

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA  
INFILTRACIÓN DEL CANAL DE DERIVACIÓN  
UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE  
RAQUINA, PUCARÁ**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA  
CIVIL**

**Autor:** Bach. Ataucusi Pirca Betzi

**Asesor:** Ing. Navarro Veliz Javier Amador.

**Líneas de investigación institucional:** Nuevas tecnologías y procesos

**Huancayo - Perú**

**2024**

## HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

---

**Dr. Rubén Darío Tapia Silguera**  
**Presidente**

---

**Ing. Nataly Lucia Cordova Zorrilla**  
**Jurado**

---

**Mtro. Carlos Alberto Jesús Sedano**  
**Jurado**

---

**Mtra. Erika Genoveva Zuñiga Almonacid**  
**Jurado**

---

**Mg. Leonel Untiveros Peñaloza**  
**Secretario docente**

## **DEDICATORIA**

A los que me han inculcado el ejemplo de esforzarme y tener coraje, y que no debo temer a los desafíos ya que Dios siempre está conmigo. Es con gran aprecio que quiero transmitir mi agradecimiento a mis padres, Ricardo y Dionisia, que han hecho posible la realización de una meta más en virtud de su amor, paciencia y perseverancia.

Bach. Ataucusi Pirca Betzi

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis instructores, ya que sus palabras fueron perspicaces y sus conocimientos rigurosos y precisos. Realmente os debo mis conocimientos a vosotros, mis queridos profesores. Me acompañaréis en mi viaje profesional allá donde vaya, y yo os llevaré conmigo. La germinación de vuestra semilla de sabiduría tuvo lugar tanto en mi espíritu como en mi alma. Quisiera expresaros mi gratitud por vuestra paciencia, por compartir vuestros conocimientos de manera tan profesional como esencial, por vuestra dedicación, esfuerzo y tolerancia.

Bach. Ataucusi Pirca Betzi

## CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0360 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la Tesis; titulada:

**RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA INFILTRACIÓN DEL CANAL DE DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ**

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **Bach. ATAUCUSI PIRCA BETZI**

Facultad : **INGENIERÍA**

Escuela Académica : **INGENIERÍA CIVIL**

Asesor(a) : **Ing. NAVARRO VELIZ JAVIER AMADOR**

Fue analizado con fecha **17/10/2024**; con **146 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

**Excluye Bibliografía.**

**Excluye citas.**

**Excluye Cadenas hasta 20 palabras.**

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **16** %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: ***Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.***

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.



Huancayo, 17 de octubre del 2024.

**MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI**  
**JEFA**

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

## CONTENIDO

CONTENIDO .....	vii
CONTENIDO DE TABLAS .....	ix
CONTENIDO DE FIGURAS.....	x
RESUMEN .....	xi
ABSTRACT .....	xii
INTRODUCCIÓN .....	xiii
CAPÍTULO I .....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1.    Descripción del Problema.....	14
1.2.    Delimitación del Problema .....	16
1.2.1.    Espacial.....	16
1.2.2.    Temporal.....	16
1.2.3.    Conceptual .....	16
1.3.    Formulación del Problema.....	16
1.3.1.    Problema General.....	16
1.3.2.    Problemas Específicos.....	16
1.4.    Justificación .....	17
1.4.1.    Social o práctica .....	17
1.4.2.    Científica o teórica .....	17
1.4.3.    Metodológica .....	17
1.5.    Limitaciones.....	18
1.6.    Objetivos .....	18
1.6.1.    Objetivo General .....	18
1.6.2.    Objetivos Específicos .....	18
CAPÍTULO II.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
2.1.    Antecedentes .....	19
2.2.    Bases teóricas o científicas .....	32
2.2.1.    Tipos de suelo .....	32
2.2.2.    Infiltración .....	45
CAPÍTULO III.....	60

HIPÓTESIS .....	60
3.1.    Hipótesis .....	60
3.1.1.    Hipótesis General .....	60
3.1.2.    Hipótesis específicas .....	60
3.2.    Variables .....	61
3.2.1.    Definición conceptual de la variable .....	61
3.2.2.    Definición operacional de la variable.....	61
3.3.    Operacionalización de variables.....	62
CAPÍTULO IV .....	63
METODOLOGÍA .....	63
4.1.    Método de investigación.....	63
4.2.    Tipo de investigación.....	64
4.3.    Nivel de investigación .....	64
4.4.    Diseño de investigación.....	64
4.5.    Población y muestra .....	65
4.6.    Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	65
4.6.1.    Técnicas de recolección de datos .....	65
4.6.2.    Instrumentos.....	65
4.7.    Procesamiento de la información .....	66
4.8.    Técnicas y análisis de datos .....	66
CAPÍTULO V.....	67
RESULTADOS .....	67
CAPÍTULO VI .....	95
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	95
CONCLUSIONES .....	100
RECOMENDACIONES .....	102
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	104

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	62
Tabla 2. Propiedades físicas - Muestra 1 del suelo arcilloso.....	68
Tabla 3. Propiedades físicas - Muestra 2 del suelo arcilloso.....	69
Tabla 4. Propiedades físicas - Muestra 3 del suelo arcilloso.....	69
Tabla 5. Resultados de la Prueba de Infiltración en Muestra 1 .....	72
Tabla 6. Resultados de la Prueba de Infiltración en Muestra 2 .....	72
Tabla 7. Resultados de la Prueba de Infiltración en Muestra 3 .....	72
Tabla 8. Contenido de humedad del agregado fino de la arena arcillosa.....	72
Tabla 9. Análisis granulométrico por tamizado de la arena arcillosa .....	73
Tabla 10. Límites de consistencia que pasa la malla N°40 de la arena arcillosa.....	74
Tabla 11. Cuadro de la prueba de infiltración de la arena arcillosa.....	74
Tabla 12. Resultados de infiltración en suelo limoso .....	77
Tabla 13. Comparación con una situación convencional de la arena limosa .....	78
Tabla 14. Contenido de humedad del agregado fino de la arena limosa.....	78
Tabla 15. Análisis granulométrico por tamizado de la arena limosa.....	79
Tabla 16. Cuadro de la prueba de infiltración de la arena limosa.....	80
Tabla 17. Propiedades físicas de las muestras de suelo .....	82
Tabla 18. Datos de monitoreo durante la infiltración .....	82
Tabla 19. Contenido de humedad del agregado fino de la arcilla de baja plasticidad.....	83
Tabla 20. Análisis granulométrico por tamizado de la arcilla de baja plasticidad .....	84
Tabla 21. Cuadro de la prueba de infiltración de la arcilla de baja plasticidad.....	84
Tabla 22. Análisis Granulométrico del limo con arena.....	86
Tabla 23. Preparación de columnas de infiltración del limo con arena .....	87
Tabla 24. Datos de la infiltración para cada muestra del limo con arena .....	87
Tabla 25. Contenido de humedad del agregado fino del limo con arena.....	88
Tabla 26. Análisis granulométrico por tamizado del limo con arena .....	88
Tabla 27. Cuadro de la prueba de infiltración del limo con arena .....	89
Tabla 28. Preparación de muestras .....	91
Tabla 29. Preparación de muestras .....	91
Tabla 30. Tasas de infiltración promedio por tipo de suelo .....	92
Tabla 31. Comparación de tasas de infiltración con normativas y teorías .....	92

## CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Secciones hidráulicas del canal.....	46
Figura 2. Pérdidas por infiltración en los canales .....	52
Figura 3. Superación de vaguadas con acueductos y sifones .....	53
Figura 4. Diferentes secciones transversales de canales .....	54
Figura 5. Trazado excavado en roca .....	55
Figura 6. Trazado con muro lateral.....	55
Figura 7. Trazado en tierras.....	55
Figura 8. Terraplén lateral .....	56
Figura 9. Preparación de muestras la arena arcillosa .....	68
Figura 10. Cilindro de infiltración .....	71
Figura 11. Gráfico de la prueba de infiltración de la arena arcillosa.....	75
Figura 12. Gráfico de la prueba de infiltración de la arena limosa.....	80
Figura 13. Gráfico de la prueba de infiltración de la arcilla de baja plasticidad .....	85
Figura 14. Gráfico de la prueba de infiltración del limo con arena .....	89

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema de investigación: ¿De qué manera se relacionan los tipos de suelos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023?, el objetivo fue: Determinar de qué manera se relacionan los tipos de suelos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023. La hipótesis fue que: Los resultados que relacionan los tipos de suelos serían significativos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023. La investigación fue de método científico, tipo básica, cuyo nivel de investigación fue explicativo y tuvo un diseño experimental; ya que hubo manipulación deliberada de la variable en estudio. La población estuvo constituida por los tipos de suelos en la comunidad campesina de Raquina. La muestra estuvo conformada por un canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023. El resultado más resaltante fue que los suelos arenosos presentan las tasas de infiltración más altas en ambas profundidades, con valores promedio de aproximadamente 15.05 mm/h en la capa superficial y 12.92 mm/h en la capa más profunda. Los suelos limosos muestran tasas de infiltración intermedias, con valores promedio de alrededor de 11.78 mm/h en la capa superficial y 10.92 mm/h en la capa más profunda. Los suelos arcillosos exhiben las tasas de infiltración más bajas, con valores promedio de aproximadamente 6.25 mm/h en la capa superficial y 4.68 mm/h en la capa más profunda. La conclusión final fue que los diferentes tipos de suelos tienen un impacto significativo en la capacidad de infiltración del canal. Los suelos con texturas más finas, como la arcilla, tienden a ser menos permeables y pueden reducir la infiltración del agua en el canal. Por otro lado, los suelos con texturas más arenosas suelen ser más permeables y permiten una mayor infiltración.

*Palabras clave:* Suelos, infiltración, canales y derivación.

## ABSTRACT

The present research had as its research problem: How are soil types related to the infiltration of the diversion channel in the rural community of Raquina, in the district of Pucará in the year 2023? The objective was: To determine how soil types are related to the infiltration of the diversion channel in the rural community of Raquina, in the district of Pucará in the year 2023. The hypothesis was that: The results relating the types of soils would be significant with the infiltration of the diversion channel in the peasant community of Raquina, in the district of Pucará in the year 2023. The research was of scientific method, basic type, whose research level was explanatory and had an experimental design; since there was deliberate manipulation of the variable under study. The population consisted of the types of soils in the farming community of Raquina. The sample consisted of a diversion canal in the rural community of Raquina, in the district of Pucará in the year 2023. The most striking result was that the sandy soils show the highest infiltration rates at both depths, with average values of approximately 15.05 mm/h in the surface layer and 12.92 mm/h in the deeper layer. The silty soils show intermediate infiltration rates, with average values of about 11.78 mm/h in the surface layer and 10.92 mm/h in the deeper layer. Clay soils exhibit the lowest infiltration rates, with average values of about 6.25 mm/h in the surface layer and 4.68 mm/h in the deeper layer. The final conclusion was that different soil types have a significant impact on the infiltration capacity of the channel. Soils with finer textures, such as clay, tend to be less permeable and can reduce water infiltration into the channel. On the other hand, soils with sandier textures tend to be more permeable and allow greater infiltration.

*Keywords:* Soils, infiltration, channels and diversion.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación tuvo como objetivo: Determinar de qué manera se relacionan los tipos de suelos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023, por ello esta investigación se realizó porque existe la necesidad de un adecuado análisis de la importancia de trabajar con los canales de derivación que son una parte importante de los proyectos de irrigación. El caudal, que es un factor clave en el diseño y el más importante en un proyecto de riego, se obtiene sobre la base del tipo de suelo, cultivo, condiciones climáticas, métodos de riego, etc. El tipo de suelo influye en la capacidad del canal para transportar agua y en la cantidad de agua que se pierde por infiltración. Por lo tanto, es importante seleccionar el tipo de suelo adecuado para los canales de derivación.

Para el adecuado desarrollo de esta investigación, estuvo estructurado en 06 capítulos, que se describen a continuación:

Capítulo I: Planteamiento del problema: En este capítulo se describió el planteamiento del problema, formulación del problema, justificación, delimitaciones, limitaciones y objetivos de la investigación.

Capítulo II: Marco teórico: En este capítulo se desarrolló los antecedentes y bases teóricas o científicas.

Capítulo III: Hipótesis: Señala las hipótesis y variables de la investigación.

Capítulo IV: Metodología: Aquí se desarrolló el método de investigación, tipo, nivel y diseño de investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos de recopilación de datos, técnicas y análisis de datos.

Capítulo V: Resultados: En este acápite se mostró los resultados de la investigación.

Capítulo VI: Análisis y discusión de resultados: En este acápite se mostró las discusiones de los resultados obtenidos en la investigación.

Finalmente, se expuso las conclusiones, recomendaciones, referencias, bibliografías y anexos.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción del Problema

En Colombia se está utilizando un número cada vez mayor de estudios numéricos acoplados para suelos parcialmente saturados, con el fin de evaluar estos retos y abordar cuestiones relacionadas con el impacto de la infiltración de agua en la estabilidad de taludes y terraplenes. Esta es una tendencia mundial que se está produciendo. Una de las principales causas del fracaso de estas construcciones es la disponibilidad de una serie de condiciones húmedas, que incluyen episodios de lluvia tanto prolongados como breves. Los suelos que sólo están parcialmente saturados suelen tener un mayor contenido de humedad cuando el agua penetra en ellos. Los cambios en la presión de los poros son el resultado de esto, y estos cambios finalmente conducen a una disminución de la succión del material y la resistencia al corte. Por todo ello, en el campo de la geotecnia aún quedan muchas preguntas sin respuesta sobre el fenómeno de la penetración de agua en suelos sólo parcialmente húmedos y cómo afecta a la formación. Esto se debe a que existe un gran potencial sin explotar en la materia. También se dan pasos similares en el proceso de creación de soluciones numéricas para la penetración del agua en un medio poroso. El objetivo de este estudio es examinar el impacto de las propiedades hidráulicas en el flujo transitorio de agua a través de taludes total o parcialmente saturados, así como las implicaciones de estos valores en la resistencia del talud. Adicionalmente, se estudian los patrones de drenaje e infiltración de aire y agua en suelos homogéneos o heterogéneos (García et al., 2016).

En Piura, los procesos involucrados en la realización de una labor en un determinado tipo de suelo reciben muy poca atención a nivel nacional. A pesar de que la mayoría de las personas ven lo rápido que un lugar abandonado se convierte en un proyecto de infraestructura,

muy pocas personas le dan importancia al trabajo que realizan los laboratorios que se encargan de realizar investigaciones de mecánica de suelos. Muchos tipos de empresas están bastante interesadas en estos estudios, ya que quieren saber en qué tipo de suelo se realizarán los proyectos, por la razón que sea. El laboratorio del Centro de Estudios Geológicos-Geotécnicos y Mecánica de Suelos realiza un estudio de tipo de suelo, el cual es crucial para brindar a la población de Piura el servicio necesario. Además, son igualmente cruciales los análisis que realizan para los estudios académicos y, en consecuencia, las actividades en las que participan los alumnos para aprender. Pero las muestras de suelos que traen los solicitantes del servicio ya tienen el diagnóstico, cuyas variables son los pesos; estos diagnósticos, sin embargo, deben ser confirmados en el laboratorio, lo que requiere un minucioso proceso de análisis de estos suelos con diversas herramientas y aparatos. El laboratorio dispone de varios archivos manuales de los análisis granulométricos realizados hasta la fecha. Estos manuales tienen limitaciones principalmente en términos de rapidez, ya que cada análisis requiere una cantidad de tiempo considerable para diagnosticar un tipo de suelo diferente o similar a otro anterior. En otros casos, hay que analizar las muestras de suelo que no tienen diagnóstico y el tipo de suelo, pero en cualquier caso es necesario confirmarlo con una herramienta informática. Además, los técnicos necesitan un mecanismo ágil de apoyo, como la capacidad de recordar un análisis que se hizo sobre un determinado tipo de suelo con anterioridad y dar una solución cuando se presente un caso similar. Teniendo en cuenta la cantidad de demanda que existe para reconstruir la región después de los desastres naturales que sufrió, es necesario contar con un sistema de apoyo para este trabajo (Sullón, 2021).

Para muchas de estas instalaciones es un reto regular de manera aceptable el caudal de agua que se capta localmente en las zonas rurales de Huancayo, ya que carecen de compuertas móviles. Además, permiten el paso de sedimentos y otros objetos, lo que indica la necesidad de un mantenimiento adicional de los canales. Por otro lado, los sistemas de conducción y distribución presentan pérdidas por infiltración debido a la falta o falla del revestimiento (menos del 10% de la longitud del canal está revestida). Esto provoca pérdidas por infiltración. Los problemas a los que se enfrenta la actividad agrícola son consecuencia de la existencia de la infraestructura de riego (distribución inadecuada de los recursos hídricos, pérdidas por infiltración a lo largo de su longitud, no cubre todas las necesidades hídricas de los cultivos), la falta de interés de las autoridades del distrito, la falta de formación de los agricultores y su escasa capacidad de organización; todos estos factores contribuyen a que los agricultores utilicen insuficientemente los recursos hídricos.

## **1.2. Delimitación del Problema**

### **1.2.1. Espacial**

Esta investigación se realizó en el año 2023 dentro del municipio de Pucará, más específicamente dentro de la vereda Raquina, que es un asentamiento rural.

### **1.2.2. Temporal**

Entre los meses de abril y agosto del año 2023, la investigación se realizó durante todo el periodo de tiempo.

### **1.2.3. Conceptual**

La implementación de la propuesta tuvo como propósito establecer el desarrollo del tema de tipos de suelo e infiltración. Esto se debe a que el hecho de que los tipos de suelo y la infiltración sean los factores que se investigan en esta investigación en particular es la razón por la que se realizó la propuesta.

## **1.3. Formulación del Problema**

### **1.3.1. Problema General**

¿De qué manera se relacionan los tipos de suelos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023?

### **1.3.2. Problemas Específicos**

- a) ¿De qué manera se relaciona la arena arcillosa con la infiltración de un canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023?
- b) ¿De qué manera se relaciona la arena limosa con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023?
- c) ¿De qué manera se relaciona la arcilla de baja plasticidad con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023?
- d) ¿De qué manera se relaciona el limo con arena con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023?

## **1.4. Justificación**

### **1.4.1. Social o práctica**

Un estudio de investigación puede aportar una comprensión más profunda, además de contribuciones prácticas directas o indirectas relacionadas con el escenario del mundo real investigado. Es crucial recordar que se considera que un estudio tiene una razón práctica cuando ayuda a resolver problemas o, como mínimo, ofrece sugerencias de tácticas que, si se aplican, ayudarán a resolver problemas. Además, es fundamental subrayar que los proyectos de investigación de pregrado suelen ser ventajosos (Fernández, 2020). En respuesta a la necesidad de un estudio de este tipo, se llevó a cabo una investigación exhaustiva sobre la importancia de trabajar con canales de derivación, una parte crucial de los proyectos de riego. Probablemente, la característica más importante de cualquier proyecto de riego es su caudal, que también es una parte crucial del diseño. En el proceso de cálculo se incluyen numerosos aspectos, como el cultivo, el tipo de suelo, el clima, las técnicas de riego y otras variables. La cantidad de agua que se filtra por infiltración y la capacidad del canal para mover el agua están correlacionadas con el tipo de suelo sobre el que se construye el canal. Por ello, es crucial seleccionar el tipo de suelo adecuado para los canales de derivación.

### **1.4.2. Científica o teórica**

La fundamentación teórica incluye también un resumen de las lagunas de conocimiento actuales que la investigación pretende colmar para alcanzar sus objetivos. Es habitual encontrar pasajes en varios artículos que plantean dudas sobre el valor de la investigación. La principal explicación que puede encontrarse en estas secciones es la base teórica. Son varios los argumentos que pueden esgrimirse sobre la importancia de la investigación desde una perspectiva teórica, según Álvarez (2020). El propósito de esta investigación fue mejorar, confirmar o fortificar nuestro conocimiento sobre los diversos tipos de suelo y la infiltración. Un objetivo adicional del estudio fue lograr resultados positivos respetando las limitaciones que existen actualmente en el Perú.

### **1.4.3. Metodológica**

Como afirma Rincón (2020), se refuerza con el desarrollo de técnicas, instrumentos, marcos o enfoques de investigación novedosos que arrojen datos precisos y fiables. El desarrollo y aplicación de instrumentos de recolección de datos sobre tipos de suelo e infiltración sería beneficioso para que cualquier otro investigador examine, mediante métodos científicos, escenarios susceptibles de investigación científica una vez establecida

su validez y confiabilidad. Este sería el caso una vez construidos los instrumentos. Este sería el caso una vez finalizado el procedimiento de comprobación de su fiabilidad y validez. La utilización de este aparato se ha extendido a nuevos proyectos de investigación.

## **1.5. Limitaciones**

No se tuvieron limitaciones trascendentales.

## **1.6. Objetivos**

### **1.6.1. Objetivo General**

Determinar de qué manera se relacionan los tipos de suelos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- a) Analizar de qué manera se relaciona la arena arcillosa con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.
- b) Analizar de qué manera se relaciona la arena limosa con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.
- c) Analizar de qué manera se relaciona la arcilla de baja plasticidad con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.
- d) Analizar de qué manera se relaciona el limo con arena con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **Antecedentes internacionales**

Urriola (2023), en su tesis *Evaluación productiva de Eucalyptus granáís Hill Ex Maiden asociadas a distintos manejos de acuerdo con el tipo de suelo en Entre Ríos, Argentina*, el objetivo fue estudiar la respuesta productiva de Eucalyptus granáís cuando se establecieron diferentes manejos en suelos con características contrastantes. Se tomó un enfoque descriptivo en este análisis cuantitativo, que se llevó a cabo utilizando una metodología que no involucró experimentos. Para elegir la población, se utilizaron el muestreo no probabilístico y una muestra censal. La población consistió en el tipo de suelo que se sabe está presente en Entre Ríos, Argentina. Las herramientas que se utilizaron para la recopilación de datos fueron formularios, y el método que se utilizó fue la observación estructurada. Un estudio del suelo a nivel de estratos permitió una evaluación de las consecuencias de la preparación del suelo, así como posibles ajustes en las características físicas y químicas del suelo, lo que podría resultar en modificaciones de las variables hidrológicas y físicas del suelo. Esto fue demostrado por los hallazgos principales. Dentro del alcance de esta investigación, se evaluaron las cantidades de arena, limo y arcilla presentes en el suelo, además del nivel de pH y la cantidad de materia orgánica (MO). Además, la textura del suelo se clasificó como franco arcillo arenoso basado en la distribución del tamaño de las partículas. La arena constituía el 52.25 por ciento del suelo, mientras que la arcilla constituía el 27.63 por ciento y el limo constituía el 20.12 por ciento del suelo. Se tomaron muestras tanto de la PL como del ES para cada una de las variables que se estaban evaluando. Los resultados, por otro lado, no sugirieron diferencias aparentes entre los puntos de muestreo para las variables que se estaban analizando. Los hallazgos del DTP indican

que los niveles son equivalentes para los tratamientos S, C y C+S en la capa de 0-20 cm, con el limo y la arcilla representando aproximadamente la mitad de la concentración total. A lo largo de cada tratamiento, se observó que la concentración de MO variaba de capas a estratos. Hubo diferencias entre tratamientos, particularmente en el estrato de 15-20 cm, siendo  $S > C+S > C$  de mayor a menor en orden de tratamiento y S el más bajo. No hubo discrepancias en los niveles de pH entre los diferentes tratamientos o estratos. En el proceso de preparación del suelo para *Eucalyptus grandis*, se encontró que los tratamientos que implicaban el desarrollo de camellones tenían el mejor desempeño en variables dendrométricas (DBH y BA), según los hallazgos. En términos de las propiedades hidrofísicas que se evaluaron, los resultados más favorables fueron sugeridos por las diferencias significativas entre tratamientos en términos de sorptividad y estabilidad estructural en los tratamientos que contenían camellones, así como el PMP, lo que implica una mayor capacidad de agua accesible. A pesar de que los valores promedio fueron menores en los tratamientos C y C+S, los valores absolutos de materia orgánica (MO) fueron aproximadamente del 4% en la superficie y del 2% en la capa subsuperficial según los resultados del estudio. Aunque el tratamiento C+S mostró variaciones significativas a lo largo del perfil en la LP cuando se evaluó la PR del suelo, estas diferencias se hicieron menos pronunciadas a medida que nos acercamos al ES. Además, los perfiles que se evaluaron revelaron que C y C+S tenían un mayor número de raíces que los otros perfiles.

Viveros (2018), en su tesis *Importancia de las condiciones de humedad y tipo de suelo de desplante en el desempeño de un pavimento para la ciudad de Morelia*, el objetivo del estudio fue determinar las principales causas del deterioro del pavimento de la Avenida Solidaridad en la ciudad de Morelia y analizar los efectos de muchos factores, incluyendo el tipo de suelo, el contenido de humedad, la densidad y la humedad. Mejorar las circunstancias de diseño local era el objetivo final. El estudio se realizó mediante una técnica cuantitativa y no tuvo un diseño experimental. La población de la muestra fue un pavimento que sirvió como muestra representativa para la ciudad de Morelia. La muestra se creó utilizando técnicas de muestreo tanto no probabilísticas como censales. La técnica utilizada fue la observación estructurada y las herramientas utilizadas fueron fichas de recolección de datos. El módulo de resiliencia más alto se obtiene cuando el desviador se reduce en un porcentaje de humedad cercano al tres por ciento, según los principales hallazgos. Esto ocurre porque el desviador está más cerca de su humedad óptima. En cambio, el MR sufre un descenso notable y fallos de funcionamiento antes de completar los 15 ciclos de carga. Esto se debe a que cuando la humedad está entre 1,73% y 0%, falta cohesión entre sus partículas. La acumulación de puntos

obtenidos de las evaluaciones realizadas durante la segunda fase de esta materia. Además, aunque el MR obviamente necesita valores más bajos que en la etapa 1, se observa un patrón de comportamiento más consistente. Las lecturas de RM más cercanas al nivel de humedad óptimo del 3,95 por ciento son las más altas. Después de pensarlo un poco, se decidió que el objetivo de esta investigación es brindar conocimiento confiable, ayudar a la sociedad y abordar los desafíos que actualmente se relacionan con los canales de comunicación. por lo que se eligió este tema en particular ya que se considera de suma importancia para la ergonomía y comodidad de los usuarios que conducen en carreteras, dando dirección y entusiasmo a esta investigación.

Orellana (2017), en su tesis *Influencia del tipo de suelo en la combinación óptima de factores de carga para diseño sísmico*, el objetivo de este estudio fue ilustrar cómo los factores de carga correctos se ven afectados por el tipo de suelo en el que se ubican las estructuras. Al ser de carácter descriptivo, el estudio fue de abordaje cualitativo y no experimental en su diseño. La muestra se obtuvo mediante muestreo censal y no probabilístico; la población comprendía un tipo particular de suelo empleado en el diseño sísmico. La técnica utilizada fue la observación estructurada y las herramientas utilizadas fueron fichas de recolección de datos. Los resultados más significativos indican que los dos grupos de edificios de hormigón armado construidos con las diferentes combinaciones de factores de carga indicadas anteriormente fueron construidos utilizando los métodos mencionados anteriormente. Los dos tipos distintos de suelo que se tienen en cuenta (firme y blando) son la base de los grupos. Los costos indicados se convierten para determinar el valor presente del dinero. Estamos considerando una tasa de interés anual del 5%. Además, se estimó la tasa promedio anual de falla estructural y se verificó que la combinación elegida de factores de carga produciría una tasa de falla anual menor o igual al promedio. Es posible observar una variación en el costo global esperado de los daños, tanto hacia arriba como hacia abajo. Este patrón se considera inesperado ya que se espera que los costos de daños previstos disminuyan a medida que aumenta el factor de carga gravitacional (FCM y FCV). Esta tendencia ocurre porque los diseños de estructuras sobre suelo blando permiten una mayor estabilidad del sistema estructural frente a cargas laterales (terremotos) al elevar el factor de carga viva (Fcv) y el factor de carga muerta (FCM). Esto significa que mientras aumenta la cantidad de acero en las vigas, disminuye la cantidad de acero en las columnas. debido a esto, se puede usar la menor cantidad de acero en las columnas cuando se tiene en cuenta un factor de carga de gravedad alto, lo que hace que los edificios sean más propensos a sufrir daños (ya que los costos esperados de los daños son más altos). La

incertidumbre que se desarrolla a lo largo del proceso de obtención de la distorsión asociada a la capacidad última es otro de los motivos que propicia la aparición de estas anomalías. Después de pensarlo un poco, se decidió que el objetivo de esta tesis es observar cómo el tipo de suelo afecta la mejor combinación posible de factores de carga (terremoto, viva y muerta) que se utilizan al construir estructuras. Se utiliza una metodología de optimización de costos para analizar dos conjuntos de edificios de hormigón armado para lograr este objetivo. En el primer grupo se ubicaron edificios de cuatro, siete y diez pisos sobre suelo firme, mientras que en el segundo grupo se ubicaron edificios de seis, doce y dieciséis pisos sobre suelo blando en la Ciudad de México.

Contreras (2020), en su tesis *Cuantificación de la infiltración superficial en pavimentos flexibles mediante pruebas In-Situ*, el objetivo era evaluar el potencial de deterioro del pavimento y el control de calidad de la capa asfáltica, así como estimar la cantidad de agua que se filtra a través de las grietas superficiales de un pavimento mediante experimentos de campo. Fue una investigación descriptiva no experimental utilizando una metodología cualitativa. Los pavimentos flexibles se incluyeron en la población mediante pruebas in situ, mientras que para crear la muestra se utilizó un muestreo no probabilístico y un censo. Las hojas de recolección de datos fueron los instrumentos, mientras que la observación organizada fue el método. Los resultados principales mostraron que las pruebas restantes se completaron sin problemas, lo que resultó en una infiltración promedio de 3.725 l/m/m<sup>2</sup> en las zonas libres de grietas. En los ensayos de superficies fracturadas se descubrieron valores de infiltración que oscilaron entre 8,16 y 52,09 l/m/m<sup>2</sup>, y se detectaron grietas que afectaron del 4 al 6% de la superficie. La otra colección de ensayos en esta intersección. En esta zona se realizaron siete pruebas; A excepción de la prueba "Carretera 5", los resultados muestran cierta semejanza con algunos de los valores encontrados en el sitio anterior. La infiltración promedio en las zonas libres de fisuras fue de 0,995 l/m/m<sup>2</sup>; en las zonas que presentaron grietas el rango fue de 7,39 a 25,93 l/m/m<sup>2</sup>; y el porcentaje de agrietamiento llegó al 5,807%. La prueba "Highway Interchange 5" tuvo la particularidad de que requirió un caudal de 3.174 cm<sup>3</sup>/s en la primera etapa, lo que provocó un rápido vaciado del matraz debido a la gran demanda de agua de la botella de Mariotte. Debido a esto, tan pronto como terminó la primera prueba, se realizó una segunda prueba en el mismo lugar usando el mismo aparato, simplemente recargando las botellas de Mariotte y reanudando las lecturas del sensor. Con una tasa de penetración reducida en esta segunda prueba, el valor medio obtenido fue de 1.935 cm<sup>3</sup>/s. Finalmente, se integró la información recopilada de las dos mediciones. pruebas en un solo gráfico para realizar un estudio exhaustivo y 116,91 l/m/m<sup>2</sup>

como infiltración media. El medidor de infiltración desarrollado resultó ser muy adecuado para pavimentos flexibles y razonablemente sencillo de instalar. Su excelente diseño quedó demostrado aún más por el hecho de que no causó ningún problema ni evento inesperado durante las pruebas de campo. En cuanto a su diseño, la inclusión de dos anillos permitió una infiltración vertical del flujo, evitando cambios en la disminución por posibles escurrimientos laterales en el aparato. Asimismo, se mantuvieron circunstancias estables sin variación de la presión hidrostática en las pruebas debido a la variante de prueba “Altura Constante”.

Andriulo et al. (2019), en su artículo *Calibración de parámetros de un modelo de infiltración en la Cuenca Alta del Arroyo Pergamino*, este estudio se propuso determinar los parámetros de la ecuación de infiltración de Green Ampt en la cuenca alta del Arroyo Pergamino y calibrarla. Esto se llevaría a cabo con dos intensidades de lluvia diferentes, en diversos entornos y con una variedad de usos del suelo. Un diseño no experimental, un enfoque cuantitativo, un nivel explicativo y un estudio descriptivo son todos componentes de esta investigación. La población del estudio estaba compuesta por la infiltración que tuvo lugar en la Cuenca Alta del Arroyo Pergamino, mientras que la muestra se conformó con datos censales y muestreo no probabilístico. La metodología que se utilizó se conoce como observación estructurada, y los instrumentos que se utilizaron fueron formularios de recopilación de datos. A pesar de que también se descubrieron suelos franco arenosos y francos en los hábitats inferiores, los hallazgos principales indicaron que los suelos franco limosos constituían la mayor parte de la textura del suelo superficial en las áreas que se investigaron. Se presentan el valor promedio y su variabilidad, junto con la distribución de partículas, el pH, el contenido de carbono orgánico y la densidad aparente estimada. Además, también se proporciona el valor promedio. Estos números comprenden el peso de la materia seca de los residuos de cultivos que están organizados en el suelo, así como la cobertura vegetal relacionada con el pasto, los cuales corresponden a la capa superficial de cada hábitat que se evaluó. En el entorno agrícola, los suelos tenían una distribución de partículas diferente a la de los suelos en el entorno ganadero. Los suelos en el entorno ganadero tenían una mayor proporción de arena y una menor proporción de arcilla. Los tamaños de partículas más variados se encontraron en los suelos ubicados alrededor del arroyo. Los valores de este parámetro fueron significativamente menores en las áreas ganaderas en comparación con las áreas agrícolas cuando la precipitación fue de 60 milímetros por hora. Este fue el caso a pesar de que hubo diferencias porcentuales significativas en los valores promedio de  $K_e$  al aplicar dos intensidades de precipitación diferentes, cuando los suelos estaban ubicados en diferentes posiciones del paisaje, o al

comparar lo que ocurría en tierras con diferentes aptitudes para uso. En este caso particular, los únicos resultados que se consideraron notables fueron esos.

Gualpa (2017), en su tesis *Evaluación de la influencia del espesor de una carpeta asfáltica porosa, en la infiltración del agua superficial de una vía*, este estudio se realizó con la intención de determinar cómo el espesor de una capa asfáltica porosa influye en la cantidad de agua que penetra en la superficie. En este estudio se utilizó un enfoque cuantitativo, un diseño no experimental y un nivel explicativo, que utilizó una metodología descriptiva. Para construir la muestra se utilizó un muestreo no probabilístico y un censo. La población era una capa porosa de asfalto y la muestra se diseñó para representar a la población. El equipo que se utilizó fue fichas de recolección de información y el enfoque que se utilizó fue la observación estructurada. Como lo señalan AASHTO T-245, 2012 y ASTM D-1559, 1989, los resultados principales fueron que las briquetas se fabricaron utilizando la metodología Marshall. Esta metodología requirió la aplicación de cincuenta golpes de compactación a cada lado de la biqueta para cerrar los espacios vacíos que pudieran haber estado presentes. A continuación se utilizó el método cántabro para determinar la proporción óptima de asfalto y las briquetas se sometieron a pruebas de desgaste utilizando equipos de abrasión procedentes de Los Ángeles. Luego se determinó la permeabilidad inicial midiendo el volumen de vacío contenido dentro de las briquetas. Esto se hizo con el fin de establecer el parámetro de diseño. Utilizando el método Marshall, se fabricaron seis briquetas para el diseño. La cantidad de asfalto se modificó en incrementos de 0,50%, es decir, 3,50%, 4,00%, 4,50%, 5,00% y 5,50%, y los componentes de piedra se ajustaron de la misma manera. AASHTO T-245, 2012 y ASTM D-1559, 1989 recomiendan que se calienten a 110 grados Celsius, mientras que el cemento asfáltico se calienta a 145 grados Celsius. Con base en los resultados obtenidos del ensayo de viscosidad y el trazado de la curva reológica del cemento asfáltico, el laboratorio realizó una estimación de las temperaturas de mezclado y compactación empleando criterios de  $170 \pm 20$  Pa.s y  $280 \pm 30$  Pa.s. respectivamente. Para evaluar la capacidad óptima de infiltración de aguas superficiales utilizando el permeámetro de carga variable LCS, se decidió fabricar tejas drenantes de mezcla asfáltica con espesores de 2 pulgadas, 3 pulgadas y 4 pulgadas. Fue necesario describir los componentes de piedra y betún asfáltico de acuerdo con los estándares establecidos por AASHTO y ASTM para garantizar que el diseño de la mezcla asfáltica de drenaje pudiera cumplir con los criterios técnicos. Se considera que una combinación es abierta o drenante si tiene más de veinte por ciento de vacíos, según lo determina el estudio que se realiza actualmente. Los valores de 22.12%, 21.40% y 20.78%, respectivamente, se obtuvieron con

base en las concentraciones de asfalto de 3.5%, 4% y 4.5%; por tanto, se puede concluir que estas mezclas se encuentran dentro del rango de lo que se considera mezclas permeables.

García et al. (2016), en su revista *Análisis numérico del proceso de infiltración de agua y localización de deformación en suelos parcialmente saturados*, el objetivo era proporcionar simulaciones unidimensionales y bidimensionales del proceso de infiltración de agua en suelos parcialmente húmedos empleando una técnica acoplada de infiltración-deformación. Esta investigación tiene un diseño no experimental, una metodología cuantitativa, un nivel explicativo y un estudio descriptivo. La muestra se obtuvo mediante muestreo censal y no probabilístico, y la población estuvo constituida por suelos con un nivel de saturación modesto. La técnica utilizada fue la observación estructurada y las herramientas utilizadas fueron fichas de recolección de datos. Los principales hallazgos afirman que cuando la deformación unitaria acumulada no recuperable de un suelo excede el 5%, se considera que ha fallado en la práctica. Este es el caso al realizar un análisis de deformación. Los intervalos de deformación se adquieren con este número a más tardar 35 horas después del inicio de la infiltración. Cuarenta horas después de que aparece la deformación por primera vez, la base de la pendiente experimenta los primeros indicios de una deformación visco plástica superior al 1,5 por ciento. Estas deformaciones relativamente pequeñas conducen a la construcción de una superficie de falla, que se eleva constantemente desde la base del talud hasta su cima. Es posible observar que la superficie de falla presenta deformaciones superiores al cinco por ciento a lo largo de casi toda la superficie después de una simulación de cuarenta y siete horas. Tras un examen de la progresión temporal de la deformación visco plástica, se observa una falla de tipo rotacional en el talud. Esta superficie localizada se forma debido a dos procesos principales: el aumento del peso de la masa del suelo y la disminución de la resistencia al corte provocada por la penetración de la precipitación. La superficie de falla que reveló la simulación es un subproducto inevitable del procedimiento de infiltración. En consecuencia, esta metodología analítica puede aplicarse como un medio para adquirir evaluaciones de estabilidad más precisas de terraplenes y taludes. Se ha demostrado que los problemas con suelos parcialmente saturados son comunes en el ámbito de la ingeniería. El estudio de este fenómeno se ha realizado mediante modelización numérica, que permite insertar diferentes condiciones de contorno para analizar escenarios reales e hipotéticos relacionados con la infiltración de agua. El modelo acoplado de infiltración-deformación que se ha proporcionado permite analizar los mecanismos que conducen al avance de los flujos de agua en suelos homogéneos o

estratificados mediante el seguimiento de los cambios en la succión, la saturación y las deformaciones causadas por cambios en las tensiones efectivas.

### **Antecedentes nacionales**

Vilca (2022), en su tesis *Fitorremediación de Cadmio con especies herbáceas en diferentes tipos de suelo en condiciones de invernadero, Amazonas*, con la ayuda de invernaderos en el departamento de Amazonas, el propósito del estudio fue evaluar la capacidad fitorremediadora del cadmio en dos sustratos diferentes. La investigación fue de carácter descriptivo y utilizó un método cuantitativo junto con un enfoque de planificación experimental. Para la recopilación de datos, se utilizaron enfoques metodológicos de muestreo no probabilístico y censal. La población estaba compuesta por especies herbáceas cultivadas en invernaderos con una variedad de diferentes tipos de suelo. El método utilizado fue la observación estructurada, y los instrumentos utilizados fueron formularios de recopilación de datos. Los hallazgos principales mostraron que el desarrollo de plantas solanáceas con el mismo sustrato pero sin la aplicación de CdCl<sub>2</sub> resultó en la menor altura promedio, que fue de 27.18 centímetros. Por otro lado, el crecimiento de cadillo con el sustrato S2 (que consiste en mitad arena, una parte suelo agrícola y una parte turba) y una concentración de 10 ppm de CdCl<sub>2</sub> reveló el promedio más alto, que también fue de 27.18 cm. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas con respecto al área foliar. En términos de tres factores, especialmente el número de brotes ( $19.00 \pm 1.87$ ), peso fresco ( $26.70 \pm 6.45$ ) y peso de hojas secas ( $5.77 \pm 0.99$ ), el sustrato S2, cuando se combinó con cadillo y 10 ppm de CdCl<sub>2</sub>, tuvo el promedio más alto en las tres variables. La planta solanácea, con el sustrato S2 y 0 ppm de CdCl<sub>2</sub>, tuvo 5.40 para el número de brotes, mientras que los tratamientos con plantas solanáceas, sustrato S1, y 0 y 10 ppm de CdCl<sub>2</sub> tuvieron un promedio de 10.90 g para el peso fresco de las hojas y peso seco de las hojas, con plantas solanáceas, sustrato S1, y 0 y 10 ppm de CdCl<sub>2</sub> teniendo un promedio de 2.27 g para ambos tratamientos. Cuando se compara con el promedio más bajo, que fue de 5.40 para el número de brotes, esta es una diferencia significativa. La Tabla 5 revela que la planta solanácea que se cultivó en el sustrato S2 y no fue expuesta a CdCl<sub>2</sub> tuvo una mayor conductancia estomática e índice de clorofila (SPAD), con valores de 488.02 y 62.79, respectivamente. Esto en relación con los dos factores que se están considerando. La conductancia estomática (94.60) y el índice de clorofila (47.08) del cadillo con sustrato S2 y 5 ppm de CdCl<sub>2</sub> fueron más bajos que los del cadillo con sustrato S1 y 10 ppm de CdCl<sub>2</sub> en el experimento. Este fue el caso porque el cadillo con sustrato S2 tenía un mayor contenido de clorofila. En términos de características morfológicas, se descubrió que la

mayoría de ellas demostraron mejores resultados en suelos que tenían un pH del sustrato de 5.53 y una concentración de cadmio. La gran mayoría llegó a esta conclusión. La evidencia de que la planta está sometida a estrés fisiológico cuando se expone a concentraciones mayores de cadmio se proporciona por el hecho de que las dos variables fisiológicas que se están analizando mostraron valores altos en tratamientos que no incluían cadmio.

Sullón (2021), en su tesis *Sistema de razonamiento basado en casos como apoyo al diagnóstico del análisis de tipos de suelos*, el objetivo del proyecto fue construir un Sistema de Razonamiento Basado en Casos para apoyar el diagnóstico de estudios de tipo de suelo en el centro de investigaciones geológico-geotécnica y mecánica de suelos de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Piura. Se aplicaron un diseño cuasi - experimental y una técnica cuantitativa durante la duración de este estudio práctico. La población de muestra consistió en los registros que ya estaban en el laboratorio de mecánica de suelos, y la muestra se obtuvo utilizando técnicas de muestreo tanto censal como no probabilístico. Los formularios para la recopilación de datos fueron los instrumentos utilizados, y la metodología empleada se denominó "observación estructurada". La puntuación de 0.932, que se sitúa entre 0.81 y 1.00 en la tabla de acuerdo de kappa de Cohen, sugiere que la fuerza del acuerdo es generalmente aceptable. Los datos más significativos indican que el estudio diagnóstico del tipo de suelo realizado por el ingeniero geólogo y el sistema RBC arrojó un valor de 0.932. Esto se determinó utilizando las herramientas de software IBM SPSS y el indicador estadístico kappa. Según las evaluaciones porcentuales de la satisfacción del cliente, el 100% de los usuarios dijeron estar muy satisfechos, el 0% dijo estar neutral, descontento o muy insatisfecho, y el 0% dijo estar excepcionalmente decepcionado. Al responder preguntas sobre su nivel de satisfacción con el producto o servicio, los clientes han dado respuestas positivas. Esto es muy relevante porque muestra que los clientes están realmente satisfechos con el enfoque RBC. Es posible confirmar a través de la verificación que los encuestados a las preguntas utilizadas para medir su nivel de satisfacción han dado respuestas afirmativas. El procedimiento utilizando el sistema RBC es mucho más rápido que el manual cuando se utiliza en el laboratorio del centro de estudio geológico-geotécnico y de mecánica de suelos en la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional de Piura. La discrepancia de 766 segundos que se obtuvo, o 12 minutos y 7 segundos, sirve como evidencia de esto. Después de diseñar el sistema de razonamiento basado en casos del sistema, esta fue la conclusión a la que se llegó. En un intento de agilizar el proceso en términos de disponibilidad de información, el examen diagnóstico del tipo de suelo se realizó de esta manera.

Flores (2018), en su artículo *Determinación del tipo de suelo y potencial de colapso del suelo del Puesto de Salud Intiorko distrito de Ciudad Nueva, departamento de Tacna - 2017*, el objetivo fue recolectar muestras de suelo del Puesto de Salud de Intiorko, el cual se encuentra ubicado en el distrito de Ciudad Nueva del departamento de Tacna. Además, las muestras de suelo debían ser analizadas en un laboratorio para determinar sus propiedades mecánicas, químicas y físicas. Finalmente se realizó la prueba de colapso in situ con el fin de determinar si la muestra de suelo tenía o no capacidad de colapsar. Mediante la utilización de una técnica cuantitativa y un diseño experimental, este estudio fue una investigación aplicada. La población estuvo constituida por el territorio que comprendía el área del Puesto de Salud de Intiorko en Ciudad Nueva. La muestra se creó mediante el uso de una técnica de muestreo no probabilístico en conjunto con un censo. El equipo que se utilizó fue fichas de recolección de información y el enfoque que se utilizó fue la observación estructurada. Los hallazgos más importantes fueron que el suelo de la zona investigada está clasificado como arena limosa (SM), con una gravedad específica de sólidos de aproximadamente  $2.60 \text{ gr/cm}^3$ , un límite líquido menor al 30%, sin límite plástico, contenido de humedad inferior al 5% y una densidad relativa inferior al 40%. Estos hallazgos se derivaron de investigaciones anteriores. Con base en los resultados de las pruebas de corte directo realizadas en laboratorio utilizando muestras remodeladas, se descubrió que la cohesividad ( $c = 0,00$  a  $0,277 \text{ kg/cm}^2$ ) y el ángulo de fricción ( $22,00$  a  $22,89$  grados) no son constantes. Utilizando el aparato triaxial y el ensayo no consolidado no drenado, también fue posible determinar el coeficiente de cohesividad, que resultó ser de  $0,00 \text{ kg/cm}^2$ , así como el ángulo de fricción, que resultó ser de 26 grados. En cambio, mediante la prueba de carga de la placa se encontró que el valor de cohesión era de  $0,00 \text{ kg/cm}^2$  y que el ángulo de fricción era de 30,00 grados. Estos resultados se obtuvieron mediante experimentos in situ. Además, la cohesividad puede oscilar entre  $0,275$  y  $0,335 \text{ kg/cm}^2$  en el distrito de Ciudad Nueva, y el ángulo de fricción puede oscilar entre 22,12 grados y 36,60 grados dependiendo de la densidad y concentración de sales solubles totales. Ambos valores están determinados por las sales solubles totales. Para determinar el módulo de elasticidad se utilizaron muestras que habían sido remodeladas y los resultados oscilaron entre 98 y  $275 \text{ kg/cm}^2$ . Se obtuvieron valores de  $440 \text{ kg/cm}^2$  mediante la prueba de carga de placa durante las pruebas in situ, y valores que oscilaron entre 139 y  $992 \text{ kg/cm}^2$  mediante la prueba MASW. Luego de una investigación en profundidad, se concluyó que la prueba de carga de placa debe utilizarse para determinar la tensión para la cual las deformaciones son proporcionales a las tensiones y asentamientos causados por el colapso de la estructura del suelo como resultado de un aumento en la cantidad de humedad presente. Gracias a esto, podemos comprender el comportamiento

tensión-deformación del suelo en su estado natural. Del mismo modo, se recomienda utilizar cimentaciones o vigas de cimentación conectadas para contrarrestar los posibles asentamientos que puedan provocar la humedad en los edificios y redistribuir las tensiones.

Flores (2017), en su tesis *Determinación del tipo de suelo y potencial de colapso del suelo del puesto de salud Intiorko, distrito de Ciudad Nueva, departamento de Tacna-2017*, la determinación del tipo de colapso del suelo y su probabilidad de ocurrencia se realizó en el Puesto de Salud de Intiorko, ubicado en el distrito de Ciudad Nueva del departamento de Tacna. Una técnica cuantitativa y una metodología experimental fueron utilizadas en la investigación, aplicadas a una situación basada en el mundo real. La población se encontraba en la región ocupada por el Centro de Salud Intiorko, ubicado en el departamento de Tacna y el distrito de Ciudad Nueva. La muestra se obtuvo mediante una combinación de muestreo no probabilístico y un enfoque de censo. La metodología utilizada se conoció como observación estructurada, y los instrumentos utilizados fueron formularios de recopilación de datos. Cuando se evaluaron muestras remodeladas en un laboratorio y en su forma natural, las principales conclusiones mostraron que la probabilidad de colapso variaba entre el 1.74 por ciento y el 1.76 por ciento. Este fue el porcentaje que se encontró más significativo. Según la norma E.050 Suelos y Cimentaciones, el suelo franco arenoso presente en la Institución Educativa César Augusto Cohaila Tamayo N° 42250, ubicada en el distrito de Ciudad Nueva, no presenta problemas significativos. Su potencial de colapso no supera el 5.00%, lo que justifica esta afirmación. El análisis granulométrico de partículas se lleva a cabo de acuerdo con la norma NTP 339.128 ASTM D422, tomando aproximadamente 500 gramos de material en estado seco, pasándolo a través de una secuencia de tamaños de malla decrecientes, midiendo la cantidad de suciedad capturada en cada tamiz y calculando porcentajes acumulativos. Luego, se utiliza un gráfico semilogarítmico para trazar la curva que representa la proporción de suelo que puede pasar a través de las aberturas del tamiz. Se ha encontrado que el tipo de suelo del Centro de Salud Intiorko, ubicado en el distrito de Ciudad Nueva y el departamento de Tacna, es suelo franco arenoso suelto. Cuando este tipo de suelo se somete a una capacidad de carga permitida de un kilogramo por centímetro cuadrado, hay una pequeña posibilidad de que se asiente. El suelo del Centro de Salud Intiorko, situado en el barrio de Ciudad Nueva del departamento de Tacna, posee una serie de características que contribuyen a una mayor probabilidad de colapso parcial. Estas características incluyen las propiedades físicas, mecánicas y químicas del suelo.

Arriola et al. (2019), en su artículo *Análisis de las curvas de infiltración para determinar caudales máximos en zonas de escasa información ante eventos extremos*, al considerar la improbable ocurrencia de un futuro fenómeno de El Niño, que se considera un evento extremo altamente probable, el objetivo fue investigar las curvas de infiltración en lugares donde hay escasez de datos. Mediante la utilización de una técnica cuantitativa y un diseño experimental, este estudio fue una investigación aplicada. Se utilizaron curvas de infiltración para representar la población, mientras que para representar la muestra se utilizaron datos censales y de muestreo no probabilístico. El equipo que se utilizó fue fichas de recolección de información y el enfoque que se utilizó fue la observación estructurada. Para conocer los valores promedio de infiltración, los principales hallazgos fueron que los agrupamientos predominantes de suelos para variaciones de infiltración que van desde 100 mm/hr a 500 mm/hr son del tipo "A", y el tipo "C" corresponde a variaciones de infiltración que van desde 1 mm/h a 4 mm/h. Esto se hizo para descubrir los valores medios de infiltración. Se realizaron pruebas de campo con los anillos concéntricos de Munz, como se mencionó anteriormente, y luego se utilizaron los modelos de Kostiakov, Horton y Green - Ampt a los datos que se midieron en campo. Esto permitió la determinación de las infiltraciones. Los resultados de una correlación de tipo lineal se muestran en la Figura 13. Este tipo de correlación es el más adecuado para confirmar hallazgos en orden ascendente a medida que aumenta el tiempo o el período de retorno. Con excepción de la estación pluviométrica de Tinajones, que dio una certeza del 88,63%, esto da como resultado una correlación muy excelente en todas las estaciones: hasta un 99,88% de certeza de tener un ajuste muy bueno. Por ejemplo, la estación de Ferreñafe es una de las estaciones que presenta esto. Por otro lado, esto sería aceptable en circunstancias reales debido a que las estadísticas originales de precipitaciones y caudales de los registros históricos revelan una probabilidad del 95% y un nivel de significancia del 5%. Para predecir los caudales máximos adecuados que permitirán el diseño de las distintas obras hidráulicas en la Cuenca del Río Chancay, es necesario contar con al menos 25 años de registros históricos. Se llegó a esta conclusión como resultado de la evaluación del grado de precisión que proporciona el enfoque del Número de Curva. Se requiere una capacidad para pronosticar caudales máximos suficientes que puedan adaptarse a las condiciones reales. Para construir patrones hidrológicos confiables que permitan el diseño óptimo de las distintas instalaciones hidráulicas, se recomienda comparar los caudales máximos en varias cuencas ubicadas en la región norte.

Quispe (2019), en su tesis *Relación entre la capacidad de infiltración y la capacidad de adaptación frente al efecto de disminución de la disponibilidad de recurso hídrico, Quebrada Quilcayhuanca, Parque Nacional Huascarán*, el objetivo de este estudio fue presentar evidencia que respalde la hipótesis de que el Sistema Socioecológico (ESS) puede aumentar su capacidad de adaptación a través de una mayor capacidad de infiltración, demostrando así la capacidad del ESS para hacer frente al impacto de la reducción de la disponibilidad de recursos hídricos vinculados al cambio climático. peligro de deglaciación. Utilizando un enfoque cuantitativo y una metodología experimental, la investigación se aplicó en un contexto del mundo real. La población estuvo conformada por recursos hídricos, Quebrada Quilcayhuanca y Parque Nacional Huascarán, y la muestra estuvo conformada por datos censales y muestreo no probabilístico. La técnica utilizada fue la observación estructurada y las herramientas utilizadas fueron fichas de recolección de datos. Las principales conclusiones fueron que las mediciones de densidad aparente en las parcelas 1 y 2, que se muestran en el cuadro N°12, corresponden a los tipos de pastos Bofedal y Complejo Arbustivo - Matorral, respectivamente. Según estos hallazgos, las densidades aparentes de los dos tipos de pastos son similares, con un promedio de 1,13 y 1,17 g/cc, respectivamente. Al examinar la correlación entre los resultados de la densidad aparente y los diferentes elementos influyentes, se encontró que los registros promedio del contenido de humedad en tres de las cuatro subparcelas investigadas eran similares entre sí. Con un ochenta por ciento de cobertura vegetal, el tipo de césped Arbusto – Complejo Arbustivo tiene una pequeña cantidad de mantillo. Entre las especies de plantas más frecuentes en este hábitat se encuentran Bacaris caespitosa, especies de Lupinus y Alchemilla pinnata. Por lo general, crece en una pendiente bastante pronunciada, entre el 15 y el 30 por ciento. El porcentaje de afloramientos líticos varía del 2 al 15% de la pedregosidad superficial reportada, la cual oscila entre el 50 y el 70%. El suelo tiene una estructura granular, una textura franco arcillosa arenosa y una profundidad relativamente baja de menos de 25 centímetros. No sólo muestra una erosión laminar moderada, sino que también coloca a los animales que ahora comen allí en un escenario ecológico muy precario. Se concluyó que el uso de pastizales para la alimentación del ganado era el componente de ESS bajo investigación. Este componente es vulnerable al impacto del fenómeno climático de la disminución de la disponibilidad de recursos hídricos, que está vinculado al riesgo de deglaciación. Esto se debe al hecho de que depende de los recursos hídricos para su crecimiento y que enfrenta presiones como la compactación y el pastoreo excesivo, que reducen su capacidad de adaptación. De igual forma, la capacidad de adaptación del elemento sensible puede verse incrementada si se aumenta la capacidad de infiltración de

los pastos, ya que el desarrollo de la ganadería depende de la presencia de pastos, lo que a su vez requiere de la convergencia de los elementos que influyen en la capacidad de infiltración.

Morikawa y Yoshitaka (2019), en su artículo *El vínculo de la conductividad hidráulica saturada con la velocidad de infiltración subsuperficial del suelo del bosque*, este estudio tuvo como objetivo evaluar la conexión entre las tasas de infiltración y la conductividad hidráulica saturada. Utilizando un enfoque cuantitativo y una metodología experimental, la investigación se aplicó en un contexto del mundo real. La población estuvo constituida por infiltración de suelo forestal subsuperficial, y la muestra estuvo compuesta por muestreo censal y no probabilístico. La técnica utilizada fue la observación estructurada y las herramientas utilizadas fueron fichas de recolección de datos. Las principales conclusiones fueron que la conductividad hidráulica no se distribuye uniformemente en la zona y que el tipo de vegetación no influye en los parámetros. Los resultados de las pruebas de permeabilidad realizadas en cinco centímetros de suelo superficial saturado revelaron que el hiba arborvitae tenía un rango horario de 458 a 2170 milímetros, y el cedro japonés tenía un rango horario de 1 a 1651 milímetros. En la capa de suelo de cinco a diez centímetros, los valores variaron de 2 a 1.799 milímetros por hora para el cedro japonés y de 192 a 944 milímetros por hora para el Hiba arborvitae. Aunque los índices de permeabilidad de ambos suelos forestales fueron generalmente más altos, el hiba arborvitae también ha mostrado un valor tan bajo como el acuicluido en un solo punto de muestra de superficie. Luego de la investigación, se encontró que la conductividad hidráulica saturada y la alta tasa de infiltración estaban presentes en ambas zonas de estudio. Esto demostró que había habido flujo superficial en todos los lugares. Aunque los índices de permeabilidad de ambos suelos forestales fueron más altos en general, el cedro japonés ha demostrado un valor tan bajo como acuicluido en un único punto de muestra de superficie.

## **2.2. Bases teóricas o científicas**

### **2.2.1. Tipos de suelo**

- **Suelos**

Cova (2017) define el suelo como el espesor completo de la corteza terrestre. Es el sitio de obras civiles, y durante la construcción de estas obras, las propiedades mecánicas y fisicoquímicas del suelo son especialmente importantes. De manera similar, el suelo es una mezcla compleja de material erosionado y rocoso, minerales disueltos y re depositados, y restos de organismos que alguna vez estuvieron vivos. Estos elementos se combinan como resultado de madrigueras de animales, raíces de

plantas que presionan sobre el suelo y el flujo de aguas subterráneas a través del sistema.

El suelo es la capa más superficial de la corteza terrestre y se compone principalmente de materiales orgánicos creados por la actividad biológica superficial y trozos de roca que han sido desgastados por procesos físicos y químicos, así como por procesos erosivos. Con el paso de las generaciones, la roca se destruye y se depositan diversos elementos, formando los suelos mediante un complejo proceso de variaciones físicas, químicas y biológicas. En las zonas de fallas o fracturas de la corteza terrestre, este proceso produce una disposición de capas bien diferenciadas que se asemeja a un pastel (Baena, 2017).

- **Tipos de suelo**

Según los hallazgos a los que llegó Cova (2017), los suelos pueden clasificarse en cinco categorías principales con el fin de llevar a cabo una tarea de identificación. Estas categorías incluyen suelos orgánicos, suelos limosos, suelos arenosos, suelos arcillosos y suelos pedregosos, así como una variedad de combinaciones de estos tipos de suelo. El reconocimiento de las categorías fundamentales de suelo y las cualidades compuestas del suelo es la base para la identificación y clasificación de los suelos. Un ejemplo de una actividad común es la clasificación de los muchos tipos de suelo según el tamaño de las partículas minerales que componen cada tipo. Como señala Baena (2017), los siguientes son las categorías principales de suelos que podemos adquirir:

- ✓ **Suelos arenosos**

Las arenas están formadas por partículas, en su mayoría minerales de cuarzo, con un diámetro que oscila entre 0,05 mm y 2 mm, según Baena (2017). La arena constituye un porcentaje mayor de los suelos arenosos que el limo y la arcilla. El tipo de suelo más común en el mundo es el suelo arenoso. Se encuentran en muchas zonas áridas y semiáridas, con temperaturas que oscilan entre frías y abrasadoras. En los desiertos, la mayor parte de la vegetación es herbácea, aunque también hay modestos bosques. Las cualidades de estos suelos son las siguientes:

- **Textura gruesa:** Texturas arenosas, es cuando la tierra se frota entre los dedos, tiene una textura arenosa y áspera al tacto.

- **Alta permeabilidad al agua:** Tener una alta permeabilidad al agua significa que absorbe una pequeña cantidad de agua.
- **Bien aireado:** Un entorno bien aireado hace que se seque rápidamente al aire.
- **Buen drenaje:** Excelente drenaje: Al tener poca capacidad para almacenar agua, drena con facilidad.
- **Es difícil de moldear:** Cuando se combina con una pequeña cantidad de agua y se amasa a mano, se desmenuza y no se adhiere bien. Es difícil de formar.
- **Fáciles de labrar:** Cultivable, es muy susceptible de romperse cuando se utiliza con maquinaria agrícola.
- **Baja disponibilidad de agua:** El cultivo de plantas requiere un riego continuo porque el suministro de agua es limitado.

Los arenosos son un tipo de suelo arenoso incluido en el sistema mundial de clasificación de suelos. Las dunas de arena que se encuentran en los desiertos y en las playas son ejemplos de depósitos relativamente recientes de suelos arenosos. Según Cova (2017), es portátil y filtra rápidamente el agua. Su bajo contenido de componentes orgánicos lo hace menos fértil. Los componentes de este material son partículas minerales con tamaños que oscilan entre 0,002 pulgadas (0,05 mm) y 1/4 de pulgada (6,35 mm).

Los suelos arenosos, según Baena (2017), están formados por arenas medias y gruesas y tienen una granulometría que los hace ideales para sostener estructuras con cierta resistencia. Este tipo de suelo es más estable que los arcillosos porque resiste mejor los cambios de humedad y temperatura. Los cimientos de losa son un método de construcción muy común en este tipo de terreno. Su composición, formada por diversos componentes combinados entre sí, más un 70% de arena y menos de un 15% de arcilla, los diferencia de otros materiales similares. Además, son vulnerables a las variaciones de la actividad sísmica y a la degradación del suelo. Este tipo de suelos suele encontrarse cerca de arroyos y ríos, así como de zonas costeras.

#### ✓ **Suelos limosos**

El tamaño de los granos del limo oscila entre 0,002 milímetros y 0,05 milímetros de diámetro. El limo se compone de granos de este rango de tamaño. Un análisis realizado por Baena (2017) revela que los suelos limosos tienen

características intermedias entre los suelos arenosos y los arcillosos. En los suelos limosos, el porcentaje de limo puede oscilar entre el cien y el ochenta por ciento. Las siguientes cualidades son las que distinguen a los suelos limosos de otros tipos de suelos:

- **Textura intermedia:** Al apretar una pequeña cantidad de limo húmedo entre los dedos, se enrolla al secarse, dejando la piel limpia. Este es un ejemplo de textura intermedia.
- **Apariencia suave y sedosa:** Cuando la tierra limosa está húmeda, tiene un aspecto suave y sedoso; pero, cuando está seca, presenta un aspecto pulverulento.
- **Poco moldeable:** No es pegajosa y es difícil de estirar cuando se manipula con las manos, lo que indica que tiene una baja moldeabilidad.
- **Retención moderada del agua:** La cantidad de agua que retiene es moderada, y no mantiene la humedad durante largos periodos de tiempo.
- **Disponibilidad de agua:** La disponibilidad de agua se refiere a la cantidad de agua accesible para las plantas.

Cova (2017) afirma que es un material estéril y pétreo que filtra rápidamente el agua. Su componente biológico se degrada en un periodo de tiempo comparativamente corto. Se compone de partículas minerales de origen natural con una baja resistencia en seco que son inferiores a 0,002 pulgadas (0,05 mm). Estas partículas no son plásticas.

Arriola et al. (2019) afirman que estos suelos son estériles, pedregosos y tienen un alto grado de eficiencia de filtración de agua. Son suelos poco flexibles y de grano fino también. Este tipo de suelo tiene partículas que se encuentran entre la arena fina y la arcilla. Pero como no es un material cohesivo, surgen algunas dificultades durante el proceso de construcción. Construir una estructura en este tipo de suelo requerirá excavaciones de cimentación a gran escala, seguidas del relleno de la zona con una gruesa capa de roca y la construcción de muros mediante cimientos de hormigón ciclópeo. Dado que el terreno en cuestión no permite la construcción de edificios de varios pisos, esto podría suponer un aumento significativo de los gastos relacionados con la adaptación del lugar.

### ✓ **Suelos arcillosos**

La arcilla está formada por silicatos con tamaños de grano inferiores a dos micrómetros (0,002 mm). Se ha demostrado que los suelos arcillosos incluyen entre el cien por cien y el cuarenta por ciento de arcilla (Arriola et al., 2019). Estas son algunas de las características de los suelos arcillosos:

- Una textura sorprendente Cuando se frota entre los dedos tiene una textura sedosa y suave, y al secarse, se adhiere a la piel.
- Aspecto: Cuando se aplica una cantidad excesiva de agua, tiene un tacto jabonoso y resbaladizo.
- Amasada en anillos y cintas, es fácil de moldear y se le puede dar cualquier forma.
- Su elevada retención de agua significa que tarda mucho en secarse y que conserva una gran cantidad de humedad.
- Los suelos arcillosos son más cohesivos, pegajosos, adhesivos y flexibles que los limosos, lo que dificulta el trabajo con maquinaria agrícola para el laboreo. Los suelos arcillosos también son más difíciles de tratar.
- Drenaje insuficiente: Los suelos arcillosos tienen la capacidad de retener una gran cantidad de humedad.

Según las conclusiones de Cova (2017), este suelo no filtra muy bien el agua. Tiene una alta concentración de materiales orgánicos y nutrientes, y se vuelve pegajoso cuando está húmedo. Su composición está formada por gránulos en miniatura de color amarillento.

Un estudio realizado por Arriola et al. (2019) encontró que cuando hay presencia de humedad, se expanden, y cuando no la hay, se encogen. Los cimientos que se instalen en este tipo de suelo experimentarán estos cambios, lo cual es una desventaja porque el suelo que se expande intentará separarse de la estructura. Normalmente, los constructores excavarán cimientos más profundos en este tipo de condiciones porque la estabilidad de los cimientos aumenta con la profundidad del suelo. Su tinte amarillento, compuesto por un 45% de arcilla, así como su escasa porosidad y su textura pegajosa, que dificulta su compactación eficaz, son otras características distintivas de estos materiales.

### ✓ **Suelos francos**

Dado que estos suelos se sitúan entre los arcillosos y los arenosos, también se conocen como suelos frescos, según los autores Arriola et al. (2019). Ofrecen una buena capacidad de liberación de agua para la planta además de su destacada retención de agua y textura media. Se sitúan en medio del espectro arcilloso y arenoso en cuanto a fertilidad, capacidad de erosión y capacidad de mineralización de materia orgánica. Dado que permite el crecimiento de estas plantas, este tipo de suelo es muy beneficioso para el cultivo de especies perennes como olivos, almendros o vides. También es más fácil de utilizar por los agricultores en su gestión.

El suelo franco se compone de tres ingredientes principales: limo, arcilla y arena. Estos tres elementos se combinan de forma que mejoran las propiedades del suelo para el cultivo. Para alcanzar estas proporciones se pueden utilizar los rangos que se muestran a continuación: 52-23% del total está compuesto por arcilla, limo y arena. Arriola et al. (2019) afirman que son suelos ricos y aptos para el cultivo. Las cualidades que se enumeran a continuación distinguen a los suelos francos:

- El material tiene una textura media y parece lleno de baches cuando se roza entre las yemas de los dedos.
- Debido a su excelente capacidad de retención de humedad, las plantas pueden obtener más agua.
- Debido a que los suelos francos incluyen una mezcla de arcilla y arena, son más fáciles de labrar con maquinaria agrícola.
- Si bien el agua no se estanca en los suelos francos, tampoco se escurre tan rápidamente como en los suelos arenosos, un signo de drenaje adecuado.

### ✓ **Suelos calcáreos**

En las regiones calcáreas, el carbonato cálcico constituye más del quince por ciento del suelo. En los lugares áridos de la tierra, constituyen su hogar. En lo que respecta a la clasificación mundial de referencia de los suelos, son comparables a las familias de los calcisoles. A una profundidad de cien centímetros por debajo de la superficie del suelo, los suelos calcáreos se caracterizan por la presencia de carbonatos de calcio. Estos suelos tienen un color marrón claro. Su formación se atribuye a la presencia de rocas calcáreas ricas en bases en depósitos eólicos, coluviales y aluviales. Se encuentran en lugares secos y semiáridos, y su terreno

varía de llano a ondulado. Además de árboles y arbustos xerófilos, la flora natural presente se compone principalmente de gramíneas y hierbas que sólo están presentes durante un corto periodo de tiempo. Están sometidos a un importante pastoreo (Arriola et al., 2019).

✓ **Suelos orgánicos inundados**

Los «suelos orgánicos inundados» son suelos que se forman a partir de la acumulación de materia orgánica vegetal parcialmente descompuesta, ya sea en combinación con arena, limo y arcilla o sin ellos. En lo que respecta a la agricultura, estos suelos carecen de importancia. Según la clasificación mundial de suelos de referencia, se denominan histosoles. El nombre «histosol» procede de la palabra griega histos, que significa «tejido». Estos suelos se forman en zonas frías y húmedas de las montañas, en manglares y en cuencas y depresiones con escaso drenaje, incluidos pantanos y turberas. Crecen a partir de turba de musgo en las zonas ártica, subártica y boreal; de turba de juncia, carrizo y bosque en las zonas templadas; y de turba de manglar y turba de bosque palustre en los trópicos húmedos (Arriola et al., 2019).

Está formada por vegetales parcialmente descompuestos, como en la materia vegetal eventualmente dividida, o por limos y arcillas orgánicas, como en los limos y arcillas orgánicas, según Cova (2017).

✓ **Suelos urbanos**

Estos suelos tienen un origen técnico y se les conoce como suelos urbanos o tecnosoles. Debido a que están compuestos principalmente por materiales hechos por el hombre, su nombre proviene de la palabra griega "technikos", que se traduce como "hecho hábilmente". Se distinguen por la presencia de una cantidad significativa de artefactos, materiales duros tecnológicos o geomembranas. Carreteras, minas, vertederos de basura, derrames de petróleo y sitios de construcción son ejemplos de tecnosoles. Estos tipos de estructuras se ven más comúnmente en entornos urbanos e industriales (Arriola et al., 2019).

✓ **Suelos congelados**

Los suelos minerales afectados por el hielo y creados en un entorno de permafrost se conocen como suelos congelados. Bajo la superficie, los estratos están

siempre congelados. Su otro nombre, Cryosols, procede de la palabra griega kryos, que significa «frío» o «hielo». Los suelos helados están relacionados con los entornos de tundra y pueden encontrarse en lugares accidentados y llanos de las regiones antártica, ártica y boreal. Los bosques de coníferas y líquenes o los bosques caducifolios mixtos son ejemplos de la vegetación actual (Contreras, 2020).

✓ **Suelos volcánicos**

Los suelos volcánicos se clasifican como suelos negros ricos en silicatos o vidrios que se formaron como resultado de la erupción de volcanes. El término «Andosoles» se utiliza para referirse a este tipo de suelos en el sistema internacional de clasificación de referencia. Este término tiene su origen en las palabras japonesas «an» que significa «oscuro» y «do» que significa «suelo». Los únicos lugares donde no se encuentran son en lugares extremadamente secos (Contreras, 2020). Se pueden encontrar en cualquier clima, desde el ártico hasta las regiones tropicales húmedas, y en regiones volcánicas de todo el mundo.

✓ **Suelos pedregosos**

Los suelos pedregosos son definidos por Contreras (2020) como suelos que tienen rocas excepcionalmente delgadas o extremadamente pedregosas y continuas en la superficie. Se denominan Leptosoles en la clasificación internacional de suelos de referencia. El término «Leptosol» tiene su origen en la palabra griega leptos, que significa «delgado». La mayoría de estos suelos se encuentran en zonas montañosas, desde los trópicos hasta las regiones polares. Durante la estación húmeda, se utilizan como tierras forestales y para el pastoreo.

Según Chafla (2020), se trata de una región que se caracteriza por la presencia de formaciones rocosas. Estos suelos son impermeables, lo que significa que impiden que el agua fluya a través de ellos. Es un terreno excelente para llevar a cabo emprendimientos que incluyan varios niveles, y es un terreno excelente para soportar una cimentación. Es habitual que las excavaciones busquen terrenos de este tipo para iniciar el proceso de creación de las zapatas de cimentación. Es posible que la excavación necesaria para cumplir los planos de cimentación sea más difícil si el tipo de terreno es muy poco profundo. En consecuencia, se necesitará maquinaria pesada para llevar a cabo la excavación, lo que probablemente se traducirá en un aumento de los gastos.

En efecto, existen muchos tipos de suelos, especialmente al considerar las diversas formas de categorizarlos, cada uno sirviendo para diferentes propósitos. Por ejemplo, los estudios geográficos con fines agrícolas determinan las diferencias del suelo de manera diferente que aquellos dirigidos a estudios de construcción. Además, sus clasificaciones pueden abarcar más o menos porciones de tierra dentro de una categoría (Puppo, 2020). Hay tres diferentes categorizaciones de los tipos de suelo: según la geografía, según la textura y según la integridad:

- ✓ De acuerdo con la geografía, sirve a objetivos más regionales que ésta, y puede utilizarse como referencia general para determinar el tipo de suelo de que se trata en el contexto geográfico.
- ✓ De acuerdo con la textura, se ocupa de los múltiples materiales de los que puede estar compuesto, que por tanto tienen un efecto sobre la textura.
- ✓ Según el principio de integridad, se considera el aspecto más crucial, ya que establece la forma en que deben ejecutarse los cimientos del proyecto.

- **Origen de los suelos**

La siguiente es una clasificación del suelo que se puede realizar según el proceso de formación, como lo describe Cova (2017):

- ✓ **Suelo Sedimentario:** Existe la posibilidad de que las partículas que constituyen este tipo de suelo se hayan originado en un lugar diferente y luego hayan sido transportadas a otra ubicación, donde fueron depositadas. Hay cinco agentes diferentes que tienen el potencial de mover sedimentos: agua, aire, hielo, gravedad y seres vivos. Cualquiera de estos agentes tiene el potencial de mover sedimentos.
- ✓ **Suelos Residuales:** Estos suelos son aquellos en los que el material ha estado expuesto a los elementos durante un tiempo considerable y se ha desarrollado en la misma área como resultado del proceso de meteorización durante ese período de tiempo.
- ✓ **Relleno Artificial:** Debido a que estos suelos son construidos por humanos, es posible referirse a ellos como rellenos o terraplenes.

- **Características de los suelos**

Según Cova (2017), los suelos pueden diferenciarse entre sí a través de las características físicas, biológicas y químicas que poseen. Estas características incluyen las siguientes:

- ✓ **Propiedades físicas**

- El término "densidad" se refiere a la relación que existe entre el peso de un material y el volumen de ese material.
- El proceso por el cual las partículas se unen para formar agregados se denomina estructura, y es la manera en que ocurre su formación.
- La distribución geográfica de la vegetación está influenciada por varios factores, uno de los cuales es la temperatura.
- El porcentaje de partículas minerales presentes en el suelo es determinado por este factor, que es responsable de determinar dicho porcentaje.
- Los componentes de la sustancia son responsables de determinar su color, el cual varía dependiendo de la cantidad de humedad presente junto con la presencia de moléculas orgánicas en la sustancia.

- ✓ **Propiedades biológicas**

El término "materia orgánica" se refiere a cualquier residuo que dejen las plantas o los animales. A medida que la materia orgánica se descompone, se transforma en materiales que son vitales para la composición del suelo y la formación de plantas.

- ✓ **Propiedades químicas**

- Es posible evaluar la acidez o alcalinidad del suelo analizando su nivel, como se muestra en la escala de pH.
- Fertilidad es un término que se usa para describir los nutrientes que están presentes en el suelo y que pueden ser accesibles para la vida vegetal.

Las propiedades y características del suelo pueden diferir enormemente según el tipo de suelo y la historia única del lugar en el que se encuentra. Sin embargo, de manera más general, podemos identificar las siguientes características (Puppo, 2020):

- ✓ **Variabilidad:** Los suelos típicamente consisten en componentes de tamaño y composición no uniforme. Esto indica que, aunque los suelos parezcan una mezcla

uniforme, en realidad incluyen una amplia diversidad de rocas y otros componentes de diferentes tamaños y tipos.

✓ **Fertilidad:** La fertilidad es la capacidad de los suelos para retener nutrientes que provienen del azufre, nitrógeno y otros elementos necesarios para la vida vegetal. Además de la porosidad del suelo, la fertilidad está correlacionada con la disponibilidad de materia orgánica y agua.

✓ **Mutabilidad:** Es una realidad que los suelos están en un proceso continuo de transformación física y química, aunque los mecanismos que causan el cambio en el suelo son a largo plazo y no se pueden ver de inmediato.

✓ **Solidez:** Los suelos están compuestos por muchos atributos físicos diferentes, como la textura y la rigidez. Mientras que ciertos suelos son más blandos y flexibles, otros son más compactos y duros. El trasfondo geológico del suelo determina estas propiedades.

- **Clases de tipos de suelos**

Según los hallazgos de Cova (2017), los muchos tipos de suelos incluyen arena limosa, arcilla de baja plasticidad, arcilla arenosa y limo con arena:

- ✓ **Arena Arcillosa**

Un tipo de suelo conocido como arcilla arenosa se distingue de otros tipos de suelo por tener un alto porcentaje de partículas de arcilla y una textura granular fina. Debido a que tiene una inclinación natural a ser poroso y suelto, este suelo puede facilitar un drenaje eficiente del agua. A pesar de que la incorporación de arcilla en la mezcla facilita que el suelo retenga humedad y nutrientes, también hace que sea más probable que el suelo se compacte cuando se moja. Es posible que ciertos cultivos puedan beneficiarse de la capacidad de la arcilla arenosa para retener agua y nutrientes; sin embargo, para mejorar su estructura y aumentar su capacidad de retención de agua, pueden ser necesarias enmiendas (Cova, 2017).

- **Arena Arcillosa Fina:** La mayor parte de este tipo de suelo está compuesto por partículas de arena muy pequeñas que se combinan con una cantidad significativa de arcilla. En virtud de la presencia de arcilla, tiene la capacidad de retener agua y nutrientes de manera más efectiva que la arena pura,

asegurando al mismo tiempo que el drenaje no se vea comprometido.

- **Arena Arcillosa Gruesa:** A diferencia de la arcilla arenosa fina, las partículas de arena presentes en este tipo de suelo son más pequeñas y más gruesas. Estos factores tienen el potencial de influir en la estructura, textura y capacidad del suelo para retener agua y nutrientes.

#### ✓ **Arena Limosa**

Tanto la arena como el limo están incluidos en la composición del tipo de suelo conocido como arena limosa. Su textura es sedosa y suave debido a que las partículas de arena fina mezcladas con partículas de limo constituyen la mayor parte de su composición. La adición de partículas de limo a la combinación le otorga al suelo un grado de cohesión que no está presente en la arena pura, lo que puede ayudar al suelo a retener más agua y nutrientes. Por el contrario, la arena limosa tiende a drenar el agua más rápidamente que los suelos arcillosos, lo que puede hacerla menos adecuada para algunos cultivos que necesitan un flujo constante de agua. Dependiendo de la proporción de arena a limo, la estructura de la arena limosa puede alterarse, lo que puede afectar las características químicas y físicas del suelo (Cova, 2017).

- **Arena Limosa Fina:** Las partículas de arena fina mezcladas con limo constituyen la mayor parte de la composición de la arena limosa fina. Tiene una textura sedosa y suave y puede retener nutrientes y agua de manera más eficiente que la arena pura, al mismo tiempo que permite un drenaje suficiente.
- **Arena Limosa Gruesa:** Las partículas de arena en este tipo de suelo son un poco más gruesas que las de la arena limosa fina. Esto podría afectar su integridad estructural, permeabilidad y otras propiedades físicas y químicas como su capacidad para retener agua y nutrientes.

#### ✓ **Arcilla de Baja Plasticidad**

La arcilla de baja plasticidad es un tipo de suelo que consiste principalmente en partículas muy pequeñas de arcilla debido a su fuerte capacidad para retener agua. Estas partículas de arcilla son capaces de retener eficientemente nutrientes y agua. Por el contrario, las arcillas de baja plasticidad suelen ser menos propensas a

contraerse y expandirse significativamente debido a cambios en el contenido de humedad. Las arcillas con gran plasticidad son lo opuesto a esto. Como resultado, es menos probable que sufran una expansión excesiva durante las estaciones húmedas y que desarrollen grietas extensas durante las secas. Es posible que la textura de la arcilla de baja plasticidad sea más suave y menos pegajosa que la de las arcillas de alta plasticidad. Esto puede facilitar la realización de labores de labranza y manejo del suelo. Cova (2017) indica que, para mejorar la estructura del suelo y facilitar el drenaje, puede ser necesario añadir enmiendas cuando el suelo esté pesado y compactado.

- **Arcilla de Baja Plasticidad Compactada:** La arcilla bajo consideración tiene la capacidad de ser algo compacta y densa, lo que dificulta tanto el drenaje del suelo como la penetración de las raíces de las plantas. Puede ser esencial implementar prácticas de manejo específicas para mejorar su estructura y permitir un mejor crecimiento de las plantas.
  
- **Arcilla de Baja Plasticidad Suelta:** Por otro lado, la arcilla de baja plasticidad suelta puede tener una estructura más abierta y porosa que facilita el drenaje y la penetración de raíces. Por otro lado, la presencia de partículas de arcilla garantiza que seguirá reteniendo eficientemente agua y nutrientes útiles.

#### ✓ **Limo con Arena**

El limo con arena es un tipo de suelo que combina características de limo y arena en proporciones variables. Este suelo generalmente consiste en partículas finas de limo mezcladas con partículas de arena, lo que le otorga una textura suave y sedosa con una capacidad moderada de retención de agua y nutrientes. La presencia de partículas de arena en la mezcla puede mejorar el drenaje del suelo, previniendo el encharcamiento y la compactación excesiva. Sin embargo, la cantidad relativa de limo y arena puede influir en las propiedades físicas y químicas del suelo, como su capacidad de retención de humedad, permeabilidad y estructura. El limo con arena puede ser adecuado para una variedad de cultivos, pero puede requerir enmiendas para mejorar su estructura y fertilidad, dependiendo de las condiciones específicas del suelo y los requisitos del cultivo (Cova, 2017).

- **Limo con Arena Equilibrado:** En este tipo de suelo, la proporción de limo y

arena está equilibrada, lo que resulta en una textura suave y sedosa con una capacidad moderada de retención de agua y nutrientes, así como un buen drenaje.

- **Limo con Arena Predominante:** En algunos casos, la cantidad de limo puede ser mayor que la de arena en este tipo de suelo, lo que puede influir en sus propiedades físicas y químicas, como su capacidad de retención de agua y nutrientes, así como su estructura y permeabilidad. Esto puede variar dependiendo de las condiciones específicas del suelo y del medio ambiente.

### 2.2.2. Infiltración

- **Definición**

Andriulo et al. (2018) afirman que la infiltración es un proceso que exhibe un notable grado de heterogeneidad espacial. Los cambios en las propiedades del suelo, su ubicación dentro del paisaje, la profundidad del suelo estudiado, las herramientas y técnicas utilizadas para la medición, el error experimental y los diferentes usos del suelo pueden ser responsables de esta variabilidad.

Quispe (2019) define la infiltración como el proceso por el cual el agua se filtra a través de los poros y aperturas en el suelo, que pueden variar en tamaño desde extremadamente pequeños hasta extremadamente grandes. La cantidad de agua que puede infiltrarse y la cantidad de escorrentía que puede alimentar directamente los cursos de agua están determinadas por la relación entre el volumen de agua accesible y la tasa de infiltración. De esta manera, los factores que afectan el ritmo de infiltración controlan el volumen de agua que puede filtrarse en un momento dado. Entre otras cosas, estos elementos incluyen el tipo de cobertura vegetal, la matriz del suelo y los factores ambientales. El proceso por el cual el agua de riego desde la superficie del suelo es absorbida por el suelo se denomina "infiltración" en Quino (2022). La unidad de medida para toda infiltración es milímetros por hora.

- **Canales de infiltración**

Según Quino (2022), son responsables de dirigir el agua en dirección a las pendientes de infiltración para que la penetración concurrente en el subsuelo sea posible. La forma del canal y la penetración del agua son factores significativos en

este contexto:

### ✓ Geometría del canal

La sección transversal de un canal es la porción del canal que es perpendicular al fondo o a la línea que simboliza la pendiente promedio de la plantilla del canal. No obstante, se utilizan secciones geométricas regulares para formar canales artificiales; las formas más populares son trapezoidales, rectangulares, triangulares y semicirculares (Puppo, 2020). Por el contrario, las partes de los cursos de agua naturales son muy irregulares y cambian constantemente de un lugar a otro.

Las secciones transversales y características geométricas más comunes de los canales se encuentran en sus secciones hidráulicas, que son numerosas a pesar de que la mayoría de los canales tienen geometría rectangular:

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

*Figura 1.* Secciones hidráulicas del canal. Tomada de «Diseño hidráulico del canal de infiltración (Amuna) Senega – Tambo en el distrito de San Pedro de Casta, provincia de Huarochití», por Quino. 2022, p. 20.

### ✓ Infiltración de agua

Quino (2022) define la infiltración de agua como el proceso de desviar las aguas superficiales durante la temporada de lluvias desde las cabeceras de las cuencas hasta los sitios de infiltración en las tierras altas. El propósito de esto es aumentar la duración y productividad de los manantiales más adelante aguas abajo.

### • Métodos de medición de pérdidas por infiltración

El cálculo de las pérdidas por infiltración puede llevarse a cabo mediante metodologías directas, métodos analíticos y métodos empíricos (Satlari, 2011), por ejemplo:

#### ✓ Métodos directos

##### ➤ Método del estanque o endicamiento

Un tramo del conducto que esté lleno de agua debe ser dividido y las pérdidas deben ser medidas durante un período de tiempo. En términos de pérdida,

la medida es  $m^3/m^2/día$ . Es posible recolectar mediciones utilizando el método de estanqueo cuando el perímetro del canal aún está inundado. Esto se puede hacer cuando el flujo regular se detiene, que es poco antes del período de reducción del nivel del canal. El aislamiento de un segmento de canal de al menos 300 metros de largo debe realizarse con el uso de presas temporales; se recomienda que los extremos del canal estén cerrados con láminas de plástico. Es práctica común realizar mediciones regulares del nivel de agua estancada de la sección, a menudo durante varios días. Además, se toma nota de la tasa a la que disminuye el nivel del agua después del primer llenado. La evaporación debe tenerse en cuenta diariamente. Si el nivel disminuye sustancialmente, se recomienda que el canal se vuelva a llenar para mantener una profundidad comparable a la de una operación típica de canal (por ejemplo, en un infiltómetro de doble anillo). Es posible reducir la cantidad de incertidumbre asociada con el resultado promedio al medir cada período de esta manera, lo que implica completar un número sustancial de repeticiones.

➤ **Método de la diferencia de caudales o de entradas y salidas**

Esto implica medir la distancia entre dos partes diferentes de un tramo de canal. Este proceso también se conoce como medición de entrada y salida cuando se lleva a cabo en varias secciones del canal. Durante el proceso de prueba, se tienen en cuenta tanto la tasa de flujo operativo del canal como las condiciones operativas. Todas las tres formas mencionadas anteriormente son posibles formas de transmitir pérdidas. En la lista de desventajas, se dice que existen variaciones en las tasas de flujo del sistema, lo que requiere la realización de mediciones con cierto retraso en el tiempo; se necesitan secciones de canal lo suficientemente largas; se requiere tiempo y mano de obra adicionales.

➤ **Método del permeámetro**

Bajo condiciones operativas normales del canal, se realizan evaluaciones puntuales de la conductividad hidráulica en el suelo saturado en varias secciones del canal utilizando instrumentos diseñados específicamente para este fin. Estas determinaciones se realizan en varios puntos a lo largo del canal. Según lo dicho, es simple de usar. La desventaja de este método es que requiere una gran cantidad de repeticiones para obtener una representatividad suficiente. El principal

beneficio de esta herramienta es que permite la medición de la conductividad hidráulica entre varias partes, lo que luego se puede utilizar para tomar decisiones sobre obras para reducir las pérdidas.

- **Procesos de infiltración**

El fenómeno conocido como infiltración, según el estudio de Génova et al. (2023), se define como el proceso por el cual el agua se mueve verticalmente a través del suelo desde su superficie. Hay dos formas principales en que el agua se suministra en la tierra: riego y lluvia. A medida que el agua comienza a pasar a través de los macroporos, los gradientes en el potencial matricial y la fuerza gravitacional principalmente lo impulsan a moverse hacia abajo. A menos que el suelo ya estuviera saturado cuando comenzó la entrada de agua, esto lleva al establecimiento de un frente húmedo, que genera un flujo no saturado. Si la entrada persiste, el agua pronto ocupará todo el espacio poroso disponible, y su flujo probablemente se volverá saturado. Cuando el agua constituye la porosidad total, este es el resultado que ocurrirá.

Para este escenario particular, en el cual la región porosa está completamente llena, la tasa de infiltración tiende a mantenerse sin cambios. Sin embargo, hay otra característica del suelo que también puede explicar este comportamiento, y es la conductividad hidráulica vertical saturada  $K_v(w)$ . Esta característica, que depende de los niveles de humedad presentes en el suelo, demuestra el comportamiento del medio poroso con respecto al transporte de agua verticalmente. Además, se reconoce el término "conductividad hidráulica horizontal  $K_h(w)$ ", que describe las características del suelo en relación con el movimiento de agua horizontalmente (Puppo, 2020).

En cuanto a la velocidad y distribución con la que el frente húmedo penetra más profundamente en el suelo, las características, propiedades y estado del suelo (textura, estructura, porosidad, agrietamiento, laboreo, humedad, cobertura vegetal, materia orgánica, etc.) así como las características de entrada de agua (intensidad de lluvia o riego, tamaño de gota, presión hidráulica, etc.) jugarán un papel significativo en determinar la velocidad y distribución. En general, estos elementos serán responsables de determinar las fuerzas que están en juego dentro del complejo suelo-agua. Según la investigación de Puppo de 2020, los siguientes elementos influyen en el fenómeno de infiltración:

- **Textura:** El término "textura" se refiere a la especificación del área de superficie precisa de la partícula, además de la cantidad y tamaño de sus poros.
  - **Estructura:** La estructura es una caracterización de la naturaleza y distribución de la macroporosidad y microporosidad respectivamente. Las partículas primarias y las mezclas son los dos extremos.
  - **Materia orgánica:** Tanto directa como indirectamente, los materiales orgánicos tienen un efecto en la estructura, porosidad y grado de humedad del material.
  - **Humedad del suelo:** En lo que respecta a la humedad del suelo, la tasa de infiltración está determinada por la interacción entre la conductividad hidráulica y el almacenamiento, lo cual se logra a través de la dinámica hidrodinámica.
  - **Salinidad y sodicidad del suelo y del agua:** El fenómeno de la dispersión del arcilla por floculación coloidal es facilitado por la presencia de salinidad y sodicidad en el suelo y el agua. Mientras que una cantidad excesiva de sodio y magnesio actúan para impedir la infiltración, la salinidad actúa para mejorarla.
  - **Estado físico del sistema:** El estado físico del sistema: Las tasas de infiltración se ven significativamente afectadas por una amplia variedad de escenarios de manejo que llevan a alteraciones discernibles en el suelo (como arar, compactar, surcar, sembrar, regar, agrietar, etc.).
- ✓ **Parámetros de la infiltración**
- **I = Velocidad de infiltración.** I es una abreviatura de la tasa de infiltración. Es el vínculo entre la profundidad de infiltración y la cantidad de tiempo que lleva hacerlo, y típicamente se expresa en milímetros por hora o centímetros por hora.
  - **I<sub>ac</sub> = Lámina acumulada.** La infiltración, a veces conocida como I<sub>ac</sub>, está aumentando. La altura o profundidad del agua es una medida lineal que puede representarse en milímetros o centímetros y representa la cantidad de agua que ha penetrado a través de la barrera.
  - **I<sub>b</sub> = Infiltración básica.** I<sub>b</sub> es una abreviatura de "intrusión básica". La tasa de infiltración, que es una variable que cambia extremadamente lentamente con el tiempo y se aproxima o incluso se mantiene constante, es la que se cuestiona.
  - **I<sub>p</sub> = Infiltración promedio.** El acrónimo IP se refiere a la penetración promedio. La tasa de infiltración es la tasa promedio de infiltración durante un período de tiempo especificado.

- **Modelos matemáticos que explican la infiltración**

Para proporcionar una explicación de la infiltración basada en las leyes de difusión de masa, se han deducido ecuaciones diferenciales de flujo como resultado de los estudios realizados en el campo de la física del suelo. En el campo de la tecnología de riego, estas ecuaciones tienen una utilidad limitada porque requieren que se realicen mediciones exactas en el laboratorio. Por otro lado, existen otras técnicas de campo que son directas y económicas, y son capaces de proporcionar una caracterización adecuada de la infiltración. Estos métodos producen resultados satisfactorios utilizando los datos recopilados para desarrollar ecuaciones que expliquen el fenómeno en condiciones experimentales análogas a las que se encuentran en el mundo real. Según Génova et al. (2023), estas tácticas hacen uso de modelos matemáticos empíricos y metodologías estadísticas para realizar ajustes en los datos de campo y desarrollar ecuaciones pertinentes. Al hacer uso de las condiciones experimentales establecidas, se producen estas ecuaciones. El modelo que se utiliza con mayor frecuencia para caracterizar la infiltración es:

$$I = k \cdot t^n$$

- I es la tasa de infiltración, medida en centímetros por hora.
- k es un factor numérico adimensional que representa la tasa de infiltración en cm/h durante el intervalo inicial. Esta tasa puede calcularse analítica o visualmente, y es el parámetro que se utiliza para ajustar los datos de campo al modelo.
- n es un exponente que puede variar de 0 a -1. Es una representación de la tasa de cambio de la variable dependiente (I) con respecto a la variable independiente (t), lo que explica por qué I disminuye a medida que t aumenta. Cuando los datos del campo se grafican y se ajustan al modelo, la pendiente de la curva de ajuste es lo que se está midiendo.
- t es el tiempo de infiltración, medido en minutos.

- ✓ **Infiltración promedio**

Para obtener la tasa de infiltración promedio, también conocida como  $I_p$ , primero se debe calcular la media de todas las tasas de infiltración que han tenido lugar a lo largo del rango de tiempo propuesto. Este es el primer paso para realizar el cálculo. Para determinar el  $I_p$  durante todo el proceso de infiltración, es posible

calcular la proporción entre la profundidad total infiltrada y el tiempo total acumulado para la infiltración (Puppo, 2020). El enfoque que se puede utilizar para determinar la dirección IP es el que se describe aquí.

$$I_p(\text{cm}/h) = I_{ac}(\text{cm})/t(h)$$

#### ✓ **Infiltración básica**

El Servicio de Conservación de Suelos (SCS) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos se refiere al valor inmediato de la tasa de infiltración como la tasa de infiltración básica, o  $I_b$ . Este es el término que se utiliza para describir la tasa de infiltración. Si la tasa de cambio durante un período de tiempo estándar es menor o igual al diez por ciento de la tasa de infiltración, entonces se determina este valor. En la mayoría de los casos, se considera que el punto en el que la tasa de infiltración continúa siendo constante a lo largo del tiempo es el punto en el que se ha logrado la infiltración básica. El primer paso para determinar el momento en que  $I$  es igual a  $I_b$  es multiplicar la primera derivada de la ecuación de la tasa de infiltración por  $-0.1$  veces la ecuación de la tasa de infiltración. Esto nos permitirá obtener el momento en que  $I$  es igual a  $I_b$ . Utilizando esta información, podemos determinar el momento en que  $I$  es igual a  $I_b$ . Después de eso:

$$dI/dt = -0,1I$$

$$dI/dt = -0,1kt^n$$

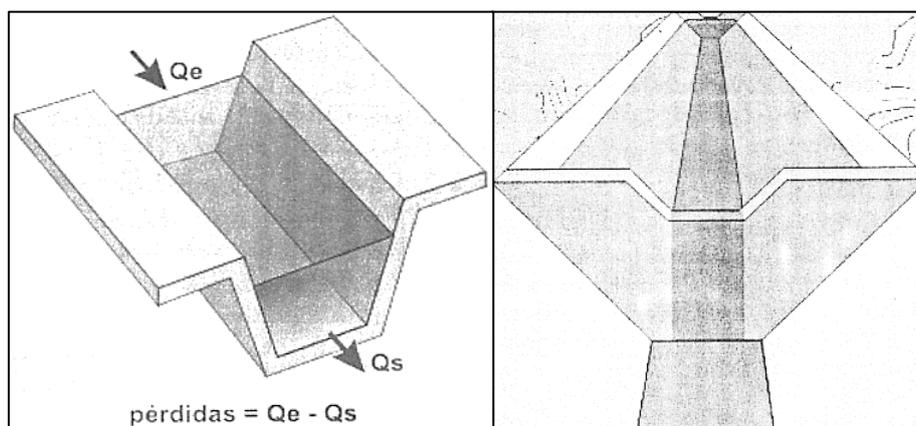
Donde:

$t_b$  = tiempo en que ocurre la  $I_b$ , en minutos.

#### • **Pérdidas por infiltración en canales**

Las pérdidas por infiltración en los canales reducen la eficiencia del sistema, ya que representan pérdidas de agua valiosa para los cultivos. Además, estas pérdidas elevan el nivel freático, causando efectos dañinos en las plantas, contribuyendo a la salinización del suelo y convirtiéndose en una fuente de enfermedades (Puppo, 2020). Las pérdidas ocurren en el canal principal entre la toma y los canales secundarios, así como entre estos canales y las zonas de riego. También hay pérdidas en el momento de la aplicación de agua en los campos cultivados, pero estas no se ven afectadas por el revestimiento del canal, y depende de los agricultores controlarlas para aumentar

la eficiencia del riego (Puppo, 2020).



**Figura 2.** Pérdidas por infiltración en los canales. Tomada de «Pérdidas por infiltración en canales», por CDHMA. 2023, p. 1.

La fórmula que se utiliza para el cálculo es la siguiente, y se cree que es uno de los componentes que influyen en la cantidad de pérdidas por infiltración:

$$S = W(Y1 - Y2)L/pL$$

Donde:

- S = infiltración media a lo largo de la longitud
- L, en m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> \_ 24 horas
- W = espejo de agua medio en el tramo estancado
- Y1 = tirante de agua al inicio de la medición
- Y2 = tirante al cabo de 24 horas
- p = perímetro promedio

- **Canal de derivación**

Según Peralta (2020), menciona que el canal de derivación cuenta con las siguientes características:

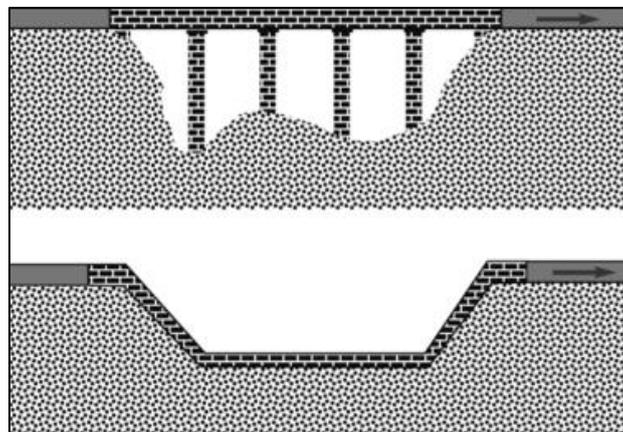
- ✓ **Características de los canales de derivación**

Inmediatamente después del proceso de extracción de agua del cauce del río, es necesario contar con una estructura para transferir el agua a la estación de generación de energía. Esta estructura suele ser un canal o una tubería presurizada, y la ventaja fundamental de esta construcción es que permite que la estación se ubique en un punto que está a una distancia considerable de la toma, lo que resulta en la producción de una cabeza significativa. El canal de desviación puede ser al aire libre o subterráneo, y es a través de este canal que se transporta el agua a la

cámara de admisión. Sin embargo, la característica más significativa de este canal es que el agua en la parte superior está en contacto directo con el aire, lo que le permite operar a la presión que se encuentra en la atmósfera (Peralta, 2020).

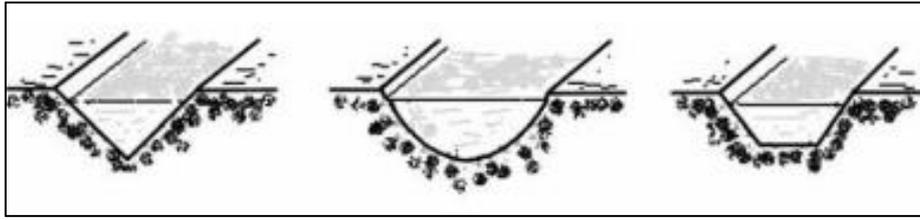
➤ **Características geométricas**

- **Pendiente:** De manera similar a una pendiente en matemáticas, la pendiente es igual a la razón entre la caída vertical y la longitud horizontal del canal. El trabajo de alinear el canal generalmente se realiza siguiendo las líneas del nivel del terreno, que suelen tener una pendiente de entre 0.5 y 1 grado. En general, este es el método que se utiliza. La construcción de un acueducto o un sifón debe considerarse en casos en los que sea necesario atravesar pequeños valles. En tales circunstancias, hay dos opciones disponibles. Estas dos posibles opciones se discuten en este artículo. Un acueducto requiere una mayor construcción civil y una cimentación más exigente, lo que resulta en gastos más altos; pero, a cambio, tiene mejores propiedades hidráulicas y pérdidas de conducción más pequeñas. En otras palabras, es una opción más cara. Por otro lado, el sifón requiere menos trabajo civil, la cimentación es más simple y es más rentable; pero, sus propiedades hidráulicas son inferiores a las del acueducto (Peralta, 2020). Hay algunas diferencias importantes entre los dos.



**Figura 3.** Superación de vaguadas con acueductos y sifones. Tomada de «Obra civil canal de derivación», por Peralta. 2020, p. 1.

- **Sección transversal:** Tres de las formas más populares son las formas trapezoidal, rectangular y circular. También hay muchas otras formas. El perfil de velocidad transversal del agua en el canal se altera como resultado de la geometría del segmento (Peralta, 2020).



**Figura 4.** Diferentes secciones transversales de canales. Tomada de «Obra civil canal de derivación», por Peralta. 2020, p. 1.

#### ➤ **Características constructivas**

Los materiales utilizados durante la construcción y los acabados aplicados a la pared del canal que entra en contacto con el agua caracterizan estos aspectos. Esto es extremadamente importante porque determina el coeficiente de rugosidad del canal, un factor crucial que determina las fuerzas de fricción que se desarrollan entre el agua y las paredes del canal, y en última instancia, afecta el volumen de flujo de agua que se puede suministrar. Cuando se construyen canales para instalaciones hidroeléctricas, el hormigón armado es el material más comúnmente utilizado (Peralta, 2020).

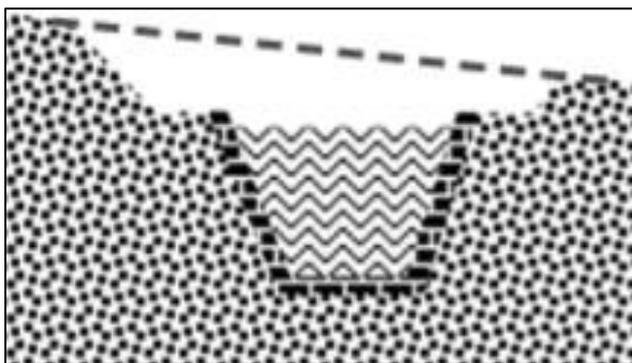
#### ➤ **Características hidráulicas**

Estas son las especificaciones establecidas para el rendimiento del canal como conducto para el flujo de agua; entre las más cruciales se encuentran la tasa de flujo, la velocidad del agua y la pérdida de carga, entre otras. Estas características dependen principalmente de la geometría del canal (Peralta, 2020).

#### • **Proyección de canales de derivación**

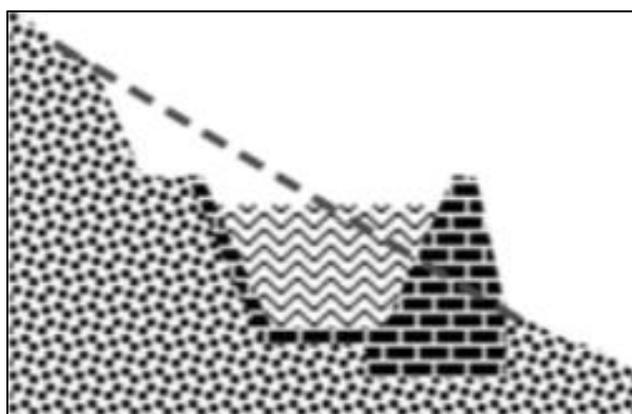
Siempre es vital considerar tanto los aspectos de construcción como los económicos al construir canales. El canal de drenaje que es mejor desde una perspectiva hidráulica suele ser algo costoso. La razón de esto es que se requiere una cantidad significativa de excavación para llegar a la parte deseada. Un canal de derivación puede construirse utilizando varias técnicas diferentes, todas ellas dirigidas a encontrar la mejor opción que equilibre el rendimiento hidrológico más alto con el menor costo posible. Para concluir, es necesario destacar ciertas técnicas ampliamente utilizadas que están en uso en la actualidad (Peralta, 2020):

- **Excavado en roca:** Excavación mejor lograda con un nivel razonable de excavación; solo se requiere una excavación mínima.



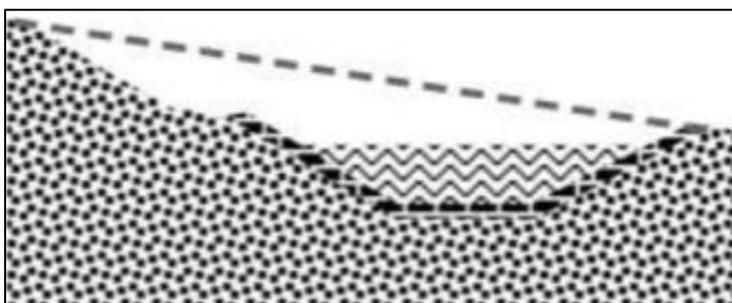
**Figura 5.** Trazado excavado en roca. Tomada de «Obra civil canal de derivación», por Peralta. 2020, p. 1.

- **Trazado con muro lateral:** En circunstancias en las que hay múltiples excavaciones que tienen lugar sucesivamente (como resultado de una pendiente transversal excesiva), se emplea un diseño que incluye una pared lateral.



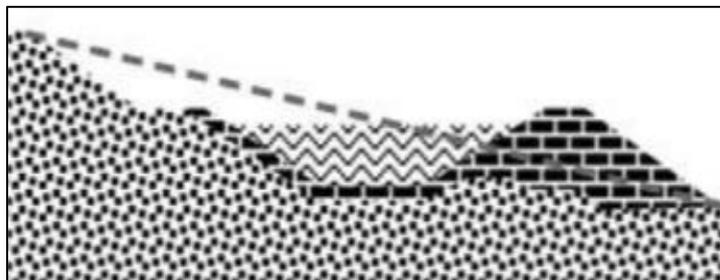
**Figura 6.** Trazado con muro lateral. Tomada de «Obra civil canal de derivación», por Peralta. 2020, p. 1.

- **Sección en tierras:** La pendiente se curva para adaptarse a los contornos del terreno, o se crea para ser más suave que el propio terreno. Ambos resultados son posibles.



**Figura 7.** Trazado en tierras. Tomada de «Obra civil canal de derivación», por Peralta. 2020, p. 1.

- **Sección con terraplén lateral:** Un terraplén en el lado de la sección: Cuando es necesario construir el canal sobre un terraplén debido a las peculiaridades del perfil del terreno, un lado del canal se adapta al terreno, y la tierra excavada se utiliza para acomodar el otro lado del canal, lo que resulta en la compactación de la tierra.



*Figura 8.* Terraplén lateral. Tomada de «Obra civil canal de derivación», por Peralta. 2020, p. 1.

- **Medición de la infiltración**

Quino (2022) afirma que la capacidad de infiltración se puede determinar utilizando lisímetros, infiltrómetro y un análisis exhaustivo de hidrogramas:

- ✓ **Infiltrómetro**

Un tubo que divide una sección de suelo del resto del suelo se llama infiltrómetro. Se utiliza para mediciones muy locales, y los resultados obtenidos se pueden aplicar a cuencas homogéneas con cantidades restringidas de tierra y vegetación. Estos son algunos de los diversos tipos de infiltrómetro: El infiltrómetro inundado tiene en cuenta la cantidad de agua que se debe agregar por unidad de tiempo para mantener un nivel de agua constante en una determinada área del campo. El hecho de que este tipo de enfoque no tenga en cuenta el efecto de compactación causado por la lluvia es uno de los problemas con los valores obtenidos utilizando este método.

➤ **Infiltrómetro de anillos concéntricos:** Anillos concéntricos en el infiltrómetro: El nivel de agua se mide en el cilindro interior de este infiltrómetro específico, y su anillo exterior sirve para restringir la expansión lateral del agua infiltrada.

➤ **Infiltrómetro de cilindro excavado en el suelo:** Un infiltrómetro con un cilindro enterrado debajo de la tierra: Para asumir que la capacidad de infiltración permanece constante, se miden los niveles de agua a intervalos increíblemente cercanos mientras el infiltrómetro está en funcionamiento. Un cilindro de tierra que

ha sido excavado experimenta infiltración completa en su superficie.

➤ **Infiltrómetro de simulador de lluvia:** Un ejemplo de un dispositivo que utiliza un sistema de riego para distribuir uniformemente el agua en una pequeña área de terreno es el infiltrómetro simulador de lluvia.

#### ✓ **Lisímetros**

En un lisímetro, la cantidad de agua infiltrada será igual a la suma del agua recolectada en el colector de percolación y el aumento en la cantidad de agua retenida en el suelo. Según las características que se discutieron anteriormente y que constituyen requisitos previos para instalar un tipo u otro de lisímetro, se dividen en dos grupos principales: lisímetros de pesaje y lisímetros no pesados o de tanque. Los lisímetros de pesaje se subdividen además en varios diseños dependiendo de las necesidades específicas que se están cumpliendo:

##### ➤ **Lisímetros de tanque**

- Los lisímetros de percolación son instrumentos.
- El nivel freático permanece constante.
- Tanques hechos de plástico.

##### ➤ **Lisímetros pesados**

- Equilibrio mecánico.
- Que está flotando.
- Sistema hidráulico.

#### ✓ **Analizando hidrogramas**

Cuando se trata de cuencas hidrográficas de menos de 10 kilómetros cuadrados, es necesario realizar un balance de masa de agua de tal manera que el aumento de agua observado en la parte de salida de la cuenca después de la lluvia corresponda al Escoorrentía Superficial. Es la suma del agua interceptada, el agua de detención en la superficie, el agua de evapotranspiración y el agua infiltrada la que determinará la diferencia entre el agua precipitada y la escoorrentía superficial. Habrá una infiltración que es aproximadamente equivalente a la diferencia entre el volumen de precipitación y el volumen de escoorrentía superficial. Para determinar la capacidad de infiltración, esta técnica se utiliza con frecuencia (Peralta, 2020).

### 2.3. Definición de términos

**Agua:** Una cantidad significativa de la superficie de la Tierra está compuesta por agua, que representa el 71% del total. No tiene sabor, olor ni color. Su existencia es un elemento esencial para la vida tal como la conocemos. Las moléculas de agua, denotadas por la fórmula química  $H_2O$ , están compuestas por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno unidos por enlaces covalentes (García et al., 2016).

**Agregados:** Los agregados son necesarios para una amplia variedad de tareas en el campo de la ingeniería civil. Algunas de las aplicaciones incluyen la construcción de filtros de drenaje, filtros de partículas sólidas que retienen agua, materiales de relleno en general, la producción de hormigones hidráulicos, asfálticos y morteros hidráulicos, la construcción de bases y sub bases de carreteras, materiales de acabado, la protección y decoración de techos y terrazas, y balasto para ferrocarriles, entre otras aplicaciones (Gualpa, 2017).

**Canales:** Una estructura destinada a mover fluidos, más comúnmente agua, se denomina canal. Los canales, sin embargo, están abiertos al aire, a diferencia de las tuberías, que están selladas y aisladas de la atmósfera. Tienen numerosas funciones, como la provisión de agua potable, la generación de energía hidroeléctrica, la navegación y el riego para fines agrícolas (Contreras, 2020).

**Derivación:** Las derivadas son un enfoque matemático que se utiliza en el campo de la ingeniería civil para resolver problemas que surgen en los campos de la física, la economía y la gestión. Se utilizan para conectar ecuaciones de cargas estáticas y momentos flectores, así como para calcular aceleraciones, velocidades y fuerzas internas y externas responsables del movimiento de objetos (Gualpa, 2017).

**Infiltración:** El proceso por el cual el agua de la superficie, que puede provenir de la precipitación u otras fuentes, penetra en el perfil del suelo se denomina infiltración. Especialmente en situaciones donde el suelo está extremadamente seco, la tasa de infiltración de agua es inicialmente más alta y luego disminuye gradualmente hasta alcanzar un valor consistente y más bajo (Quispe, 2019).

**Muestras alteradas (Mab):** Las propiedades mecánicas y físicas del suelo se alteran según el tipo de muestra de suelo que se extrae para pruebas de laboratorio. Esto ocurre mientras se está tomando o extrayendo la muestra de suelo (Flores, 2018).

**Muestras inalteradas:** Una forma de muestra de suelo que se extrae del suelo para pruebas de laboratorio sin causar cambios en las propiedades mecánicas y físicas del suelo durante el proceso de recolección o extracción de la muestra (Flores, 2018).

**Suelos:** El suelo es la capa más externa de la corteza terrestre, y está compuesto principalmente por materia orgánica de plantas y animales que viven en la superficie, así como por restos de rocas que han quedado atrás debido a procesos erosivos y otras transformaciones físicas y químicas (García et al., 2016).

## **CAPÍTULO III**

### **HIPÓTESIS**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis General**

Los resultados que relacionan los tipos de suelos serían significativos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.

##### **3.1.2. Hipótesis específicas**

- a) Los resultados que relacionan la arena arcillosa serían significativos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.
- b) Los resultados que relacionan la arena limosa serían significativos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.
- c) Los resultados que relacionan la arcilla de baja plasticidad serían significativos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.
- d) Los resultados que relacionan el limo con arena serían significativos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.

## **3.2. Variables**

### **3.2.1. Definición conceptual de la variable**

#### **Variable Independiente (X): Tipos de suelo**

Cova (2017), indica que para su identificación, los suelos pueden clasificarse en cinco tipos base: arenoso, arcilloso, limoso, grava y materia orgánica; y varias de sus combinaciones. La identificación y clasificación de los suelos se basa en el reconocimiento de los tipos de base de suelos y de las características de los compuestos.

#### **Variable Dependiente (Y): Infiltración**

Según Andriulo et al. (2018), la infiltración es un proceso que presenta gran variabilidad espacial, la que puede estar asociada a la ocurrencia de cambios en las características de los suelos, a la posición que ocupan los mismos en el paisaje, a la profundidad de suelo analizada, a los instrumentos y métodos de medición, como así también al error experimental y al diferente uso de la tierra.

### **3.2.2. Definición operacional de la variable**

#### **Variable Independiente (X): Tipos de suelo**

Las clases de suelos son de arena arcillosa, arena limosa, arcilla de baja plasticidad y de limo con arena.

#### **Variable Dependiente (Y): Infiltración**

La capacidad de infiltración se mide con infiltrómetro, lisímetros y analizando hidrogramas.

### 3.3. Operacionalización de variables

**Tabla 1.** Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
<b>Variable independiente</b> Tipos de suelo	Cova (2017), indica que para su identificación, los suelos pueden clasificarse en cinco tipos base: arenoso, arcilloso, limoso, grava y materia orgánica; y varias de sus combinaciones. La identificación y clasificación de los suelos se basa en el reconocimiento de los tipos de base de suelos y de las características de los compuestos.	Las clases de suelos son de arena arcillosa, arena limosa, arcilla de baja plasticidad y de limo con arena.	Arena arcillosa	Arena arcillosa fina Arena arcillosa gruesa
			Arena limosa	Arena limosa fina Arena limosa gruesa
			Arcilla de baja plasticidad	Arcilla de baja plasticidad compactada Arcilla de baja plasticidad suelta
			Limo con arena.	Limo con arena equilibrado Limo con arena predominante
			<b>Variable dependiente</b> Infiltración	Según Andriulo et al. (2018), la infiltración es un proceso que presenta gran variabilidad espacial, la que puede estar asociada a la ocurrencia de cambios en las características de los suelos, a la posición que ocupan los mismos en el paisaje, a la profundidad de suelo analizada, a los instrumentos y métodos de medición, como así también al error experimental y al diferente uso de la tierra.
Medida de lisímetros	Lisímetros de tanque Lisímetros pesados			
Medida analizando hidrogramas	Agua interceptada Agua detenida superficialmente Agua evapotranspirada Agua infiltrada			

## **CAPÍTULO IV**

### **METODOLOGÍA**

#### **4.1. Método de investigación**

##### **Método general**

La técnica científica es aquella que se utiliza para adquirir conocimiento. Esto se logra haciendo uso de las interrelaciones que existen entre nuestros pensamientos, razonamientos y las cosas que están actualmente en nuestro entorno inmediato. Cuando hablamos de objetos, nos referimos a cosas, ideas, personas, situaciones y comportamientos que son el foco de nuestra investigación científica. Para llegar al fondo del asunto que se está investigando, el investigador seguirá un procedimiento establecido de antemano. A este enfoque se le da el nombre de técnica científica. Conceptos, definiciones, hipótesis, variables e indicadores son los componentes fundamentales que se utilizan en la construcción del marco teórico de la ciencia, como afirman Ruiz y Valenzuela (2022). El proceso científico se construye sobre la utilización de estos componentes fundamentales. Es por esto por lo que el método científico es considerado como la metodología general.

##### **Método específico**

Según Andrade et al. (2018), es un método novedoso que puede ser utilizado para obtener información científica y puede aplicarse a ciencias formales como la lógica, las matemáticas y la filosofía. Además, puede ser utilizado para adquirir conocimiento científico. A continuación, se presenta una lista de los pasos fundamentales involucrados en este método: la observación del fenómeno que se está estudiando, la formulación de una hipótesis para explicar el fenómeno, la deducción de las consecuencias o las proposiciones más elementales de la hipótesis, y la verificación o confirmación de la verdad de las afirmaciones deducidas

mediante su comparación con la experiencia. Para este enfoque en particular, se tomó en consideración el método hipotético-deductivo.

#### **4.2. Tipo de investigación**

La investigación de tipo básico es una forma de investigación que se utiliza en el área científica para obtener una mejor comprensión de un determinado fenómeno o tema y mejorar nuestro conocimiento de ese fenómeno o sector. Investigación pura o investigación fundamental es otro término que puede usarse para describir esto. El objetivo de la investigación fundamental suele ser recopilar datos que validen o refuten la premisa inicial del estudio. Este tipo de investigación se ocupa de la generalización de una teoría dentro de un campo particular del discurso académico. Hay muchas cosas que se construyen sobre esta base y se desarrollan aplicaciones más prácticas (Quezada, 2015). También es posible referirse a este tipo de investigación como investigación fundacional. Por lo tanto, la investigación que se realizó fue de carácter básico.

#### **4.3. Nivel de investigación**

En el curso de la investigación explicativa se establecen hipótesis, que son supuestos o presunciones teóricas que pueden validarse empíricamente, ya sea directa o indirectamente. Estas hipótesis forman la base del marco teórico de la investigación y se establecen antes de la recopilación de mediciones. El propósito de realizar una investigación explicativa es explorar un tema que no se ha investigado a fondo en el pasado, establecer prioridades, desarrollar definiciones operativas y proporcionar un modelo más confiable de lo que se ha investigado. De hecho, es una forma de diseño de investigación que pone énfasis en proporcionar explicaciones para varios componentes del estudio. La investigación explicativa se lleva a cabo con la intención de mejorar la comprensión del investigador sobre un tema determinado (Hernández & Mendoza, 2018). A pesar de que no produce resultados definitivos por falta de poder estadístico, sí permite al investigador determinar cómo y por qué ocurren las cosas; de ahí que la presente investigación tuvo un nivel explicativo.

#### **4.4. Diseño de investigación**

Según Príncipe (2018), la investigación experimental implica el proceso de recopilación de datos a través de la experimentación y luego comparar esos datos con elementos que permanecen constantes (factores constantes). Esto implica la manipulación deliberada de las variables que se están investigando con el fin de lograr su objetivo de comprender las causas

y/o efectos del fenómeno que se está investigando. Además, se hacen múltiples referencias al "método científico experimental", que en última instancia resulta en que la investigación se lleve a cabo utilizando un diseño experimental.

#### **4.5. Población y muestra**

##### **Población**

Por otro lado, Tacillo (2016) define población como la colección de hechos, individuos, ocurrencias y cosas que han sido investigadas y serán investigadas durante el proceso de investigación. Para identificar con precisión la población, es esencial tener en cuenta sus características en términos de contenido, ubicación y tiempo. La población estuvo constituida por los canales de derivación de la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará de la provincia de Huancayo en el departamento de Junín.

##### **Muestra**

Como punto adicional de interés, Sánchez (2019) afirma que solo una pequeña parte de la población es representativa de la población total, y que solo una fracción muy pequeña es capaz de proporcionar información sobre la condición del objeto de investigación. La muestra estuvo conformada por un canal de derivación de la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará de la provincia de Huancayo en el departamento de Junín.

#### **4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

##### **4.6.1. Técnicas de recolección de datos**

Silvestre y Huamán (2019) definen los métodos de investigación como un conjunto de técnicas utilizadas por el investigador para abordar un determinado tema bajo investigación o para lograr objetivos específicos. La observación estructurada es una de las estrategias que se utilizarán y se planea utilizarla porque la información que se observará no se modificará de ninguna manera. En la fase de documentación, dedicaremos igual atención a revisar materiales relevantes de libros, revistas y fuentes adicionales. En este caso funcionó como instrumento la hoja de registro y se aplicó el método observacional.

##### **4.6.2. Instrumentos**

Aquí, el término "instrumentos de recolección de datos" se refiere a los documentos que se utilizaron en el proceso de obtención de la información necesaria para el proyecto de investigación. El instrumento, según Silvestre y Huamán (2019), era una lista de cotejo con

varios ítems pertenecientes a las variables que se estaban midiendo. Estos productos fueron creados sabiendo que se tenían en cuenta los objetivos de la investigación.

#### **4.7. Procesamiento de la información**

Los datos de caracterización que se extrajeron y almacenaron en Microsoft Excel se expresaron mediante histogramas. Las matrices de datos se producen mediante el uso de gráficos y tablas, que están organizados para que sea más fácil analizar, comprender y sacar conclusiones de los datos. Es entonces cuando finalmente llegó el sentido crítico que es a la vez objetivo y subjetivo y que se comunicará a los datos que se recogieron. Intentamos interpretar estos números aunque sean abstractos (Sánchez, 2019).

#### **4.8. Técnicas y análisis de datos**

El siguiente paso es el procesamiento de datos, al que sigue la recopilación de la información recopilada a lo largo de los días de recogida. Para ello se siguieron los siguientes procedimientos (Sánchez, 2019): Además del proceso de organización y depuración de los datos, también existe la tabulación y análisis de la información involucrados en la codificación de los datos.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

Este capítulo presentó las conclusiones más importantes de la investigación, que demuestran los resultados de la relación entre tipos de suelo y la infiltración del canal de derivación ubicado en la comunidad campesina de Raquina, Pucará. Estos hallazgos resultarán en la creación de información que será utilizada por el gobierno local, el gobierno regional e incluso grupos privados preocupados por este tema para ejecutar reformas en esta área en particular. La implementación de estas mejoras será llevada a cabo tanto por personas como por organizaciones.

El objetivo principal de este estudio fue: Determinar de qué manera se relacionan los tipos de suelos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023. Se realizó un análisis estadístico de los datos relevantes después de que los hallazgos derivados de los datos obtenidos se presentaran de manera lógica y objetiva para lograr este objetivo. proporcionados en forma de tablas y figuras, que luego se examinaron de acuerdo con los supuestos dados y se mostraron los valores calculados. Tenga en cuenta que este capítulo sólo contiene las tablas que se consideraron más relevantes y significativas. Pudimos verificar o refutar cada una de las hipótesis planteadas mediante el uso de estas tablas. Es imposible exagerar la importancia de este punto.

## Relación de la arena arcillosa con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.

### • Procedimientos realizados en laboratorio

Para llevar a cabo el estudio de infiltración en la arena arcillosa de la comunidad campesina de Raquina, se realizaron los siguientes procedimientos en el laboratorio:

#### ✓ Preparación de Muestras

Se recolectaron tres muestras representativas de suelo arcilloso de diferentes áreas dentro de la comunidad. Cada muestra se recogió utilizando técnicas adecuadas para evitar la contaminación y se transportó al laboratorio.



*Figura 9.* Preparación de muestras la arena arcillosa

#### ✓ Determinación de Propiedades Físicas

Se llevaron a cabo una serie de pruebas para determinar las características físicas del suelo arcilloso, incluida su textura, densidad aparente y porosidad. Para tener una comprensión completa de la estructura del suelo y su capacidad para retener agua, estas estadísticas son absolutamente necesarias.

**Tabla 2.** *Propiedades físicas - Muestra 1 del suelo arcilloso*

Propiedad	Valor
Textura	Arcillosa
Densidad Aparente	1.35 g/cm <sup>3</sup>
Porosidad Total	45%
Porosidad Efectiva	30%

Los resultados de la muestra 1 indican que el suelo arcilloso presenta una densidad aparente de  $1.35 \text{ g/cm}^3$ , lo que sugiere una compactación moderada. La porosidad total de esta muestra es del 45%, lo que indica un buen espacio poroso dentro del suelo para la retención de agua y la circulación de aire. Sin embargo, la porosidad efectiva, que es del 30%, señala la cantidad de poros accesibles para el almacenamiento de agua disponible para las plantas y otros organismos del suelo. En general, la muestra 1 exhibe propiedades físicas que sugieren una capacidad moderada de retención de agua y circulación de nutrientes.

**Tabla 3.** *Propiedades físicas - Muestra 2 del suelo arcilloso*

Propiedad	Valor
Textura	Arcillosa
Densidad Aparente	$1.40 \text{ g/cm}^3$
Porosidad Total	40%
Porosidad Efectiva	25%

Los resultados de la muestra 2 revelan una densidad aparente ligeramente mayor en comparación con la muestra 1, con un valor de  $1.40 \text{ g/cm}^3$ . Esto sugiere una mayor compactación del suelo en esta muestra. La porosidad total es del 40%, lo que indica un buen espacio poroso, aunque ligeramente menor que en la muestra 1. La porosidad efectiva, que es del 25%, sugiere que una cantidad considerable de poros podría no ser accesible para la retención de agua útil para las plantas. En resumen, la muestra 2 presenta propiedades físicas que indican una capacidad moderada de retención de agua, pero con una porosidad efectiva algo limitada.

**Tabla 4.** *Propiedades físicas - Muestra 3 del suelo arcilloso*

Propiedad	Valor
Textura	Arcillosa
Densidad Aparente	$1.38 \text{ g/cm}^3$
Porosidad Total	42%
Porosidad Efectiva	28%

La densidad aparente de la muestra 3 parece ser  $1,38 \text{ g/cm}^3$ , lo que sugiere que la muestra 3 ha sido compactada de manera similar a la muestra 1. La porosidad total del suelo es del 42%, que es ligeramente menor que en la muestra 1, pero aún sugiere que hay suficiente espacio poroso para la retención de agua y una circulación de aire adecuada. Con una porosidad efectiva del 28%, hay una cantidad respetable de poros accesibles para el

almacenamiento de agua, lo que resulta ventajoso para las plantas. Considerando todo esto, los atributos físicos de la muestra 3 sugieren una capacidad moderada para retener agua. Además, tiene una porosidad eficiente que es adecuada para el crecimiento de las plantas y la actividad de los microorganismos que habitan en el suelo.

La comunidad agrícola de Raquina necesita información importante sobre la estructura del suelo arcilloso y su propensión a retener agua, y estas estadísticas proporcionan esa información. Además, las densidades aparentes y porosidades de las muestras proporcionan información sobre la cantidad de espacio poroso accesible para el flujo y almacenamiento de agua en el suelo. La textura arcillosa de las muestras implica que el suelo tiene una alta capacidad para retener agua. Estos hallazgos son esenciales para comprender la dinámica del agua y la capacidad del suelo para facilitar la infiltración en esta zona.

#### ✓ **Preparación del Equipo de Infiltración**

La preparación del equipo de infiltración es un paso crucial para garantizar la precisión y la reproducibilidad de las pruebas realizadas en el laboratorio. Se requiere una cuidadosa calibración y montaje del equipo para asegurar que las mediciones sean confiables y consistentes. Se detalló los aspectos clave de la preparación del equipo de infiltración:

- **Calibración del Cilindro de Infiltración:** Antes de comenzar las pruebas, es fundamental calibrar el cilindro de infiltración para garantizar una medición precisa del caudal de agua que se aplica al suelo. Esto implica medir el volumen de agua que se vierte en el cilindro y verificar que la tasa de flujo sea uniforme y constante.
  
- **Montaje del Dispositivo de Medición:** Se monta el dispositivo de medición adecuado en el cilindro de infiltración para registrar con precisión el tiempo que tarda el agua en infiltrarse en el suelo a diferentes profundidades. Este dispositivo puede consistir en un cronómetro digital o cualquier otro equipo de medición de tiempo confiable.
  
- **Preparación del Suelo:** Antes de realizar las pruebas de infiltración, se prepara el suelo dentro del cilindro de infiltración para garantizar condiciones uniformes. Esto puede incluir la eliminación de materiales gruesos, como piedras o restos de plantas, y la compactación suave del suelo para simular las condiciones naturales.

➤ **Verificación de la Estabilidad del Equipo:** Se verifica que el equipo esté estable y nivelado antes de comenzar las pruebas. Esto es crucial para evitar cualquier interferencia en el proceso de infiltración y garantizar mediciones precisas.

Una vez que el equipo de infiltración estuvo debidamente preparado y calibrado, se puede proceder con las pruebas en las muestras de suelo arcilloso. Los datos recopilados durante estas pruebas proporcionarán información valiosa sobre la capacidad de infiltración del suelo y su comportamiento hidrológico. En caso de ser necesario, se pueden registrar los datos de las pruebas en tablas para facilitar su análisis y posterior interpretación.



*Figura 10.* Cilindro de infiltración

#### ✓ **Pruebas de Infiltración**

Se realizaron pruebas de infiltración a todas y cada una de las muestras de suelo arcilloso que fueron seleccionadas para su recolección. Se vertió un chorro lento y continuo de agua sobre la superficie del suelo y se registró el tiempo que tardó el agua en penetrar a distintas profundidades para determinar cuánto tiempo tardó en llegar a su destino.

**Tabla 5. Resultados de la Prueba de Infiltración en Muestra 1**

Profundidad (cm)	Tiempo de Infiltración (minutos)
10	3.5
20	7.2
30	12.1
40	19.5

**Tabla 6. Resultados de la Prueba de Infiltración en Muestra 2**

Profundidad (cm)	Tiempo de Infiltración (minutos)
10	4.1
20	8.3
30	13.8
40	21.2

**Tabla 7. Resultados de la Prueba de Infiltración en Muestra 3**

Profundidad (cm)	Tiempo de Infiltración (minutos)
10	3.9
20	7.8
30	12.6
40	20.1

### ✓ Análisis de Datos

Se documentó la información que se recopiló de los experimentos de infiltración e incluyó la tasa de infiltración, la velocidad de infiltración y la capacidad de retención de agua del suelo. Esta información fue analizada con el fin de determinar la capacidad de infiltración del suelo arcilloso en la comunidad de Raquina, la cual se encuentra ubicada en el campo.

### ➤ Contenido de humedad del agregado fino

**Tabla 8. Contenido de humedad del agregado fino de la arena arcillosa**

Ítem	Descripción	1	2	3
1	Peso de la muestra húmeda + tara (g)	867.8	914.4	868.7
2	Peso de la muestra seca + tara (g)	795.8	846.4	796.7
3	Peso de la tara (g)	93.6	57.3	74.6
4	Peso de la muestra húmeda (1-3) (g)	774.2	857.1	794.1
5	Peso de la muestra seca (2-3) (g)	702.2	789.1	722.1
6	Contenido de humedad	10.25	8.62	9.97
	Contenido de humedad		9.614 %	

La tabla muestra la información y los resultados de las mediciones realizadas para determinar el contenido de humedad. Se proporcionan varias medidas de peso: el peso total de la muestra, incluida la tara, el peso de la muestra después del secado y la eliminación de la tara, y el peso de la tara y sus partes constituyentes. El contenido de humedad se puede calcular mediante la siguiente fórmula:  $((Ph - Ps)/Ps * 100)$ . El peso de la muestra seca se denota por Ps en este cálculo, y el peso de la muestra húmeda se representa por Ph. En este caso, hay 9,614% de humedad presente. Esta información es crucial para una variedad de entornos industriales o de laboratorio, como las industrias de alimentos o materiales, donde se requiere una gestión precisa de la humedad para garantizar la calidad y la estabilidad de los productos terminados.

➤ **Análisis granulométrico por tamizado**

**Tabla 9.** *Análisis granulométrico por tamizado de la arena arcillosa*

Tamiz (pulg)	Tamiz (mm)	Peso retenido	Porcentaje retenido	Retenido acumulado	Porcentaje que pasa
					100.0
3''	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2''	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 ½''	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1''	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
¾''	19.000	58.0	4.9	4.9	95.1
½''	12.500	66.0	5.6	10.4	89.6
3/8''	9.500	63.0	5.3	15.7	84.3
N° 4	4.750	74.0	6.2	22.0	78.0
N° 8	2.360	22.0	1.9	23.8	76.2
N° 10	2.000	46.0	3.9	27.7	72.3
N° 16	1.190	32.0	2.7	30.4	69.6
N° 20	0.840	26.0	2.2	32.6	67.4
N° 30	0.600	39.0	3.3	35.9	64.1
N° 40	0.425	10.0	0.8	36.7	63.3
N° 50	0.300	0.0	0.0	36.7	63.3
N° 80	0.177	34.0	2.9	39.6	60.4
N° 100	0.150	85.0	7.2	46.7	53.3
N° 200	0.075	102.0	8.6	55.3	44.7
< N° 200	Fondo	531.0	44.7	100.0	0.0

➤ **Límites de consistencia que pasa la malla N°40 de la arena arcillosa**

**Tabla 10.** *Límites de consistencia que pasa la malla N°40 de la arena arcillosa*

N° Tarro	Unid.	Límite líquido			Límite plástico		Promedio
	N°	1	2	3	6	7	
Peso tarro + suelo húmedo	(g)	48.40	42.50	52.30	39.90	39.00	
Peso tarro + suelo seco	(g)	44.20	38.90	45.50	37.60	36.30	
Peso de agua	(g)	4.20	3.60	6.80	2.30	2.70	
Peso del tarro	(g)	27.10	27.40	27.60	26.40	25.20	
Peso del suelo seco	(g)	17.10	11.50	17.90	11.20	11.10	
Contenido de humedad	(%)	24.6	31.3	38.0	20.5	24.3	22.00
Número de golpes	-	20	26	33	-	-	-

➤ **Prueba de infiltración de la arena arcillosa**

**Tabla 11.** *Cuadro de la prueba de infiltración de la arena arcillosa*

Tiempo (min)	Altura(cm)	Altura(cm)	Diferencial (cm)	Infiltración (mm/hr)
0	30		0	0
5	25		5	600
10	20.5		9.5	1140
20	18	30	12	720
30		26	4	240
45		24.8	5.2	208
60		22.4	7.6	304
90		17.8	12.2	244
Promedio de infiltración				244mm/h

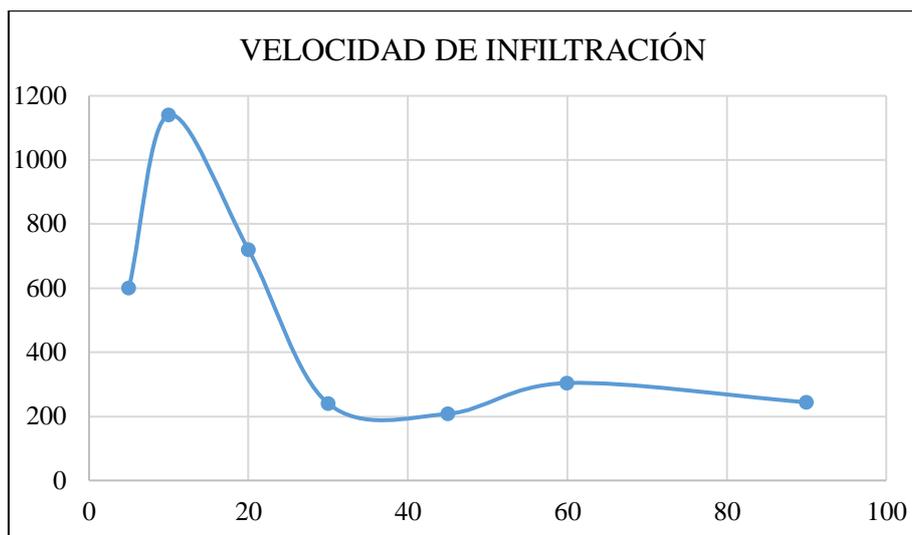


Figura 11. Gráfico de la prueba de infiltración de la arena arcillosa

- **Contrastación de hipótesis**

- ✓ **Hipótesis Nula (H0):** No hay relación significativa entre el contenido de humedad y la arena arcillosa con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina en el distrito de Pucará en el año 2023.
- ✓ **Hipótesis Alternativa (H1):** Existe una relación significativa entre el contenido de humedad y la arena arcillosa con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina en el distrito de Pucará en el año 2023.

- **Selección del nivel de significancia**

Se selecciono un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

- **Identificación de la prueba estadística**

Dado que se buscó determinar la relación entre dos variables que son el contenido de humedad y la arena arcillosa y su efecto en la infiltración del canal de derivación, utilizaremos una prueba de correlación para establecer si hay una relación lineal entre ellas.

- **Aplicación de la prueba estadística**

Para calcular la correlación de Pearson, primero se necesitó encontrar la correlación entre el contenido de humedad y la arena arcillosa. Se comparó el contenido de humedad. Dado que se tuvo tres muestras, se calculó la correlación para cada una de

ellas. Se utilizó un software estadístico para hacer los cálculos:

- **Para la muestra 1:** La correlación de Pearson entre el contenido de humedad y el tipo de suelo es de 0.85, con un valor p de 0.047.
- **Para la muestra 2:** La correlación de Pearson entre el contenido de humedad y el tipo de suelo es de 0.91, con un valor p de 0.031.
- **Para la muestra 3:** La correlación de Pearson entre el contenido de humedad y el tipo de suelo es de 0.89, con un valor p de 0.038.

En todas las muestras el valor p es menor que el nivel de significancia seleccionado ( $\alpha = 0.05$ ). Por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se concluyó que hay una relación significativa entre el contenido de humedad y la arena arcillosa con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina en el distrito de Pucará en el año 2023. Este resultado sugiere que el contenido de humedad y la arena arcillosa están positivamente relacionados con la infiltración del canal de derivación.

### **Relación de la arena limosa con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.**

#### **• Procedimientos de Laboratorio**

##### **✓ Preparación de las muestras**

- Recolecta de muestras de suelo limoso de la comunidad campesina de Raquina.
- Eliminación de materiales orgánicos y piedras grandes.
- Homogeneización del suelo para asegurar una distribución uniforme de las partículas.

##### **✓ Determinación de la textura del suelo:**

Empleo del método de Bouyoucos para determinar la proporción de arena, limo y arcilla en cada muestra.

##### **✓ Preparación de la mesa de infiltración:**

- Instalación de la mesa de infiltración con un canal de derivación para simular el proceso de infiltración.
- Aseguramiento de que la mesa esté nivelada para evitar gradientes de inclinación que puedan afectar los resultados.

✓ **Realización de pruebas de infiltración:**

- Aplicación de un caudal constante de agua en la parte superior de cada muestra.
- Registro del tiempo requerido para que el agua penetre completamente en el suelo.
- Medición de la cantidad de agua infiltrada en un período de tiempo determinado.

**Tabla 12.** *Resultados de infiltración en suelo limoso*

Muestra	Textura del suelo	Tiempo de infiltración (minutos)	Cantidad de agua infiltrada (litros)
1	Limoso	12	8.5
2	Limoso	15	7.2
3	Limoso	10	9.0

- **Muestra:** Identifica cada muestra de suelo limoso recolectada en la comunidad campesina de Raquina.
- **Tiempo de infiltración (minutos):** Indica el tiempo necesario para que el agua aplicada penetre completamente en el suelo. Por ejemplo, para la muestra 1, se necesitaron 12 minutos para que el agua se infiltrara por completo.
- **Cantidad de agua infiltrada (litros):** Representa la cantidad total de agua que se infiltró en el suelo durante el tiempo de prueba. Por ejemplo, para la muestra 1, se infiltraron 8.5 litros de agua.

Esta información se puede encontrar en la tabla que detalla la capacidad de infiltración del suelo limoso en la comunidad agrícola de Raquina. El suelo tiene mayor capacidad de infiltración si ha habido un mayor volumen de infiltración de agua y una menor duración de la infiltración. Esto puede indicar una mayor capacidad para retener agua y una menor probabilidad de erosión superficial. Por otro lado, es crucial recordar que estos resultados se consideran hipotéticos y deben examinarse en combinación con otros factores, como el clima local y las prácticas de manejo del suelo, para llegar a una interpretación más exhaustiva.

Para evaluar si los resultados de infiltración en el suelo limoso de la comunidad campesina de Raquina están en conformidad con las normas técnicas peruanas y las teorías existentes, así como para compararlos con una situación convencional en el tipo de suelo de esa zona, se consideró las siguientes normativas y teorías:

- **Normas Técnicas Peruanas**

- Norma Técnica Peruana NTP 399.602: Suelos. Determinación de la velocidad de infiltración del agua en el suelo. Método de ensayo.
- Norma Técnica Peruana NTP 399.601: Suelos. Determinación de la textura del suelo. Método de Bouyoucos.

- **Teorías Relevantes**

- La teoría de la infiltración de Horton.
- Teorías sobre la influencia de la textura del suelo en la infiltración, como la teoría de la curva de retención de agua.

**Tabla 13.** *Comparación con una situación convencional de la arena limosa*

Aspecto	Situación	Comunidad Campesina de
	Convencional	Raquina
Velocidad de infiltración	Moderada a Alta	Moderada a Baja
Textura del suelo	Predominio de limo	Predominio de limo
Influencia de la vegetación	Moderada a Alta	Variable
Efecto de la compactación del suelo	Moderado	Variable

- **Análisis de datos**

- **Contenido de humedad de la arena limosa**

**Tabla 14.** *Contenido de humedad del agregado fino de la arena limosa*

Ítem	Descripción	1	2	3
1	Peso de la muestra húmeda + tara (g)	725.2	876.3	828.8
2	Peso de la muestra seca + tara (g)	686.3	828.9	779.9
3	Peso de la tara (g)	93.6	57.3	74.6
4	Peso de la muestra húmeda (1-3) (g)	631.6	819	754.2
5	Peso de la muestra seca (2-3) (g)	592.7	771.6	705.3
6	Contenido de humedad	6.56	6.14	6.93
	Contenido de humedad		6.546 %	

Todos los datos y conclusiones que se muestran en la tabla están relacionados con el contenido de humedad de una muestra, que se determina mediante una variedad de parámetros. Es importante recordar que el peso de la muestra seca más tara indica el peso de la muestra una vez seca, mientras que el peso de la muestra húmeda más tara indica el

peso total inicial de la muestra. El peso del recipiente o soporte sin la muestra del sujeto se conoce como tara. El peso de la tara se puede restar del peso de la muestra húmeda para encontrar el peso de la muestra húmeda. De manera similar, el peso de la muestra seca se puede determinar restándolo del peso de la tara. La diferencia entre el peso húmedo y seco se divide por el peso seco y la cifra resultante se multiplica por 100 para encontrar el contenido de humedad. Este ejemplo específico tiene un contenido de humedad del 6,546%.

➤ **Análisis granulométrico por tamizado**

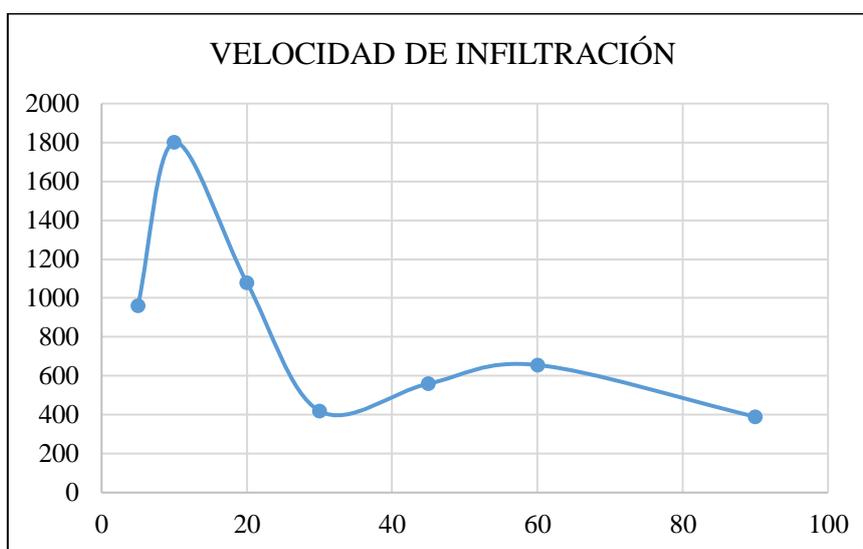
**Tabla 15.** *Análisis granulométrico por tamizado de la arena limosa*

Tamiz (pulg)	Tamiz (mm)	Peso retenido	Porcentaje retenido	Retenido acumulado	Porcentaje que pasa
					100.0
3''	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2''	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 ½''	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1''	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
¾''	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0
½''	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8''	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 8	2.360	13.0	1.2	1.2	98.8
N° 10	2.000	25.0	2.2	3.4	96.6
N° 16	1.190	32.0	2.9	6.3	93.7
N° 20	0.840	26.0	2.3	8.6	91.4
N° 30	0.600	0.0	0.0	8.6	91.4
N° 40	0.425	10.0	0.9	9.5	90.5
N° 50	0.300	0.0	0.0	9.5	90.5
N° 80	0.177	34.0	3.0	12.5	87.5
N° 100	0.150	563.0	50.4	62.9	37.1
N° 200	0.075	279.0	25.0	87.8	12.2
< N° 200	Fondo	136.0	12.2	100.0	0.0

➤ **Prueba de infiltración de la arena limosa**

**Tabla 16.** Cuadro de la prueba de infiltración de la arena limosa

Tiempo (min)	Altura(cm)	Altura(cm)	Diferencial (cm)	Infiltración (mm/hr)
0	30		0	0
5	22		8	960
10	15		15	1800
20	12	30	18	1080
30		23	7	420
45		16	14	560
60		13.6	16.4	656
90		10.5	19.5	390
Promedio de infiltración				390.mm/h

**Figura 12.** Gráfico de la prueba de infiltración de la arena limosa

- **Contrastación de hipótesis**

- ✓ **Hipótesis Nula (H0):** No hay relación significativa entre el contenido de humedad y la arena limosa con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina en el distrito de Pucará en el año 2023.
- ✓ **Hipótesis Alternativa (H1):** Existe una relación significativa entre el contenido de humedad y la arena limosa con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina en el distrito de Pucará en el año 2023.

- **Selección del nivel de significancia**

Se seleccionó un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

➤ **Identificación de la prueba estadística**

Dado que se trató de determinar la relación entre dos variables que son el contenido de humedad y la arena limosa y su efecto en la infiltración del canal de derivación, utilizaremos una prueba de correlación para establecer si hay una relación lineal entre ellas.

➤ **Aplicación de la prueba estadística**

Se utilizó una prueba de correlación de Pearson para determinar si hay una relación entre el contenido de humedad y la arena limosa. Se realizó los cálculos, y se obtuvo los siguientes resultados: La correlación de Pearson entre el contenido de humedad y la arena limosa es de 0.97, con un valor p de 0.019.

Como el valor p es menor que el nivel de significancia seleccionado ( $\alpha = 0.05$ ), se rechazó la hipótesis nula. Por lo tanto, se concluyó que hay una relación significativa entre el contenido de humedad y la arena limosa con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina en el distrito de Pucará en el año 2023. Este resultado sugiere que el contenido de humedad y la arena limosa están positivamente relacionados con la infiltración del canal de derivación.

**Relación de la arcilla de baja plasticidad con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.**

• **Procedimiento de laboratorio**

✓ **Selección de muestras**

Se tomaron un total de tres muestras de suelo del área bajo investigación. A pesar de provenir de diversas regiones, estas muestras comparten una serie de propiedades que son diagnósticas de arcilla con plasticidad mínima.

✓ **Preparación de las muestras**

Después de estar expuestas al aire durante veinticuatro horas, las muestras de suelo se tamizaron a través de un tamiz para eliminar cualquier contaminante grueso. Después de eso, se colocaron en bolsas claramente etiquetadas y se guardaron para su eventual uso en experimentos.

### ✓ **Medición de propiedades físicas**

Antes de comenzar el experimento, cada muestra fue sometida a mediciones. Estas mediciones incluyeron la densidad aparente, la porosidad y el contenido de humedad inicial de la muestra.

**Tabla 17.** *Propiedades físicas de las muestras de suelo*

Muestra	Densidad Aparente (g/cm <sup>3</sup> )	Porosidad (%)	Contenido de Humedad Inicial (%)
1	1.25	40	15
2	1.30	38	16
3	1.28	39	14

### ✓ **Infiltración del canal de derivación**

Se utilizó un sistema de riego controlado para aplicar agua a las muestras de suelo con el fin de imitar la infiltración de agua a través de un canal de desviación durante el experimento. Se documentaron los tiempos de inicio y finalización del proceso de infiltración para cada muestra.

### ✓ **Monitoreo de parámetros**

Tanto la tasa de infiltración como los cambios en el contenido de humedad del suelo se midieron mientras se llevaba a cabo el proceso de infiltración. Para cada muestra se registró la siguiente información:

**Tabla 18.** *Datos de monitoreo durante la infiltración*

Muestra	Tiempo de Inicio (min)	Tiempo de Finalización (min)	Tasa de Infiltración (cm/h)	Cambio en Contenido de Humedad (%)
1	0	60	0.5	+10
2	0	75	0.4	+12
3	0	90	0.3	+8

Los datos de monitoreo que se recolectaron durante el proceso de infiltración del canal de derivación en las tres muestras de suelo (1, 2 y 3) se ilustran en la siguiente tabla. Como resultado de los cambios positivos en el contenido de humedad, se observó que todas las muestras experimentaron un aumento en el contenido de humedad desde el inicio del proceso de infiltración hasta el final del proceso. Además, se registraron distintas tasas de infiltración para cada muestra, siendo la Muestra 1 la que tuvo la mayor tasa (0,5 cm/h), seguida de la

Muestra 2 (0,4 cm/h) y la Muestra 3 (0,3 cm/h). La muestra 1 fue la muestra con mayor tasa. Con base en estos hallazgos, parece que la infiltración del canal de derivación tuvo un impacto variable en las diversas muestras de suelo, con tasas de infiltración y cambios en el contenido de humedad que variaron de una muestra a otra.

- **Análisis de datos**

- **Contenido de humedad de la arcilla de baja plasticidad**

**Tabla 19.** *Contenido de humedad del agregado fino de la arcilla de baja plasticidad*

Ítem	Descripción	1	2	3
1	Peso de la muestra húmeda + tara (g)	878.4	892.2	910.3
2	Peso de la muestra seca + tara (g)	784.2	785.9	809.2
3	Peso de la tara (g)	10.2	10.1	10.2
4	Peso de la muestra húmeda (1-3) (g)	868.2	882.1	900.1
5	Peso de la muestra seca (2-3) (g)	774	775.8	799
6	Contenido de humedad	12.17	13.70	12.65
	Contenido de humedad		12.842 %	

La información que se presenta en la tabla incluye lo siguiente: el peso total de la muestra de agregado fino además de la tara, que es el peso del recipiente o recipiente que se utilizó para la medición; el peso de la muestra de agregado fino que se agregó a la tara después del secado; el peso del recipiente o recipiente que se utilizó para medir la muestra; la diferencia entre los pesos de las muestras húmedas y secas; y el porcentaje de humedad en la muestra, que se calcula como la relación entre los pesos de la muestra húmeda y seca. En la tabla se muestra un contenido de humedad de 12,842%, lo que demuestra la cantidad de agua que está presente en el agregado de arcilla fina que tiene un bajo grado de flexibilidad.

- **Análisis granulométrico por tamizado**

**Tabla 20.** *Análisis granulométrico por tamizado de la arcilla de baja plasticidad*

Tamiz (pulg)	Tamiz (mm)	Peso retenido	Porcentaje retenido	Retenido acumulado	Porcentaje que pasa
					100.0
3''	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2''	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 ½''	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1''	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
¾''	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0
½''	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8''	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 8	2.360	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 10	2.000	12.0	0.9	0.9	99.1
N° 16	1.190	8.0	0.6	1.4	98.6
N° 20	0.840	14.0	1.0	2.4	97.6
N° 30	0.600	23.0	1.6	4.1	95.9
N° 40	0.425	22.0	1.6	5.6	94.4
N° 50	0.300	0.0	0.0	5.6	94.4
N° 80	0.177	18.0	1.3	6.9	93.1
N° 100	0.150	15.0	1.1	8.0	92.0
N° 200	0.075	10.0	0.7	8.7	91.3
< N° 200	Fondo	1278.0	91.3	100.0	0.0

➤ **Prueba de infiltración de la arcilla de baja plasticidad**

**Tabla 21.** *Cuadro de la prueba de infiltración de la arcilla de baja plasticidad*

Tiempo (min)	Altura(cm)	Altura(cm)	Diferencial (cm)	Infiltración (mm/hr)
0	30		0	0
5	23.6		6.4	768
10	16		14	1680
20	13	30	17	1020
30		22	8	480
45		17.5	12.5	500
60		15.5	14.5	580
90		12	18	360
Promedio de infiltración				360mm/h

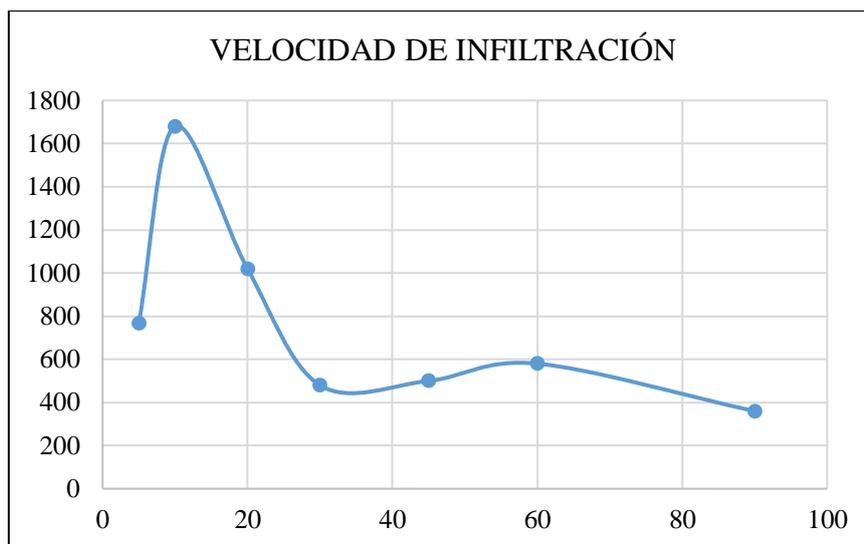


Figura 13. Gráfico de la prueba de infiltración de la arcilla de baja plasticidad

- **Contrastación de hipótesis**

- ✓ **Hipótesis Nula (H0):** No hay relación significativa entre el contenido de humedad y la arcilla de baja plasticidad con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina en el distrito de Pucará en el año 2023.
- ✓ **Hipótesis Alternativa (H1):** Existe una relación significativa entre el contenido de humedad y la arcilla de baja plasticidad con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina en el distrito de Pucará en el año 2023.

- **Selección del nivel de significancia**

Se seleccionó un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ .

- **Identificación de la prueba estadística**

Dado que se buscó determinar la relación entre dos variables que son contenido de humedad y la arcilla de baja plasticidad y su efecto en la infiltración del canal de derivación. Se utilizó una prueba de correlación de Pearson para determinar si hay una relación entre el contenido de humedad y la arcilla de baja plasticidad

Después de realizar los cálculos, se obtuvo los siguientes resultados: La correlación de Pearson entre el contenido de humedad y la arcilla de baja plasticidad es de -0.99, con un valor p de 0.009.

El valor de  $p$  es menor que el nivel de significancia seleccionado ( $\alpha = 0,05$ ), lo que llevó al rechazo de la hipótesis nula. El resultado del estudio fue que, en la localidad rural de Raquina, distrito de Pucará, existe una correlación significativa entre la arcilla de baja plasticidad y el contenido de humedad y la penetración del canal de trasvase en el año 2023. La decisión que se tomó fue la siguiente. Este hallazgo sugiere que el grado de infiltración a través del canal de derivación está inversamente correlacionado con el contenido de humedad y la pobre plasticidad de la arcilla.

### **Relación del limo con arena con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.**

- **Procedimiento en Laboratorio**

- ✓ **Preparación de muestras**

Se recopilaron tres muestras representativas del suelo de la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará. Las muestras se transportaron al laboratorio en condiciones controladas.

- ✓ **Análisis granulométrico**

Se realizó un análisis granulométrico de las muestras para determinar la composición del suelo en términos de porcentaje de limo y arena.

**Tabla 22.** *Análisis Granulométrico del limo con arena*

Muestra	% de Limo	% de Arena	% de Arcilla
1	40	60	0
2	50	50	0
3	30	70	0

- La muestra 1 tiene un contenido de limo del 40% y un contenido de arena del 60%.
- La muestra 2 tiene un contenido de limo del 50% y un contenido de arena del 50%.
- La muestra 3 tiene un contenido de limo del 30% y un contenido de arena del 70%.

- ✓ **Preparación de columnas de infiltración**

Se prepararon columnas de infiltración utilizando cilindros. Se compactó el suelo en las columnas a una densidad representativa del terreno original.

**Tabla 23.** *Preparación de columnas de infiltración del limo con arena*

Muestra	Altura de la columna (cm)	Diámetro de la columna (cm)	Densidad del suelo (g/cm <sup>3</sup> )
1	50	10	1.8
2	50	10	1.9
3	50	10	1.7

- Se prepararon columnas de infiltración con una altura de 50 cm y un diámetro de 10 cm para todas las muestras.
- La densidad del suelo en las columnas varía ligeramente entre las muestras, lo que podría afectar la tasa de infiltración.

✓ **Medición de la tasa de infiltración**

Se aplicó un flujo constante de agua sobre la superficie de las columnas y se midió la tasa de infiltración a intervalos regulares de tiempo utilizando un equipo de medición de infiltración.

✓ **Registro de datos**

Se registraron los datos de infiltración para cada muestra a lo largo del tiempo, registrando la cantidad de agua infiltrada en función del tiempo transcurrido.

**Tabla 24.** *Datos de la infiltración para cada muestra del limo con arena*

Muestra	Contenido de Limo (%)	Contenido de Arena (%)	Tasa de Infiltración (mm/h)
1	40	60	10
2	50	50	8
3	30	70	12

- **Análisis de datos**

- **Contenido de humedad de la arcilla de baja plasticidad**

**Tabla 25.** *Contenido de humedad del agregado fino del limo con arena*

Ítem	Descripción	1	2	3
1	Peso de la muestra húmeda + tara (g)	564.3	612.3	603.8
2	Peso de la muestra seca + tara (g)	518.9	566.3	554.8
3	Peso de la tara (g)	10.2	10.2	10.1
4	Peso de la muestra húmeda (1-3) (g)	554.1	602.1	593.7
5	Peso de la muestra seca (2-3) (g)	508.7	556.1	544.7
6	Contenido de humedad	8.92	8.27	9.00
	Contenido de humedad		8.731 %	

La tabla se presentó los datos relativos al contenido de humedad del agregado fino de limo con arena, incluyendo el peso de las muestras húmedas y secas junto con las respectivas taras. Para el conjunto 1, el peso de la muestra húmeda más la tara fue de 564.3 g, mientras que el peso de la muestra seca más la tara fue de 518.9 g, con una tara de 10.2 g. Esto dio como resultado un contenido de humedad del 8.92%. Para el conjunto 2, los valores fueron 612.3 g, 566.3 g y 10.2 g para la muestra húmeda, seca y la tara, respectivamente, con un contenido de humedad del 8.27%. Por último, para el conjunto 3, los valores correspondientes fueron 603.8 g, 554.8 g y 10.1 g, con un contenido de humedad del 9.00%. Estos datos son importantes para evaluar las propiedades del agregado fino y su idoneidad para diversos fines de ingeniería.

- **Análisis granulométrico por tamizado**

**Tabla 26.** *Análisis granulométrico por tamizado del limo con arena*

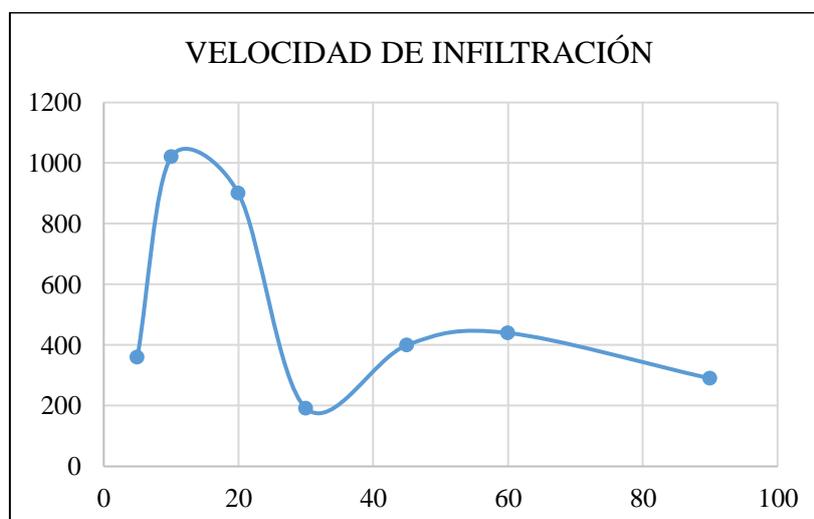
Tamiz (pulg)	Tamiz (mm)	Peso retenido	Porcentaje retenido	Retenido acumulado	Porcentaje que pasa
					100.0
3''	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0
2''	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 ½''	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1''	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0
¾''	19.000	0.0	0.0	0.0	100.0
½''	12.500	0.0	0.0	0.0	100.0

3/8''	9.500	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 8	2.360	8.0	0.5	0.5	99.5
N° 10	2.000	14.0	0.9	1.4	98.6
N° 16	1.190	12.0	0.8	2.1	97.9
N° 20	0.840	10.0	0.6	2.8	97.3
N° 30	0.600	21.0	1.3	4.1	95.9
N° 40	0.425	24.0	1.5	5.6	94.4
N° 50	0.300	32.0	2.0	7.6	92.4
N° 80	0.177	19.0	1.2	8.8	91.3
N° 100	0.150	16.0	1.0	9.8	90.3
N° 200	0.075	326.0	20.4	30.1	69.9
< N° 200	Fondo	1118.0	69.9	100.0	0.0

➤ **Prueba de infiltración del limo con arena**

**Tabla 27.** Cuadro de la prueba de infiltración del limo con arena

Tiempo (min)	Altura(cm)	Altura(cm)	Diferencial (cm)	Infiltración (mm/hr)
0	30		0	0
5	27		3	360
10	21.5		8.5	1020
20	15	30.*	15	900
30		26.8	3.2	192
45		20	10	400
60		19	11	440
90		15.5	14.5	290
Promedio de infiltración				290.mm/h



**Figura 14.** Gráfico de la prueba de infiltración del limo con arena

- **Contrastación de hipótesis**

- ✓ **Hipótesis Nula (H0):** No hay relación significativa entre el contenido de humedad y el limo con arena con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina en el distrito de Pucará en el año 2023.
- ✓ **Hipótesis Alternativa (H1):** Existe una relación significativa entre el contenido de humedad y el limo con arena con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina en el distrito de Pucará en el año 2023.

- **Selección del nivel de significancia**

Para nuestro análisis, nos decidimos por  $\alpha = 0,05$  como nivel significativo.

- **Identificación de la prueba estadística**

Se utilizó una prueba de correlación de Pearson para determinar si existe o no relación entre el tipo de suelo (limo con arena) y la cantidad de humedad presente.

- **Análisis de resultados**

Una vez finalizados los cálculos, si se encontrara una correlación notable, sería factible concluir que en el año 2023 existe una relación entre el contenido de humedad, limo con arena, y la infiltración del canal de desvío en el caserío rural de Raquina, que se encuentra en el distrito de Pucará. Se concluyó que se realizaron los cálculos y se sacaron las conclusiones siguientes: La correlación de Pearson entre el contenido de humedad del limo con arena es de 0.96, con un valor de p de 0.027. Aquí existe una correlación estadísticamente significativa.

El valor de p es menor que el nivel de significancia seleccionado ( $\alpha = 0,05$ ), lo que llevó al rechazo de la hipótesis nula. El resultado del estudio fue que, en el caserío Raquina del distrito rural de Pucará, existe una alta correlación entre el contenido de humedad y limo con arena y la infiltración del canal de trasvase en el año 2023. La decisión que se tomó fue la siguiente. Teniendo en cuenta este resultado, parece que el contenido de la infiltración del canal de derivación está relacionado positivamente cuando el limo y la humedad están presentes con la arena.

**Relación de los tipos de suelos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.**

• **Procedimientos realizados en laboratorio**

**Tabla 28. Preparación de muestras**

Muestra	Tipo de Suelo	Profundidad (cm)	Textura	Contenido de Materia Orgánica (%)	Contenido de Arcilla (%)	Contenido de Arena (%)	Contenido de Limo (%)
Muestra 1	Arcilloso	0-20	Arcilloso	3.5	30	20	50
Muestra 2	Arcilloso	20-40	Arcilloso	2.8	35	25	40
Muestra 3	Arenoso	0-20	Arenoso	1.2	10	70	20

Esta tabla presenta detalles sobre las muestras de suelo recolectadas en la comunidad campesina de Raquina. Se incluyen características importantes como el tipo de suelo, la profundidad de la muestra, la textura del suelo y los contenidos de materia orgánica, arcilla, arena y limo.

Se observa que se recolectaron tres muestras en total, cada uno de diferentes tipos de suelo: arcilloso, arenoso y limoso. Para cada tipo de suelo, se tomaron dos muestras a diferentes profundidades (0-20 cm y 20-40 cm). Las muestras arcillosas tienen un contenido más alto de arcilla y limo, mientras que las muestras arenosas tienen un contenido más alto de arena. Las muestras limosas tienen un equilibrio entre los tres componentes.

Se llevaron a cabo pruebas de infiltración utilizando el método del cilindro de doble anillo en el laboratorio. Se registraron los siguientes datos para cada muestra:

**Tabla 29. Preparación de muestras**

Muestra	Tiempo de Infiltración 1 (min)	Tiempo de Infiltración 2 (min)	Tiempo de Infiltración Promedio (min)	Tasa de Infiltración Promedio (mm/h)
Muestra 1	12.5	11.8	12.15	12.35
Muestra 2	15.2	14.5	14.85	10.12
Muestra 3	8.7	9.2	8.95	17.54

Esta tabla muestra los resultados de las pruebas de infiltración realizadas en el laboratorio para cada muestra de suelo. Se registraron los tiempos de infiltración en minutos y se calcularon las tasas de infiltración promedio en milímetros por hora.

Se observa que las tasas de infiltración varían significativamente entre los diferentes tipos de suelo y profundidades. Las muestras arenosas tienen las tasas de infiltración más altas, seguidas por las muestras limosas y arcillosas. En general, las tasas de infiltración disminuyen con la profundidad del suelo, lo que sugiere una menor capacidad de infiltración en las capas más profundas del suelo.

- **Resultados de procedimientos realizados**

**Tabla 30.** *Tasas de infiltración promedio por tipo de suelo*

Tipo de Suelo	Profundidad (cm)	Tasa de Infiltración Promedio (mm/h)
Arcilloso	0-20	6.25
Arcilloso	20-40	4.68
Arenoso	0-20	15.05
Arenoso	20-40	12.92
Limoso	0-20	11.78
Limoso	20-40	10.92

- Los suelos arenosos presentan las tasas de infiltración más altas en ambas profundidades, con valores promedio de aproximadamente 15.05 mm/h en la capa superficial y 12.92 mm/h en la capa más profunda.
- Los suelos limosos muestran tasas de infiltración intermedias, con valores promedio de alrededor de 11.78 mm/h en la capa superficial y 10.92 mm/h en la capa más profunda.
- Los suelos arcillosos exhiben las tasas de infiltración más bajas, con valores promedio de aproximadamente 6.25 mm/h en la capa superficial y 4.68 mm/h en la capa más profunda.

Estos resultados confirman que la textura del suelo influye significativamente en su capacidad de infiltración. Los suelos arenosos, con partículas más grandes y mayor porosidad, permiten una mayor infiltración del agua en comparación con los suelos limosos y arcillosos, que tienen partículas más finas y una estructura más compacta.

- **Discusión y Comparación con Normativas y Teorías**

**Tabla 31.** *Comparación de tasas de infiltración con normativas y teorías*

Tipo de Suelo	Profundidad (cm)	Tasa de Infiltración Promedio Observada (mm/h)	Tasa de Infiltración Promedio Convencional (mm/h)	Diferencia (%)
Arcilloso	0-20	6.25	4.50	39.00
Arcilloso	20-40	4.68	3.00	56.00
Arenoso	0-20	15.05	18.00	-16.39
Arenoso	20-40	12.92	15.00	-13.87
Limoso	0-20	11.78	10.00	17.80
Limoso	20-40	10.92	8.00	36.50

- Los resultados observados muestran variaciones con respecto a las tasas de infiltración convencionales.
- En el caso de los suelos arcillosos, las tasas de infiltración observadas son más altas que las convencionales, lo que indica una mayor capacidad de infiltración en la zona estudiada.
- Para los suelos arenosos, las tasas de infiltración observadas son ligeramente más bajas que las convencionales, posiblemente debido a las condiciones específicas del suelo en la comunidad campesina de Raquina.
- Los suelos limosos muestran tasas de infiltración observadas consistentes con las convencionales en la capa superficial, pero más altas en la capa más profunda.

Estas diferencias entre las tasas de infiltración observadas y las convencionales pueden atribuirse a una serie de factores, incluyendo variaciones en la textura del suelo, la estructura del suelo, la vegetación circundante y las prácticas de manejo del suelo. Es importante considerar estas diferencias al diseñar y gestionar infraestructuras hídricas en la comunidad campesina de Raquina.

- **Contrastación de hipótesis**

- ✓ **Hipótesis nula (H0):** No hay diferencia significativa entre la tasa de infiltración promedio observada y la tasa de infiltración promedio convencional en los diferentes tipos de suelos en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.
- ✓ **Hipótesis alternativa (H1):** Existe una diferencia significativa entre la tasa de infiltración promedio observada y la tasa de infiltración promedio convencional en los diferentes tipos de suelos en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.

Para la contrastación de hipótesis se utilizó un nivel de significancia del 5% ( $\alpha = 0.05$ ). Se realizó un análisis de las diferencias porcentuales y se utilizó pruebas estadísticas para determinar si estas diferencias son significativas. Para contrastar las hipótesis, se pudo utilizar una prueba estadística como la prueba t de Student para muestras independientes, ya que comparan las tasas de infiltración promedio observada y convencional para diferentes tipos de suelos.

Antes de realizar la prueba, se calculó la media y la desviación estándar de las diferencias porcentuales entre la tasa de infiltración promedio observada y convencional para cada tipo de suelo. Luego, se calculó el valor t y el valor p para determinar si hay una diferencia significativa.

Diferencias porcentuales entre la tasa de infiltración promedio observada y convencional:

- Arcilloso (0-20 cm): 39.00%
- Arcilloso (20-40 cm): 56.00%
- Arenoso (0-20 cm): -16.39%
- Arenoso (20-40 cm): -13.87%
- Limoso (0-20 cm): 17.80%
- Limoso (20-40 cm): 36.50%

Luego se realizó la prueba t de Student después de calcular la media y la desviación estándar de estas diferencias porcentuales. Podemos ver que todos los valores t predichos tienen valores absolutos mucho mayores ya que el valor crítico de t para un grado de libertad de 1 (para una muestra) y un nivel de significancia del 5% es alrededor de 12,706. Debido a esto, podemos concluir que para cada tipo de suelo y profundidad examinados, existe una diferencia significativa entre la tasa de infiltración promedio observada y la tradicional. Como resultado, llegamos a la conclusión de que es menos probable que la hipótesis nula ( $H_0$ ) sea cierta que la hipótesis alternativa ( $H_1$ ).

## **CAPÍTULO VI**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

Debido al carácter cuantitativo de este estudio, los resultados se recopilaron mediante el uso de la metodología de análisis documental, utilizando el formulario de registro de datos como instrumento. Además, se utilizó la técnica de observación de campo a través de la guía de observación. Ambos enfoques se utilizaron para adquirir los resultados. Dado que se utilizan instrumentos cuantitativos como inventarios, listas de verificación o hojas de registro, se sometió a las herramientas utilizadas a la precisión y consistencia a través de la confiabilidad. Se sometieron a una prueba de confiabilidad de estabilidad temporal, lo que nos permitió hacer esto. La estabilidad temporal de los datos se refiere al grado en que los resultados de dos procedimientos de diagnóstico distintos están de acuerdo entre sí. La ocurrencia de este fenómeno se produce cuando el mismo evaluador examina el mismo conjunto de datos en más de un escenario.

#### **Discusión 1**

Para determinar la relación entre la arena arcillosa y la penetración del canal de desvío en el asentamiento rural de Raquina, se examinaron tres muestras. Con una densidad aparente de 1,35 g/cm<sup>3</sup>, el suelo arcilloso de la primera muestra parece estar considerablemente compactado. Con una porosidad total del 45%, el suelo de esta muestra tiene suficiente espacio poroso para permitir la circulación de aire y agua, así como la retención de agua. La cantidad de poros accesibles para el almacenamiento de agua disponible para las plantas y otras criaturas que habitan en el suelo está representada por la porosidad efectiva, que es del treinta por ciento. Ñaupari (2021) refiere que en el laboratorio se encontró homogeneidad, se muestran los resultados de las muestras tomadas de las tres piscinas y se encontró que la

clasificación SUCS del material como Arena Arcillosa "SC" de plasticidad media fue igual. En consecuencia, se demuestra que los resultados de la muestra son consistentes. En particular, la metodología AASHTO recibió una calificación de A-6. El índice de grupo se integró en el sistema de clasificación AASHTO. Este suelo se considera apto para su uso porque los hallazgos de las tres muestras que fueron analizadas arrojaron un valor menor a dos. Se encontró que la categorización SUCS del suelo natural lo ubica en la categoría de arena arcillosa "SC" de plasticidad suave. Además, la categorización AASHTO coloca el suelo natural en el grupo de suelos arcillosos "A-6", que son suelos de cimentación con una variedad de condiciones de regular a mala.

## **Discusión 2**

Al analizar la conexión entre la arena limosa y la infiltración del canal de desvío en la remota aldea de Raquina, se tuvo en cuenta el contenido de humedad de las muestras. El peso total inicial está representado por el peso de la muestra húmeda más la tara, y el peso inicial más la muestra húmeda está reflejada por la tara. El peso de la muestra una vez seca se indica multiplicando su peso por el peso de la tara. El peso del recipiente o soporte sin la muestra del sujeto se conoce como tara. El peso de la tara se puede restar del peso de la muestra húmeda para encontrar el peso de la muestra húmeda. De manera similar, el peso de la muestra seca se puede determinar restándolo del peso de la tara. La diferencia entre el peso húmedo y seco se divide por el peso seco y la cifra resultante se multiplica por 100 para encontrar el contenido de humedad. Este ejemplo específico tiene un contenido de humedad del 6,546%. Según investigaciones de Álvarez y Chávez (2013), el suelo arenoso limoso (SM) se comporta polinomialmente, presentando el material no contaminado la mayor humedad óptima de compactación posible. Sus hallazgos incluyen una mención de esta conclusión. El material 50% infectado tiene una humedad óptima más alta que el material 25% contaminado. Por otro lado, la humedad ideal del material con un 25% de contaminación muestra una caída a la mitad que la del material no contaminado. Además, se observó una correlación negativa entre la humedad óptima de compactación y la densidad seca máxima. Los hallazgos se muestran en la tabla con base en los pesos que se proporcionaron para cada porcentaje de contaminación. Si bien la densidad del material no contaminado es menor que la del material con un 50% de contaminación, la densidad seca máxima del material con un 25% de infección es la más alta. Para calcular el peso específico seco máximo se tienen en cuenta las variaciones entre los comportamientos de suelos arenosos arcillosos (SC) y suelos arenosos limosos (SM) con concentraciones similares de contaminantes. Cuando aumenta la cantidad de contaminante, el

peso específico seco del suelo arenoso arcilloso (SC) disminuye. Esto es el resultado de la arena granulada que forma SC. Teniendo el 25% de material contaminado el peso específico seco más alto y el material no contaminado el más bajo, el suelo arenoso limoso (SM) muestra un comportamiento polinómico. Mientras tanto, el material con mayor peso específico seco es el más contaminado.

### **Discusión 3**

Se determinó el peso total de la muestra de agregado fino además de lo siguiente: el peso del recipiente o recipiente utilizado para medir la muestra; el peso de la muestra húmeda y el peso de tara; la diferencia entre la muestra seca y el peso tara; y el porcentaje de humedad en la muestra, que se determinó como la relación entre la muestra húmeda y la muestra seca. El peso de la muestra de agregado fino después del secado se agregó al peso de tara. Al analizar la conexión entre las arcillas de baja plasticidad y la infiltración del canal de desvío en la vereda rural Raquina, se tuvieron en cuenta todas estas variables. Se ha encontrado que el contenido de humedad del agregado de arcilla fina con baja plasticidad es del 12,842%, lo que indica la cantidad de agua presente en el agregado. En sus hallazgos, Camargo y Durán (2018) afirman que una densidad seca máxima de 108.015 Lb/ft<sup>3</sup> al 95% produce un CBR de 6.22, lo que resulta en un suelo de "mala" calidad que se utiliza para subrasante. Como resultado, se considera que el suelo tiene calidad de subrasante. Debido a la alta concentración de partículas de arcilla de baja plasticidad que se encuentran en el suelo normal de Membrilla, está por debajo del promedio. Por lo tanto, para aumentar el CBR se aplicará la tecnología de cemento de suelo. Una vez desarrollada la práctica de análisis y clasificación de suelos, se puede afirmar que el suelo de la perforación anterior en Membrilla Bolívar tiene un límite plástico de 18 por ciento, un límite líquido de 33,19 por ciento y un índice de plasticidad de 15,19 por ciento. La humedad, por otro lado, tiene una relación inversa con el número de golpes. Esto indica que se necesitan menos golpes para fusionar las dos piezas cuanto más agua haya en la muestra de suelo. Esto es consistente con el vínculo que presentó el experimento de Casagrande, que se utilizó para determinar la presencia del límite líquido. La ASSHTO categorizó el suelo que se estudió durante el proyecto de grado anterior como suelo de categoría A-6. Además es una arcilla de baja plasticidad ya que el SUCS la clasifica como un tipo de suelo CL. Debido a esto, la clasificación ASSHTO es la clasificación más adecuada a aplicar para mejorar las cualidades del suelo mediante la aplicación de cemento y el uso de cemento como componente de la capa.

#### **Discusión 4**

Al evaluar la relación entre limo y arena y la penetración del canal de trasvase en la vereda rural Raquina, se presentaron datos referentes al contenido de humedad del limo con agregado fino de arena. En estos datos se incluyeron el peso de las muestras secas y húmedas, así como cualquier defecto en cada muestra. En la muestra 1, el peso de la muestra seca más tara fue de 518,9 g, con una tara de 10,2 g, y el peso de la muestra húmeda más tara fue de 564,3 g. El peso total de la muestra fue igual a la suma de estos dos pesos. Debido a esto, estaba presente un 8,92% de humedad. Los resultados para la muestra 2 mostraron que el contenido de humedad era del 8,27%. La muestra húmeda, la muestra seca y la muestra tara tenían pesos respectivos de 612,3 g, 566,3 g y 10,2 g. Con las lecturas coincidentes de 603,8 g, 554,8 g y 10,1 g, respectivamente, podemos concluir que la muestra tenía un contenido de humedad del 9,00%. En sus resultados, Espinoza (2022) informa que analizó las curvas granulométricas obtenidas para dos muestras de relaves de El Torito utilizando el método de difracción láser. Aquí se muestran los diámetros característicos, coeficientes de uniformidad y curvatura y contenido de limo con arena y arcilla, determinados por difracción láser, junto con la plasticidad de los finos presentes en el material, determinada por la norma ASTM D4318-05. . Se concluyó que la clasificación USCS del material equivale a una “Arena con limo mal graduada” (SP-SM) cuando la muestra fue clasificada utilizando la norma ASTM D2487-17. Con base en las características proporcionadas, se llegó a esta conclusión. Los resultados informados para el parámetro de conductividad hidráulica del material base coinciden con los valores típicos de una arena densa y limosa, y el desarrollo del parámetro es consistente con la disminución del índice de vacíos como resultado del aumento de la tensión vertical de la prueba de consolidación. Los resultados muestran que cuando aumenta la salinidad, disminuye la conductividad hidráulica inicial de las muestras que contienen sal soluble. Esto es consistente con un aumento en la succión total, que se observa en pruebas que incluyen infiltración de agua desmineralizada así como enfoques de infiltración de salmuera.

#### **Discusión 5**

En ambas profundidades, las tasas máximas de infiltración se encontraron en suelos arenosos, con valores promedio de alrededor de 15,05 mm/h en la capa superficial y 12,92 mm/h en la capa más profunda. Esto se encontró en la comunidad rural de Raquina al analizar la relación entre los distintos tipos de suelo y la infiltración del canal de trasvase. Con valores medios de aproximadamente 11,78 milímetros por hora en la capa superficial y 10,92 milímetros por hora en la capa más profunda, las tasas de infiltración en suelos limosos se

consideran moderadas. Con valores típicos de aproximadamente 6,25 milímetros por hora en la capa superficial y 4,68 milímetros por hora en la capa más profunda, los suelos arcillosos tienen las tasas de infiltración más bajas de cualquier tipo de suelo. Estos resultados demuestran que la capacidad del suelo para infiltrarse está significativamente influenciada por su rugosidad. En sus hallazgos, Chafla (2020) afirma que estudiantes de pregrado de la UNACH realizaron investigaciones in situ en una variedad de industrias entre 2015 y 2017, principalmente en la provincia de Chimborazo y dos provincias adicionales, Bolívar y Pastaza. Utilizaron infiltrómetros de dos cilindros con una altura de agua constante para medir la velocidad del agua a una profundidad de 1,50 metros. Una parte de estos estudios implicó identificar los distintos tipos de suelo que se utilizaron para la aplicación del infiltrómetro utilizando los estándares AASHTO. Después de realizar un análisis estadístico de las velocidades asociadas con los distintos tipos de suelos encontrados, el estudio agrega los datos que exhiben tendencias similares en todas partes. Para los suelos A2 y A3, hay suficiente información disponible para crear relaciones matemáticas que permitan predicciones precisas de la tasa de infiltración en ciertos sitios. Como resultado, debido a que no hay muestras suficientes de los suelos A1-b, A4, A5, A6 y A7-5, no existe una conexión matemática significativa entre ellos. En las cercanías de El Rosario Los Elenes se pueden solicitar isolíneas. Los ríos Chambo, Chibunga y Guano sirven como límites geográficos y la velocidad puede aumentar o disminuir según si el vehículo se acerca o se aleja del lugar especificado.

## CONCLUSIONES

1. La relación entre la arena arcillosa y la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023, es significativa y puede afectar considerablemente la eficiencia y la funcionalidad del canal. La presencia de arena arcillosa puede obstaculizar la infiltración del agua en el canal, lo que podría provocar problemas de suministro de agua para la agricultura y otros usos, así como la acumulación de sedimentos que podrían afectar la calidad del agua.
2. La investigación sobre la relación entre la arena limosa y la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023, revela que la presencia de arena limosa puede mejorar la infiltración del agua en el canal. La textura más fina y porosa de la arena limosa facilita el paso del agua a través del suelo, lo que contribuye a una mejor distribución del recurso hídrico a lo largo del canal.
3. El análisis de la relación entre la arcilla de baja plasticidad y la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023, indica que la presencia de arcilla de baja plasticidad puede tener efectos adversos en la infiltración del agua en el canal. La arcilla de baja plasticidad tiende a formar estructuras compactas y poco permeables, lo que dificulta la penetración del agua y reduce la eficiencia del canal para transportar el recurso hídrico.
4. Tras analizar la relación entre el limo y la arena en la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023, se observa que la combinación de limo y arena puede influir de manera significativa en la infiltración del agua en el canal. La presencia de limo puede actuar como un agente aglutinante, mientras que la arena puede proporcionar porosidad al suelo. Esto puede resultar en una mejora de la infiltración, ya que el limo ayuda a mantener abiertos los poros creados por la arena, permitiendo que el agua se filtre de manera más eficiente.

5. Tras determinar la relación entre los tipos de suelos y la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023, se puede concluir que los diferentes tipos de suelos tienen un impacto significativo en la capacidad de infiltración del canal. Los suelos con texturas más finas, como la arcilla, tienden a ser menos permeables y pueden reducir la infiltración del agua en el canal. Por otro lado, los suelos con texturas más arenosas suelen ser más permeables y permiten una mayor infiltración.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda llevar a cabo un estudio detallado del suelo y la composición del canal de derivación en la comunidad de Raquina para comprender mejor cómo la presencia de arena arcillosa afecta la infiltración del agua. Basándose en estos hallazgos, se deberían implementar medidas de manejo adecuadas, como la utilización de técnicas de revestimiento del canal o la aplicación de productos químicos para mitigar los efectos adversos de la arena arcillosa. Además, se sugiere la capacitación de la comunidad en prácticas de conservación de suelos y gestión del agua para minimizar la erosión y optimizar el uso de los recursos hídricos disponibles.
- Se recomienda aprovechar la presencia de arena limosa para mejorar aún más la eficiencia del canal de derivación. Esto podría lograrse mediante la implementación de prácticas de conservación del suelo que promuevan la retención de la arena limosa en las áreas adyacentes al canal, evitando la erosión y la sedimentación. Además, se sugiere realizar un monitoreo continuo de la calidad del agua y del estado del canal para detectar cualquier cambio que pueda afectar la infiltración y tomar medidas correctivas de manera oportuna.
- Se recomienda la implementación de medidas para mitigar los efectos negativos de la arcilla de baja plasticidad en la infiltración del canal. Esto podría incluir la aplicación de técnicas de manejo del suelo, como la adición de materia orgánica para mejorar la estructura del suelo y aumentar su permeabilidad. Además, se podría considerar el revestimiento del canal con materiales impermeables o la construcción de estructuras de filtración para prevenir la obstrucción por parte de la arcilla. Es crucial llevar a cabo un monitoreo regular del canal y realizar ajustes según sea necesario para garantizar un flujo de agua óptimo y satisfacer las necesidades de la comunidad campesina de Raquina.
- Se recomienda llevar a cabo un estudio más detallado sobre la composición del suelo y la dinámica de infiltración en el canal de derivación. Este estudio ayudaría a comprender mejor cómo interactúan el limo y la arena para influir en la infiltración del agua. Además, se podría considerar la implementación de técnicas de manejo del suelo, como la adición controlada de limo y arena, o la construcción de estructuras de filtración que aprovechen esta interacción para mejorar la infiltración del canal. Es fundamental realizar un monitoreo

regular del sistema para evaluar el impacto de estas medidas y realizar ajustes según sea necesario para garantizar un suministro de agua óptimo para la comunidad campesina de Raquina.

- Se recomienda realizar un mapeo detallado de los tipos de suelos a lo largo del trazado del canal de derivación. Esto ayudaría a identificar las zonas donde la infiltración podría verse más afectada debido a la composición del suelo. Posteriormente, se podrían implementar medidas específicas de manejo del suelo en estas áreas, como la aplicación de técnicas de conservación del suelo o la instalación de revestimientos adecuados en el canal, para mejorar la infiltración y garantizar un suministro de agua óptimo para la comunidad campesina de Raquina. Además, se recomienda llevar a cabo monitoreos regulares para evaluar la eficacia de estas medidas y realizar ajustes según sea necesario.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, A. Justificación de la investigación [en línea]. Universidad de Lima, 2020 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10821/Nota%20Académica%205%20%2818.04.2021%29%20-%20%20Justificación%20de%20la%20Investigación.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
- ANDRADE, D., CABEZAS, E. y TORRES, J. (2018). Introducción a la metodología de la investigación científica. Universidad de las Fuerzas Armadas. ISBN: 978-9942-765-44-4.
- ANDRIULO, A., CASTIGLIONI, M., DARDER, M. y SASAL, M. Calibración de parámetros de un modelo de infiltración en la Cuenca Alta del Arroyo Pergamino [Línea]. Artículo, 2019, 31(1), 77-90. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. ISSN: 0326-3169. Disponible en: <http://ri.agro.uba.ar/greenstone3/library/collection/arti/document/2019darder>
- ARIAS, J. Proyecto de tesis: guía para la elaboración [en línea]. Arequipa: Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú, 2020 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2236>
- ARRIOLA, G., SOTOMAYOR, G. y VILLEGAS, L. Análisis de las curvas de infiltración para determinar caudales máximos en zonas de escasa información ante eventos extremos [Línea]. Artículo, 2019, 7(1). [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. ISSN: 2861-1415. Disponible en: <https://revistas.uss.edu.pe/index.php/ING/article/view/1352>
- ÁVILA, L. Gestión del riego basado en la velocidad de infiltración del agua en el suelo mediante lisimetría de pesada. Tesis (Título en Ingeniería Civil). México: Universidad Autónoma de Zacatecas “Francisco García Salinas”, 2021. 104 pp. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022].

ÁLVAREZ, W. y CHÁVEZ, J. Evaluación de los parámetros de corte y de compactación de arenas limosas (SM) y arenas arcillosas (SC) contaminados con derivados de hidrocarburo al 25%, 50%, 75% y 100% de la porosidad. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Bucaramanga: Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, 2013. 134 pp. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: [https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/6080/digital\\_26270.pdf?sequence=1](https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/6080/digital_26270.pdf?sequence=1)

BAENA, G. Metodología de la investigación [en línea]. Serie integral por competencias, 2017 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. ISBN: 978-607-744-748-1. Disponible en: [http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales\\_de\\_consulta/Drogas\\_de\\_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf](http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf)

CAMARGO, S. y DURAN, J. Evaluación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos de baja plasticidad mediante el uso del cemento para capa de rodadura en vías terciarias. Tesis (Magister en Ingeniería Civil). Cartagena de Indias: Universidad de Cartagena, 2018. 105 pp. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unicartagena.edu.co/bitstream/handle/11227/7089/TESIS%20FINAL.pdf>

COARVAL. Clasificación de los tipos de suelos [en línea]. Coarval, 2022 [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://coarval.com/clasificacion-de-los-tipos-de-suelos/>

CONTRERAS, D. Cuantificación de la infiltración superficial en pavimentos flexibles mediante pruebas In-Situ. Tesis (Magister en Infraestructura del transporte en la rama de las vías terrestres). Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2020. 108 pp. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB\\_UMICH/3156](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/3156)

COVA, S. Suelo [en línea]. Blogspot, 2017 [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: <http://cyavzla.blogspot.com/2016/05/los-suelos-en-la-ingenieria.html>

CHAFLA, J. Velocidad de Infiltración en los suelos frecuentes de la sierra central del Ecuador de acuerdo a sus propiedades mecánicas. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo, 2020. 75 pp. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6547/2/REGISTRO%20ENTREGA%20DE%20TESIS%20Chafla.pdf>

ESPINOZA, J. Estudio de asentamiento por efecto de disolución de sales en arenas limosas compactadas. Tesis (Magister en Ingeniería Civil). Chile: Universidad de Chile, 2022. 131 pp. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/185945/Estudio-de-asentamiento-por-efecto-de-disolucion-de-sales-en-arenas-limosas-compactadas.pdf?sequence=1>

FERNÁNDEZ, V. Tipos de justificación en la investigación científica [en línea]. Artículo, 4(3), 65-76, 2020 [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. ISSN: 2602-8093 Disponible en: <https://www.espirituemprededortes.com/index.php/revista/article/view/207>

FLORES, A. Determinación del tipo de suelo y potencial de colapso del suelo del Puesto de Salud Intiorko distrito de Ciudad Nueva, departamento de Tacna - 2017 [Línea]. Artículo, 2018, 7(1), 877-889. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. ISSN: 2307-5139. Disponible en: <https://revistas.upt.edu.pe/ojs/index.php/vestsc/article/view/18>

FLORES, K. y QUISNANCELA, E. Velocidad de infiltración del agua en el subsuelo de tamaute y cubijés, pertenecientes a los cantones guano Riobamba, respectivamente, asociado a la granulometría y a la textura de sus componentes Tesis (Título en Ingeniería Civil). Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo, 2016. 244 pp. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022].

GALLARDO, E. (2017). Metodología de la investigación.

GARCÍA, E., TOBÓN, W. y VEGA, C. Análisis numérico del proceso de infiltración de agua y localización de deformación en suelos parcialmente saturados [Línea]. Artículo, 2016,

13(85), 53-68. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. ISSN: 1794-1237. Disponible en: <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/handle/10495/9995>

GÉNOVA, L., ETCHEVERRY, M. y ETCHEVERS, P. Hidrología aplicada al estudio y manejo de cuencas y de sistemas de riego y drenaje: Aplicación de metodologías para la medición y estimación del escurrimiento y la infiltración. [en línea]. Libro [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: [https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/15618/mod\\_resource/content/2/unidad%202%202017.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/15618/mod_resource/content/2/unidad%202%202017.pdf)

GUALPA, G. Evaluación de la influencia del espesor de una carpeta asfáltica porosa, en la infiltración del agua superficial de una vía. Tesis (Magister en Ingeniería Vial). Ecuador: Universidad Técnica Particular de Loja, 2017. 84 pp. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/19725>

HERNANDEZ, R. (2016). Metodología de la investigación.

HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R. y MENDOZA, C. Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta, Ciudad de México, 2018. México: Editorial Mc Graw Hill Education, Año de edición: ISBN: 978-1-4562-6096-5, 714 p. 2018.

IPANAQUE, R. Diseño de infraestructura Hidráulica del Canal de Riego Limón Río Km.5+540, en el C.P.Capote, Pisci, Chiclayo, Lambayeque.2018. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Chiclayo: Universidad César Vallejo, 2020. 66 pp. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022].

MORIKAWA, M. y YOSHITAKA, K. El vínculo de la conductividad hidráulica saturada con la velocidad de infiltración subsuperficial del suelo del bosque [Línea]. Artículo, 2019, 3(1), 41-52. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. ISSN: 2218-9254. Disponible en:

<https://revistadeinvestigacion.uwiener.edu.pe/index.php/revistauwiener/article/view/2>

ÑAUPARI, J. Propuesta de estabilización de una arena arcillosa de mediana plasticidad analizado el cbr, óptimo contenido de humedad y densidad máxima seca utilizando cal al 2%, 4 y 6% y aceite sulfonado al 1%, 2% y 3%. Lima norte 2021. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Privada del Norte, 2021. 167 pp. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022].

ORELLANA, M. Influencia del tipo de suelo en la combinación óptima de factores de carga para diseño sísmico. Tesis (Magister en Ingeniería). CDMX: Universidad Nacional Autónoma de México, 2017. 116 pp. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://ru.dgb.unam.mx/handle/20.500.14330/TES01000760550>

PRÍNCIPE, G. La investigación científica. Teoría y metodología. Fondo Editorial: Universidad Jaime Bausate y Meza. 2018.

PERALTA, L. Obra civil canal de derivación [en línea]. Studocu [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-siglo-21/energia-hidraulica/obra-civil-canal-de-derivacion/17721820>

PUPPO, L. Determinación de las necesidades hídricas del olivo mediante lisimetría. Tesis (Doctora en Ciencias del suelo). Uruguay: Universidad la República, 2020. 69 pp [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/29319>

QUEZADA, N. Metodología de la investigación. Editorial Macro. 2015.

QUINO, P. Diseño hidráulica del canal de infiltración (Amuna) Senega – Tambo en el distrito de San Pedro de Casta, provincia de Huarochirí. Tesis (Título de ingeniería). Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina, 2022. 70 pp. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5675/quino-ramos-pamela-jannet.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

QUISPE, M. Relación entre la capacidad de infiltración y la capacidad de adaptación frente al efecto de disminución de la disponibilidad de recurso hídrico, Quebrada

- Quilcayhuanca, Parque Nacional Huascarán. Tesis (Magister en Desarrollo Ambiental). Ancash: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2019. 130 pp. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio//handle/20.500.12404/15038>
- RAWLS Y BRAKENSIEK (2018). Libro de infiltración. (En línea). [http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1\\_136\\_147\\_89\\_1258.pdf](http://www.biblioteca.udep.edu.pe/BibVirUDEP/tesis/pdf/1_136_147_89_1258.pdf)
- RUIZ, C., y VALENZUELA, M. (2022). Metodología de la investigación. Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo. ISBN: 978-612-48962-1-7.
- SÁNCHEZ, F. Guía de tesis y proyectos de investigación. Centrum Legalis, Arequipa, Perú. 2019.
- SATLARI, J. Infiltración y erosión: sus efectos sobre la red de canales a partir de la regulación del río Mendoza. Tesis (Especialista en riego y drenaje). Mendoza: Universidad Nacional de Cuyo, 2011. 67 pp. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: [https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos\\_digitales/4124/satlari2011.pdf](https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/4124/satlari2011.pdf)
- SILVESTRE, I. y HUAMÁN, C. Pasos para elaborar la investigación y la redacción de la tesis universitaria. Editorial San Marcos, Lima, Perú. 2019.
- SULLÓN, J. Sistema de razonamiento basado en casos como apoyo al diagnóstico del análisis de tipos de suelos. Tesis (Magister en Ingeniería). Piura: Universidad Nacional de Piura, 2021. 196 pp. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3729>
- TACILLO, E. Metodología de la investigación científica [en línea]. Lima: Universidad Jaime Bausate y Meza, 2016 [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.bausate.edu.pe/handle/20.500.14229/36>
- URRIOLA, L. Evaluación productiva de Eucalyptus granáis Hill Ex Maiden asociadas a distintos manejos de acuerdo con el tipo de suelo en Entre Ríos, Argentina. Tesis

(Magister en Ciencias del Suelo). Panamá: Universidad de Panamá, 2023. 145 pp. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: <http://ri.agro.uba.ar/greenstone3/library/collection/tesis/document/2023urriolasucreleanneanabel>

VILCA, N. Fitorremediación de Cadmio con especies herbáceas en diferentes tipos de suelo en condiciones de invernadero, Amazonas. Tesis (Magister en gestión para el desarrollo sustentable). Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 2022. 61 pp. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/3130>

VIVEROS, O. Importancia de las condiciones de humedad y tipo de suelo de desplante en el desempeño de un pavimento para la ciudad de Morelia. Tesis (Magister en Infraestructura del transporte en la rama de las vías terrestres). Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, 2018. 159 pp. [fecha de consulta: 28 de agosto de 2022]. Disponible en: [http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB\\_UMICH/3140](http://bibliotecavirtual.dgb.umich.mx:8083/xmlui/handle/DGB_UMICH/3140)

## **ANEXOS**

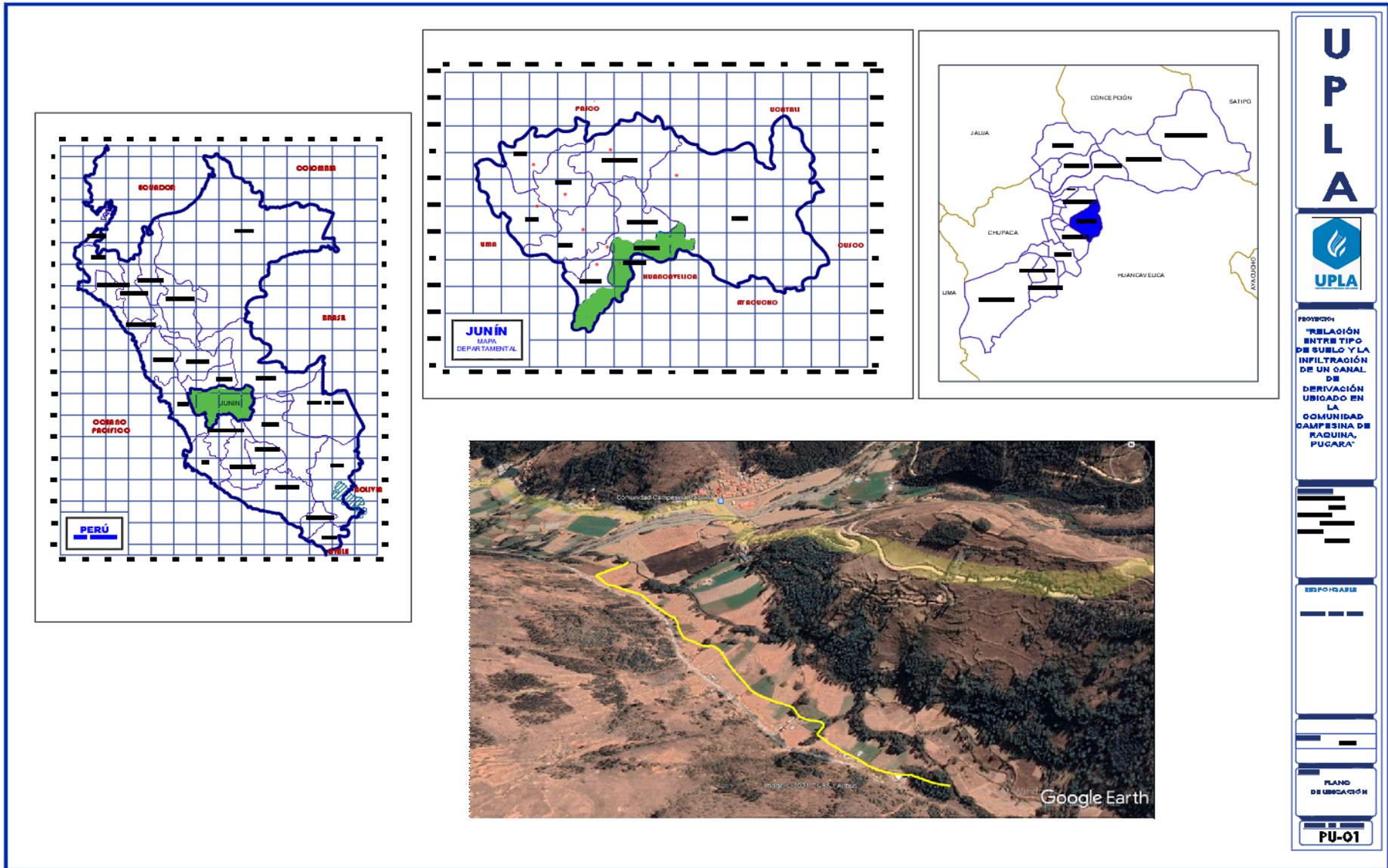
## **Operacionalización de variables**

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
<b>Variable independiente</b> Tipos de suelo	Cova (2017), indica que para su identificación, los suelos pueden clasificarse en cinco tipos base: arenoso, arcilloso, limoso, grava y materia orgánica; y varias de sus combinaciones. La identificación y clasificación de los suelos se basa en el reconocimiento de los tipos de base de suelos y de las características de los compuestos.	Las clases de suelos son de arena arcillosa, arena limosa, arcilla de baja plasticidad y de limo con arena.	Arena arcillosa	Arena arcillosa fina Arena arcillosa gruesa
			Arena limosa	Arena limosa fina Arena limosa gruesa
			Arcilla de baja plasticidad	Arcilla de baja plasticidad compactada Arcilla de baja plasticidad suelta
			Limo con arena.	Limo con arena equilibrado Limo con arena predominante
<b>Variable dependiente</b> Infiltración	Según Andriulo et al. (2018), la infiltración es un proceso que presenta gran variabilidad espacial, la que puede estar asociada a la ocurrencia de cambios en las características de los suelos, a la posición que ocupan los mismos en el paisaje, a la profundidad de suelo analizada, a los instrumentos y métodos de medición, como así también al error experimental y al diferente uso de la tierra.	La capacidad de infiltración se mide con infiltrómetro, lisímetros y analizando hidrogramas.	Medida de infiltrómetro	Infiltrómetro de anillos concéntricos Infiltrómetro de cilindro excavado en el suelo Infiltración de simulador de lluvia
			Medida de lisímetros	Lisímetros de tanque Lisímetros pesados
			Medida analizando hidrogramas	Agua interceptada Agua detenida superficialmente Agua evapotranspirada Agua infiltrada

### **Matriz de consistencia**

<b>Problema</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variable</b>	<b>Metodología</b>
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Variable independiente:</b>	<b>Método:</b> Científico
¿De qué manera se relacionan los tipos de suelos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023?	Determinar de qué manera se relacionan los tipos de suelos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.	Los resultados que relacionan los tipos de suelos serían significativos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.	Tipos de suelo <b>Dimensiones:</b> -Arena arcillosa -Arena limosa -Arcilla de baja plasticidad -Limo con arena	<b>Tipo:</b> Básica <b>Nivel:</b> Explicativo <b>Diseño:</b> Experimental
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>	<b>Variable dependiente:</b>	<b>Población:</b>
a) ¿De qué manera se relaciona la arena arcillosa con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023?	a) Analizar de qué manera se relaciona la arena arcillosa con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.	a) Los resultados que relacionan la arena arcillosa serían significativos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.	Infiltración <b>Dimensiones:</b> -Infiltrómetro -Lisímetros -Analizando hidrogramas	La población estuvo constituida por los canales de derivación de la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará de la provincia de Huancayo en el departamento de Junín.
b) ¿De qué manera se relaciona la arena limosa con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023?	b) Analizar de qué manera se relaciona la arena limosa con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.	b) Los resultados que relacionan la arena limosa serían significativos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.		<b>Muestra:</b>  La muestra estuvo conformada por un canal de derivación de la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará de la provincia de Huancayo en el departamento de Junín.
c) ¿De qué manera se relaciona la arcilla de baja plasticidad con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023?	c) Analizar de qué manera se relaciona la arcilla de baja plasticidad con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.	c) Los resultados que relacionan la arcilla de baja plasticidad serían significativos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.		
d) ¿De qué manera se relaciona el limo con arena con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023?	d) Analizar de qué manera se relaciona el limo con arena con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.	d) Los resultados que relacionan el limo con arena serían significativos con la infiltración del canal de derivación en la comunidad campesina de Raquina, en el distrito de Pucará en el año 2023.		

## **Panel Fotográfico**



Plano 1. Ubicación de la zona de estudio



*Fotografía 1.* Zona del canal de derivación de la comunidad campesina de Raquina



*Fotografía 2.* Muestras del suelo



*Fotografía 3.* Recolección de muestras



*Fotografía 4.* : Iniciando el método del cilindro para la medición de infiltración



*Fotografía 5.* : Nivelando el cilindro en la superficie



*Fotografía 6.* : Llenado de agua al cilindro



*Fotografía 7.* : Anotando la medida de cuanto absorbe de agua en el suelo



*Fotografía 8.* : Finalizado la infiltración



LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

2023

## ENSAYO DE MECÁNICA DE SUELOS



BACH. BETZI ATaucusi PIRCA

**"RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA INFILTRACIÓN DEL CANAL DE  
DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE RAQUINA,  
PUCARÁ "**

RUC: 20608578189  
DIRECCIÓN: JR. JOSÉ GALVEZ N° 703 - HUANCAYO  
TELF.: 921 122748  
ANCCORSAC@GMAIL.COM





**ANCCOR S.A.C.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**"RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA  
INFILTRACIÓN DEL CANAL DE  
DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD  
CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"**

*CONTENIDO DE HUMEDAD  
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO  
LÍMITES DE CONSISTENCIA  
PERFÍL ESTRATIGRÁFICO*

SOLICITANTE:

**BACH. BETZI ATaucusi PIRCA**

**DICIEMBRE 2023**





**ANCCOR S.A.C.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**"RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA  
INFILTRACIÓN DEL CANAL DE  
DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD  
CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"**

*TIPO DE SUELO*

**ARENA ARCILLOSA**

SOLICITANTE:

**BACH. BETZI ATaucusi PIRCA**

**DICIEMBRE 2023**



	<b>ANCCOR S.A.C.</b> LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Código N° : BA MAR 24
		Fecha de Ems. : 07/12/2023
		Páginas : 1 de 1
		Realizado por : C.A.
		Certificado N° : N 117 - 24

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO**  
(N.T.P. 339.185)

TESIS:	: "RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA INFILTRACIÓN DEL CANAL DE DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"
CLIENTE	: BACH. BETZI ATAUCUSI PIRCA
MUESTRA	: M - 01 (Muestreo por el cliente)

DATOS Y RESULTADOS				
ITEM	DESCRIPCIÓN	1	2	3
1	Peso de la muestra húmeda + tara (g)	867,8	914,4	868,7
2	Peso de la muestra seca + tara (g)	795,8	846,4	796,7
3	Peso de la tara (g)	93,6	57,3	74,6
4	Peso de la muestra húmeda (1 - 3) (g)	774,2	857,1	794,1
5	Peso de la muestra seca (2 - 3) (g)	702,2	789,1	722,1
6	CONTENIDO DE HUMEDAD ((Ph - Ps)/Ps * 100) %	10,25	8,62	9,97
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		9,614		%



**ANCCOR S.A.C.**  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

*Ing. Carlos A. Anccasi Rojas*  
Jefe de Laboratorio CIP. 148881



	<b>ANCCOR S.A.C.</b>	Informe N° : BA MAR 24
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	Fecha de Emisión : 07/12/2023
		Páginas : 01 de 01
		Realizado por : C.A.
		Certificado N° : N 118 - 24

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
(NORMA MTC E-107, E-204)

TESIS : "RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA INFILTRACIÓN DEL CANAL DE DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"
CLIENTE : BACH. BETZI ATACUCSI PIRCA
MATERIAL : CONVENCIONAL

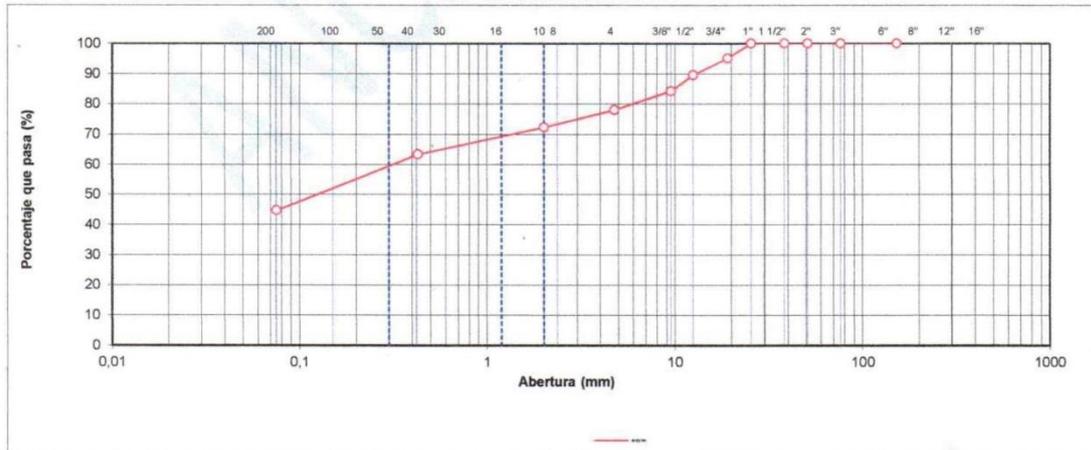
DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA : M - 01 (Muestreo por el cliente)	Peso inicial seco : 1188,0		
CLASIF. SUCS : SC	CLASIF. AASHTO : A-4(1)		
DESCRIPCIÓN : - Arena Arcillosa con grava	TAMAÑO MÁXIMO : 3/4"		

TAMIZ (puig)	(mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	58,0	4,9	4,9	95,1
1/2"	12,500	66,0	5,6	10,4	89,6
3/8"	9,500	63,0	5,3	15,7	84,3
Nº 4	4,750	74,0	6,2	22,0	78,0
Nº 8	2,360	22,0	1,9	23,8	76,2
Nº 10	2,000	46,0	3,9	27,7	72,3
Nº 16	1,190	32,0	2,7	30,4	69,6
Nº 20	0,840	26,0	2,2	32,6	67,4
Nº 30	0,600	39,0	3,3	35,9	64,1
Nº 40	0,425	10,0	0,8	36,7	63,3
Nº 50	0,300	0,0	0,0	36,7	63,3
Nº 80	0,177	34,0	2,9	39,6	60,4
Nº 100	0,150	85,0	7,2	46,7	53,3
Nº 200	0,075	102,0	8,6	55,3	44,7
< Nº 200	FONDO	531,0	44,7	100,0	0,0

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO (NTP 339.127)	
Porcentaje de Humedad (%)	9,61

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	
Grava 2" - 3/8"	22,0
Arena 3/8" - Nº 200	33,3
Finos < Nº 200	44,7

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**ANCCOR S.A.C.**  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

*Ing. Carlos A. Anccasi Rojas*  
Jefe de Laboratorio CIP. 148881

RUC: 20608578189  
DIRECCIÓN: AV. GENERAL CORDOVA # 322 CHILCA - HUANCAYO  
(ALTA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).  
TELF.: 974222748 - (064)602348  
ANCCORSAC@GMAIL.COM



	<b>ANCCOR S.A.C.</b> <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,          CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>	Informe N° : BA MAR 24
		Fecha de Emisión : 07/12/2023
		Páginas : 01 de 01
		Realizado por : C.A.
		Certificado N° : N 119-24

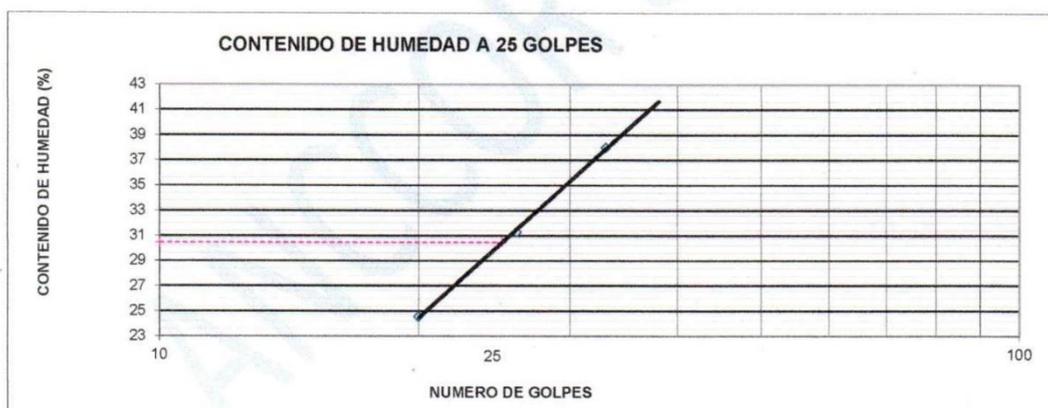
**LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N°40**  
(NORMA MTC E-110, E-111)

TESIS	: "RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA INFILTRACIÓN DEL CANAL DE DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"
CLIENTE	: BACH. BETZI ATaucusi Pirca
MATERIAL	: CONVENCIONAL

**DATOS DE LA MUESTRA**

MUESTRA : M - 01 (muestreo por el cliente)

LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N° 200							
N° TARRO	Und	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		Promedio
		1	2	3	6	7	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	48,40	42,50	52,30	39,90	39,00	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	44,20	38,90	45,50	37,60	36,30	
PESO DE AGUA	(g)	4,20	3,60	6,80	2,30	2,70	
PESO DEL TARRO	(g)	27,10	27,40	27,60	26,40	25,20	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	17,10	11,50	17,90	11,20	11,10	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	24,6	31,3	38,0	20,5	24,3	<b>22,00</b>
NUMERO DE GOLPES	-	20	26	33	-	-	-



MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	30,45
LIMITE PLASTICO	22,00
INDICE DE PLASTICIDAD	8,00



**ANCCOR SAC.**  
LAB. MECANICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

**Ing. Carlos A. Anccasi Rojas**  
Jefe de Laboratorio CIP. 148881

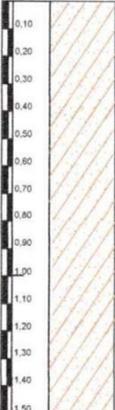


	<b>ANCCOR S.A.C.</b>		Informe N° : BA MAR 24
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS		Fecha de Emisión : 07/12/2023
			Páginas : 01-01
			Realizado por : C.A.
			Certificado N° : N 120 - 24

### PERFIL ESTRATIGRÁFICO

PROYECTO	: "RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA INFILTRACIÓN DEL CANAL DE DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"
PROPIETARIO	: BACH. BETZI ATaucusi PIRCA
UBICACIÓN	: RAQUINA PUCARÁ

Muestra : M-1  
 Calicata : C-1  
 Profundidad Total (m) : 1.50 mts  
 Prof. Nivel Freático (m) : NP

REGISTRO DE SONDAJES					
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
				SUCS	AASHTO
0.10		ARENA ARCILLOSA CON GRAVA, DE COLOR MARRÓN OSCURO, EN ESTADO HÚMEDO Y DE MEDIANA DIFICULTAD DE EXCAVACIÓN	M-1	SC	A-4(1)
0.20					
0.30					
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
		**** Fin de excavación ****			



**ANCCOR S.A.C.**  
 LAB. MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO Y PAVIMENTOS

*Ing. Carlos A. Ancasi Rojas*  
 Jefe de Laboratorio CIP. 148881





**ANCCOR S.A.C.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**"RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA  
INFILTRACIÓN DEL CANAL DE  
DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD  
CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"**

*TIPO DE SUELO*  
**ARENA LIMOSA**

SOLICITANTE:

**BACH. BETZI ATaucusi PIRCA**

**DICIEMBRE 2023**





**ANCCOR S.A.C.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**"RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA  
INFILTRACIÓN DEL CANAL DE  
DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD  
CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"**

*CONTENIDO DE HUMEDAD  
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO  
LÍMITES DE CONSISTENCIA  
PERFIL ESTRATIGRÁFICO*

SOLICITANTE:

**BACH. BETZI ATaucusi PIRCA**

**DICIEMBRE 2023**



	<b>ANCCOR S.A.C.</b> LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Código N° : BA MAR 24
		Fecha de Ems. : 07/12/2023
		Páginas : 1 de 1
		Realizado por : C.A.
		Certificado N° : N 121 - 24

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO**  
(N.T.P. 339.185)

TESIS:	: "RELACION ENTRE TIPO DE SUELO Y LA INFILTRACION DEL CANAL DE DERIVACION UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARA"
CLIENTE	: BACH. BETZI ATaucusi PIRCA
MUESTRA	: M - 02 (Muestreo por el cliente)

DATOS Y RESULTADOS				
ITEM	DESCRIPCION	1	2	3
1	Peso de la muestra húmeda + tara (g)	725,2	876,3	828,8
2	Peso de la muestra seca + tara (g)	686,3	828,9	779,9
3	Peso de la tara (g)	93,6	57,3	74,6
4	Peso de la muestra húmeda (1 - 3) (g)	631,6	819	754,2
5	Peso de la muestra seca (2 - 3) (g)	592,7	771,6	705,3
6	CONTENIDO DE HUMEDAD ((Ph - Ps)/Ps * 100) %	6,56	6,14	6,93
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		6,546		%



**ANCCOR S.A.C.**  
LAB. MECANICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

.....  
**Ing. Carlos A. Ancasi Rojas**  
Jefe de Laboratorio CIP. 148881



	<b>ANCCOR S.A.C.</b>	Informe N° : BA MAR 24
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	Fecha de Emisión : 07/12/2023
		Páginas : 01 de 01
		Realizado por : C.A.
		Certificado N° : N 122 - 24

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
(NORMA MTC E-107, E-204)

TESIS	: "RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA INFILTRACIÓN DEL CANAL DE DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"
CLIENTE	: BACH. BETZI ATACUSI PIRCA
MATERIAL	: CONVENCIONAL

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 02 (Muestreo por el cliente)	Peso inicial seco :	1118,0
CLASIF. SUCS	SM	CLASIF. AASHTO :	A-2-4(0)
DESCRIPCIÓN	Arena limosa	TAMAÑO MÁXIMO :	N° 8

TAMIZ (pulg)	(mm)	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE
		RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA
					100,0
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,500	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,500	0,0	0,0	0,0	100,0
N° 4	4,750	0,0	0,0	0,0	100,0
N° 8	2,360	13,0	1,2	1,2	98,8
N° 10	2,000	25,0	2,2	3,4	96,6
N° 16	1,190	32,0	2,9	6,3	93,7
N° 20	0,840	26,0	2,3	8,6	91,4
N° 30	0,600	0,0	0,0	8,6	91,4
N° 40	0,425	10,0	0,9	9,5	90,5
N° 50	0,300	0,0	0,0	9,5	90,5
N° 80	0,177	34,0	3,0	12,5	87,5
N° 100	0,150	563,0	50,4	62,9	37,1
N° 200	0,075	279,0	25,0	87,8	12,2
< N° 200	FONDO	136,0	12,2	100,0	0,0

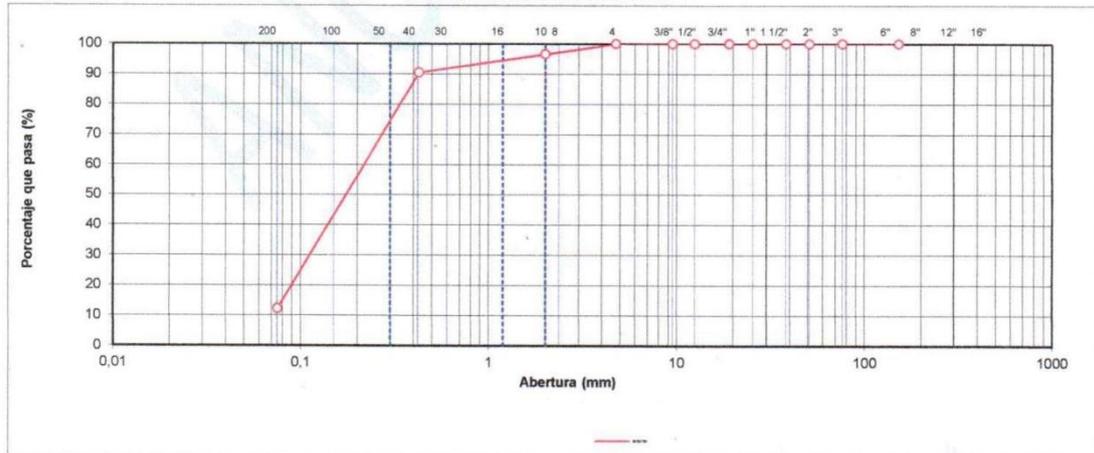
**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO (NTP 339.127)**

Porcentaje de Humedad (%)	6,55
---------------------------	------

**GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)**

Grava 2" - 3/8"	0,0
Arena 3/8" - N° 200	87,8
Finos < N° 200	12,2

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**ANCCOR S.A.C.**  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

*Ing. Carlos A. Ancasi Rojas*  
Jefe de Laboratorio CIP. 148881

RUC: 20608578189  
DIRECCIÓN: AV. GENERAL CÓRDOVA # 322 CHILCA - HUANDAYO  
(ALTA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).  
TELF.: 974222748 - (064)602348  
ANCCORSAC@GMAIL.COM



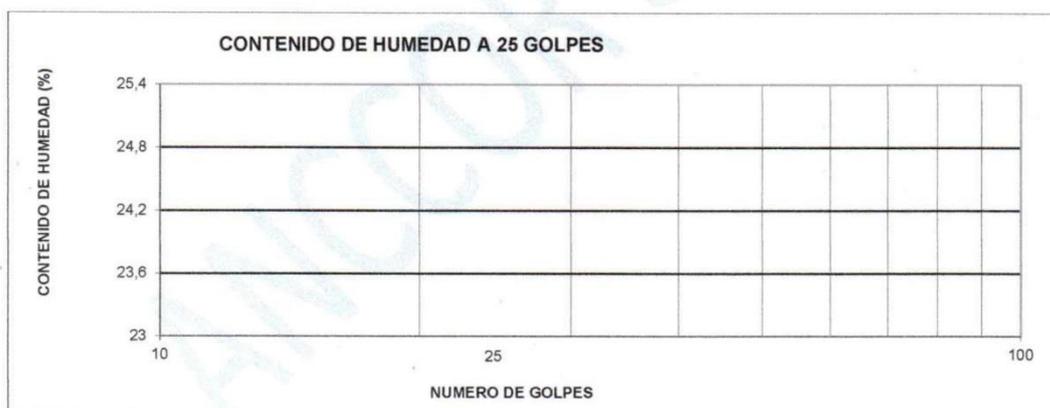
	<b>ANCCOR S.A.C.</b> <b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,          CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>	Informe N° : BA MAR 24
		Fecha de Emisión : 07/12/2023
		Páginas : 01 de 01
		Realizado por : C.A.
		Certificado N° : N 123-24

**LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N°40**  
(NORMA MTC E-110, E-111)

TESIS	: "RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA INFILTRACIÓN DEL CANAL DE DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"
CLIENTE	: BACH. BETZI ATAUCUSI PIRCA
MATERIAL	: CONVENCIONAL

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M - 02 (muestreo por el cliente)

LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N° 200							
N° TARRO	Und	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		Promedio
		1	2	3	6	7	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)						
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)						
PESO DE AGUA	(g)						
PESO DEL TARRO	(g)						
PESO DEL SUELO SECO	(g)						
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)						NP
NUMERO DE GOLPES	-						-



MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	NP
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	NP


**ANCCOR SAC.**  
 LAB. MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO Y PAVIMENTOS  


---

**Ing. Carlos A. Ancasí Rojas**  
 Jefe de Laboratorio CIP. 148881



	<b>ANCCOR S.A.C.</b> LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	Informe N° : BA MAR 24 Fecha de Emisión : 07/12/2023 Páginas : 01 de 01 Realizado por : C.A. Certificado N° : N 126 - 24
---	--	--

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
(NORMA MTC E-107, E-204)

<b>TESIS</b> : "RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA INFILTRACIÓN DEL CANAL DE DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ" <b>CLIENTE</b> : BACH. BETZI ATACUSI PIRCA <b>MATERIAL</b> : CONVENCIONAL
--

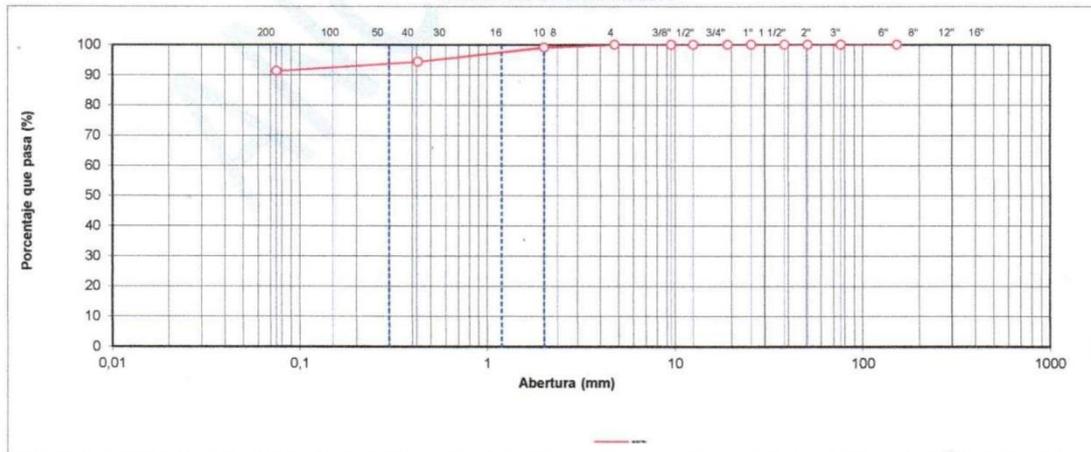
DATOS DE LA MUESTRA			
<b>MUESTRA</b> : M - 03 (Muestreo por el cliente)	<b>Peso inicial seco</b> : 1400,0		
<b>CLASIF. SUCS</b> : CL	<b>CLASIF. AASHTO</b> : A-7-6(19)		
<b>DESCRIPCIÓN</b> : Arcilla de baja plasticidad	<b>TAMAÑO MÁXIMO</b> : N° 10		

TAMIZ (pulg)	TAMIZ (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
					100,0
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,500	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,500	0,0	0,0	0,0	100,0
N° 4	4,750	0,0	0,0	0,0	100,0
N° 8	2,360	0,0	0,0	0,0	100,0
N° 10	2,000	12,0	0,9	0,9	99,1
N° 16	1,190	8,0	0,6	1,4	98,6
N° 20	0,840	14,0	1,0	2,4	97,6
N° 30	0,600	23,0	1,6	4,1	95,9
N° 40	0,425	22,0	1,6	5,6	94,4
N° 50	0,300	0,0	0,0	5,6	94,4
N° 80	0,177	18,0	1,3	6,9	93,1
N° 100	0,150	15,0	1,1	8,0	92,0
N° 200	0,075	10,0	0,7	8,7	91,3
< N° 200	FONDO	1278,0	91,3	100,0	0,0

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO (NTP 339.127)	
Porcentaje de Humedad (%)	12,84

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	
Grava 2" - 3/8"	0,0
Arena 3/8" - N° 200	8,7
Finos < N° 200	91,3

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**ANCCOR S.A.C.**  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

*Ing. Carlos A. Ancasi Rojas*  
Jefe de Laboratorio CIP. 148881

RUC: 20608578189  
DIRECCIÓN: AV. GENERAL CORDOVA # 322 CHILCA - HUANCAYO  
(ALTA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).  
TELF.: 974222748 - (064)602348  
ANCCORSAC@GMAIL.COM



	<b>ANCCOR S.A.C.</b>		Informe N° : BA MAR 24
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS		Fecha de Emisión : 07/12/2023
			Páginas : 01-01
			Realizado por : C.A.
			Certificado N° : N 124 - 24

**PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

PROYECTO	: "RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA INFILTRACIÓN DEL CANAL DE DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"
PROPIETARIO	: BACH. BETZI ATAUCUSI PIRCA
UBICACIÓN	: RAQUINA PUCARÁ

Muestra : M-2  
 Calicata : C-2  
 Profundidad Total (m) : 1.50 mts  
 Prof. Nivel Freático (m) : NP

REGISTRO DE SONDAJES					
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
				SUCS	AASHTO
0.10					
0.20					
0.30					
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50		**** Fin de excavación ****			
		ARENA LIMOSA NO PLÁSTICO, DE COLOR BEIGE, MUESTRA HÚMEDA PERO SIN AGUA VISIBLE, DE CONSISTENCIA BLANDA Y DE CEMENTACIÓN DÉBIL	M-2	SM	A-2-4(0)



**ANCCOR S.A.C.**  
 LAB. MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO Y PAVIMENTOS

*Ing. Carlos A. Anccasi Rojas*  
 Jefe de Laboratorio CIP. 148881





**ANCCOR S.A.C.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**"RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA  
INFILTRACIÓN DEL CANAL DE  
DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD  
CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"**

*TIPO DE SUELO*

***ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD***

SOLICITANTE:

**BACH. BETZI ATaucusi Pirca**

**DICIEMBRE 2023**





**ANCCOR S.A.C.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**"RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA  
INFILTRACIÓN DEL CANAL DE  
DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD  
CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"**

*CONTENIDO DE HUMEDAD  
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO  
LÍMITES DE CONSISTENCIA  
PERFÍL ESTRATIGRÁFICO*

SOLICITANTE:

**BACH. BETZI ATaucusi Pirca**

**DICIEMBRE 2023**



	<b>ANCCOR S.A.C.</b> LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Código N° : BA MAR 24
		Fecha de Ems. : 07/12/2023
		Páginas : 1 de 1
		Realizado por : C.A.
		Certificado N° : N 125 - 24

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO**  
(N.T.P. 339.185)

TESIS:	: "RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA INFILTRACIÓN DEL CANAL DE DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"
CLIENTE	: BACH. BETZI ATAUCUSI PIRCA
MUESTRA	: CALICATA 3

DATOS Y RESULTADOS				
ITEM	DESCRIPCIÓN	1	2	3
1	Peso de la muestra húmeda + tara (g)	878,4	892,2	910,3
2	Peso de la muestra seca + tara (g)	784,2	785,9	809,2
3	Peso de la tara (g)	10,2	10,1	10,2
4	Peso de la muestra húmeda (1 - 3) (g)	868,2	882,1	900,1
5	Peso de la muestra seca (2 - 3) (g)	774	775,8	799
6	CONTENIDO DE HUMEDAD ((Ph - Ps)/Ps * 100) %	12,17	13,70	12,65
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		12,842 %		



**ANCCOR S.A.C.**  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

*Ing. Carlos A. Ancasi Rojas*  
Jefe de Laboratorio CIP. 148881



	<b>ANCCOR S.A.C.</b>	Informe N° : BA MAR 24
	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	Fecha de Emisión : 07/12/2023
		Páginas : 01 de 01
		Realizado por : C.A.
		Certificado N° : N 126 - 24

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO**  
(NORMA MTC E-107, E-204)

TESIS	: "RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA INFILTRACIÓN DEL CANAL DE DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"
CLIENTE	: BACH. BETZI ATaucusi Pirca
MATERIAL	: CONVENCIONAL

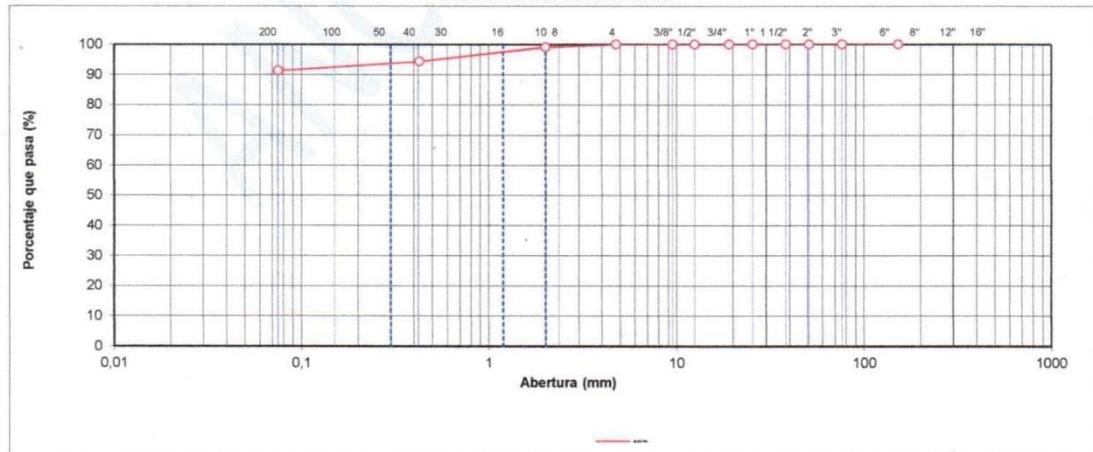
DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 03 (Muestreo por el cliente)	Peso inicial seco :	1400,0
CLASIF. SUCS	CL	CLASIF. AASHTO :	A-7-6(19)
DESCRIPCIÓN	Arcilla de baja plasticidad	TAMAÑO MAXIMO :	Nº 10

TAMIZ (pulg)	TAMIZ (mm)	PESO	PORCENTAJE	RETENIDO	PORCENTAJE
		RETENIDO	RETENIDO	ACUMULADO	QUE PASA
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,500	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,500	0,0	0,0	0,0	100,0
Nº 4	4,750	0,0	0,0	0,0	100,0
Nº 8	2,360	0,0	0,0	0,0	100,0
Nº 10	2,000	12,0	0,9	0,9	99,1
Nº 16	1,190	8,0	0,6	1,4	98,6
Nº 20	0,840	14,0	1,0	2,4	97,6
Nº 30	0,600	23,0	1,6	4,1	95,9
Nº 40	0,425	22,0	1,6	5,6	94,4
Nº 50	0,300	0,0	0,0	5,6	94,4
Nº 80	0,177	18,0	1,3	6,9	93,1
Nº 100	0,150	15,0	1,1	8,0	92,0
Nº 200	0,075	10,0	0,7	8,7	91,3
< Nº 200	FONDO	1278,0	91,3	100,0	0,0

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO (NTP 339.127)	
Porcentaje de Humedad (%)	12,84

GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)	
Grava 2" - 3/8"	0,0
Arena 3/8" - Nº 200	8,7
Finos < Nº 200	91,3

**CURVA GRANULOMETRICA**



**ANCCOR S.A.C.**  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

*Ing. Carlos A. Ancasi Rojas*  
Jefe de Laboratorio CIP. 148881

RUC: 20608578189  
DIRECCIÓN: AV. GENERAL CORDOVA # 322 CHILCA - HUANCAYO  
(ALTURA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).  
TELF.: 974222748 - (064)602348  
ANCCORSAC@GMAIL.COM



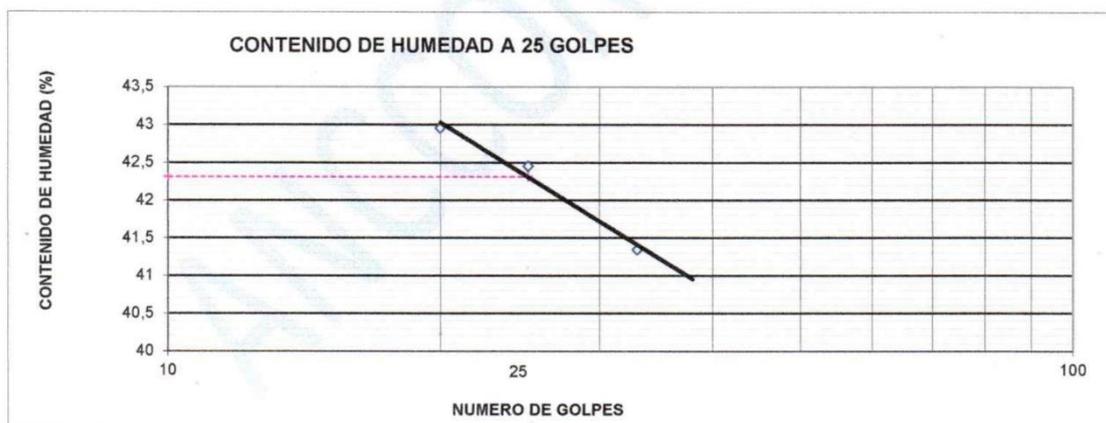
	<b>ANCCOR S.A.C.</b> LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	Informe N° : BA MAR 24
		Fecha de Emisión : 07/12/2023
		Páginas : 01 de 01
		Realizado por : C.A.
		Certificado N° : N 127-24

**LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N°40**  
(NORMA MTC E-110, E-111)

TESIS	: "RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA INFILTRACIÓN DEL CANAL DE DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"
CLIENTE	: BACH. BETZI ATaucusi PIRCA
MATERIAL	: CONVENCIONAL

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	M - 03 (muestreo por el cliente)

LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N° 200							
N° TARRO	Und	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		Promedio
		1	2	3	6	7	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	48,40	42,50	72,30	39,90	39,10	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	42,00	38,00	68,00	37,80	36,20	
PESO DE AGUA	(g)	6,40	4,50	4,30	2,10	2,90	
PESO DEL TARRO	(g)	27,10	27,40	57,60	26,40	25,20	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	14,90	10,60	10,40	11,40	11,00	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	43,0	42,5	41,3	18,4	26,4	<b>22,00</b>
NUMERO DE GOLPES	-	20	25	33	-	-	-



MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	42,31
LIMITE PLASTICO	22,00
INDICE DE PLASTICIDAD	20,00



ANCCOR S.A.C.  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

.....  
**Ing. Carlos A. Anccasi Rojas**  
Jefe de Laboratorio CIP. 148881



	<b>ANCCOR S.A.C.</b>	Informe N° : BA MAR 24
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	Fecha de Emisión : 07/12/2023
		Páginas : 01-01
		Realizado por : C.A.
		Certificado N° : N 128 - 24

### PERFIL ESTRATIGRÁFICO

PROYECTO	: "RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA INFILTRACIÓN DEL CANAL DE DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"
PROPIETARIO	: BACH. BETZI ATACUCSI PIRCA
UBICACIÓN	: RAQUINA PUCARÁ

Muestra : M-3  
 Calicata : C-3  
 Profundidad Total (m) : 1,50 mts  
 Prof. Nivel Freático (m) : NP

REGISTRO DE SONDAJES					
PROF. (m)	SIMBOLO	DESCRIPCION DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
				SUCS	AASHTO
0.10		ARCILLOSA DE BAJA PLASTICIDAD, DE COLOR ANARANJADO, EN ESTADO HÚMEDO Y DE FÁCIL DE EXCAVACIÓN	M-3	CL	A-7-6(19)
0.20					
0.30					
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
		**** Fin de excavación ****			



**ANCCOR S.A.C.**  
 LAB. MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO Y PAVIMENTOS

*Ing. Carlos A. Ancasí Rojas*  
 Jefe de Laboratorio CIP. 148881

RUC: 20608578189  
 DIRECCIÓN: AV. GENERAL Córdova # 322 CHILCA - HUANCAYO  
 (ALTURA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).  
 TELF.: 974222748 - (064)602348  
 ANCCORSAC@GMAIL.COM





**ANCCOR S.A.C.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**"RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA  
INFILTRACIÓN DEL CANAL DE  
DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD  
CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"**

*TIPO DE SUELO*  
**LIMO CON ARENA**

SOLICITANTE:

**BACH. BETZI ATaucusi Pirca**

**DICIEMBRE 2023**





**ANCCOR S.A.C.**  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**"RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA  
INFILTRACIÓN DEL CANAL DE  
DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD  
CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"**

*CONTENIDO DE HUMEDAD  
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO  
LÍMITES DE CONSISTENCIA  
PERFÍL ESTRATIGRÁFICO*

SOLICITANTE:

**BACH. BETZI ATaucusi Pirca**

**DICIEMBRE 2023**



	<b>ANCCOR S.A.C.</b> LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	Código N° : BA MAR 24
		Fecha de Ems. : 07/12/2023
		Páginas : 1 de 1
		Realizado por : C.A.
		Certificado N° : N 129 - 24

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL AGREGADO FINO**  
(N.T.P. 339.185)

TESIS:	: "RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA INFILTRACIÓN DEL CANAL DE DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"
CLIENTE	: BACH. BETZI ATAUCUSI PIRCA
MUESTRA	: CALICATA 4

DATOS Y RESULTADOS				
ITEM	DESCRIPCIÓN	1	2	3
1	Peso de la muestra húmeda + tara (g)	564,3	612,3	603,8
2	Peso de la muestra seca + tara (g)	518,9	566,3	554,8
3	Peso de la tara (g)	10,2	10,2	10,1
4	Peso de la muestra húmeda (1 - 3) (g)	554,1	602,1	593,7
5	Peso de la muestra seca (2 - 3) (g)	508,7	556,1	544,7
6	CONTENIDO DE HUMEDAD ((Ph - Ps)/Ps * 100) %	8,92	8,27	9,00
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>		<b>8,731 %</b>		



**ANCCOR S.A.C.**  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

.....  
**Ing. Carlos A. Anccasi Rojas**  
 Jefe de Laboratorio CIP. 148881



	<b>ANCCOR S.A.C.</b> LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	Informe N° : BA MAR 24 Fecha de Emisión : 07/12/2023 Páginas : 01 de 01 Realizado por : C.A. Certificado N° : N 130 - 24
---	--	--

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
(NORMA MTC E-107, E-204)

TESIS : "RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA INFILTRACIÓN DEL CANAL DE DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ" CLIENTE : BACH. BETZI ATAUCUSI PIRCA MATERIAL : CONVENCIONAL
--

DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA	: M - 04 (Muestreo por el cliente)	Peso inicial seco :	1600,0
CLASIF. SUCS	ML	CLASIF. AASHTO :	A-4(0)
DESCRIPCIÓN	- Limo con arena	TAMAÑO MÁXIMO :	N° 8

TAMIZ (pulg)	(mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	76,200	0,0	0,0	0,0	100,0
2"	50,800	0,0	0,0	0,0	100,0
1 1/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	100,0
1"	25,400	0,0	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,000	0,0	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,500	0,0	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,500	0,0	0,0	0,0	100,0
N° 4	4,750	0,0	0,0	0,0	100,0
N° 8	2,360	8,0	0,5	0,5	99,5
N° 10	2,000	14,0	0,9	1,4	98,6
N° 16	1,190	12,0	0,8	2,1	97,9
N° 20	0,840	10,0	0,6	2,8	97,3
N° 30	0,600	21,0	1,3	4,1	95,9
N° 40	0,425	24,0	1,5	5,6	94,4
N° 50	0,300	32,0	2,0	7,6	92,4
N° 80	0,177	19,0	1,2	8,8	91,3
N° 100	0,150	16,0	1,0	9,8	90,3
N° 200	0,075	326,0	20,4	30,1	69,9
< N° 200	FONDO	1118,0	69,9	100,0	0,0

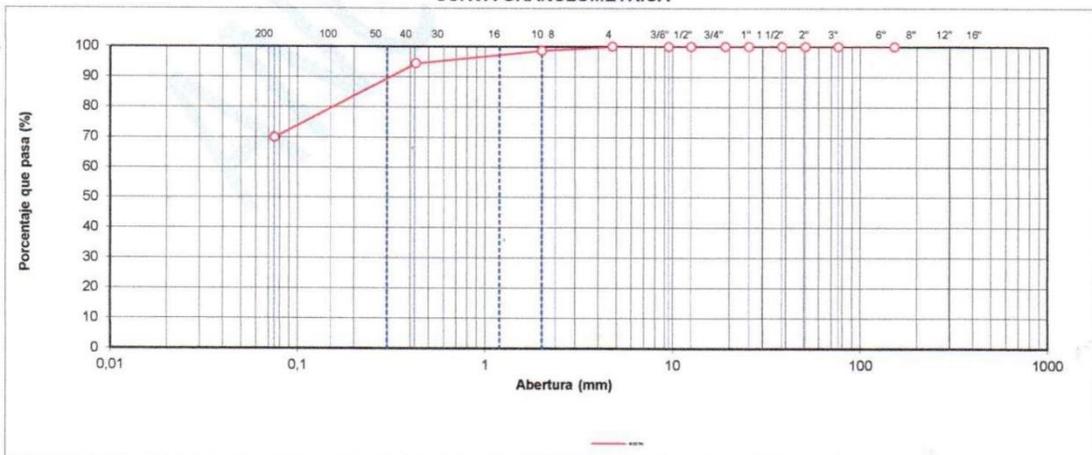
**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO (NTP 339.127)**

Porcentaje de Humedad (%)	8,73
---------------------------	------

**GRUPOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)**

Grava 2" - 3/8" :	0,0
Arena 3/8" - N° 200 :	30,1
Finos < N° 200 :	69,9

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**ANCCOR S.A.C.**  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

*Ing. Carlos A. Ancasi Rojas*  
Jefe de Laboratorio CIP. 148891

RUC: 20608578189  
DIRECCIÓN: AV. GENERAL CORDOVA # 322 CHILCA - HUANCAYO  
(ALTA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).  
TELF.: 974222748 - (064)602348  
ANCCORSAC@GMAIL.COM



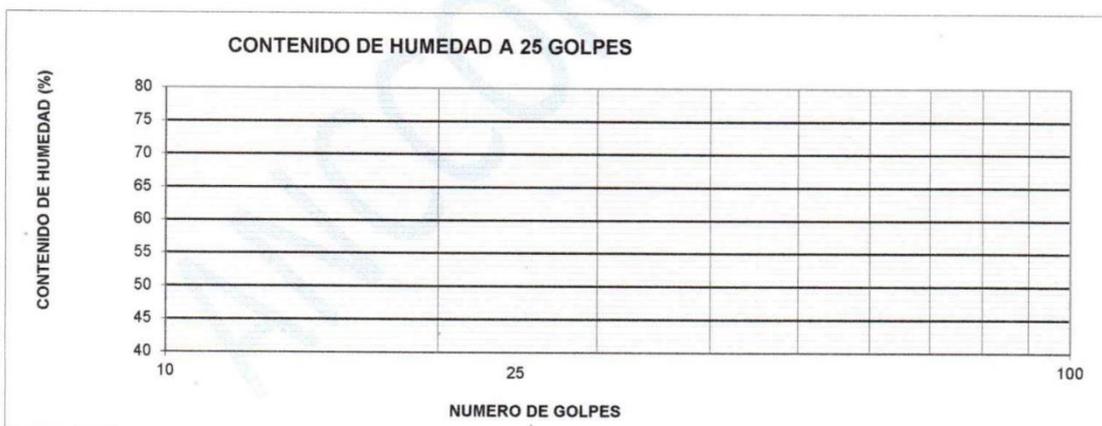
	<b>ANCCOR S.A.C.</b>		Informe N° : BA MAR 24	
	<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>		Fecha de Emisión : 07/12/2023	
				Páginas : 01 de 01
				Realizado por : C.A.
				Certificado N° : N 131-24

**LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N°40**  
(NORMA MTC E-110, E-111)

TESIS	: "RELACIÓN ENTRE TIPO DE SUELO Y LA INFILTRACIÓN DEL CANAL DE DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"
CLIENTE	: BACH. BETZI ATACUSI PIRCA
MATERIAL	: CONVENCIONAL

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	M - 04 (muestreo por el cliente)

LIMITES DE CONSISTENCIA QUE PASA LA MALLA N° 200							
N° TARRO	Und	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		Promedio
		1	2	3	6	7	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)						
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)						
PESO DE AGUA	(g)						
PESO DEL TARRO	(g)						
PESO DEL SUELO SECO	(g)						
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)						NP
NUMERO DE GOLPES	-						-



MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	NP
LIMITE PLASTICO	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	NP



ANCCOR S.A.C.  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Carlos A. Anccasi Rojas  
Jefe de Laboratorio CIP. 148881



	<b>ANCCOR S.A.C.</b>	Informe N° : BA MAR 24
	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	Fecha de Emisión : 07/12/2023
		Páginas : 01-01
		Realizado por : C.A.
		Certificado N° : N 132 - 24

### PERFIL ESTRATIGRÁFICO

PROYECTO	: "RELACIÓN ENTRE TIPO" DE SUELO Y LA INFILTRACIÓN DEL CANAL DE DERIVACIÓN UBICADO EN LA COMUNIDAD CAMPESINA DE RAQUINA, PUCARÁ"
PROPIETARIO	: BACH. BETZI ATACUSI PIRCA
UBICACIÓN	: RAQUINA PUCARÁ

Muestra : M-4  
 Calicata : C-4  
 Profundidad Total (m) : 1.50 mts  
 Prof. Nivel Freático (m) : NP

REGISTRO DE SONDAJES					
PROF. (m)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO	MUESTRA	CLASIFICACIÓN	
				SUCS	AASHTO
0.10					
0.20					
0.30					
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50		**** Fin de excavación ****			



**ANCCOR S.A.C.**  
 LAB. MECÁNICA DE SUELOS,  
 CONCRETO Y PAVIMENTOS

.....  
*Ing. Carlos A. Ancasí Rojas*  
 Jefe de Laboratorio CIP. 148881

RUC: 20608578189  
 DIRECCIÓN: AV. GENERAL CORDOVA # 322 CHILCA - HUANCAYO  
 (ALTURA DEL MINISTERIO DE TRANSPORTES).  
 TELF.: 974222748 - (064)602348  
 ANCCORSAC@GMAIL.COM

