.2. Nacionales**

Espinoza & Oyola (2019) realizó la presente investigación tomando como población la cuenca del río Puyango Tumbes y como muestra no probabilística e intencional la microcuenca de la quebrada Garbanzal, se diseñó, mediante un tipo de investigación aplicada, un sistema de captación y almacenamiento para la cosecha de agua para uso agrícola y poblacional en la microcuenca de la quebrada Garbanzal-Tumbes. Las obras estructurales y no estructurales incluirían una represa con un aforo total de 863.941,94 m<sup>3</sup> y se descubrió que la microcuenca tiene capacidad para generar anualmente unos 71.341,16 m<sup>3</sup>/año de agua utilizable. Esta agua cosechada puede utilizarse tanto para fines domésticos como productivos. A una inversión de 65.91 m<sup>3</sup> de agua almacenada, el costo total previsto es de S/. 4'701,843.62 (cuatro millones setecientos un mil ochocientos cuarenta y tres con 62/100 soles).





Deza & Huarca, (2020). Propuso la presente investigación con el objetivo de comprender mejor estas cuestiones, la investigación ha consultado a organizaciones y autores que han escrito principalmente sobre zanjas de infiltración, qochas rústicas, qochas de infiltración bofedales, reforestación, embalses de almacenamiento, qochas de almacenamiento y micropresas. La estación meteorológica de Yauri, Tintaya, que se halla en la zona de estudio y tiene una precipitación media de 812,01 mm/año, proporcionó los datos para el estudio de caso. Como resultado, es factible la adaptación de algunas técnicas de retención y aprovechamiento del agua de lluvia. Debido a las características climáticas, del suelo y del terreno, así como a los factores económicos y sociales de la Comunidad Rural de Chai, sólo podrán utilizarse los métodos de zanjas de infiltración y embalses de almacenamiento revestidos.

Merma (2021). como objetivo del proyecto fue comparar los resultados de ocho enfoques empíricos básicos utilizando datos meteorológicos mensuales de 2007 a 2020, con el método convencional Penman-Monteith de la FAO como punto de referencia. Empleando datos meteorológicos al mes de 2007 a 2020 de la estación de Tumpis, método de linacre, el porcentaje de error, el coeficiente de correlación de Pearson, el índice de concordancia, el coeficiente de fiabilidad y el coeficiente de correlación de Pearson fueron los índices estadísticos utilizados para evaluar el rendimiento. Resultando la evapotranspiración promedio de cada método, en la evaluación detallada se concluye que el método de Linacre es la más eficiente para determinar la evapotranspiración, la que más se asemeja al método de la FAO en los meses de enero, febrero, mayo y junio, por ello, se seleccionó este método para ser aplicado a seis estaciones del SENAMHI. Estas estaciones cuentan con datos climáticos limitados para los



años 2015 al 2020, por lo que el objetivo de la aplicación fue realizar una interpolación y obtener una representación de la distribución mensual de la evapotranspiración de referencia en la región Tumbes a través de un medio gráfico.

Polo & Villanueva (2020). Explica que la presente investigación el diseño de la presa permitirá evaluar la disponibilidad de agua y realizar un análisis hidrológico de la microcuenca de Tuanga. El diseño de la presa, para el que se realizaron estudios de mecánica de suelos, topografía e hidrología de la región, así como un diseño hidráulico y estructural, permitirá almacenar 4.341,24 m<sup>3</sup> de agua. El diseño del proyecto y la modelización hidrológica siguieron normas técnicas bien establecidas y generalmente aceptadas. De la topografía se obtuvo la siguiente información: el plano de la presa, el perfil de la presa, el plano del aliviadero, el plano de descarga, el plano de detalle y el plano de sección. La microcuenca registra la localización de la fuente de agua a través de las precipitaciones. El dique tiene una altura de diseño de 2.00 m, una longitud de 26 m, una anchura de coronación de 3.50 m y una pendiente de 1:200 aguas arriba y 1:200 aguas abajo. Obteniendo un presupuesto total de infraestructura de S/. 86,582.61 nuevos soles como precio para la construcción de la presa.

### **2.1.3. Regionales**

Dueñas (2020); propusieron en su proyecto de investigación dando como objetivo realizar un diseño con la técnica Jet-Grouting para mejorar la estabilidad de la presa de tierra, prevenir fallos de sifonamiento en la presa, mejorar las cualidades mecánicas del suelo y disminuir la permeabilidad y las filtraciones. Para alcanzar este objetivo se realizaron pruebas de laboratorio y se recopilaron



datos sobre el terreno. El diseño y el cálculo de la presa se realizaron con ayuda de ensayos de laboratorio y del programa GeoStudio. La presa de tierra se diseñó utilizando el programa. Se observó una mejora de la estabilidad del suelo de cimentación, como indica la varianza del diseño en los parámetros de seguridad así también la reducción de la permeabilidad, el alargamiento de la trayectoria del flujo y la variación de los factores de seguridad en el diseño muestran que la estabilidad del suelo de cimentación ha mejorado. Esto reduce el riesgo de sifonamiento y evita la pérdida de agua, garantizando la estanqueidad del embalse.

Cuadros & Mercado (2020), efectuaron el estudio presente con el objetivo de implementar y analizar el sistema Warihumaa y Chullumpirini de embalses naturales, o "Qochas", en la cuenca del Azángaro para aumentar el suministro de agua utilizando la metodología CUBHIC. El problema de la escasez de agua en el Perú se está agravando debido a la creciente variabilidad climática, el aumento de la oferta de hídrica y la degradación del suelo. El resultado es un menor rendimiento de los cultivos y una reducción de las zonas de regadío. Para hacer frente a este problema existen alternativas que favorecen la seguridad hídrica. La más común es la construcción de infraestructuras "grises", que incluyen presas y embalses artificiales; sin embargo, requieren largos desembolsos que son caros de instalar y tienen grandes gastos. La aplicación de soluciones basadas en infraestructuras "verdes", como las "qochas" o depósitos naturales de almacenamiento de agua, es el tema principal de esta tesis. El uso de "qochas" es un método tradicional de recogida y plantación de agua. Para crear este proyecto, en primer lugar, se evaluaron los factores ambientales que afectan a la zona de investigación, en este caso la región de

Puno, provincia de Azángaro y distrito de Asillo (precipitaciones, temperatura, cobertura y tipo de suelo). A continuación, utilizando la herramienta CUBHIC (Cuantificación de los Beneficios Hídricos de las Intervenciones en las Cuencas Hidrográficas), se realizó un análisis hidrológico y del balance hídrico. Esto permitirá evaluar rápidamente las ventajas de una intervención hídrica natural. A continuación, se evaluó la aportación de agua del sistema de "qochas" de Warihumaa y Chullumpirini. Tanto en la primera "qocha" como en la segunda, los datos indicaron un aumento del volumen de percolación de 328.515 m<sup>3</sup>/año y 132.003 m<sup>3</sup>/año, respectivamente. Así pues, puede decirse que las "qochas" se implantaron con éxito, lo que dio lugar a un gran aumento del volumen de agua en las "qochas" sugeridas, y que la herramienta CUBHIC es un sustituto útil de los métodos hidrológicos tradicionales.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Ciclo Hidrológico**

Delgadillo & Pérez (2016) Se llama conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, en sus múltiples estados (sólido, líquido y gaseoso), así como en sus formas (aguas superficiales, aguas subterráneas, etc.). Nada regular es el ciclo hidrológico. Las frecuentes sequías e inundaciones a las que está acostumbrada la nación sirven como ejemplo de ello. Casi anualmente tenemos problemas con inundaciones en ciertas áreas, inundación, sequías en determinadas zonas.

Gavilán (2020), Brinda una explicación de la intrincada red de flujos de agua y cambios dentro de flujos y cambios en áreas que se puede encontrar en el ciclo hidrológico, un modelo de circulación general. Se puede encontrar en el



ciclo hidrológico, un modelo de circulación general. no tienen principio ni fin, como toda circulación, aunque puede describirse como principio o fin, como toda circulación, Por otro lado, se puede empezar a describirlo como el inicio de las precipitaciones, evaporación, humedad sobre el suelo, etc. El ciclo hidrológico ciclo es impulsado principalmente por las precipitaciones, y la identificación de condiciones peligrosas requiere un conocimiento de los componentes clave del suelo, la vegetación y el sistema atmosférico como también por precipitación, e identificar condiciones peligrosas requiere un conocimiento de los componentes clave del suelo, la vegetación y el sistema atmosférico.

### **2.2.2. Tipos de precipitación**

- Precipitación en estado solido
- Nieve: Formada mayoritariamente por la unión de cristales de hielo que caen a la tierra en forma de copos de nieve. Como si fueran copos de nieve sobre la tierra.
- Aguanieve: Copos de nieve y precipitaciones que contienen agua.
- Granizo: Por la baja temperatura, es consecuencia de los cristales de hielo calor.
- Precipitación en estado liquido
- Llovizna (Garúa): Son esencialmente gotitas diminutas que caen uniformemente y esencialmente inferior a 5 mm, gotas diminutas con un diámetro inferior a 5 mm que descienden uniformemente.



- Chubasco: Son gotitas de mayor diámetro que descienden con una fuerte intensidad.
- Virga: Son gotitas que, antes de tocar la superficie gotas suelo, se evaporan totalmente en la Superficie de la tierra; ellos parecen ser estar suspendidos en la atmósfera.(Merma, 2021)

### 2.2.3. Clasificación de la precipitación

Los mecanismos de la formación de nubes están vinculados al origen de las precipitaciones, que se clasifican en tres tipos según su origen.

- **Precipitación convectiva:** Se crea creado cuando las bolsas de aire caliente suben a la superficie. Las bolsas de aire caliente suben a la superficie. Se produce por el proceso y está conectado a cúmulos y cumulonimbos. Este tipo de precipitación es a menudo suelen ser tormentosas, contundentes, intensas y de pequeña expansión geográfica como también dura menos de una hora.
- **Precipitación orográfica:** Ocurre cuando las masas de aire húmedo se elevan para encontrarse con montañas, desde masas de aire húmedo horizontales (barrera orografía). Ocurre con frecuencia y con una intensidad regular.
- **Precipitación frontal o ciclónica:** Se produce cuando chocan dos masas de aire procedentes de frentes opuestos. En la cual pueden ser frentes cálidos, fríos o ambos, y el movimiento de uno hará que el otro ascienda frontalmente, al contrario (Chino et al., 2016).

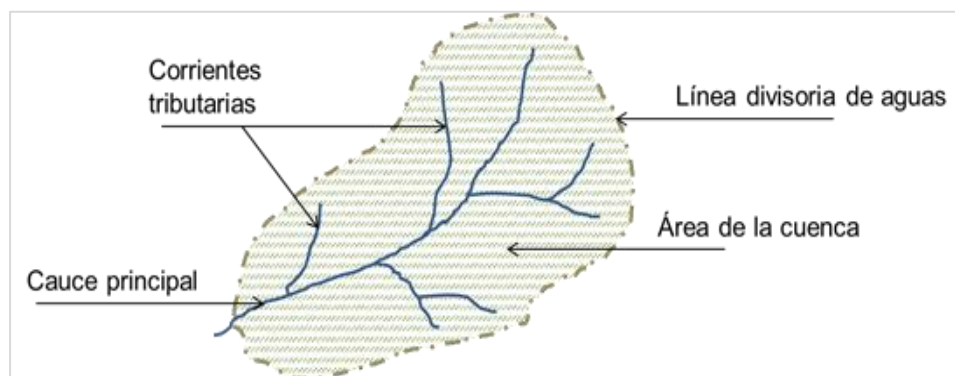
### 2.2.4. Características Geomorfológicas de las Microcuencas

Las microcuencas son unidades dinámicas y naturales ocurriendo que representan las interacciones recíprocas entre el suelo, unida en el agua y los

elementos geológicos. Estas interacciones dan como resultado la escorrentía, que es un impacto común que al final permite comprender y valorar los efectos netos que representan las interacciones recíprocas entre el suelo, las plantas, el agua y los elementos geológicos. Para ello se determinarán los parámetros geomorfológicos de las microcuencas, incluyendo su área, longitud del cauce principal, pendiente promedio y período de concentración, según (Palma, 2022)

### Figura 1

#### *Componentes de la microcuenca*



Fuente: (Fondo Sierra Azul, 2023)

#### 2.2.5. Temperatura

Merma (2021) dado que la temperatura afecta al ciclo hidrológico en todas sus fases, es un elemento importante. Entra en escena como parámetro en los cálculos de evaporación y evapotranspiración de las plantas. Debido a que la distribución de la temperatura en la atmósfera es constante a lo largo del ciclo hidrológico del agua, es fundamental, el equilibrio térmico entre la radiación solar, la radiación de la superficie terrestre, la capacidad de acumulación térmica de la atmósfera y la superficie terrestre determina la temperatura de la atmósfera, este equilibrio térmico está influenciado por los movimientos del aire e incluso por las corrientes marinas.



### **2.2.6. Evapotranspiración**

Tarqui, (2021). Los procesos de evaporación y transpiración en la zona no saturada, el término "evapotranspiración" se utiliza para referirse a ambos. El término "zona insaturada" se refiere a la región superficial de casi todas las formaciones geológicas donde los poros no están saturados con agua y una región inferior conocida como "zona saturada", que está saturada de agua. Una parte importante del agua que ha entrado queda atrapada en la zona no saturada y nunca llega a la zona saturada. Una parte de esta agua se evapora en la zona no saturada y regresa a la atmósfera en forma de vapor, mientras que una gran parte no. Cuantitativamente es más importante porque las plantas lo necesitan para la "transpiración". La cantidad de agua que se pierde de una superficie en unidades de altura del agua está indicada por la evapotranspiración, que se mide en milímetros por unidad de tiempo (hora, día, mes y año).

Según Cerna (2018) La transpiración y la evaporación ocurren al mismo tiempo y es difícil distinguir entre ambas. Además del contenido de agua de la capa superior del suelo, la cantidad de radiación solar que llega a la superficie del suelo determina principalmente la cantidad de agua que se evapora del suelo. A medida que se expande y la sombra cubre más terreno.

### **2.2.7. Escurrimiento**

Es el elemento más importante del ciclo hidrológico, el escurrimiento se define como el agua generada por la precipitación que viaja sobre o debajo de la superficie del suelo, encuentra una corriente y eventualmente drena hacia la salida de la cuenca (estación de medición) (Curi, 2021).





### **2.2.8. Infiltración**

Método por el cual el agua ingresa al suelo a través de su superficie, permanece allí o se transporta hasta el manto de un acuífero para aumentar el volumen del suelo. Comienza con un valor alto y cae a un tamaño más pequeño, casi constante, a medida que llueve.

### **2.2.9. Capacidad de infiltración o tasa de infiltración (f)**

La velocidad más rápida por unidad de área a la que el suelo puede absorber el agua, sujeto a circunstancias particulares. En cambio, antes o después de una lluvia intensa, la capacidad de infiltración está regulada por la intensidad de la lluvia y se denomina velocidad de infiltración. Durante las tormentas, la capacidad de infiltración, si se produce, es escorrentía superficial, está regida por el suelo y otras características relacionadas.

### **2.2.10. Volumen infiltrado (F)**

Para cada intervalo dado, es el área bajo la curva de capacidad de infiltración, representa la profundidad o lámina de agua que fue penetrada en ese momento.

### **2.2.11. Percolación.**

El agua se filtra a través de la zona de las raíces y finalmente sube al nivel freático (Mite & Campozano, 2021).

### **2.2.12. Velocidad de infiltración y velocidad de infiltración instantánea**

La capacidad de un suelo para permitir que el agua se filtre desde el exterior hacia su interior se conoce como tasa de infiltración. Dicho de otro



modo, representa la relación entre el volumen de agua que se filtra y el tiempo que tarda. Suele expresarse en mm/min o cm/h (Delgadillo & Pérez, 2016).

Formula:

$$I = at^b$$

### 2.2.13. Infiltración acumulada

Conocida alternativamente como lámina infiltrada acumulada, los valores puntuales de infiltración de la curva de velocidad de infiltración instantánea se suman y se toman en consideración. La ecuación 2, que es la ecuación de la infiltración acumulada, puede hallarse integrando su ecuación entre los valores límite,

$T_{\text{initial}} = 0$  y  $T_{\text{final}}$ , o calculando el área formada entre esta curva y los ejes.

Se inicia con la fórmula de velocidad de infiltración

$$I = at^b$$

Entonces se define el área y la integral:

$$A = \sum_{t_0}^t dt * I = \int_{t_0}^t I * dt$$

Se reemplaza:

$$A = I_{\text{cum}} = \int_{t_0}^t at^{b*}dt$$

Y se integra:

$$I_{\text{cum}} = \left( \frac{a}{b+1} \right) \cdot t^{b+1}$$

Simplifica:

$$I_{\text{cum}} = At^B$$

#### 2.2.14. Velocidad de infiltración básica

El diseño y el cálculo del riego de superficie por aspersión se benefician directamente de esta velocidad. Es esencial utilizar un criterio uniforme para calcular el valor de la velocidad de infiltración fundamental para estas aplicaciones de riego. A este respecto, el SCS departamento de agricultura establece: "La tasa de infiltración fundamental es el valor instantáneo correspondiente al momento en que la pendiente de la curva de la tasa de infiltración en función del tiempo es curva de la tasa de infiltración en función del tiempo es igual al -10% de su valor", dicho de otro modo, la infiltración fundamental es la tasa de infiltración medida cuando se produce un cambio en la tasa de infiltración del 10% o menos en el transcurso de una hora (Delgadillo & Pérez, 2016).

$$I_b = a (-10b)^b$$

#### 2.2.15. Modelo precipitación escorrentía Lutz Scholz

Modelo Lutz Scholz, debido a que el modelo hidrológico (Balance Hídrico - Modelo Determinístico) contiene una estructura determinística para el cálculo de caudales mensuales para un año promedio y una estructura estocástica para la generación de series extendidas de caudales (Proceso Markoviano - Modelo Estocástico), se fusiona. Fue creado entre 1979 y 1980 para las cuencas de la sierra peruana por el especialista Lutz Scholz como parte del Plan Meris II, Programa de Cooperación Técnica de la República Alemana. El modelo se creó teniendo en cuenta la falta de registros de caudales en la sierra peruana, en su lugar se tuvieron en cuenta las características físicas y meteorológicas de las cuencas, que se pueden conocer mediante el trabajo de campo y la cartografía.



Los coeficientes del modelo para calcular la precipitación efectiva, el déficit de escorrentía, la retención y el agotamiento de la cuenca son sus parámetros más cruciales. Para poner en práctica el modelo se utilizaron los siguientes protocolos:

- La determinación de las características necesarias para explicar los fenómenos de escorrentía media.
- El desarrollo de una colección de modelos de parámetros inacabados para el cálculo del caudal de la cuenca en ausencia de datos hidrométricos. A partir de los datos anteriores, determinar los caudales necesarios.
- Calibración del modelo y generación de caudales extendidos mediante un proceso markoviano que integra el caudal del mes anterior con la precipitación efectiva del mes.

Inicialmente utilizado en estudios de proyectos de irrigación, este modelo se extendió posteriormente a estudios hidrológicos para casi cualquier propósito (abastecimiento de agua, hidroelectricidad, etc.) con el objetivo de estimar caudales a escala mensual. La aplicación del modelo a las cuencas altas del Perú ha arrojado resultados que muestran una buena concordancia con los valores medidos.

#### **2.2.16. Componentes de un Dique de Tierra**

La pendiente del terreno y la altura de la carga de agua determinan el tamaño del dique, la altura de la carga de agua determina el tamaño del dique. Se recomienda construir diques con una promedio altura de 1.00 m, el ancho de la base varía según la altura del dique, el material utilizado y las pendientes de



los muros 2.50 metros, el material utilizado y las pendientes de los muros (Palma, 2022).

- **Cimentación:** Esta es la porción de la presa que soporta la estructura y que se construye en la trinchera de la zanja.
- **Talud Interno:** También denominado superficie en contacto directo con el agua, es de superficie húmeda, para detener la erosión, debe rellenarse con piedra plana cuando se construya la presa (dique). Completando con piedra plana para evitar la erosión de las olas, prevenir la erosión de las olas. La sección inferior sección contiene las piedras más grandes, mientras que la sección superior tiene las piedras más pequeñas (Palma, 2022).
- **Talud exterior:** Es la parte del dique en la parte trasera que tiene champas vivas cubriendo la porción meta del dique en espalda que tiene champas vivas cubriendo la meta, champas frescas extraídas de los esteros cercanos. Actúa como una barrera contra la erosión.
- **Corona:** Para detener la erosión, se utiliza champas para proteger la parte superior del dique y se debe utilizar para proteger la parte superior del dique. La corona es importante porque facilita el paso o movilidad de los trabajadores para que puedan realizar determinadas tareas de mantenimiento o limpieza .de los trabajadores para que se puedan realizar determinadas tareas de mantenimiento de limpieza o mantenimiento de saneamiento (Palma, 2022).

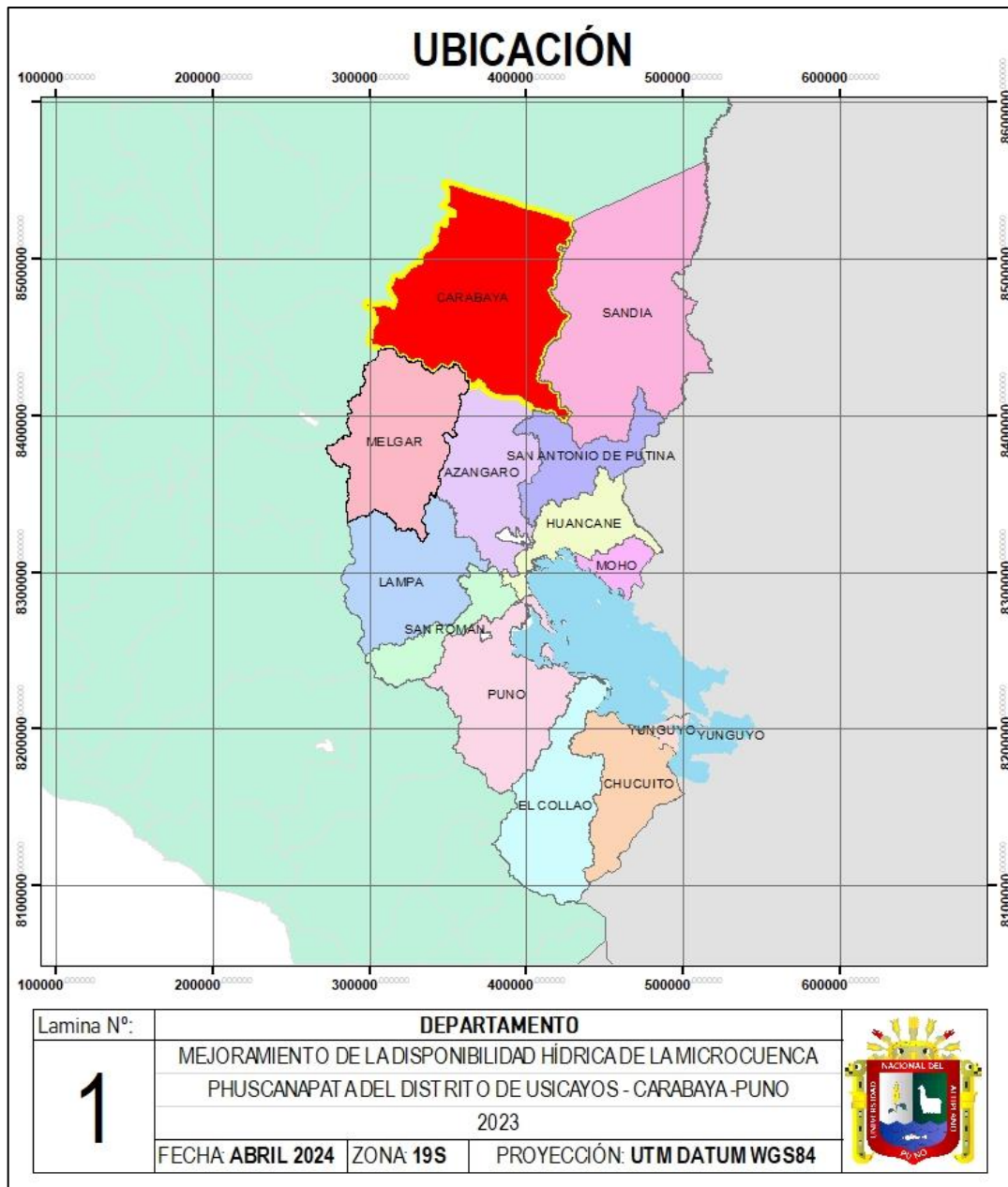
## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. ZONA DE ESTUDIO

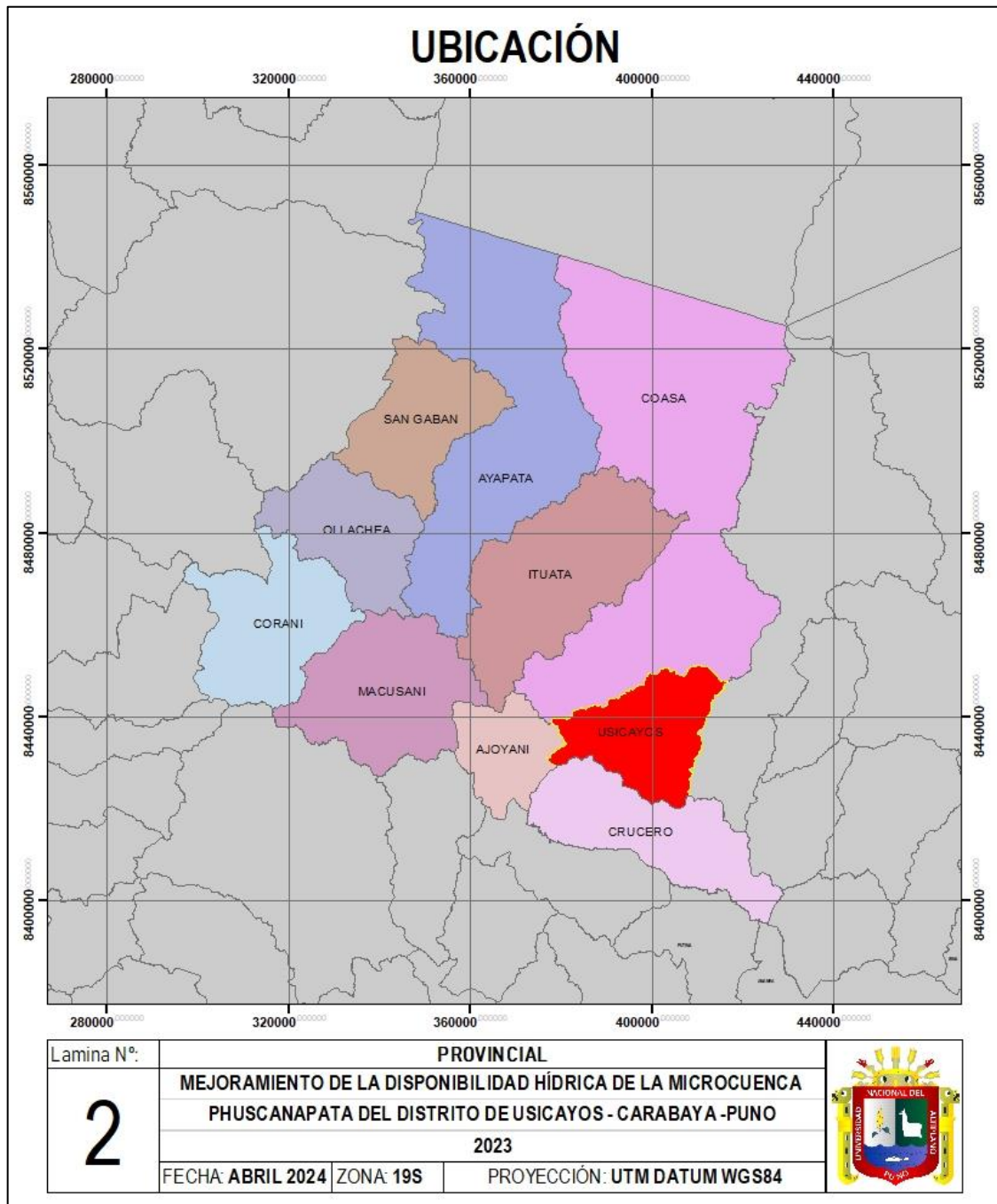
**Figura 2**

*Ubicación departamental*



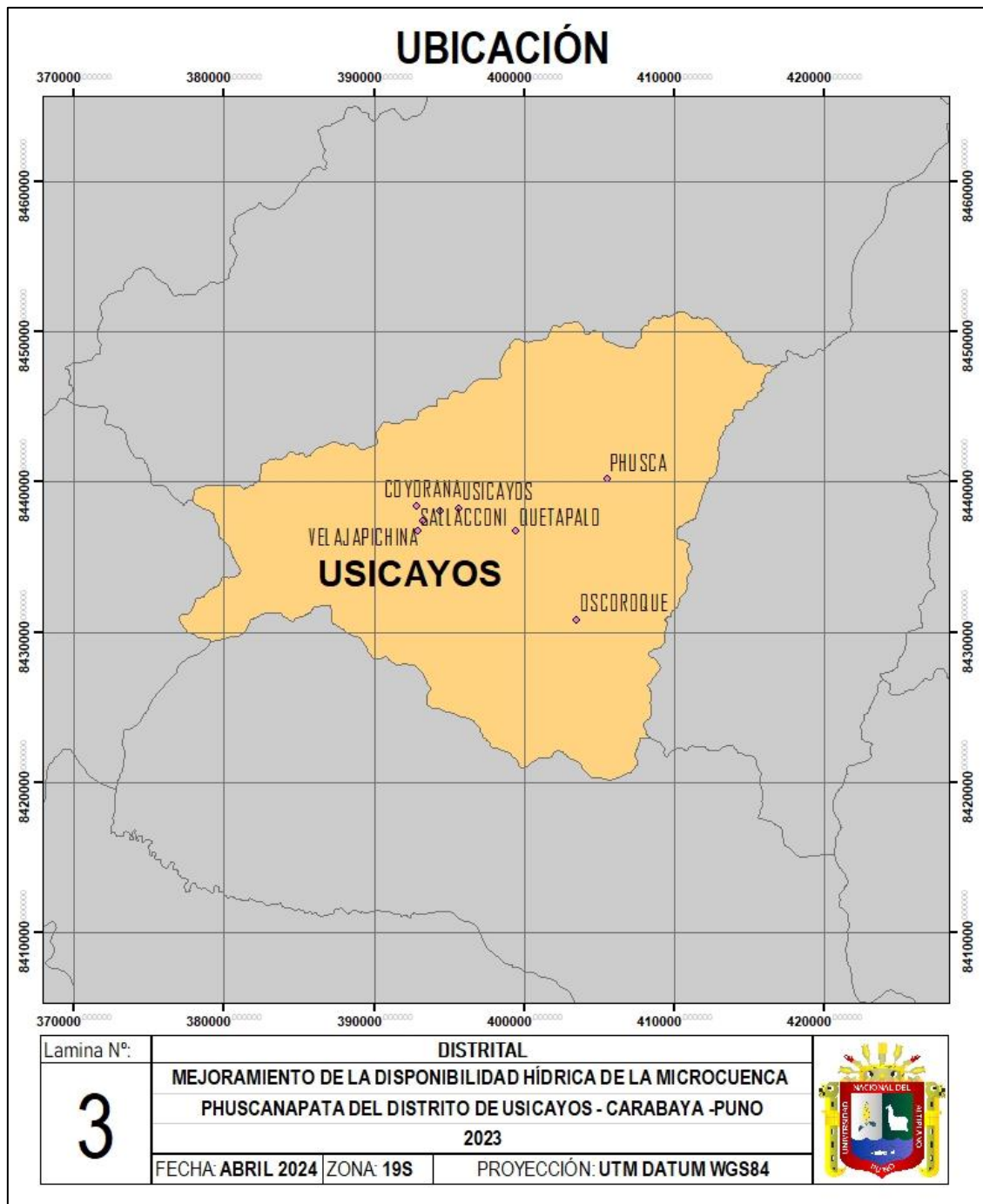
**Figura 3**

*Ubicación provincial*



**Figura 4**

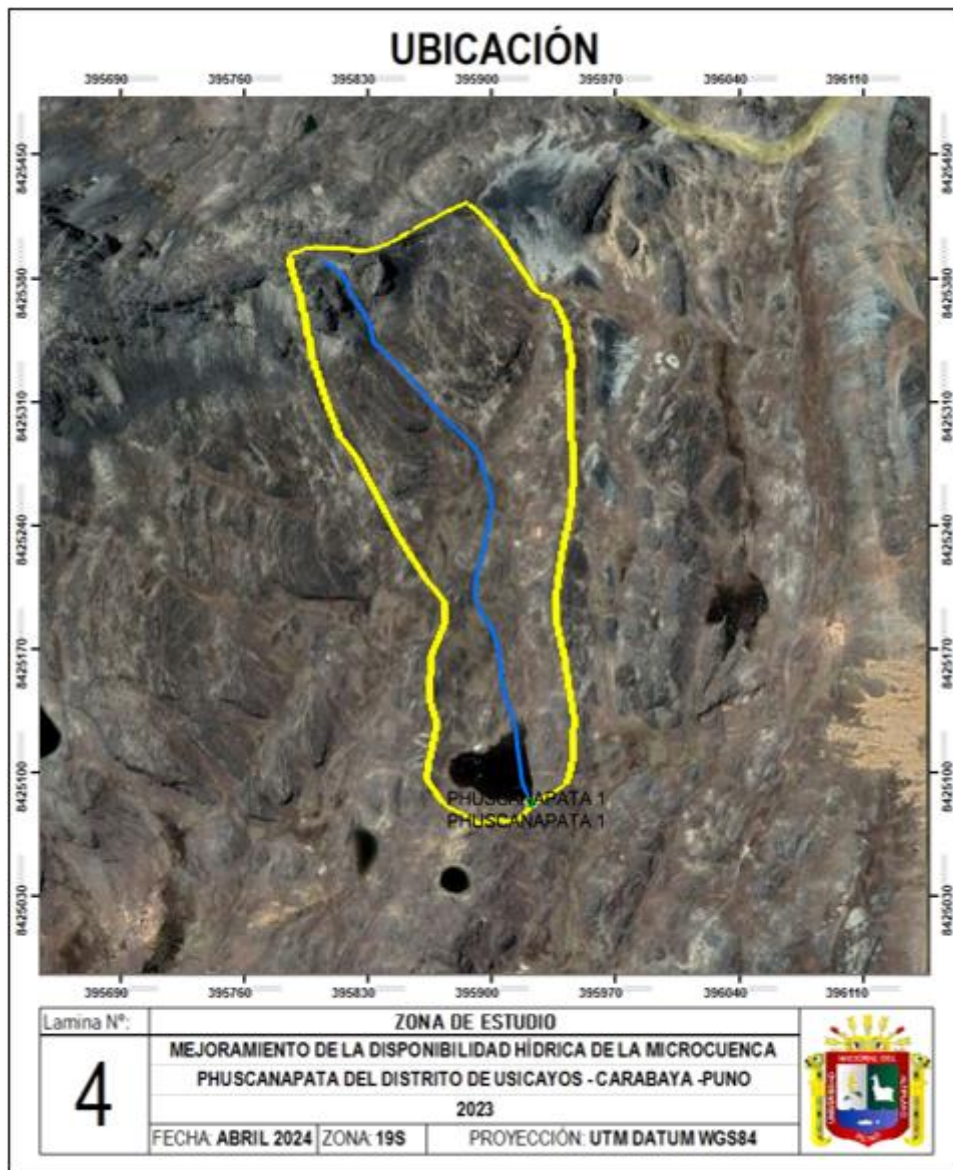
*Ubicación distrital*





**Figura 5**

*Ubicación de la zona de estudio*



### 3.1.1. Límites

Los distritos que limitan con Usicayos son: Por el Norte el distrito de Coasa, por el Oeste con el distrito Coasa, por el Este con el distrito de Limbani y por el Sur con el distrito de Crucero.



Los distritos vecinos del distrito de Usicayos: Coasa 16 km, Crucero 27.1 km, Limbani 30 km, Ajoyani 30.1 km Phara 32.8 km Potoni 33.1 km, Ituata 38.4 km, Antauta 40.1 km y Patambuco 45.7 km.

### **3.1.2. Vías de comunicación y accesibilidad**

Las vías de comunicación y la accesibilidad del presente trabajo de investigación la localidad de Usicayos con carretera Asfaltada y Trocha luego es conectada directamente a la carretera interoceánica, alcanzando con los distritos de Macusani, Juliaca y Puno

## **3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El tipo de investigación es descriptivo porque están dirigidos a describir las características, rasgos, variables de una población en estudio (Escudero & Cortez, 2018).

### **3.2.1. Población:**

Para este estudio, la población se definió como el conjunto de los datos meteorológicos de la estación Crucero y la estación Muñani, información meteorológica de las estaciones que se encuentran cerca de la microcuenca Phuscanapata.

### **3.2.2. Muestra:**

Para esta investigación se ha tenido en cuenta una muestra de datos seleccionada aleatoriamente de las estaciones mediante una muestra aleatoria de los 56 años de registros meteorológicos que se recopilaron y comprendían lo siguiente: (precipitación media mensual). Los datos se analizaron mensualmente entre enero de 1964 y diciembre de 2020.



### 3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

#### 3.3.1. TECNICAS

- Observación
- Revisión bibliográfica

#### 3.3.2. INSTRUMENTOS

- Ficha de observación
- GPS
- Software Microsoft Office
- Software Microsoft Excel
- Software ArcGIS
- Software Civil 3D

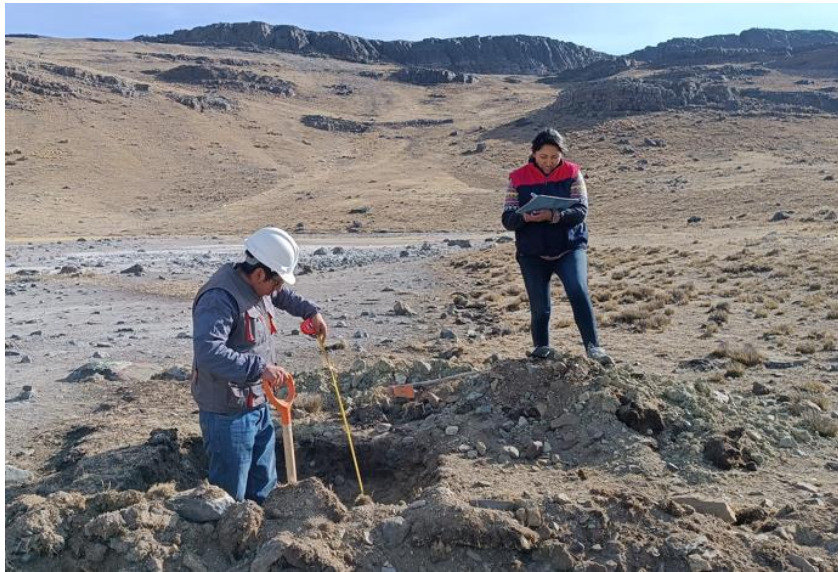
### 3.4. PROCEDIMIENTO METODOLOGICO

#### 3.4.1. **Determinar la infiltración y evapotranspiración de agua existente en la microcuenca Phuscanapata del distrito de Usicayos-Carabaya-Puno, 2023**

- **Determinación de la infiltración-**. Para determinar si una gocha será filtrable o no, el tipo de cimientos sobre los que se apoyará la presa y para determinar la mejor línea de actuación para su tratamiento, la infiltración es uno de los criterios cruciales
- **Reconocimiento del tipo de suelo.** En el eje de construcción de la presa se excavó un pozo de prueba de entre uno y dos metros de profundidad para examinar los estratos del suelo y medir su altura. Mediante el sondeo del suelo, se determinó el tipo de suelo de cada estrato.

## Figura 6

### *Reconocimiento del tipo de suelo en campo*

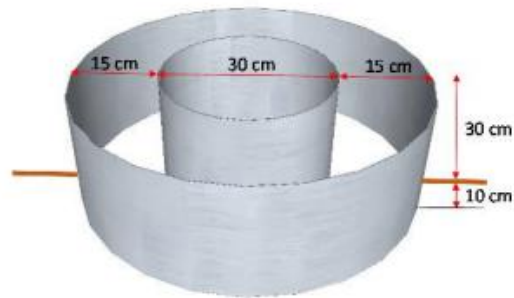


- **Determinación del coeficiente de permeabilidad “K” (infiltración)**-El coeficiente de permeabilidad del suelo, abreviado "k", es una métrica utilizada para evaluar la infiltración. Representa la velocidad a la que el agua permea el suelo y depende del tipo de suelo que se tenga. Para ello, se utilizó el método de la doble anillas de infiltración que la permeabilidad del suelo simulando el proceso de infiltración de agua en el suelo por consiguiente se enterró dos anillas de forma concéntrica, la mayor medida tiene 60 cm y la menor 30 cm de diámetro, así mismo se controla el nivel de las anillas. Ya colocadas las anillas se llenaron ambas con agua en la cual se mide la tasa de descenso en las anillas. Seguidamente en paralelo se hace anotaciones previas, finalmente se realizó cálculos siguiendo el método de mínimos cuadrados y también con el programa Excel de Microsoft office.
- **Método de la doble anilla.** Suele denominarse método del anillo concéntrico, y consiste en introducir cualquier cosa a una profundidad mínima de 10 centímetros. Esto determinará el éxito de la prueba, ya que una conducción

incorrecta podría provocar fugas de agua, lo que obligaría a repetir la instalación y la prueba.

### Figura 7

*Anillas para la prueba de infiltración*



Fuente: (Delgadillo & Pérez, 2016)

### Figura 8

*Permeabilidad del suelo*



**Tabla 1**

*Permeabilidad del suelo a diferentes valores de “K”*

<b>Permeabilidad Relativa</b>	<b>Valores de k cm/seg</b>	<b>Suelo típico</b>
Muy Permeable	$> 1 \times 10^{-1}$	Grava gruesa
Moderadamente Permeable	$> 1 \times 10^{-1}$ a $> 1 \times 10^{-3}$	arena, arena fina
Poco Permeable	$> 1 \times 10^{-3}$ a $> 1 \times 10^{-5}$	arena limosa, arena sucia
Muy Poco Permeable	$> 1 \times 10^{-5}$ a $> 1 \times 10^{-7}$	limo, arenisca fina
impermeable	$< 1 \times 10^{-7}$	arcilla

Fuente: (Morante, 2017)

$$Q = K * I * A$$

**Donde:**

**Q:** Caudal en  $m^3/s$

**K:** Coeficiente de permeabilidad (cm/s)

**I:** Gradiente hidráulica ( $I = h/L$ ) en m/m

**A:** = Área de estrato permeable

- **Determinación de la evapotranspiración-**. Para ello se utilizó la fórmula de Penman Monteith, que introduce los valores de resistencia aerodinámica y superficial. Para este fin se utilizó valores de resistencia aerodinámica y superficial. Mientras que este Este último define la barrera al flujo de vapor de agua, flujo de vapor entre la superficie de evaporación y el aire, el primero analiza cómo la rugosidad de la superficie afecta la transferencia de calor y masa. la superficie de evaporación y el aire. Se realizan varios cálculos, comenzando con:



- **Cálculo de las cantidades de energía**

$$Rc = Ra * \left( 0.20 + 0.48 \frac{n}{D} \right)$$

**Dónde:** Rc es la cantidad de energía que consigue el límite exterior de la atmósfera (cal/cm<sup>2</sup>)/día; n: número existente de horas de sol por día; D: máximo número viable de horas de sol por día (de salida a ocaso del sol); Ra: la latitud geográfica de la microcuenca del Río es 0° por lo tanto el valor de Ra para el mes de enero es de 885 (cal/cm<sup>2</sup>)/día

$$Rc = 885 \frac{cm^2}{dia} * (0.20 + 0.48 * 0.9917)$$

$$Rc = 598.27 \frac{cal/cm^2}{dia}$$

- **Cálculo de la cantidad neta de radiación de onda corta retenida en la superficie de la tierra**

$$RI = Ra * (1 - r) * \left( 0.20 + 0.48 \frac{n}{D} \right)$$

**Dónde:** RI es la cantidad neta de radiación de onda corta retenida en la superficie de la tierra en (cal/cm<sup>2</sup>) /día; r: albedo de la superficie.

$$r = \frac{\text{energía reflejada}}{\text{energía incidente}}$$

$$RI = 598.27 * (1 - 0.06)$$

$$RI = 562.38 \frac{cal/cm^2}{dia}$$

- **Cálculo del flujo de radiación larga hacia la atmósfera**

$$Rb = 117.4 * 10^{-9} * 301.3^4 (0.47 - 0.077 * \sqrt{e_a}) * \left( 0.20 + 0.80 \frac{n}{D} \right)$$



**Dónde:** RB es el flujo de radiación larga hacia la atmósfera (cal/cm<sup>2</sup>/día); Ta: temperatura absoluta del aire (°K);  $\sigma$ : constante de radiación de los cuerpos negros de Stefan – Boltzman=  $117.4 \cdot 10^{-9}$  cal/(cm<sup>2</sup> día °K); Ta: 28.3°C = 28.3+273= 301.3°K (temperatura máxima de todos los años de la estación de Chone); ea = presión de vapor a la temperatura del aire: 28.83 mm Hg.

- **Cálculo de la energía remanente sobre la superficie terrestre**

$$H = Ri - Rb = 562.38 - 54.36 = 508.02 \frac{\text{cal/cm}^2}{\text{dia}}$$

- **Cantidad de energía remanente sobre la superficie terrestre y disponible para varios fenómenos**

$$Ta = 28.3^\circ C + 273^\circ$$

- **Cálculo del calor disponible por evaporación E'0**

$$E'0 = \frac{\Delta \cdot H + tE'a}{\Delta + t}$$

**Dónde:** E'0 es el calor disponible por evaporación (cal/cm<sup>2</sup>/día);  $\tau$ : constante psicométrica 0,49

- **Cálculo de la evapotranspiración**

$$K = H * Eo$$

### 3.4.2. Determinar la oferta de agua para la microcuenca Phuscanapata del distrito de Usicayos – Carabaya - Puno, 2023

- **Ecuación del balance hídrico**

$$CM_i = P_i - D_i + G_i - A_i$$

**Donde:**





$G_i$  = Gasto de la retención de la cuenca (mm/mes)

$A_i$  = Abastecimiento de la retención (mm/mes)

$P_i$  = Precipitación mensual sobre la cuenca (mm/mes)

$D_i$  = Déficit de escurrimiento (mm/mes)

$CM_i$  = Caudal mensual (mm/mes)

Donde:  $G_i = A_i$  indica que el Gasto de Retención y la Oferta tienen el mismo valor durante largos periodos de tiempo (en este caso, un año).

Una parte de la precipitación vuelve valorativamente a la atmósfera a lo largo de un año típico.

Sustituyendo  $(P-D)$  por  $(C*P)$  y considerando la conversión de unidades (mm/mes a  $m^3/s$ ) se obtiene la siguiente ecuación:

$$Q = c' * C * P * AR$$

Donde:

$P$  = Precipitación total mensual (mm/mes)

$AR$  = Área de la cuenca ( $m^2$ )

$Q$  = Caudal ( $m^3/s$ )

$c'$  = Coeficiente de conversión del tiempo (mes/seg)

$C$  = Coeficiente de escurrimiento

- **Coeficiente de Escurrimiento**

$$C = \frac{P - D}{P}$$

Donde:

$C$  = Coeficiente de escurrimiento (mm/año)

$P$  = Precipitación Total anual (mm/año)

$D$  = Déficit de escurrimiento (mm/año)

Determinación de “D”:

$$D = P * \frac{1}{\left(0.9 + \frac{P^2}{L^2}\right)^{\left(\frac{1}{2}\right)}}$$
$$L = 300 + 25(T) + 0.05(T)^3$$

Donde:

L = Coeficiente de Temperatura

T = Temperatura media anual (°C)

Dado que no se ha conseguido una ecuación general del coeficiente de escorrentía para toda la Sierra, se ha ideado la siguiente fórmula, aplicable a la región sur:

$$C = 3.16E12(P^{-0.571})(EP^{-3.686}) \quad r = 0.96$$
$$D = -1380 + 0.872(P) + 1.032(EP) \quad r = 0.96$$

Donde:

C = Coeficiente de escurrimiento

D = Déficit de escurrimiento (mm/año)

P = Precipitación total anual (mm/año)

EP = Evapotranspiración anual según Hargreaves (mm/año)

R = Coeficiente de correlación

- **Precipitación Efectiva.** Para que la relación entre la precipitación efectiva y la precipitación total sea igual al coeficiente de escorrentía, se ha calculado la precipitación efectiva para el coeficiente medio de escorrentía. Para ayudar en el cálculo de la precipitación efectiva, se ha identificado el polinomio de quinto grado de la siguiente manera:



$$PE = a_0 + a_1P + a_2P^2 + a_3P^3 + a_4P^4 + a_5P^5$$

Donde:

PE = Precipitación efectiva (mm/mes)

P = Precipitación total mensual (mm/mes)

ai = Coeficiente del polinomio

A continuación, se muestran las limitaciones efectivas de precipitación y los tres conjuntos de coeficientes, así, que permiten interpolar valores de C comprendidos entre 0,15 y 0,45.

**Tabla 2**

*Límite superior para la precipitación efectiva.*

Curva N°	Ecuación	Rango
Curva I	PE = P - 120.6	P > 177.8 mm/mes
Curva II	PE = P - 86.4	P > 152.4 mm/mes
Curva III	PE = P - 59.7	P > 127.0 mm/mes

Fuente: Generación de caudales mensuales – PLAN MERIS II

**Tabla 3**

*Coeficiente para el cálculo de la precipitación efectiva*

Coeficiente	Curva I	Curva II	Curva III
a0	0	0	0
a1	-0,0185	0,1358	0,2756
a2	0,001105	-0,002296	-0,004103
a3	-1,204E-05	4,35E-05	5,53E-05
a4	1,440E-07	-8,90E-08	1,24E-07
a5	-2,85E-10	-8,79E-11	-1,42E-09

Fuente: Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana – Lutz Scholz Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones PLAN MERIS II.

Así es como puede establecerse la relación la precipitación efectiva y precipitación total:

$$C = \frac{Q}{P} = \sum_{i=1}^{12} \frac{PE_i}{P}$$

$$\sum_{i=1}^{12} PE_i = \text{Suma de la precipitación efectiva mensual.}$$

Donde:

C = Coeficiente de escurrimiento,

Q = Caudal anual,

P = Precipitación Total anual.

- **Retención de la cuenca.** La contribución del embalse al caudal puede calcularse mediante las siguientes fórmulas, suponiendo que el suministro y la descarga del embalse de la cuenca están equilibrados y que el caudal global es igual a la precipitación anual efectiva.

$$R_i = CM_i - P_i$$

$$CM_i = PE_i + G_i + A_i$$

Donde:

CM<sub>i</sub> = Caudal mensual (mm/mes)

PE<sub>i</sub> = Precipitación Efectiva Mensual (mm/mes)

R<sub>i</sub> = Retención de la cuenca (mm/mes)

G<sub>i</sub> = Gasto de la retención (mm/mes)

A<sub>i</sub> = Abastecimiento de la retención (mm/mes)

R<sub>i</sub> = G<sub>i</sub> para valores mayores que cero (mm/mes)

R<sub>i</sub> = A<sub>i</sub> para valores menores que cero (mm/mes)

La retención total de la cuenca para un año medio puede calcularse sumando los valores de G o A, respectivamente. En las cuencas altas, esta retención total oscila entre 43 y 188 (mm/año).

- **Relación de Descargas y Retención.** La descarga de retención forma el caudal base o descarga en la estación seca alimentando los ríos. Al final de la estación seca, la reserva o retención de la cuenca se agota; durante este tiempo, la descarga puede calcularse mediante la siguiente fórmula:

$$Q_t = Q_0 e^{-a(t)}$$

Donde:

$Q_t$  = Descarga en el tiempo t

$Q_0$  = Descarga inicial

A = Coeficiente de agotamiento

t = Tiempo

- **Coeficiente de agotamiento.** La utilización de un valor medio permite ignorar prácticamente la variación del coeficiente "a" durante la estación seca. Se observa la relación logarítmica entre el coeficiente de agotamiento de la cuenca y su superficie. Y aplicamos los datos disponibles no revelo que el clima, la geología y la cubierta vegetal tiene cierta influencia. Se ha creado una fórmula empírica para las tierras altas de Perú. El coeficiente real de agotamiento puede, en teoría, hallarse aforando repetidamente el río durante la estación seca; en caso de que esto no sea factible, pueden utilizarse las fórmulas creadas para la determinación del coeficiente "a" para cuatro clases de cuencas hidrográficas.

$$= f(\ln AR)$$

$$\alpha = 3.1249 * E67 * (AR)^{-0.1144} * (EP)^{-19.336} * (T)^{-3.369} * (R)^{-1.429}$$

$$r = 0.86$$

**Tabla 4**

*Cálculo de los Coeficientes de Agotamiento “a”.*

Características de la Cuenca	Relación
Agotamiento muy rápido, por temperatura elevada $> 10^{\circ}$ C y retención reducida (50 mm/año) hasta retención mediana.	$a = -0.00252 * Ln(AR) + 0.034$
Agotamiento rápido, por retención entre 50 y 80 mm/año	$a = -0.00252 * Ln(AR) + 0.030$
Agotamiento mediano, por retención reducida mediana (alrededor 80 mm/año) y vegetación mezclada (pastos, bosques y terrenos cultivados).	$a = -0.00252 * Ln(AR) + 0.026$
Agotamiento reducido, por alta retención (arriba 100 mm/año) y vegetación mezclada	$a = -0.00252 * Ln(AR) + 0.023$

Fuente: Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana – Lutz Scholz Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones PLAN MERIS II.

Donde:

a = Coeficiente de agotamiento por día

AR = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

EP = Evapotranspiración potencial anual (mm/año)

T = Duración de la temporada seca (días)

R = Retención total de la cuenca (mm/año)

- **Almacenamiento Hídrico.** Tres tipos de almacenes hídricos naturales que incurren en la retención de la cuenca son considerados:

- Acuíferos
- Lagunas y pantanos
- Nevados

**Tabla 5**

*Lámina de Agua acumulada en los tres tipos de almacén Hídrico.*

<b>Tipo</b>	<b>Lámina Acumulada (mm/año)</b>		
Napa Freática	Pendiente de la Cuenca		
	2%	8%	15%
	300	250	200
Lagunas – Pantanos	500		
Nevados	500		

Fuente: Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana – Lutz Scholz Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones PLAN MERIS II.

Seguidamente la determinación de la lámina “L” que se almacena con cada tipo de almacenes esta entregado por:

Acuíferos

$$L_A = -750(I) + 315$$

Siendo:

LA = Lámina específica de acuíferos

I = Pendiente de desagüe:  $I \leq 15\%$

Lagunas y Pantanos

$$LL = 500 \text{ mm/mes}$$

LL = Lámina específica de lagunas y pantanos

Nevados

$$LN = 500 \text{ mm/mes}$$

LN = lámina específica de nevados

La lámina de agua  $A_i$  que ingresa en la reserva de la cuenca se muestra en forma de déficit mensual de la Precipitación Efectiva PE<sub>i</sub>. Se calculo mediante la ecuación:



$$A_i = \alpha_i \left( \frac{R}{100} \right)$$

Donde:

$A_i$  = Abastecimiento mensual déficit de la precipitación efectiva (mm/mes)

$\alpha_i$  = Coeficiente de abastecimiento (%)

$R$  = Retención de la cuenca (mm/año)

- **Determinación del caudal mensual para el año promedio.** Está establecido en la ecuación elemental que describe el balance hídrico mensual a partir de los mecanismos descritos anteriormente:

$$CM_i = PE_i + G_i + A_i$$

Donde:

$CM_i$  = Caudal del mes  $i$  (mm/mes)

$PE_i$  = Precipitación efectiva del mes  $i$  (mm/mes)

$G_i$  = Gasto de la retención del mes  $i$  (mm/mes)

$A_i$  = Abastecimiento del mes  $i$  (mm/mes)

- **Generación de caudales Mensuales para Periodos Extendidos.** Para crear una serie sintética de flujo a largo plazo, se ha utilizado un modelo estocástico que combina una variable de impulso (la precipitación efectiva en este ejemplo) con un proceso markoviano de primer orden determinado por las ecuaciones anteriores:

$$Q_t = B1 + B2 * (Q_{t-1}) + B3 * (PE_t) + z(S) * \sqrt{1 - r^2}$$

Donde:

$Q_t$  = Caudal del mes  $t$

$Q_{t-1}$  = Caudal del mes anterior





PE t= Precipitación efectiva del mes

B1 = Factor constante o caudal básico.

### 3.4.3. Diseñar Qochas para la mejora de la disponibilidad hídrica en la microcuenca Phuscanapata del distrito de Usicayos - Carabaya - Puno, 2023

**Dimensionamiento de un dique-**. El dimensionamiento esta referido a los elementos que se especificaron anteriormente y otros elementos adicionales:

- **Corona.** El ancho de la corona está definido para fines de tránsito de personas para labores de inspección y mantenimiento del dique, para lo cual podría considerarse un ancho mínimo de 1.20 m; sin embargo, para el presente proyecto se empleó la siguiente ecuación:

$$e = H - 0.50$$

**Donde:**

**e:** Ancho de la corona (m)

**H:** Altura de agua de almacenamiento (m)

- **Taludes (cara interna y externa).** Es conveniente que la estructura del dique tenga talud aguas arriba y aguas abajo (caras) de 1:1. Lo que significaría un ancho de base de 4 veces el ancho de la corona.
- **Dentellón.** El ancho del destellon y el ancho de la corona son idénticos. En cuanto a la profundidad del dentellón en los casos en que el suelo impermeable en el que se asienta requiere la remoción de elementos no deseados como materia orgánica, se considera una profundidad mínima de



0.50 metros. La profundidad del destellon puede darse hasta alcanzar una capa impermeable cuando la base es porosa.

- **Núcleo de arcilla.** El núcleo de arcilla tiene como cargo la impermeabilización del dique, se instala totalmente al centro del dique en toda su altura desde la corona hasta establecer el dentellón de atraque, cuando se construye manualmente su ancho debe ser de 0.80 m para comodidad de la compactación.
- **Protección con champa.** La defensa con champa se detalla sobre la corona y el talud aguas abajo; para ello se deberá de emplear tierra negra con un espesor mínimo de 20 cm, la cual deberá estar semicompactada.

El talud donde se colocarán las champas no será menor de 1:1.5 y el tamaño de los cepellones (champas) oscilará entre 25 a 60 cm.

- **Cálculo del volumen de escurrimiento-.** El volumen de escurrimiento se calculará de la siguiente manera:

$$V = C * I * A$$

**Donde:**

**V:** Volumen anual (m<sup>3</sup>/año)

**C:** Coeficiente de escurrimiento (Para cuencas de altiplano, 0.30 a 0.50)

**I:** Precipitación total anual (m/año)

**A:** Área de cuenca (m<sup>2</sup>)

- **Cálculo del volumen de almacenamiento-.** En Qochas pequeñas como es el caso de diseño; la topografía del área en estudio es importante para ubicar el dique. para determinar la superficie del área inundada se realizó un



reconocimiento ocular cuidadoso del vaso, haciendo un recorrido del mismo y mediante un “trakeo” con GPS se tendrá directamente la superficie del área de almacenamiento.

- **Cálculo de la altura máxima de almacenamiento-**. La altura para el volumen de almacenamiento potencial se puede establecer con bastante aproximación dividiendo el volumen de escurrimiento de la cuenca entre el área de almacenamiento; así tenemos:

$$H = \frac{V}{Sa}$$

**Donde:**

**V:** Volumen de escurrimiento anual (m<sup>3</sup>/año)

**H:** Altura máxima de almacenamiento

**Sa:** Superficie de almacenamiento de la Qocha

Si la topografía de la instalación del dique no condesciende almacenar esta altura en términos económicos o sociales y presumamos que la altura reconocida es de 1.20 m; entonces el volumen de almacenamiento será:

$$Va = \textit{Superficie de la laguna} * 1.20$$

- **Cálculo de la altura del dique-**. La altura del dique (H) se define teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

$$H = Hd + He + Hf + Hv + Hb$$

**Donde:**

**H:** Altura del dique

**Hd:** Altura de agua de almacenamiento



**$H_e$** : Altura de agua por evaporación

**$H_f$** : Altura de agua por filtración

**$H_v$** : Altura de agua por carga de agua en el vertedero

**$H_b$** : Altura de borde libre

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. DETERMINAR LA INFILTRACIÓN Y EVAPOTRANSPIRACIÓN DE AGUA EXISTENTE EN LA MICROCUENCA PHUSCANAPATA

##### 4.1.1. Resultados del Cálculo de la Infiltración

Para determinar la infiltración del agua se calcularon el tiempo acumulado, la lámina infiltrada según el tiempo de intervalo de tiempo y la lámina acumulada; como también se calcularon los coeficientes de la infiltración acumulada con el método de mínimos cuadrados y con la hoja de cálculo de Microsoft Excel.

**Tabla 6**

*Prueba de Infiltración*

Prueba de velocidad de infiltración					
Tiempo Parcial min	Tiempo Acumulado min	Lamina de infiltrada Parcial cm	Lamina infiltrada Acumulado cm	Velocidad Instantánea cm/hora	Velocidad Promedio cm/hora
0	0	0	0	0	0
1	1	28.8	28.8	1728	1728
1	2	28	56.8	1680	1704
1	3	27.5	84.3	1650	1686
1	4	27	111.3	1620	1669.5
1	5	26.5	137.8	1590	1653.6
2	7	25.8	163.6	774	1402.3
2	9	24.8	188.4	744	1256
2	11	23.9	212.3	717	1158
2	13	23	235.3	690	1086
2	15	22.8	258.1	684	1032.4
5	20	21.9	280	262.8	840
5	25	21.2	301.2	254.4	722.9
5	30	20.1	321.3	241.2	642.6
5	35	19.3	340.6	231.6	583.9
10	45	18.4	359	110.4	478.7



10	55	17.5	376.5	105	410.7
10	65	16.4	392.9	98.4	362.7
15	80	15.3	408.2	61.2	306.2
15	95	14.6	422.8	58.4	267.0
15	110	13.4	436.2	53.6	237.9
20	130	11.7	447.9	35.1	206.7

La prueba de velocidad de infiltración se calculó mediante el método de la doble anilla, para cada intervalo de tiempo, la cual se dio la diferencia entre cada valor de nivel de agua como también el nivel de agua anterior, y se anotó el resultado. En la siguiente tabla se observa que la lámina infiltrada para los 130 minutos de tiempo acumulado donde se suma cada uno de los valores de la lámina infiltrada al valor anterior de la lámina acumulada dando un promedio total de velocidad de infiltración 206.72 cm/hora.

#### 4.1.2. Cálculo de la función de la infiltración acumulada

**Tabla 7**

*Funciones acumuladas (Método de Mínimos Cuadrados)*

N°	Tiempo Acumulado min	Lamina Infiltrada Acumulado cm	X Log To	Y Log Ia	X * Y	X <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
1	1	28.8	0.000	1.459	0.000	0.000	2.130
2	2	56.8	0.301	1.754	0.528	0.091	3.078
3	3	84.3	0.477	1.926	0.919	0.228	3.709
4	4	111.3	0.602	2.046	1.232	0.362	4.188
5	5	137.8	0.699	2.139	1.495	0.489	4.576
6	7	163.6	0.845	2.214	1.871	0.714	4.901
7	9	188.4	0.954	2.275	2.171	0.911	5.176
8	11	212.3	1.041	2.327	2.423	1.084	5.415
9	13	235.3	1.114	2.372	2.642	1.241	5.625
10	15	258.1	1.176	2.412	2.836	1.383	5.817
11	20	280.0	1.301	2.447	3.184	1.693	5.989
12	25	301.2	1.398	2.479	3.465	1.954	6.145
13	30	321.3	1.477	2.507	3.703	2.182	6.285
14	35	340.6	1.544	2.532	3.910	2.384	6.412
15	45	359.0	1.653	2.555	4.224	2.733	6.529
16	55	376.5	1.740	2.576	4.483	3.029	6.635
17	65	392.9	1.813	2.594	4.703	3.287	6.730



<b>18</b>	80	408.2	1.903	2.611	4.969	3.622	6.817
<b>19</b>	95	422.8	1.978	2.626	5.194	3.911	6.897
<b>20</b>	110	436.2	2.041	2.640	5.389	4.167	6.968
<b>21</b>	130	447.9	2.114	2.651	5.604	4.469	7.029
	<b>Sumatoria</b>		26.173	49.143	64.946	39.933	117.047

La tabla muestra la aplicación de logaritmos y sumatoria de los distintos componentes se realizó con el Microsoft Excel, siendo que el tiempo acumulado de 130 minutos para la lámina infiltrada acumulado en 447.9 cm, aplicando logaritmos se obtuvo el valor de la sumatoria de  $x^2$  de 39.933 y el valor de  $y^2$  de un valor de 117.047.

Entonces se determina los coeficientes de correlación:

<b>n =</b>	<b>21</b>
$\Sigma XY =$	64.946
$\Sigma X \Sigma Y =$	1286.200
$\Sigma X^2 =$	39.933
$(\Sigma X)^2 =$	685.01
$\Sigma Y =$	49.143
$\Sigma Y =$	26.173

$$B = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2}$$

$$B = 0.51$$

$$N = \frac{\sum Y - B \sum X}{n}$$

$$N = 1.71$$

$$A = \text{AntLog}(N)$$

$$A = 51.28$$

- **Infiltración acumulada**

$$I_{acum} = 51.28 T^{0.51}$$

Porcentaje de confiabilidad

$\Sigma Y^2 = 117.05$
$(\Sigma Y)^2 = 2415.01$

La función tiene una confiabilidad del  $r^2 = 91.34 \%$

Entonces ya aplicadas las fórmulas tenemos que el porcentaje de confiabilidad es de 91.34 % con un resultado de la infiltración acumulada de  $51.28 T^{0.51}$

#### 4.1.3. Cálculo de función de la infiltración instantánea

**Tabla 8**

*Aplicación de logaritmos y sumatoria de los distintos componentes*

Nº	Tiempo Acumulado min	Velocidad Infiltración cm/hora	X Log To	Y Log Ia	X * Y	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
1	1	18	0.000	1.255	0.000	0.000	1.576
2	2	24	0.301	1.380	0.415	0.091	1.905
3	3	24	0.477	1.380	0.659	0.228	1.905
4	5	18	0.699	1.255	0.877	0.489	1.576
5	7	12	0.845	1.079	0.912	0.714	1.165
6	9	15	0.954	1.176	1.122	0.911	1.383
7	11	12	1.041	1.079	1.124	1.084	1.165
8	13	12	1.114	1.079	1.202	1.241	1.165
9	15	9	1.176	0.954	1.122	1.383	0.911
10	20	10.8	1.301	1.033	1.345	1.693	1.068
11	25	9.6	1.398	0.982	1.373	1.954	0.965
12	30	9.6	1.477	0.982	1.451	2.182	0.965
13	40	10.2	1.602	1.009	1.616	2.567	1.017
14	50	10.8	1.699	1.033	1.756	2.886	1.068
15	60	10.8	1.778	1.033	1.838	3.162	1.068
16	75	11.2	1.875	1.049	1.967	3.516	1.101
17	90	10.8	1.954	1.033	2.020	3.819	1.068
18	105	11.2	2.021	1.049	2.121	4.085	1.101
19	120	8.8	2.079	0.944	1.964	4.323	0.892
20	140	12.9	2.146	1.111	2.383	4.606	1.233
21	160	11.1	2.204	1.045	2.304	4.858	1.093
22	180	11.7	2.255	1.068	2.409	5.086	1.141
23	200	12.3	2.301	1.090	2.508	5.295	1.188
24	220	12.9	2.342	1.111	2.601	5.487	1.233
	Sumatoria		35.042	26.213	37.089	61.659	<b>28.950</b>





El resultado de la función de la infiltración instantánea según la tabla 09 nos indica que la sumatoria de cada componente con un tiempo acumulado 220 minutos para el logaritmo del valor de “ $x^2$ ” de 61.659 y para el valor de “ $y^2$ ” de 28.950.

Entonces se determina los coeficientes de correlación:

$n =$	<b>24</b>
$\Sigma XY =$	37.089
$\Sigma X \Sigma Y =$	918.558
$\Sigma X^2 =$	61.659
$(\Sigma X)^2 =$	1227.93

$$b = \frac{n \Sigma XY - \Sigma X \Sigma Y}{n \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}$$

$$b = -0.11$$

$$N = \frac{\Sigma Y - b \Sigma X}{n}$$

$$N = 1.26$$

- **Velocidad de infiltración**

$$I = 18.07 T^{-0.11}$$

porcentaje de confiabilidad

$\Sigma Y^2 =$	28.95
$(\Sigma Y)^2 =$	687.13

La función se tiene y una confiabilidad de:



$$r^2 = 41.81\%$$

Cálculo de la infiltración básica

$$T_b = 67.70 \text{ min}$$

$$I_b = 11.23 \text{ cm/hora}$$

Según los resultados aplicando las fórmulas se calcula la infiltración básica con un 11.23 cm/hora con una confiabilidad de 41.81% (coeficiente de correlación). Ya con este resultado obtendremos el valor según la tabla 10 (velocidad de infiltración “k” para diferentes texturas de suelo)

**Tabla 9**

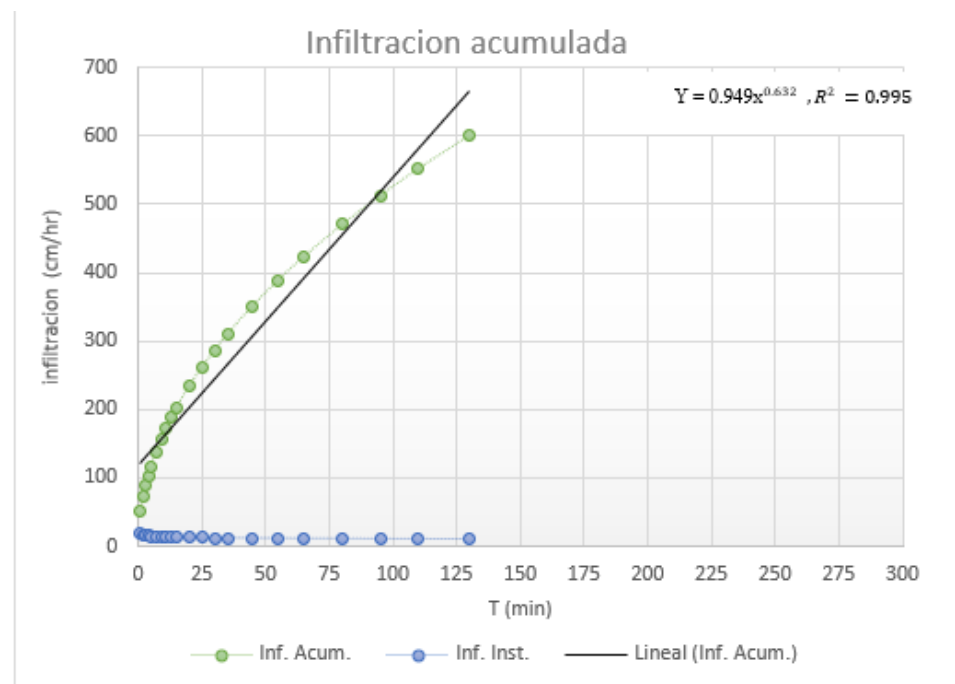
*Infiltración ajustada:*

<b>Infiltración ajustada</b>		
T	I <sub>acum</sub>	I <sub>inst</sub>
(Min)	(cm/hr)	(cm/hr)
1	51.28	18.07
2	72.81	16.71
3	89.37	15.96
4	103.37	15.45
5	115.71	15.07
7	137.17	14.51
9	155.76	14.1
11	172.39	13.79
13	187.58	13.53
15	201.66	13.31
20	233.23	12.89
25	261.09	12.57
30	286.3	12.31
35	309.51	12.1
45	351.45	11.76
55	388.98	11.5
65	423.26	11.28
80	470.11	11.02
95	512.79	10.81
110	552.24	10.63
130	600.91	10.43

Mediante la plantilla de Microsoft Excel se seleccionó los datos necesarios para determinar la diferencia o construir el grafico de infiltración tanto el tiempo en minutos, infiltración acumulada y la infiltración instantánea que se muestra en la tabla 10.

### Figura 9

*Gráfico de infiltración acumulada incluido la línea de tendencia y ecuación*



Según la figura nos muestra la inclusión de una línea de tendencia en base de la curva formada por los datos obtenidos en campo, con los valores de la infiltración acumulada y de la infiltración instantánea. El método de mínimos cuadrados y con la hoja de cálculo de Microsoft Excel en la prueba de infiltración con el tiempo acumulado fue de 130 minutos con velocidad de infiltración instantánea de 35.1 cm/hora con un promedio de 206.72 cm/hora. Dando como resultado de la infiltración básica de 11.23 cm/hora. Delgadillo & Pérez (2016) encontró resultados similares tomando como ejemplo in situ, realizando cálculos en Excel y dando un resultado la infiltración básica de 4.94 cm/h.

#### 4.1.4. Resultados del Cálculo de la Evapotranspiración

Mediante los procedimientos que se describió en la metodología, aplicando las fórmulas y obteniendo datos del SENAMHI de la estación Muñani se obtuvo los siguientes resultados.

- **Temperatura máxima**

**Tabla 10**

*Temperatura máxima media mensual*

Promedio	Estación	ene	fer	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
T-max	Muñani	1.76	1.78	1.82	1.89	1.90	1.83	1.84	1.84	2.03	2.04	2.05	1.90

Fuente: SENAMHI

**Tabla 11**

*Temperatura mínima media mensual*

Promedio	estación	ene	fer	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic
t-min	Muñani	0.83	0.83	0.80	0.73	0.61	0.52	0.50	0.55	0.64	0.71	0.75	0.80

Fuente: SENAMHI

La siguiente tabla 11 y 12 son los resultados de la temperatura máxima y mínima media mensual de la estación de Muñani, del periodo 2000 al 2014, se realizó de acuerdo a la base de registros diarios máximos, donde claramente hay una tendencia de la variación de temperatura.

*ETR*

$$= \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

**Tabla 12**

*Evapotranspiración*

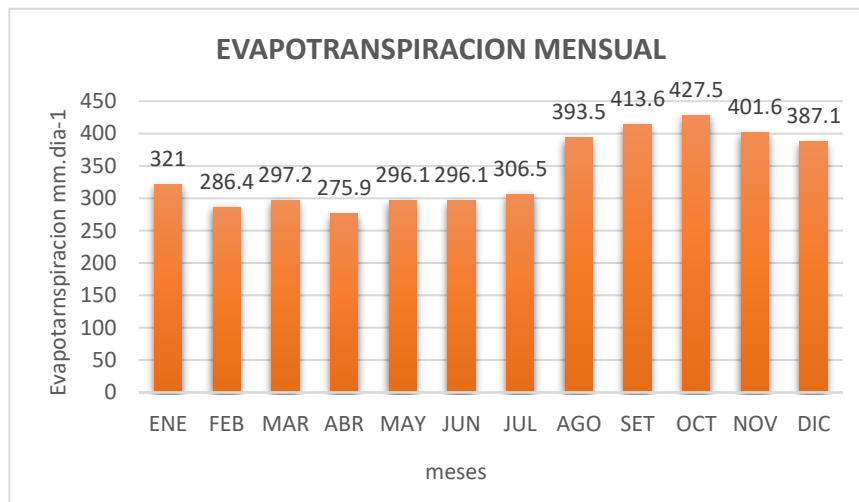
<b>EVAPOTRANSPIRACION - Fao- Penman- Monteith</b>												
	Año											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Velocidad del viento a 2m. De altura (m/s)	4.39	4.34	4.25	3.89	4.42	4.59	4.85	5.07	5.14	4.76	4.68	4.46
Constante psicrométrica (kpa/°C)	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Pendiente de la curva de presión de vapor (kpa/°c)	9.90	10.00	9.90	9.50	8.30	7.00	6.80	7.35	9.15	9.95	10.40	10.25
Presión de vapor de saturación (kpa)	7.47	7.62	7.63	7.14	5.92	4.62	4.48	4.56	6.20	6.99	7.54	7.61
Presión real de vapor (kpa)	14.67	14.25	13.14	11.06	8.99	7.78	8.02	9.43	11.82	13.55	14.48	14.70
Radiación neta en la superficie del cultivo(mj/m2/día)	0.99	-0.02	0.05	-0.11	-0.01	-0.23	0.02	-0.38	-0.16	0.01	-0.02	-0.12
Flujo de calor del suelo (mj/m2/día)	7.65	7.80	7.75	7.50	7.05	5.25	5.35	3.00	2.75	1.75	1.78	0.73
Temperatura media del aire a 2m de altura (°c)	10.35	10.23	9.59	9.20	9.55	9.87	9.89	12.69	13.79	13.79	13.39	12.49
<b>Evapotranspiración Promedio Diaria</b>	10.35	10.23	9.59	9.20	9.55	9.87	9.89	12.69	13.79	13.79	13.39	12.49
Días Por Mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
<b>Evapotranspiración Mensual</b>	321.0	286.4	297.2	275.9	296.1	296.1	306.5	393.5	413.6	427.5	401.6	387.1

Se estimó con los datos meteorológicos de la estación Muñani, recolectados del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) promedios diarios y mensuales de la temperatura se obtuvieron los valores durante el periodo del enero del 2000 al diciembre de 2020. Y para el cálculo y la ecuación de la FAO Penman-Monteith en la cual los resultados de evapotranspiración son la velocidad del viento a 2m de altura con un promedio de 4.46 m/s, la psicrométrica de 0.04 kpa/°C, pendiente de la curva de presión de vapor 9.04 kpa/°C, presión de vapor de saturación 6.48 kpa, presión real de vapor 11.82 kpa, radiación neta en la superficie del cultivo 0 mj/m2/día, flujo de calor del suelo 4.86 mj/m2/día, temperatura media del aire a 2m de altura

11.24(°C), evapotranspiración promedio diaria de 11.24 mm/día, con total de evapotranspiración de 341.88 mm/mes

**Figura 10**

*Evapotranspiración mensual*



La figura 11 demuestra que en el mes de enero hay una evapotranspiración de 321 mm/mes, mes de febrero 286.4 mm/mes, marzo de 297.2mm/mes, mes de abril 275.9 mm/mes la más mínima evapotranspiración del año, mayo de 296.1mm/mes, mes de junio 296.1 mm/mes, mes de julio 306.5 mm/mes, agosto 393.5 mm/mes, septiembre con 412.6 mm/mes, octubre con 427.5 mm/mes con la máxima evapotranspiración del año, mes de noviembre con 401.6 mm.día<sup>-1</sup> y final mente el mes diciembre con 387.1 mm/mes. (Merma, 2021) en su proyecto los resultados similares de ocho enfoques empíricos básicos utilizando datos meteorológicos mensuales de 2007 a 2020, con resultados en los meses de abril hay más evapotranspiración de 122.29 mm/mes, seguidamente en los meses de marzo de 122.27 mm/mes.

## 4.2. DETERMINAR LA OFERTA HÍDRICA EN LA MICROCUENCA PHUSCANAPATA

### 4.2.1 Datos de los parámetros geomorfológico de la microcuenca Phuscanapata

#### Figura 11

Delimitación de la cuenca Phuscanapata



Fuente: Google Earth

Descripción de la microcuenca Phuscanapata del distrito de Usicayos Phuscanapata, los datos que se obtuvo se realizaron en in situ y también se descargó cartas nacionales de GEOGPSERÚ y se trasladó en el programa ArcGIS en donde delimitamos la microcuenca para realizar el respectivo estudio de los parámetros geomorfológicos, resultándonos que en las coordenadas Este (m): 395813, Norte (m): 8425195, y Cota (msnm): 4753.

El área y perímetro de la microcuenca Phuscanapata (A) 33.14 ha – 0.331 km<sup>2</sup> y un perímetro (P) de 2214.9 m – 2.715 km



La longitud de la microcuenca Phuscanapata se obtuvo el dato de toda la escorrentía generada desde la zona más alta de 4984 msnm y la más baja fue de 4748 msnm, con un recorrido de 1063.26 m – 1.06 km, teniendo una pendiente de 0.194 (m/m).

#### 4.2.2. Coeficiente de compacidad

Seguidamente se determinó el coeficiente de compacidad:

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

Dónde:

$K_c$  : Coeficiente de compacidad

$P$  : Perímetro de la cuenca en km

$A$  : Área de la cuenca en km<sup>2</sup>.

Dando como resultado:  $K_C = 1.330$

- **Factor de forma.** Seguidamente hallamos el factor de forma ( $F_f$ ) este parámetro nos ayudó a la medición de la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas a lentas teniendo como ecuación:

$$F_f = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

$F_f$  : Factor de forma

$A$  : Área de la cuenca en km<sup>2</sup>

$L$  : Longitud de la cuenca en km.

Dando como resultado:  $F_f = \frac{0.331}{1.06^2} = 0.293$

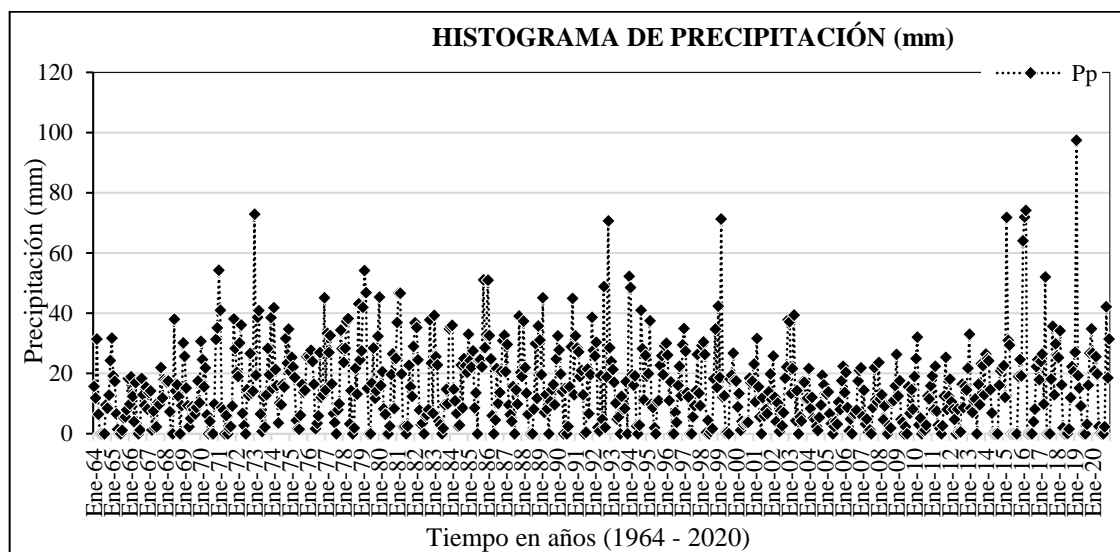


#### 4.2.2. Datos meteorológicos

Seguidamente se obtuvo información meteorológica de la estación más cercana al distrito de Usicayos y es la estación de Crucero donde se empleó la precipitación total, mensual, la temperatura, el caudal promedio mensual, toda esta información fue obtenida el servicio nacional de meteorología e hidrología (SENAMHI) y también del ministerio de agricultura, autoridad nacional del agua (MINAG-ANA). Donde agarramos los años del 1964 al 2022 (58 años) los mismos que se presenta en los anexos 2.

**Figura 12**

*Precipitación total media mensual generada en la estación crucero (mm)*



Fuente: SENAMHI

En la figura 12 representa el análisis que se realizó de la precipitación total media mensual de la estación crucero con un periodo del 1964 al 2022 por 58 años, mostrando el análisis visual del histograma, con un mínimo de 0.8 mm y un máximo de 126.4 mm

**Tabla 13**

*Generación de caudales medios mensuales para el año promedio*

Generación de Caudales Medios Mensuales para el Año Promedio										
Mes	Precip. Total (mm)	Precip.Efect (mm)			bi	Gi mm/mes	ai	Ai mm/mes	Caudal mm/mes	Generado m3/s
		Pe1	Pe2	Total						
1	123.12	40.25	17.12	38.16	0	0	0.6	24	14.16	0.02
2	104.17	26.78	9.88	25.26	0.52	20.76	0.1	4	42.02	0.06
3	89.04	18.32	5.92	17.2	0.27	10.76	0	0	27.97	0.04
4	39.93	4.59	0.84	4.25	0.14	5.58	0	0	9.83	0.01
5	13.24	1.31	0	1.19	0.07	2.89	0	0	4.08	0
6	6.39	0.64	0	0.58	0	0	0	0	0.58	0
7	8.36	0.83	0	0.75	0	0	0	0	0.75	0
8	11.51	1.14	0	1.04	0	0	0	0	1.04	0
9	23.66	2.33	0	2.12	0	0	0	0	2.12	0
10	55.51	7.11	1.63	6.62	0	0	0	0	6.62	0.01
11	56.83	7.38	1.71	6.87	0	0	0.1	4	2.87	0
12	98.58	23.41	8.24	22.03	0	0	0.2	8	14.03	0.2
total	630.33	134.09	45.34	126.07	1	40	1	40	126.07	0.01

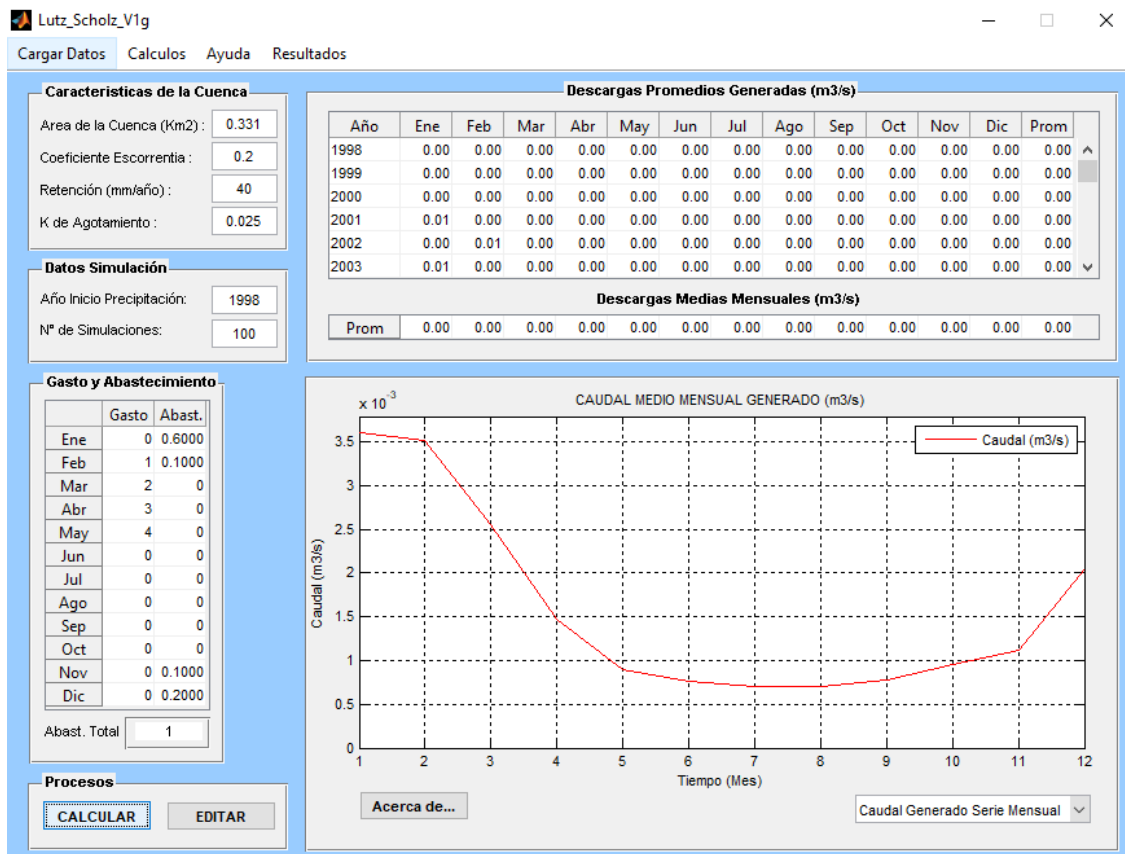
En la tabla 14. Se calculó la generación de caudales medios mensuales para el año promedio, para la precipitación total de 630.33 mm, precipitación efectiva 1 y 2 se tuvo un total de 134.09 mm y 45.34 mm respectivamente con un total de 126.07 mm de precipitación efectiva, seguidamente se calculó el gasto de la retención con un total de 40 mm/mes, como también el coeficiente de abastecimiento de 1 %, luego se calculó el abastecimiento del mes de 40 mm/mes, generando así el caudal total de 126.07 mm/mes y un promedio de 0.01m3/s. Luego se halló el coeficiente de escorrentía de 0.2, seguidamente la retención de 40 mm/año y finalmente obtuvimos el coeficiente de agotamiento de 0.025. Con todos estos resultados que hallamos, se logra calibrar en el modelamiento matemático Lutz Scholz. En su tesis (Lacuta, 2021) trabajo con la cuenca Ilave teniendo relación con los resultados, en la precipitación efectiva de 162.42 mm/mes, coeficiente de agotamiento de 0.0074, gasto de la retención

anual 32 mm y finalmente la generación de caudal mensual para un año promedio 40.80.

### 4.2.3. Calibración con el modelo lutz scholz

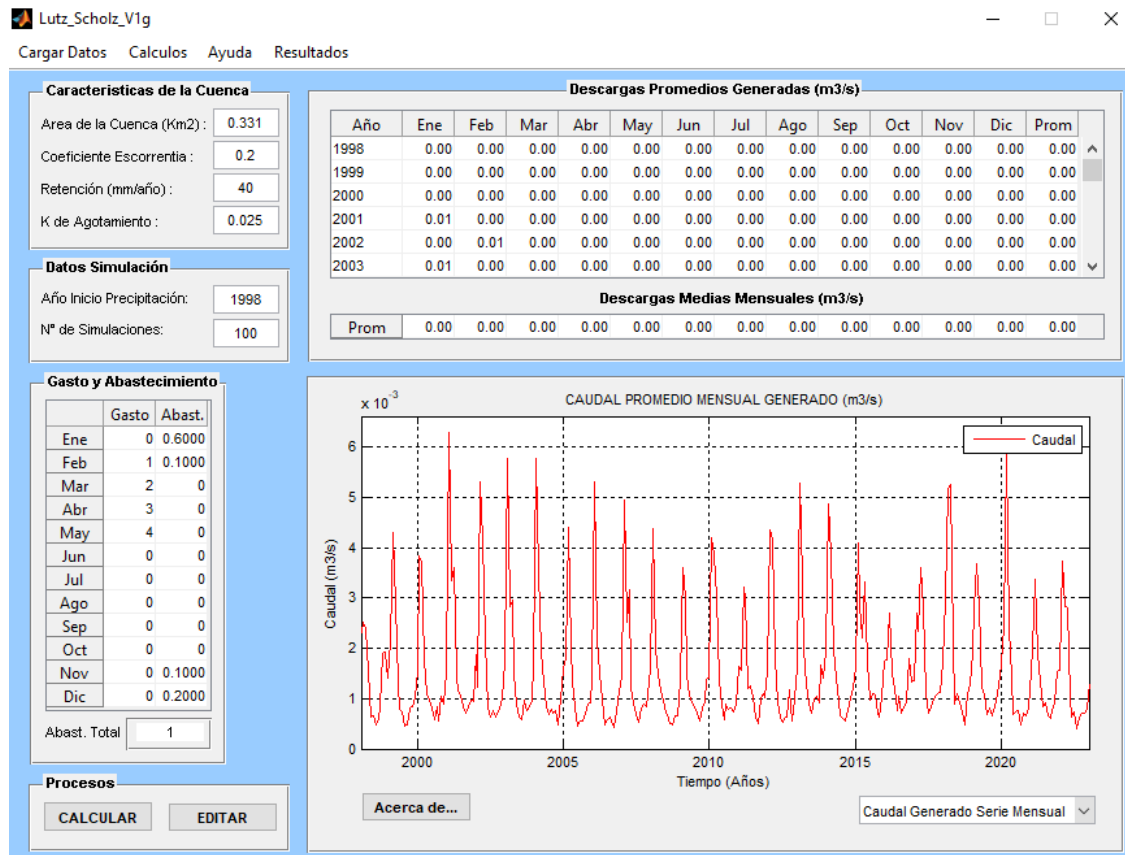
**Figura 13**

*Modelamiento Lutz scholz - generación de caudal mensual*



**Figura 14**

*Calibración con el modelo Lutz scholz*



En la figura 10 y 11 es la calibración que se está generando en las 100 series para obtener mejor resultados en caudal promedio mensual en la microcuenca Phuscanapata, como primer paso es cargar los datos obtenidos en la parte las características de la cuenca, es primordial tener estos datos para la calibración tal como el área de la cuenca de 0.331 km<sup>2</sup>, la escorrentía de 0.2, la retención de 40 mm/año y un coeficiente de agotamiento de 0.025. Donde finalmente nos generó el caudal medio mensual con un periodo de análisis del 1998 al 2022.

**Tabla 14**

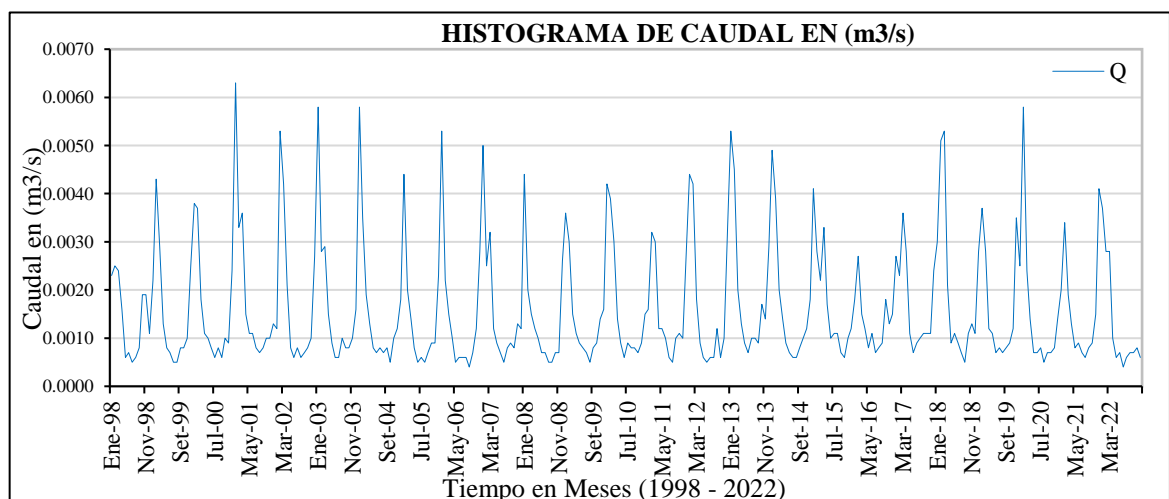
*Caudal medio mensual generado en m<sup>3</sup>/s – periodo de 1998 al 2022*

Caudal Medio Mensual Generado - Serie Promedio (m <sup>3</sup> /s)													
Periodo de análisis: 1998 - 2022													
Año	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	set	oct	nov	dic	media
1998	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001408
	23	25	24	16	06	07	05	06	08	19	19	11	33
1999	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001525
	22	43	29	13	08	07	05	05	08	08	1	25	
2000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001541
	38	37	18	11	1	08	06	08	06	1	09	24	67
2001	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001875
	63	33	36	15	11	11	08	07	08	1	1	13	
2002	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001733
	12	53	42	21	08	06	08	06	07	08	1	27	33
2003	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001691
	58	28	29	15	09	06	06	1	08	08	1	16	67
2004	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001583
	58	35	19	13	08	07	08	07	08	05	1	12	33
2005	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0014
	18	44	2	14	08	05	06	05	07	09	09	23	
2006	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00145
	53	22	15	1	05	06	06	06	04	07	12	28	
2007	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001583
	5	25	32	12	09	07	05	08	09	08	13	12	33
2008	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001375
	44	2	15	12	1	07	07	05	05	07	07	26	
2009	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0014
	36	3	15	11	09	08	07	05	08	09	14	16	
2010	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001633
	42	39	3	14	09	06	09	08	08	07	09	15	33
2011	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001516
	16	32	3	12	12	1	06	05	1	11	1	28	67
2012	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001641
	44	42	18	09	06	05	06	06	12	06	1	33	67
2013	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001966
	53	45	2	13	09	07	1	1	09	17	14	29	67
2014	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00165
	49	39	2	14	09	07	06	06	08	1	12	18	
2015	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001733
	41	28	22	33	17	1	11	11	07	06	1	12	33
2016	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001341
	18	27	15	12	08	11	07	08	09	18	13	15	67
2017	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001733
	27	23	36	28	11	07	09	1	11	11	11	24	33
2018	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001925
	3	51	53	21	09	11	09	07	05	11	13	11	
2019	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001683
	28	37	28	12	11	07	08	07	08	09	12	35	33
2020	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001533
	25	58	24	14	07	07	08	05	07	07	08	14	33
2021	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001575
	2	34	19	13	08	09	07	06	08	09	15	41	
2022	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001283
	37	28	28	1	06	07	04	06	07	07	08	06	33
<b>MEDIA</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.0016</b>
	<b>36</b>	<b>35</b>	<b>25</b>	<b>15</b>	<b>09</b>	<b>08</b>	<b>07</b>	<b>07</b>	<b>08</b>	<b>09</b>	<b>11</b>	<b>21</b>	
<b>DES. EST.</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.0002</b>
	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>09</b>	<b>06</b>	<b>02</b>	<b>02</b>	<b>02</b>	<b>02</b>	<b>02</b>	<b>04</b>	<b>03</b>	<b>09</b>	
<b>MÁX.</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.0020</b>
	<b>63</b>	<b>58</b>	<b>53</b>	<b>33</b>	<b>17</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>41</b>	
<b>MÍN.</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.0013</b>
	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>09</b>	<b>05</b>	<b>05</b>	<b>04</b>	<b>05</b>	<b>04</b>	<b>05</b>	<b>07</b>	<b>06</b>	

La tabla 14 es el promedio de calibración de 100 series generados por el modelo Lutz Scholz permite simular el comportamiento del ciclo hidrológico, generando el caudal medio mensual desde el año 1998 al 2022 para el mes de enero de 0.0036 m<sup>3</sup>/s, febrero 0.0035m<sup>3</sup>/s, marzo 0.0025m<sup>3</sup>/s, abril 0.0015m<sup>3</sup>/s, mayo 0.0009m<sup>3</sup>/s, junio 0.0008m<sup>3</sup>/s, julio 0.0007 m<sup>3</sup>/s, agosto 0.0007m<sup>3</sup>/s, septiembre 0.0008m<sup>3</sup>/s, octubre 0.0009m<sup>3</sup>/s, noviembre 0.0011 m<sup>3</sup>/s y finalmente el mes de diciembre con 0.0021m<sup>3</sup>/s. Resultando el promedio anual media de 0.0016 m<sup>3</sup>/s. (Lacuta, 2021) en su tesis se encontró de forma similar las descargas medias mensuales (m<sup>3</sup>/s), en su estudio realizado en cuenca del río Ilave son: 98.40 m<sup>3</sup>/s, 120.40 m<sup>3</sup>/s, 93.30 m<sup>3</sup>/s, 55.50 m<sup>3</sup>/s, 37.70 m<sup>3</sup>/s, 32.90 m<sup>3</sup>/s, 28.50 m<sup>3</sup>/s, 23.50 m<sup>3</sup>/s, 19.80 m<sup>3</sup>/s, 14.40 m<sup>3</sup>/s, 14.10 m<sup>3</sup>/s y 31.30 m<sup>3</sup>/s, que pertenecen a los meses de enero a diciembre; respectivamente y la descarga media anual generada es de 569.73 m<sup>3</sup>/s.

**Figura 15**

*Histograma de Caudales*



Fuente: SENAMHI

El histograma de caudales generado desde el año 1998 al 2022 demuestra que el mes de julio y agosto tuvieron un caudal medio mensual más baja de

0.0007 m<sup>3</sup>/s y el caudal medio mensual de máxima se vio en el mes de enero con 0.0036 m<sup>3</sup>/s.

**Tabla 15**

*Caudales medios mensuales generado por la Qocha Phuscanapata en (m<sup>3</sup>)*

<b>Oferta Hídrica Anual En (M3)</b>						
<b>Mes</b>	<b>Área (Km2)</b>	<b>Nº Días</b>	<b>Media</b>		<b>Oferta Hídrica</b>	
enero	0.331	31	0.0036	m <sup>3</sup> /s	9695.808	m <sup>3</sup>
febrero	0.331	28	0.0035	m <sup>3</sup> /s	8496.2304	m <sup>3</sup>
marzo	0.331	31	0.0025	m <sup>3</sup> /s	6824.5632	m <sup>3</sup>
abril	0.331	30	0.0015	m <sup>3</sup> /s	3815.424	m <sup>3</sup>
mayo	0.331	31	0.0009	m <sup>3</sup> /s	2389.1328	m <sup>3</sup>
junio	0.331	30	0.0008	m <sup>3</sup> /s	1959.552	m <sup>3</sup>
julio	0.331	31	0.0007	m <sup>3</sup> /s	1896.3072	m <sup>3</sup>
agosto	0.331	31	0.0007	m <sup>3</sup> /s	1853.4528	m <sup>3</sup>
setiembre	0.331	30	0.0008	m <sup>3</sup> /s	2021.76	m <sup>3</sup>
octubre	0.331	31	0.0009	m <sup>3</sup> /s	2539.1232	m <sup>3</sup>
noviembre	0.331	30	0.0011	m <sup>3</sup> /s	2882.304	m <sup>3</sup>
diciembre	0.331	31	0.0021	m <sup>3</sup> /s	5506.7904	m <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>					<b>49,880.448</b>	<b>m<sup>3</sup></b>

La tabla 15 se obtuvo finalmente la serie de caudales medios mensuales a partir de 1998 al 2022 para la microcuenca Phuscanapata utilizando los parámetros de calibración por el modelo Lutz Scholz, presentando un total de oferta hídrica de 49,880.448 m<sup>3</sup> de oferta hídrica. (Guillermo & Trujillo, 2023) en su tesis determinación de la oferta hídrica en las microcuencas de los ríos Ishpi, Daldal, Uldán y quebrada Cachipata, en la Provincia de Chimborazo. Tras la ejecución del modelo lluvia-escorrentía, los valores de las microcuencas de los ríos Ishpi, Daldal, Uldán y Cachipata fueron de 0,382 m<sup>3</sup> /s y 0,68 m<sup>3</sup>/s,

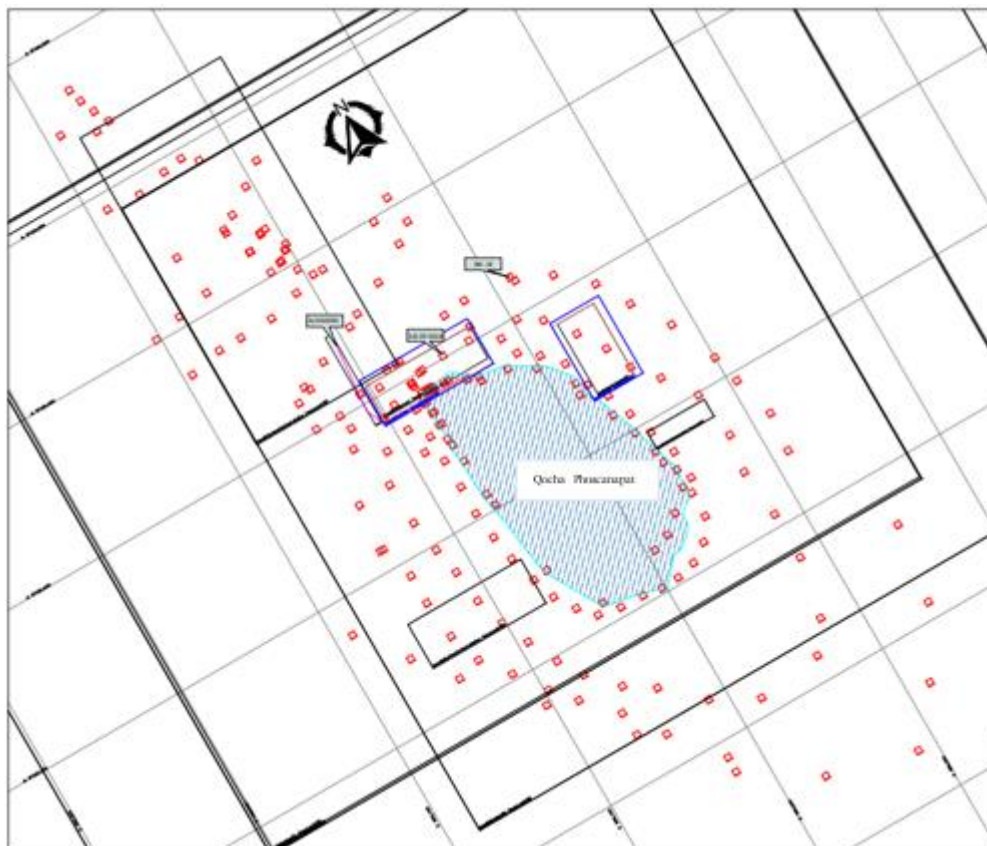
1,044 m<sup>3</sup> /s, y 0,276 m<sup>3</sup> /s, en ese orden. Indicando. Si se utiliza adecuadamente, el suministro de agua de las microcuencas ofrece la oportunidad de utilizar una parte de su caudal para satisfacer las demandas de la población, siempre que el recurso se utilice de forma apropiada.

#### 4.3. DISEÑAR QOCHAS PARA LA MEJORA DE LA DISPONIBILIDAD HÍDRICA EN LA MICROCUENCA PHUSCANAPATA

##### 4.3.2. Diseño del dique

**Figura 16**

*Plano topográfico de la Qocha Phuscanapata*



La figura 16 muestra el plano topográfico de la Qocha Phuscanapata del distrito de Usicayos de la región Puno a escala 1/500, se observa también el lugar donde se diseñó el dique tomando los datos correspondientes.



**Tabla 16**

*Zonas beneficiadas*

<b>Zona</b>	<b>Actividad agropecuaria</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Para las comunidades campesinas de Oscoroque y Quetapalo, Phusca</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• En la producción de la crianza de alpacas, llamas y ovejas</li><li>• En la crianza de los animales amenos (gallinas, cuyes)</li><li>• Crianza de truchas</li><li>• En la preservación de cultivo de papa nativa, la oca, el olluco y el izaño</li><li>• En la producción de cereales como el haba, tarwi, cebada y la quinua</li></ul>

Además la Qocha Phuscanapata estaría beneficiando las comunidades de Oscoroque con 130 familias, 149 familias de la comunidad de Quetapalo y la comunidad de Phusca con 100 familias registro (INEI), como también en pastizales de 76.125 hectáreas y más de 600 vacunos, 1000 ovinos, 5000 alpacas según (Halanoca, 2017)

- **Reconocimiento de suelos**

En el escenario edáfico del área, los suelos son profundos y de morfología desarrollada donde se asocian suelos arcillosos.

Poco ácidos y más fértiles

El relieve topográfico se caracteriza por ser ondulada con tendencia a plana, con declives de 2 a 25%. Se encuentra cubierta con tapiz herbáceo nativo predominante



La zona de estudio se encuentra ubicada en las formaciones cuatemarias, los sedimentos de este sistema incluyendo lo más recientes, distribuidos en áreas mayormente extensas de las regiones interandinas. Se presentan de forma de pequeñas planicies mayormente integrada por material fluvio-glaciares y a las y a las que localmente se les denomina pampas. En general los sedimentos que lo conforman son sueltos, poco compactos, deleznable, de composición, textura y grosor muy variable.

- **Cálculos de escurrimiento**

**Formula:**

$$V=CIA$$

Se utilizó el coeficiente de escurrimiento de ( $c = 050$ ) porque es un área se pampas y pantanos

Superficie de la cuenca: 439.6 ha (4396000 m<sup>2</sup>)

$$C = 0.50 \text{ (pampas y pantanos)}$$

$$I = 293.5 \text{ mm/año (0.240 m/año)}$$

$$V = 0.50 * 0.240 * 4396000$$

$$V = 52,752.00 \text{ m}^3/\text{año}$$

- **Cálculo de altura máxima de almacenamiento**

$$\text{Volumen de escurrimiento} = 52,752.00 \text{ m}^3/\text{año}$$

Cálculo de la superficie de la Qocha Phuscanapata, con el método de vectores, Google Earth y AutoCAD

$$\text{Superficie de la laguna} = 19,570.30 \text{ m}^3$$



Altura potencial de almacenamiento

$$H = 52,752.00 / 32,095.30$$

$$H = 1.64$$

$$\text{Volumen de almacenamiento} = 19,570.30 * 1.64$$

$$\text{Volumen de almacenamiento} = 32,095.30 \text{ m}^3$$

- **Cotas del dique**

$$\text{NAMO: } 4779.90$$

$$\text{NAME: } 4749.30$$

$$\text{FETCH: } 0.297 \text{ km}$$

$$\text{cota del terreno: } 4747.70 \text{ msnm.}$$

- **Altura de ola por viento**

Altura de ola por viento: formula empírica de STEVENSON

$$H_0 = 0.76 + 0.34(0.297)^{1/2} - 0.26(0.297)^{1/4}$$

$$F = 0.297$$

$$H_0 = 0.75m$$

- **Cálculo de borde libre**

$$\text{BI}(\text{min}) = 0.75H_0 + (Vg)^2 / 2g$$

$H_0$  : altura de ola según STEVENSON

$$Vg \text{ (m/s) velocidad de ola según Gaillard} = 1.52 + 2H_0$$

$$H_0 = 0.75$$



$$V_g = 3.02 \text{ m/s}$$

$$B_i (\text{min}) = 1.027 \text{ m}$$

Empleamos la siguiente tabla:

**Tabla 17**

*Borde libre*

Fetch	Borde libre	
	Normal (m)	Mínimo(m)
<1.6	1.2	0.9
1.6	1.5	1.2
4	1.8	1.5
8	2.4	1.8
16	3	2.1

Se concluye que el borde libre mínimo (BL) es de 0.9

- **Nivel de la corona del dique.** Es el nivel en la cortina al cual queda el coronamiento de la presa, el que nunca debe ser rebasado por el agua

$$N. \text{ Corona} = N.A.M.E. + BL$$

$$N. \text{ Corona} = 4750.20 \text{ msnm}$$

- **Altura del dique: (h)**

$$H = \text{cota de corona} - \text{cota del terreno}$$

$$H = 4750.20 - 4747.70$$

$$H = 2.50 \text{ m}$$

- **Ancho de la corona.** Cuando el compactado se hará con tractor o moto compactadora

$$e = H/5+3$$

$$84$$



$$e = 3.354 \text{ m}$$

- **Cálculo del ancho del destellon**

$W = h - d$ : (h: es la carga hidráulica arriba de la superficie del terreno = NAME – cota del terreno, d: profundidad de zanja del destellón debajo de la superficie del terreno)

$$W = 0.60 \text{ m}$$

- **Determinación del aliviadero (rectangular)**

$$Q = CLH^{3/2}$$

El coeficiente de descarga será 1.45 m para cretas anchas

La longitud se asumirá 4 m

La carga sobre el vertedero se tomada de 0.20 m recomendaciones de la guía para el diseño y construcción de pequeñas presas rusticas,(Morante, 2017) entonces:

$Q = 0.129 \text{ m}^3/\text{s}$ , altura total del aliviadero 0.30 m, longitud total del aliviadero 4 m.

- **Cálculo de la descarga máxima y mínima de la tubería de descarga**

Formula de tubos cortos de descarga libre:

$$Q = Cd * A * (2gH)^{1/2}$$

$$L/D = 6/0.21$$

Según la tabla de Bazard:



**Tabla 18**

*Valores de coeficiente Cd – Tabla de Bazard*

<b>L/D</b>	<b>Cd</b>
100	0.5
80	0.54
60	0.6
40	0.66
20	0.73
10	0.77

$$Cd = 0.66$$

$$A = Q/V \text{ (Agrícola)}$$

$$A = 0.029$$

$$\text{Entonces: } Q = 1.170 \text{ m}^3/\text{s}$$

- **Talud del dique de tierra y champa.** Según el United Bureau of Reclamation (USBR) taludes recomendados para presas:

**Tabla 19**

*Taludes para diques*

<b>Altura</b>	<b>Talud de aguas arriba</b>	<b>Talud de aguas abajo</b>
5	2.00 H:1 V	1.50 H: 1 V
5 a 10	2.50 H:1 V	2.00 H:1 V
12 a 15	2.75 H:1 V	2.50 H:1 V

**Fuente:** United Bureau (2007)

En las definiciones anteriores del dique nos dio un ancho de la corona de 3.35 m y una altura del dique de 2.5 m entonces en la tabla 21 indica que la altura del dique menores de 5 metros acoja taludes inclinados se podría reducir la



erosión; con taludes aguas arriba de 2.00 H:1V y para talud de aguas abajo 1.50

H: 1V

- **Calculamos diámetro de la tubería**

$$D = \left[ \frac{4*Q}{C*\pi*g*h} \right]^{0.5}$$

$$D = 214.02 \Rightarrow 8''$$

La velocidad de salida se comprobará:

$$Q = V*A$$

$$V = \frac{4*Q}{\pi*D^2} = 2.95 \text{ (velocidad recomendada 3.0 m/s)}$$

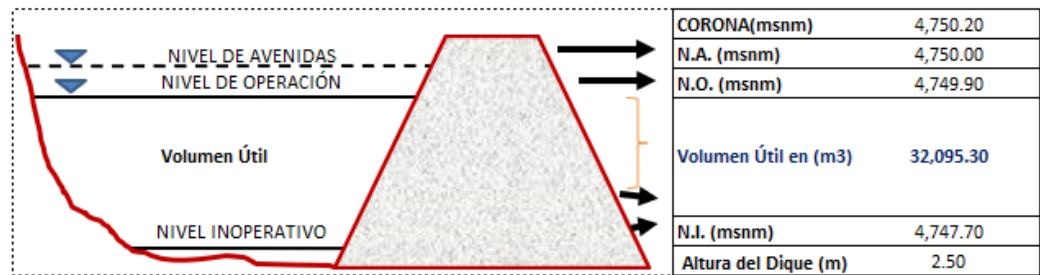
- **Diámetro de la toma para el dique:**

$$D = 0.21 \text{ m} \Rightarrow 8''$$

De manera similar la descarga de la tubería fue calculado, y el resultado fue un diámetro de salida de  $D = 214.02$  mm, o una tubería de 8 pulgadas. Finalmente se midió la velocidad de salida el resultado fue  $V = 2.95$  m/s. Se determinó que la velocidad de salida es la velocidad máxima recomendada para tuberías de PVC que no es excedida por la velocidad de salida. (Morante, 2017) en su diseño de pequeñas presas no se asemejan a nuestros resultados. Teniendo como datos del diseño de dique con altura potencial de almacenamiento de 3.6, longitud del vertedero de 1.54 m, borde libre de 0.30 m, velocidad de salida de 2.4 m/seg. Aplicando solo para diques menores a 1.50 m.

**Figura 17**

*Detalles del vaso*



La figura muestra los detalles del vaso, teniendo en nivel de avenidas que estaría llegando a 4,750.00 msnm con nivel de operación de 4,749.90 msnm, altura de dique con 2.5 m y nivel inoperativo a 4,747.70 msnm, donde finalmente nos ayudó a calcular el volumen útil en m3.

- **Cálculo de volumen de la Qocha**

**Tabla 20**

*Volumen de la Qocha*

ALTITUD (m.s.n.m)	ÁREA DE ESPEJO		VOLUMEN	
	DE AGUA (M2)	PARCIAL (M3)	ACUMULADO (M3)	
4,747.70	0.00	0.00	0.00	
4,747.80	12.19	0.61	0.61	
4,747.90	19.63	1.59	2.20	
4,748.00	13,208.91	661.43	663.63	
4,748.10	13,751.12	1,348.00	2,011.63	
4,748.20	14,107.22	1,392.92	3,404.55	
4,748.30	14,443.18	1,427.52	4,832.07	
4,748.40	14,761.73	1,460.25	6,292.31	
4,748.50	15,082.37	1,492.21	7,784.52	
4,748.60	15,407.27	1,524.48	9,309.00	
4,748.70	15,733.63	1,557.04	10,866.04	
4,748.80	16,065.84	1,589.97	12,456.02	
4,748.90	16,402.99	1,623.44	14,079.46	
4,749.00	16,737.88	1,657.04	15,736.50	
4,749.10	17,067.82	1,690.29	17,426.79	
4,749.20	17,386.65	1,722.72	19,149.51	
4,749.30	17,703.27	1,754.50	20,904.01	
4,749.40	18,019.76	1,786.15	22,690.16	





4,749.50	18,334.80	1,817.73	24,507.89
4,749.60	18,650.66	1,849.27	26,357.16
4,749.70	18,967.97	1,880.93	28,238.09
4,749.80	19,285.77	1,912.69	30,150.78
4,749.90	19,604.78	1,944.53	32,095.30
4,750.00	19,923.39	1,976.41	34,071.71
4,750.10	20,238.76	2,008.11	36,079.82
4,750.20	20,240.72	2,023.97	38,103.79

La tabla muestra la altitud desde nivel inapropiado para medir el nivel útil, al calcular el volumen parcial acumulamos en cada cota o curva que se encontró en la Qocha y asumimos que al llegar a la cota 4,749.90 junto al parcial acumulado nos da un resultado de 32,095.30 m<sup>3</sup> de volumen útil. Mullo & Oquendo (2021) basado en estudios topográficos, hidrológicos y geotécnicos con el fin de solventar las necesidades hídricas de la comunidad de “La Bichola” en el cantón Tosagua, Manabí, utilizando el modelo de Pearson III, para hallar la capacidad del embalse y teniendo un resultado de una capacidad de 1.139.448,78 m<sup>3</sup> gracias a la presa de 288 m de longitud . Para evitar desbordes, también se incluyó en el diseño un aliviadero de 80 m de longitud.



## V. CONCLUSIONES

**PRIMERA:** La infiltración para reconocer el tipo de suelo en la microcuenca Phuscanapata se halló con el método de la doble anilla generando una infiltración básica de 11.23 cm/hora con un valor de  $k = 3.12 \times 10^{-3}$  cm/s concluye una permeabilidad relativa, es poco permeable (suelo típico “arena limosa”), en la cual indica que tenemos altura de agua perdida por la infiltración de 0.0031 cm/s. La evapotranspiración se halló mediante la ecuación de la FAO Penman-Monteith con un promedio diaria de 11.24 mm/día, con un mensual total de evapotranspiración de 341.89 mm/mes.

**SEGUNDA:** La oferta hídrica hallada mediante el modelo matemático - estocástico “Lutz Schulz”, con un periodo de información de 24 años para la microcuenca Phuscanapata fue de 49880.448 m<sup>3</sup>.

**TERCERA:** Para el diseño del dique para la Qocha Phuscanapata se halló las cotas mediante el estudio topográfico, teniendo como nivel de avenidas 4,750.00 msnm, nivel de operación con 4,749.90 msnm, con altura del dique 2.5m, aliviadero de 4 m, ancho de la corona 3.35 m, con borde libre de 1.03 m, donde finalmente se calculó el volumen útil 32,095.30 m<sup>3</sup>



## VI. RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Se recomienda tomar más datos de las estaciones meteorológicas vecinas ya que en el estudio se necesitó más información meteorológica para emplear mejor estudio hidrológico y las características morfológicas y fisiográficas de una cuenca hidrográfica, así evaluar y cuantificar la oferta y la demanda de agua.

**SEGUNDA:** Se recomienda visitar y hacer un estudio en in situ en temporadas de avenidas y estiaje para estudiar mejor el comportamiento de la microcuenca, para no tener problemas de diseño del dique.

**TERCERA:** Se recomienda utilizar el modelo Lutz Scholz para caudales medios mensuales a partir de precipitación medio mensual, esto ayuda a obtener la oferta hídrica ya sea microcuenca o cuencas.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Caira, C., Lopez, C., & Carhuarupay, Y. (2021). Efecto de la temperatura y precipitación sobre la agricultura en la cuenca Coata-Puno, Perú. *Revista Alfa*, 5(14), 285–296.  
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v5i14.118>
- Cerna, L. (2018). *Modelos para estimar la evapotranspiración de referencia con las ecuaciones de Hargreaves y Turc, respecto de la ecuación estándar Penman Monteith. Sector Mataquita- Huaraz 2023. Huaraz. Tesis*. Universidad Peruana los Andes. Retrieved from [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1016/TESIS EVALUACION DE RENDIMIENTO DE MANO DE OBRA EN LA CONSTRUCCIÓN DE LOCALES MULTIUSOS EN EL DIS.doc?sequence=1](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/1016/TESIS_EVALUACION_DE_RENDIMIENTO_DE_MANO_DE_OBRA_EN_LA_CONSTRUCCION_DE_LOCALES_MULTIIUSOS_EN_EL_DIS.doc?sequence=1)
- Chino-Calli, M., Velarde-Coaquira, E., & Espinoza Calsín, J. J. (2016). Captación de agua de lluvia en cobertura de viviendas rurales para consumo humano en la Comunidad de Vilca Maquera, Puno-Perú. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 18(3), 365–373.  
<https://doi.org/10.18271/ria.2016.226>
- Cuadros, B., & Mercado, M. (2020). Práctica Ancestral De Cosecha De Agua, Para El Aprovechamiento Y Almacenamiento, 236. Retrieved from [file:///D:/Users/USUARIO/Downloads/BARRIGA\\_FLORES\\_PAOLA\\_ROCIO\\_FUNCIONAMIENTO\\_COOPERATIVAS.pdf](file:///D:/Users/USUARIO/Downloads/BARRIGA_FLORES_PAOLA_ROCIO_FUNCIONAMIENTO_COOPERATIVAS.pdf)
- Curi, D. (2021). *Aprovechamiento del recurso hídrico mediante Qochas para su utilización en irrigación, utilizando el software civil 3d, Andahuaylas, Apurímac. Universidad Cesar Vallejo*. Universidad César Vallejo.
- Delgadillo, O., & Pérez, L. (2016). Medición de la infiltración del agua en el suelo. *Centro Andino Para La Gestión y Uso Del Agua*, 34.



- Deza, J., & Huarca, E. (2020). *Diseño de reservorio con geomembrana para retención de aguas pluviales en la comunidad de Chañi del distrito de Pichigua, Espinar*. Universidad Nacional del Comahue.
- Dueñas, I. (2020). Diseño con Jet-Grouting para mejorar la estabilidad de la presa de tierra sector Palca, provincia de Lampa-Puno. *Universidad Andina Del Cusco*, 1–118. Retrieved from [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez\\_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutierrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Escudero, C., & Cortez, L. (2018). Técnica y métodos cualitativos para la investigación científica. *Gastronomía Ecuatoriana y Turismo Local.*, 1(69), 104.
- Espinoza, R., & Oyola, M. del P. (2019). Diseño de un sistema de Captacion y almacenamiento - caso cosecha agua para su aprovechamiento - Garbanzal-Tumbes-2018, 0–42. Retrieved from [http://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/UNITUMBES/1042/QUILICHE CABANILLAS%20IRMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/UNITUMBES/1042/QUILICHE%20CABANILLAS%20IRMA.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Fondo Sierra Azul. (2023). Estudio Hidrológico, reparación de Qochas en la infraestructura natural del territorio hídrico productivo del distrito de Usicayos - Carabaya - Puno.
- Gavilan, S. A. (2020). Modelado del Balance Hidrico partir de datos Satelitales y Meteorologicos para el Analisis de los Flujos Superficiales del Ciclo Hidrologico. *Revista de Geografía Norte Grande*, 2020(76), 255–277. <https://doi.org/10.4067/S0718-34022020000200255>
- Guillermo, B., & Trujillo, M. (2023). UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Título Determinación de la oferta hídrica en las microcuencas de los ríos Ishpi , Daldal ,



- Uldán y quebrada Cachipata , en la Provincia de Chimborazo Trabajo de Titulación para optar al título. Retrieved from [http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10872/3/Jaya J.%2C Vanessa P.%3B Rodriguez H.%2C Esperanza G.%282023%29 Determinación de la oferta hídrica de las microcuencas de los ríos Ishpi%2C Daldal%2C Uldán y quebrada Cachipata en la provincia de Chimora](http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10872/3/Jaya%20Vanessa%20Rodriguez%20Esperanza%20G.%20282023%29%20Determinación%20de%20la%20oferta%20hídrica%20de%20las%20microcuencas%20de%20los%20ríos%20Ishpi%20Daldal%20Uldán%20y%20quebrada%20Cachipata%20en%20la%20provincia%20de%20Chimborazo)
- Halanoca, N. (2017). Identificación de zonas homogéneas con especialización agropecuaria y niveles de desarrollo en el departamento de Puno. *Repositorio de La Universidad Nacional Del Altiplano*, 114. Retrieved from [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12303/Yana\\_Aydee\\_Quispe\\_Patricia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12303/Yana_Aydee_Quispe_Patricia.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Jaime, A., Martínez, J., & Torres, J. (2020). Análisis de viabilidad y diseño para el abastecimiento de agua potable en la vereda Socota del municipio de Apulo (Cundinamarca, Colombia). *Revista Mutis*, 10(1), 79–96.
- Lacuta, A. (2021). *DETERMINACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA DEL RÍO ILAVE MEDIANTE LA GENERACIÓN DE DESCARGAS MEDIASMENSUALES APLICANDO EL MODELO DETERMINÍSTICO – ESTOCÁSTICO DE LUTZ SCHOLZ*. Tesis. Retrieved from [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza\\_Mamani\\_Joel\\_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Merma, J. Q. (2021). Efectos de la Temperatura en la Precipitación como Consecuencia del Cambio Climático en la región de Cusco. Retrieved from <https://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/2569>
- Mite, F., & Campozano, C. (2021). *Estudio y diseño de una presa colinar en la comunidad Naranjito-Tosagua Manabí. Paper Knowledge . Toward a Media*



*History of Documents*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.

- Montoya, S. (2023). *Diseño de sistema de riego por goteo mediante cosecha de agua para el cultivo de cítricos para 29 parceleros beneficiarios del Inder, en el asentamiento Rodolfo Coto de la Gloria, Chires de Puriscal*. Universidad Nacional de Juliaca. Retrieved from <http://www.nber.org/papers/w16019>
- Morante, A. (2017). *Guía Técnica: Diseño y construcción de pequeñas presas rústicas en lagunas periglaciares, 70*. Retrieved from <https://bit.ly/3xPng8M>
- Mullo, A., & Oquendo, C. (2021). *Estudio y diseño de la presa Colinar en Sacachún #1*. Escuela superior politécnica del Litoral. Retrieved from <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/52205>
- Muñoz, D. (2022). *Efectos de la deforestación en el clima y el ciclo hidrológico*. Universidad Nacional de Colombia.
- Palma, A. (2022). *Análisis Técnico Del Estándar De Diseño Y Construcción Del Proyecto Embalse Las Palmas*.
- Polo, D., & Villanueva, J. (2020). *Cosecha de agua mediante el diseño de un dique en la microcuenca Tuanga, San Ignacio, SINSICAP, Otuzco. Psikologi Perkembangan*. Universidad Cesar Vallejo. Retrieved from <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3000/SilvaAcosta.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/1046>
- SENAMHI. (2021). *Caracterización de la sequía agrícola para los cultivos de papa y quinua en el departamento de Puno*. (Tello, C.). Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. Proyecto Pachayatiña/Pachayachay. SENAMHI - HELVETAS - PREDES. Retrieved from <https://hdl.handle.net/20.500.12542/1569>
- Tarqui, C. (2021). *Estimación de la evapotranspiración potencial basado en tecnología*



satelital para la región de alto Beni, norte de la paz, 23.

Velasco, R., & Moreira, S. (2021). *Diseño de dique para embalsar y lograr la recarga subterránea en el valle Cadete y diseño de un emvalse tipo para una finca*. Escuela Superior Politécnica del Litoral.



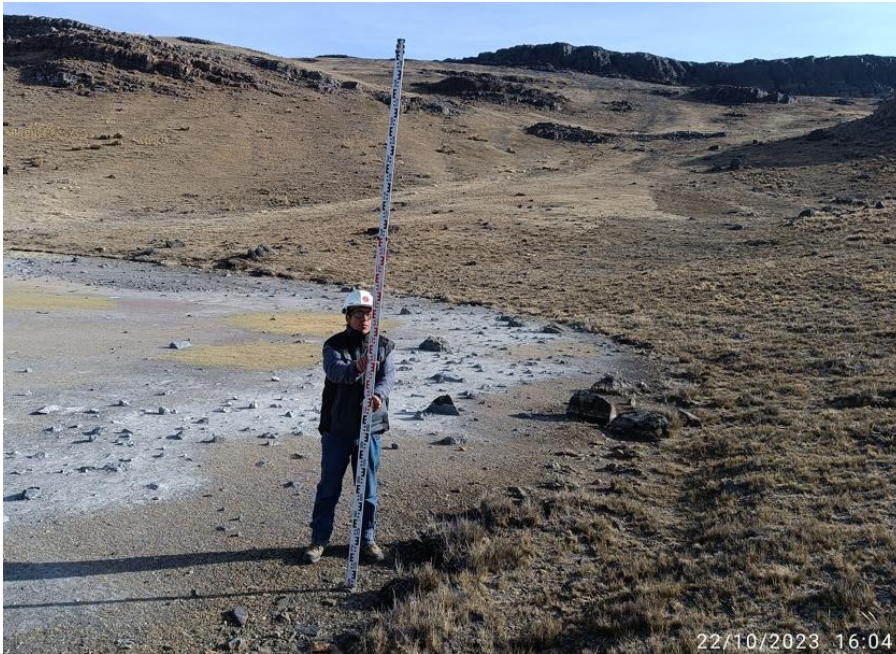


## ANEXOS

## ANEXO 1: Panel fotográfico

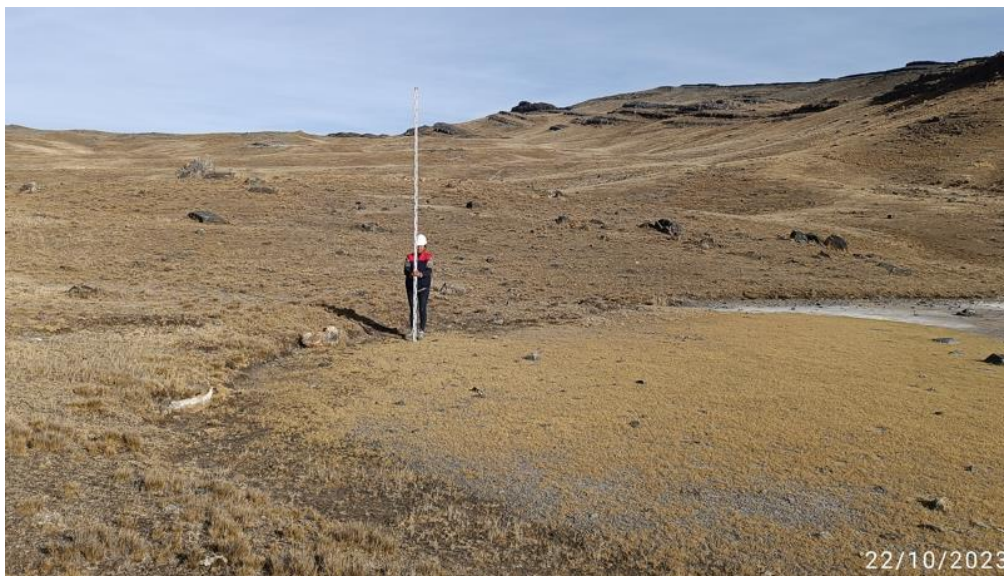
### Figura 18

*Medición altimétrica del cuerpo de dique con el terreno no excavado*



### Figura 19

*Medición altimétrica para conformar la boquilla donde se ubique el dique*



**Figura 20**

*Vertido de agua ya colocada el plástico en el centro de la anilla*



**Figura 21**

*Nivelación de los anillos*



**Figura 22**

*Inicio de la prueba para las lecturas iniciales*



**Figura 23**

*Vigilancia de situaciones críticas ante una mala instalación de los anillos*



**Figura 24**

*Anotaciones de lecturas*



**Figura 25**

*Estudio de suelo, vista de la calicata*



## Figura 26

### *Qocha Phusacanapata*





## ANEXO 2: Datos climatológicos

### REGISTRO DE PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm)

<b>ESTACIÓN:</b>	CRUCERO	<b>DEPARTAMENTO:</b>	PUNO	<b>LATITUD :</b>	14°21'51.1" S
<b>CUENCA :</b>	AZANGARO	<b>PROVINCIA :</b>	CARABAYA	<b>LONGITUD :</b>	70°1'33.3" W
<b>CODIGO:</b>	114058	<b>DISTRITO :</b>	CRUCERO	<b>ALTITUD :</b>	4128 msnm.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1964	15.7	11.9	31.5	6.5	0	0	0	0	9.6	8.5	12.8	24.3	120.8
1965	31.8	19.2	17.4	6.6	1.5	0	0	1.1	5.3	5.6	8	18.4	114.9
1966	9.9	18.9	12.4	4	17	0	0	1.3	18.4	13	9.4	15.5	119.8
1967	8.2	13.7	14.2	1.3	7.5	2	2.3	10.4	9.8	22	11.9	17.9	121.2
1968	17.4	17.2	17.5	7.3	0	0	38	14.2	16.2	12.3	0	9.3	149.4
1969	30.18	25.7	15.2	9.3	2.3	5.1	9	8.1	6.6	8.7	17.5	10.3	147.98
1970	30.7	24.6	15.6	21.9	6.2	0	4.1	0	0	9.9	31.4	35.2	179.6
1971	54.3	41	8.7	7.8	0	6	0	1.8	2.4	9.2	38.2	28.4	197.8
1972	20.4	19	30.2	36.1	6.8	2.7	0	14.7	12.7	26.7	13.5	14.1	196.9
1973	72.9	19.4	38.7	40.9	6.6	0.7	12.4	2.2	13	28.4	19.7	38.6	293.5
1974	15.1	41.9	21.3	16	3.6	10.2	9.7	16.4	15.5	31.7	23.5	34.8	239.7
1975	20.6	25.4	22.2	18.7	4.4	1.6	1.5	6.1	16.4	13.8	14.4	25.7	170.8
1976	26.1	25.6	27.7	24	16.5	1.7	3.5	5.9	27	12.1	13	45.2	228.3
1977	14.5	33.4	27	32.6	16.6	6.7	3.7	0	8	10	34.4	28.3	215.2
1978	23.7	28.4	37.3	38.3	3.3	14.3	0	1.9	21.8	13.2	43.2	24.5	249.9
1979	27.5	42	54.2	46.9	15.1	0	0	16.8	28.5	11.8	14.2	32.4	289.4
1980	45.4	16	20.6	8.3	6.5	0	0	2.5	19.7	26.6	8.4	25.1	179.1
1981	37	46.7	46.7	19.9	2.3	2.4	0	2.5	22.7	15.6	12.4	29	237.2
1982	36.9	35.3	24.5	7.8	3.1	3.6	0	5.9	6.2	8.1	37.8	23.5	192.7
1983	6.8	39.3	25.6	22.8	4.1	3	0	1.8	9.7	14.8	10	34.9	172.8
1984	35.6	36	14.8	10.9	6.8	2.5	2.8	22.8	8.6	25	22.6	20.4	208.8
1985	33	24.3	22.1	27.5	8.6	13.6	0	24.4	24.7	22.2	51.1	28.6	280.1
1986	32.9	51	32.6	24.9	6	0	4.5	21.7	10.1	13.7	20.7	30.9	249
1987	32.7	20.6	29.7	9.6	6.4	4.1	15.7	0	14.5	9.9	39.1	20.4	202.7
1988	19	37.4	22	13.5	6.5	0	0	0	8.2	30	11.8	35.8	184.2
1989	31.1	19.6	45.2	7.1	13.1	8.3	0	10.7	14.7	16.4	9.7	24.9	200.8
1990	32.5	27.8	19.9	14	0	15.1	0	2.4	15.6	28.9	45	13	214.2
1991	32.5	28.5	27.2	19	21	13	0	0.5	21.5	6.7	19.6	38.7	228.2
1992	27.7	25.8	30.4	2.1	0.8	19.3	4.8	48.9	2.1	18.8	70.7	28.6	280
1993	24	21.4	17.1	10.2	4.9	5.6	0	12.4	8.2	8.4	17.3	0	129.5
1994	52.3	48.6	19.6	16.1	19.2	2.5	0	2.8	41	28.3	11.2	26	267.6
1995	19.1	20	37.5	9.8	8.7	2	0	10.6	11	22.7	25.9	19.6	186.9
1996	29.2	30.1	26.1	11	17.2	0	0	7.1	3.8	16	22.4	12.6	175.5
1997	29.5	35	27.4	13.7	12.2	0	0	5.6	9.3	14.3	26.4	13.5	186.9
1998	9.3	29.3	30.5	26.4	0.4	4.4	0	0.7	1.7	18.3	34.8	15.4	171.2
1999	42.4	18.7	71.3	12.2	12.6	0.4	0.5	0	18.2	19.4	26.8	17.7	240.2
2000	17.5	8.9	13.4	1.1	4.1	3.1	3.6	3.7	3.8	18.5	17	17.4	112.1
2001	23.2	10.6	31.7	15.6	5.6	0	12	5.9	8.1	6.7	13.9	19.9	153.2
2002	11.4	25.8	12.1	4	10.2	0.7	7.6	2.6	7	18.5	22.2	37.8	159.9
2003	37.2	13.4	21.7	39.4	4.3	14.3	0	5.6	4.2	17.3	17.1	11.7	186.2
2004	11.8	21.7	8.4	12.1	5.2	4.7	2.4	1	5.4	9.6	19.4	16.2	117.9
2005	13.3	13.2	13.9	6.7	3.4	0	2.4	4	3.2	10.5	8.1	17.6	96.3
2006	22.4	13.7	20.4	8.7	0.9	4.9	0	6.5	6.8	7.8	17.5	21	130.6
2007	21.9	5.7	14.4	3.2	4.9	0.5	1.3	0	8.7	22	11.2	10.6	104.4
2008	23.7	11.6	13	4.7	9.2	0	0	2.6	1.9	10.8	11	15.9	104.4
2009	26.4	12.5	17.6	4.8	3.8	0	2.3	0	15.6	6.8	14.6	8.2	112.6



2010	19	25	32.1	3	5.2	0	0.9	1.3	2.8	12.5	11.6	15.9	129.3
2011	19.2	8	22.4	7.5	2.8	1.8	0	2.6	12.5	25.4	8.1	12.4	122.7
2012	18.2	10.6	8.1	4.8	0	8.2	0.5	0.6	16.5	8.7	15.7	14.5	106.4
2013	21.8	33	8.5	7.1	10.9	11.6	0	16.5	9.7	23.3	22.6	12.9	177.9
2014	26.5	24.9	24.2	14.7	6.9	0	0	0	0	16.1	20.9	21.8	156
2015	22.6	12.1	71.9	31	29.4	0	0	0	0	0	19	24.6	210.6
2016	19.2	64.1	72	74.2	0	0	0	0	4	8.2	22.3	24.6	288.6
2017	17.9	24	26.5	9.9	52.1	0	0	0	18.2	35.7	12.9	29.9	227.1
2018	25.9	25.3	34.2	16.3	2	0	0	0.1	1.6	12	22.3	20.6	160.3
2019	27.1	97.5	19.3	15.2	9.2	0	0	0	3.2	16.1	26.8	34.9	249.3
2020	26.8	20.9	25.6	19.9	2.4	0.1	0	0	2.3	42.2	18.6	31.5	190.3
MEDI A	26.0	26.3	26.2	15.9	7.7	3.5	2.6	5.9	10.8	16.3	20.7	22.5	184.5
DES. EST.	11.9	15.3	14.6	13.5	8.6	4.9	6.0	8.6	8.3	8.5	12.4	9.3	54.8
MÁX.	72.9	97.5	72	74.2	52.1	19.3	38	48.9	41	42.2	70.7	45.2	293.5
MÍN.	6.8	5.7	8.1	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	96.3

### Variación mensual de la precipitación para los niveles de persistencia (MM)

#### Periodo de análisis del 1964 al 2020

m	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	%
1	72.9	97.5	72	74.2	52.1	19.3	38	48.9	41	42.2	70.7	45.2	0.02
2	54.3	64.1	71.9	46.9	29.4	15.1	15.7	24.4	28.5	35.7	51.1	38.7	0.03
3	52.3	51	71.3	40.9	21	14.3	12.4	22.8	27	31.7	45	38.6	0.05
4	45.4	48.6	54.2	39.4	19.2	14.3	12	21.7	24.7	30	43.2	37.8	0.07
5	42.4	46.7	46.7	38.3	17.2	13.6	9.7	16.8	22.7	28.9	39.1	35.8	0.09
6	37.2	42	45.2	36.1	17	13	9	16.5	21.8	28.4	38.2	35.2	0.10
7	37	41.9	38.7	32.6	16.6	11.6	7.6	16.4	21.5	28.3	37.8	34.9	0.12
8	36.9	41	37.5	31	16.5	10.2	4.8	14.7	19.7	26.7	34.8	34.9	0.14
9	35.6	39.3	37.3	27.5	15.1	8.3	4.5	14.2	18.4	26.6	34.4	34.8	0.16
10	33	37.4	34.2	26.4	13.1	8.2	4.1	12.4	18.2	25.4	31.4	32.4	0.17
11	32.9	36	32.6	24.9	12.6	6.7	3.7	10.7	18.2	25	26.8	31.5	0.19
12	32.7	35.3	32.1	24	12.2	6	3.6	10.6	16.5	23.3	26.8	30.9	0.21
13	32.5	35	31.7	22.8	10.9	5.6	3.5	10.4	16.4	22.7	26.4	29.9	0.22
14	32.5	33.4	31.5	21.9	10.2	5.1	2.8	8.1	16.2	22.2	25.9	29	0.24
15	31.8	33	30.5	19.9	9.2	4.9	2.4	7.1	15.6	22	23.5	28.6	0.26
16	31.1	30.1	30.4	19.9	9.2	4.7	2.4	6.5	15.6	22	22.6	28.6	0.28
17	30.7	29.3	30.2	19	8.7	4.4	2.3	6.1	15.5	19.4	22.6	28.4	0.29
18	30.18	28.5	29.7	18.7	8.6	4.1	2.3	5.9	14.7	18.8	22.4	28.3	0.31
19	29.5	28.4	27.7	16.3	7.5	3.6	1.5	5.9	14.5	18.5	22.3	26	0.33
20	29.2	27.8	27.4	16.1	6.9	3.1	1.3	5.9	13	18.5	22.3	25.7	0.34
21	27.7	25.8	27.2	16	6.8	3	0.9	5.6	12.7	18.3	22.2	25.1	0.36
22	27.5	25.8	27	15.6	6.8	2.7	0.5	5.6	12.5	17.3	20.9	24.9	0.38
23	27.1	25.7	26.5	15.2	6.6	2.5	0.5	4	11	16.4	20.7	24.6	0.40
24	26.8	25.6	26.1	14.7	6.5	2.5	0	3.7	10.1	16.1	19.7	24.6	0.41
25	26.5	25.4	25.6	14	6.5	2.4	0	2.8	9.8	16.1	19.6	24.5	0.43
26	26.4	25.3	25.6	13.7	6.4	2	0	2.6	9.7	16	19.4	24.3	0.45
27	26.1	25	24.5	13.5	6.2	2	0	2.6	9.7	15.6	19	23.5	0.47
28	25.9	24.9	24.2	12.2	6	1.8	0	2.6	9.6	14.8	18.6	21.8	0.48
29	24	24.6	22.4	12.1	5.6	1.7	0	2.5	9.3	14.3	17.5	21	0.5
30	23.7	24.3	22.2	11	5.2	1.6	0	2.5	8.7	13.8	17.5	20.6	0.52
31	23.7	24	22.1	10.9	5.2	0.7	0	2.4	8.6	13.7	17.3	20.4	0.53
32	23.2	21.7	22	10.2	4.9	0.7	0	2.2	8.2	13.2	17.1	20.4	0.55
33	22.6	21.4	21.7	9.9	4.9	0.5	0	1.9	8.2	13	17	19.9	0.57





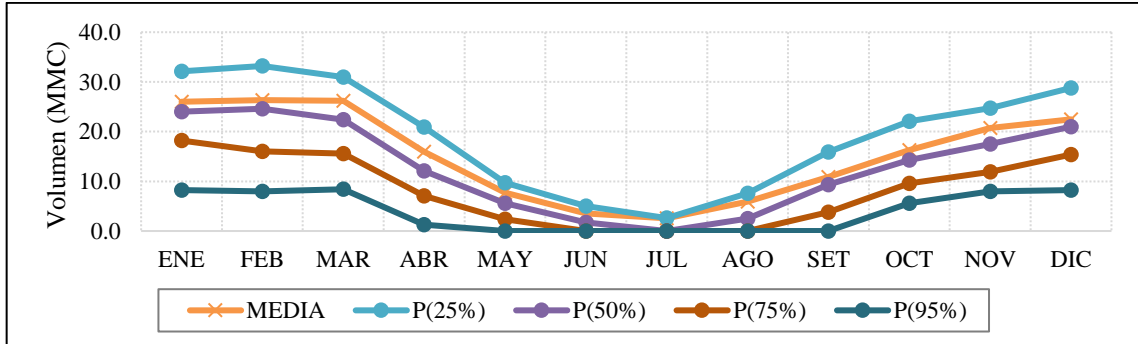
34	22.4	20.9	21.3	9.8	4.4	0.4	0	1.8	8.1	12.5	15.7	19.6	0.59
35	21.9	20.6	20.6	9.6	4.3	0.1	0	1.8	8	12.3	14.6	18.4	0.60
36	21.8	20	20.4	9.3	4.1	0	0	1.3	7	12.1	14.4	17.9	0.62
37	20.6	19.6	19.9	8.7	4.1	0	0	1.3	6.8	12	14.2	17.7	0.64
38	20.4	19.4	19.6	8.3	3.8	0	0	1.1	6.6	11.8	13.9	17.6	0.66
39	19.2	19.2	19.3	7.8	3.6	0	0	1	6.2	10.8	13.5	17.4	0.67
40	19.2	19	17.6	7.8	3.4	0	0	0.7	5.4	10.5	13	16.2	0.69
41	19.1	18.9	17.5	7.5	3.3	0	0	0.6	5.3	10	12.9	15.9	0.71
42	19	18.7	17.4	7.3	3.1	0	0	0.5	4.2	9.9	12.8	15.9	0.72
43	19	17.2	17.1	7.1	2.8	0	0	0.1	4	9.9	12.4	15.5	0.74
44	18.2	16	15.6	7.1	2.4	0	0	0	3.8	9.6	11.9	15.4	0.76
45	17.9	13.7	15.2	6.7	2.3	0	0	0	3.8	9.2	11.8	14.5	0.78
46	17.5	13.7	14.8	6.6	2.3	0	0	0	3.2	8.7	11.6	14.1	0.79
47	17.4	13.4	14.4	6.5	2	0	0	0	3.2	8.7	11.2	13.5	0.81
48	15.7	13.2	14.2	4.8	1.5	0	0	0	2.8	8.5	11.2	13	0.83
49	15.1	12.5	13.9	4.8	0.9	0	0	0	2.4	8.4	11	12.9	0.84
50	14.5	12.1	13.4	4.7	0.8	0	0	0	2.3	8.2	10	12.6	0.86
51	13.3	11.9	13	4	0.4	0	0	0	2.1	8.1	9.7	12.4	0.88
52	11.8	11.6	12.4	4	0	0	0	0	1.9	7.8	9.4	11.7	0.90
53	11.4	10.6	12.1	3.2	0	0	0	0	1.7	6.8	8.4	10.6	0.91
54	9.9	10.6	8.7	3	0	0	0	0	1.6	6.7	8.1	10.3	0.93
55	9.3	8.9	8.5	2.1	0	0	0	0	0	6.7	8.1	9.3	0.95
56	8.2	8	8.4	1.3	0	0	0	0	0	5.6	8	8.2	0.97
57	6.8	5.7	8.1	1.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.98

MEDIA	26.0	26.3	26.2	15.9	7.7	3.5	2.6	5.9	10.8	16.3	20.7	22.5	184.5
P(25%)	32.1	33.2	31	20.9	9.7	5	2.6	7.6	15.9	22.1	24.7	28.8	233.7
P(50%)	24	24.6	22.4	12.1	5.6	1.7	0	2.5	9.3	14.3	17.5	21	155
P(75%)	18.2	16	15.6	7.1	2.4	0	0	0	3.8	9.6	11.9	15.4	100
P(95%)	8.2	8	8.4	1.3	0	0	0	0	0	5.6	8	8.2	47.7

25%	32.5	33.4	31.5	21.9	10.2	5.1	2.8	8.1	16.2	22.2	25.9	29	0.24
	31.8	33	30.5	19.9	9.2	4.9	2.4	7.1	15.6	22	23.5	28.6	0.26
50%	24	24.6	22.4	12.1	5.6	1.7	0	2.5	9.3	14.3	17.5	21	0.50
	24	24.6	22.4	12.1	5.6	1.7	0	2.5	9.3	14.3	17.5	21	0.50
75%	18.2	16	15.6	7.1	2.4	0	0	0	3.8	9.6	11.9	15.4	0.76
	18.2	16	15.6	7.1	2.4	0	0	0	3.8	9.6	11.9	15.4	0.76
95%	8.2	8	8.4	1.3	0	0	0	0	0	5.6	8	8.2	0.97
	8.2	8	8.4	1.3	0	0	0	0	0	5.6	8	8.2	0.97

**Figura 27**

*Histograma de precipitación estación crucero*

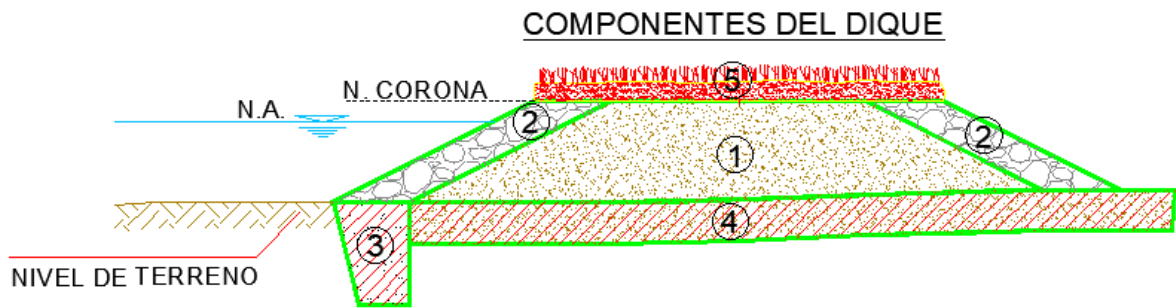




### ANEXO 3: Prueba de Infiltración

<b>Ubicación: QOCHA PHUSCANAPATA</b>									
<b>FECHA: 22/10/23</b>									
<b>COORDENADAS</b>							<b>PRUEBA N°01</b>		
<b>UTM Este:</b>			394437						
<b>UTM Norte:</b>			8425310						
<b>Hora</b>			<b>Hora min</b>	<b>Tiempo</b>		<b>Lamina Infiltrada</b>		<b>Velocidad Infiltración</b>	
<b>Muestreo</b>				<b>Parcial</b>	<b>Acumulado</b>	<b>Parcial cm</b>	<b>Acumulado cm</b>	<b>Instantanea cm/hora</b>	<b>Promedio cm/hora</b>
<b>hor a</b>	<b>mi n</b>	<b>se g</b>		<b>min</b>	<b>min</b>				
1	39	0	99.0	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0
1	40	0	100.0	1	1	28.8	28.8	1728.0	1728.00
1	41	0	101.0	1	2	28.0	56.8	1680.0	1704.00
1	42	0	102.0	1	3	27.5	84.3	1650.0	1686.00
1	43	0	103.0	1	4	27.0	111.3	1620.0	1669.50
1	44	0	104.0	1	5	26.5	137.8	1590.0	1653.60
1	46	0	106.0	2	7	25.8	163.6	774.0	1402.29
1	48	0	108.0	2	9	24.8	188.4	744.0	1256.00
1	50	0	110.0	2	11	23.9	212.3	717.0	1158.00
1	52	0	112.0	2	13	23.0	235.3	690.0	1086.00
1	54	0	114.0	2	15	22.8	258.1	684.0	1032.40
1	59	0	119.0	5	20	21.9	280.0	262.8	840.00
2	4	0	124.0	5	25	21.2	301.2	254.4	722.88
2	9	0	129.0	5	30	20.1	321.3	241.2	642.60
2	14	0	134.0	5	35	19.3	340.6	231.6	583.89
2	24	0	144.0	10	45	18.4	359.0	110.4	478.67
2	34	0	154.0	10	55	17.5	376.5	105.0	410.73
2	44	0	164.0	10	65	16.4	392.9	98.4	362.68
2	59	0	179.0	15	80	15.3	408.2	61.2	306.15
3	14	0	194.0	15	95	14.6	422.8	58.4	267.03
3	29	0	209.0	15	110	13.4	436.2	53.6	237.93
3	49	0	229.0	20	130	11.7	447.9	35.1	206.72

### ANEXO 4: Detalles del dique



LEYENDA		
VALOR	DESCRIPCION	DESCRIPCION
1	RELLENO_NUCLEO	
2	RELLENO_ENROCADADO	
3	CORTE Y RELLENO DE ANCLAJE	
4	CORTE Y RELLENO DE CIMENTACION	
5	CHAMPA	



### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Sandra Margot Galarza Pancca,  
identificado con DNI 74282848 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
Ingeniería Agrícola

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:  
" Mejoramiento de la Disponibilidad Hídrica en la  
Hierocuenca Phuscanapata del Distrito de Usicayos - Carabaya  
- Puno y 2023 "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 06 de Mayo del 2024

  
FIRMA (obligatoria)



Huella



### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Sandra Margot Galarza Pancca,  
identificado con DNI 74282848 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agrícola,  
informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“Mejoramiento de la Disponibilidad Hídrica en la Microcuenca  
Phuscanapata del Distrito de Usicayos - Carabaya - Puno,  
2023”

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 06 de Mayo del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella



### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo Wilder Adherly Mamani Cano,  
identificado con DNI 71040272 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
Ingeniería Agrícola

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:  
" Mejoramiento de la Disponibilidad Hídrica en la  
Microcuenca Phuscanapata del Distrito de Usicayos  
Carabaya - Puno, 2023 "

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 06 de Mayo del 2024

Wilder

FIRMA (obligatoria)



Huella



### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo Wilder Adherly Mamani Cáno,  
identificado con DNI 71040272 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agrícola

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“Mejoramiento de la Disponibilidad Hídrica en la  
Microcuenca Phuscanapata del Distrito de Usicayos  
Carabaya - Puno, 2023”

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 06 de Mayo del 2024

Wilder Adherly Mamani Cáno

FIRMA (obligatoria)



Huella