



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA
CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO
EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE
LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA
CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO
EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE
LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025

TESIS PRESENTADA POR:
Bach. SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE	:	 _____ Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
PRIMER MIEMBRO	:	 _____ Dr. LEONEL GUASACA PELINCO
SEGUNDO MIEMBRO	:	 _____ Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
ASESOR DE TESIS	:	 _____ Dr. ARNALDO YANA TORRES
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	:	TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1652-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 02 de diciembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 12862 presentado por el (la) Bachiller: **SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV CU-R, y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - APROBAR, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- * **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 11 de diciembre del 2025
- * **HORA** : 14:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 FICP

ARTÍCULO CUARTO. - DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



cc.
Archivo
interesado (n)

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Cesar H. Camargo Nájjar
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 911-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 23 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 1536 por el señor (a): SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 700-2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 087 - 2025 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 087 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), Dr. **ARNALDO YANA TORRES**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. CAROLINA MONTAÑA CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritzy Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (s)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 610-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 02 de julio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 7080, presentado por el señor (a) SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 445-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 030 -2025 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 030 -2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Dr. **ARNALDO YANA TORRES**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Dr. OSCAR V. VIANONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
COMITÉ DE INVESTIGACIÓN Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 32730

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)



16% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 12% Fuentes de Internet
- 3% Publicaciones
- 12% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.


Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	SHARON NOHEL Y ARRARTE AROQUIPA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	71547913
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-4295-5220
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876



Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Azángaro Distrito: Azángaro Latitud: S 14° 54' 35" Longitud: O 70° 11' 50"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/1GYe2hP2DAHcPEf69</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2025 - Diciembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	<p>Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</p> <p>Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS

 Director: **Camilo Nejar**
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA, identificado con DNI Nro. 71547913, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA CIVIL

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

EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA
PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA
CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

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

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

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

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 17 de diciembre del 2025

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mis padres, MARÍA Y ULICES, gracias por su dedicación y sacrificio incondicional que me permitieron desarrollarme profesionalmente. Todo su apoyo incondicional, sus palabras de aliento en los momentos difíciles, su ejemplo de perseverancia fueron mi mayor motivación para culminar con este objetivo. Todo lo que soy y todo lo que lograré se lo debo a ellos.

Gracias a mis hermanos que siempre me han acompañado en esta aventura estudiantil y me han dado su amor. El que crean en mí me ha impulsado a no rendirme ante nada.

A mis amigos, por su amistad que me permitió perseverar, me apoyaron en este proceso de estudio, compañeros de batalla, con quienes compartí horas y horas de estudio, dificultades y aprendizaje. Su aliento, compañerismo y orientación me ayudaron a superar cualquier obstáculo y lograr esto.



AGRADECIMIENTO

A Dios, que me permitió crecer, aprender y vencer los obstáculos. En tiempos difíciles, su misericordia infinita, su amor y su amparo me han mantenido a salvo y me han ayudado a vencer.

A mis padres y hermanos, cuyo amor, sacrificio y dedicación son los pilares de mi vida. No sólo les debo la oportunidad de seguir estudiando, sino también los valores e ideas que me ayudaron a formar lo que soy el día de hoy. Su aliento, su confianza en mí, su dedicación fueron las mayores motivaciones para finalizar este proyecto. Les agradezco por cada consejo, por cada palabra de aliento, por siempre estar a mi lado y consentirme con su amor infinito.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....i

AGRADECIMIENTO.....ii

ÍNDICE GENERAL.....iii

ÍNDICE DE TABLAS.....vi

ÍNDICE DE FIGURASvii

RESUMENviii

ABSTRACTix

INTRODUCCIÓN.....x

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática. 12

1.2 Planteamiento del problema 14

 1.2.1 Problema general..... 14

 1.2.2 Problemas específicos..... 14

1.3 Justificación de la investigación. 14

 1.3.1 Justificación técnica..... 14

 1.3.2 Justificación económica..... 15

 1.3.3 Justificación social 16

 1.3.4 Justificación ambiental..... 16

1.4 Objetivos 17

 1.4.1 Objetivo general 17

 1.4.2 Objetivos específicos 17

1.5 Hipótesis..... 17

 1.5.1 Hipótesis general 17

 1.5.2 Hipótesis específicas. 17

1.6 Variables 18

 1.6.1 Variable de caracterización 18



1.6.2 Variable de interés 18

1.7 Operacionalización de variables..... 19

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación20

 2.1.1 Antecedentes internacionales20

 2.1.2 Antecedente nacional25

 2.1.3 Antecedente local29

2.2 Bases teóricas.....32

 2.2.1 Evaluación de la mejora de la máxima eficiencia hidráulica con la
 propuesta de diseño de estructuras de riego 32

 2.2.1.1 Máxima eficiencia hidráulica 33

 2.2.2 Recurso hídrico35

 2.2.2.1 Uso eficiente del recurso hídrico 35

 2.2.2.2 Demanda del recurso hídrico36

 2.2.3 Canales hidráulicos.....39

 2.2.3.1 Clases de canales hidráulicos abiertos40

 2.2.4 Canales de riego42

 2.2.4.1 Geometría de los canales de irrigación42

 2.2.5 Daños en canales46

2.3 Marco conceptual.....48

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de investigación51

3.2 Tipo de investigación51

3.3 Nivel de Investigación52

3.4 Diseño de investigación52

3.5 Método de investigación52

3.6 Población y muestra53

 3.6.1 Población.....53



3.6.2 Muestra	53
3.7 Técnicas e instrumentos	54
3.7.1 Técnicas.....	54
3.7.2 Instrumentos	55
3.8 Validación y de instrumentos y confiabilidad	55
3.8.1 Validación de instrumentos.....	55
3.8.2 Confiabilidad de instrumentos	55
3.9 Trabajos realizados.....	56

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados obtenidos	58
4.1.1 Características del suelo presente en el diseño de estructuras de riego ...	62
4.1.2 Estado situacional actual y parámetros hidráulicos para el diseño de estructuras de riego	66
4.1.3 Comportamiento del diseño del sistema hidráulico del canal por medio de modelación de la estructura utilizando el software HEC-RAS.....	80
4.2 Discusión de resultados.....	90
CONCLUSIONES.....	94
RECOMENDACIONES	96
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	97
ANEXOS.....	102



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Operacionalización de variables</i>	19
Tabla 2 <i>Puntos de apoyo</i>	60
Tabla 3 <i>Ubicación de las calicatas de estudio</i>	62
Tabla 4 <i>Características del suelo-calicatas</i>	63
Tabla 5 <i>Resumen de registros de calicatas</i>	64
Tabla 6 <i>Coordenadas del canal rustico de tierra</i>	69
Tabla 7 <i>Áreas de la cuenca en relación con altitud</i>	73
Tabla 8 <i>Resumen de los parámetros geomorfológicos</i>	77
Tabla 9 <i>Caudal de demanda para el estudio</i>	78
Tabla 10 <i>Balance hídrico</i>	79
Tabla 11 <i>Velocidad máxima y mínima del canal</i>	81
Tabla 12 <i>Resultados del canal en HEC-RAS</i>	88



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Muestra de estudio</i>	54
Figura 2 <i>Localización de la zona de estudio</i>	59
Figura 3 <i>Localización de la zona de estudio</i>	59
Figura 4 <i>Zona de estudio</i>	60
Figura 5 <i>Canal de riego</i>	61
Figura 6 <i>Canal lateral – imagen satelital</i>	61
Figura 7 <i>Canal rustico</i>	66
Figura 8 <i>Canal rustico</i>	67
Figura 9 <i>Daños en el canal</i>	67
Figura 10 <i>Profundidad del canal rustico</i>	68
Figura 11 <i>Polígono de frecuencia</i>	73
Figura 12 <i>Balance hídrico</i>	79
Figura 13 <i>Polígono de frecuencia</i>	81
Figura 14 <i>Modelado-Inicio</i>	82
Figura 15 <i>Trazo del canal de diseño</i>	82
Figura 16 <i>Ingreso de la geometría de las secciones de estudio</i>	83
Figura 17 <i>Datos de diseño-flujo permanente</i>	83
Figura 18 <i>Ingreso de datos de diseño-flujo permanente</i>	84
Figura 19 <i>Diseño en la sección transversal – 1+121 km</i>	84
Figura 20 <i>Vista de perfil – 1+121 km</i>	85
Figura 21 <i>Vista de sección – 1+121 km</i>	85
Figura 22 <i>Diseño en la sección transversal – 2+829 km</i>	86
Figura 23 <i>Vista de perfil – 2+829 km</i>	86
Figura 24 <i>Vista de sección – 2+829 km</i>	87
Figura 25 <i>Vista tridimensional</i>	87
Figura 26 <i>Vista de tramo de retención</i>	88
Figura 27 <i>Diseño general del canal de riego</i>	90



RESUMEN

La presente investigación denominada "Evaluación de la mejora de la máxima eficiencia hidráulica con la propuesta de diseño de estructuras de riego en sectores de la cuenca del río Ramis, provincia de Azángaro, 2025", tiene como objetivo determinar el impacto del diseño propuesto en la eficiencia hidráulica de las estructuras de riego en la cuenca. Se realizó bajo un enfoque mixto con un diseño no experimental, para caracterizar el suelo en la zona de estudio, se excavaron 14 calicatas con profundidades de 1.0 a 1.5 m. Los resultados indican una predominancia de limos inorgánicos de baja plasticidad (ML), con presencia localizada de arenas mal gradadas con limo (SP-SM). La humedad del suelo varía entre 24.16% y 39.94%, afectando sus propiedades geotécnicas y capacidad de soporte para las estructuras de riego. Actualmente, la zona cuenta con un canal rústico de tierra, con una extensión de 2.798 km en el margen derecho y 6.036 km en el margen izquierdo. Presenta baja eficiencia en la conducción del agua y un deterioro significativo. Su ancho varía entre 0.40 m y 0.80 m. La cuenca tiene un área de 18 km² y una pendiente de 0.05 m/m. El análisis del balance hídrico confirma la disponibilidad suficiente de agua para el sistema de riego. El modelamiento hidráulico con HEC-RAS evaluó el flujo en un tramo de 4+012.17 km con un caudal constante de 0.0812 m³/s. Las conclusiones indican que el área hidráulica (A) varía de 0.1291 m² a 0.1010 m², el espejo de agua (B) de 0.5281 m a 0.4251 m y el radio hidráulico (R) disminuye de 0.0871 m a 0.0227 m. La velocidad del agua (V) aumenta de 0.3022 m/s a 1.7505 m/s, afectando el número de Froude (F), que oscila entre 2.2866 y 3.5817, confirmando un flujo supercrítico en todo el tramo analizado.

Palabras clave: Eficiencia hidráulica, Estructuras de riego, Diseño hidráulico, Canales de riego y Modelamiento hidráulico.



ABSTRACT

This research, entitled "Evaluation of the Improvement of Maximum Hydraulic Efficiency with the Proposed Design of Irrigation Structures in Sectors of the Ramis River Basin, Azángaro Province, 2025," aims to determine the impact of the proposed design on the hydraulic efficiency of irrigation structures in the basin. A mixed-methods approach with a non-experimental design was used. To characterize the soil in the study area, 14 test pits were excavated to depths of 1.0 to 1.5 m. The results indicate a predominance of low-plasticity inorganic silts (ML), with localized presence of poorly graded sands with silt (SP-SM). Soil moisture varies between 24.16% and 39.94%, affecting its geotechnical properties and bearing capacity for irrigation structures. Currently, the area has a rudimentary earthen canal, extending 2.798 km on the right bank and 6.036 km on the left bank. It exhibits low water conveyance efficiency and significant deterioration. Its width varies between 0.40 m and 0.80 m. The basin has an area of 18 km² and a slope of 0.05 m/m. The water balance analysis confirms sufficient water availability for the irrigation system. Hydraulic modeling with HEC-RAS evaluated the flow in a 4+012.17 km section with a constant flow rate of 0.0812 m³/s. The findings indicate that the hydraulic area (A) varies from 0.1291 m² to 0.1010 m², the water surface area (B) from 0.5281 m to 0.4251 m, and the hydraulic radius (R) decreases from 0.0871 m to 0.0227 m. The water velocity (V) increases from 0.3022 m/s to 1.7505 m/s, affecting the Froude number (F), which ranges between 2.2866 and 3.5817, confirming a supercritical flow throughout the analyzed section.

Keywords: Hydraulic efficiency, Irrigation structures, Hydraulic design, Irrigation canals and Hydraulic modeling.



INTRODUCCIÓN

En lo que respecta a la agricultura, el agua es un recurso vital que desempeña un papel crucial en el desarrollo de sistemas de producción sostenibles y en garantizar la seguridad alimentaria de las comunidades. En este contexto, la gestión eficaz de los recursos hídricos se convierte en una preocupación clave, sobre todo en lugares donde la disponibilidad de agua es impredecible y los equipos de riego tienen limitaciones en cuanto a su eficiencia hidráulica.

Una de las áreas más importantes para la agricultura y la ganadería en el sur del Perú es la cuenca del río Ramis, en la provincia de Azángaro. Por otra parte, el sistema de riego es ineficiente en diseño y operación, lo que genera pérdidas significativas de agua y restringe el nivel de producción agrícola que se puede lograr. Una de las principales estrategias para hacer más eficiente la distribución y uso del agua es la modernización de la infraestructura de riego, construyendo nuevas estructuras hidráulicas y diseñándolas.

En los últimos años se han realizado múltiples estudios para optimizar la eficiencia hidráulica de los sistemas de riego. Estas investigaciones han demostrado la necesidad de crear nuevas tecnologías, mejorar los materiales y establecer formas de distribución adecuadas a la geografía y el clima local. La finalidad es mejorar la eficiencia hidráulica máxima por el diseño propuesto de estructuras de riego en puntos críticos de la cuenca del río Ramis. En otras palabras, el estudio busca medir la efectividad del diseño de las estructuras de riego.

La investigación se abordará con metodología que involucra análisis hidráulicos, modelación computacional y estudios de campo para verificar la eficiencia de las estructuras propuestas. Se aspira a que los hallazgos de esta investigación sirvan para la toma de decisiones en la planificación y manejo de los recursos hídricos y lograr un uso más eficiente del agua en beneficio de los agricultores de la zona.



Es así que la presente tesis no solo pretende generar conocimientos técnicos En el terreno de la ingeniería hidráulica, sino también proponer soluciones que beneficien a la resiliencia hídrica y al desarrollo sostenible en la provincia de Azángaro.

El Capítulo I trata sobre la realidad problemática, donde se analizan los factores que dan origen a la investigación. Además, se explicitan los objetivos que guían la investigación y la manera en que las variables serán operacionalizadas para su análisis.

En el Capítulo II, se aborda el marco teórico, cuyo objetivo es justificar teóricamente la investigación. Aquí se hace un recorrido por los antecedentes investigativos que abordan la temática y la literatura bibliográfica asociada. Se consultan materiales de referencia pertinentes y se elabora un marco conceptual que respalde la comprensión y el desarrollo del estudio.

El Capítulo III se refiere a la metodología, donde se especifica el enfoque metodológico utilizado. Aquí se describe el tipo y nivel de investigación, el diseño utilizado y los procedimientos para la recolección y análisis de datos. También se detallan los instrumentales manejados y la forma en que se organizará el estudio para avalar la exactitud y confiabilidad de los datos recopilados.

En el Capítulo IV se exponen y discuten los resultados. Aquí se presentan de forma estructurada los resultados encontrados tras la metodología aplicada, los cuales serán discutidos críticamente. Los resultados permitirán establecer conclusiones y recomendaciones que podrán afirmar futuras indagaciones y aplicaciones en el campo.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.

El agua agrícola y su uso eficiente es una preocupación mundial que afecta la seguridad alimentaria y el desarrollo sustentable. De acuerdo con la (FAO), el sector agrícola acapara cerca del 70% del agua que se consume en el mundo. Pero gran parte de este recurso se pierde por infraestructuras de riego ineficientes y sistemas de riego poco eficientes. Países áridos como España, India o México han desarrollado medidas de eficiencia hidráulica con nuevas tecnologías como el riego por goteo, la modernización de canales o la telemetría para controlar el consumo de agua. Pero el desafío continúa en muchas partes del mundo, donde la falta de inversión en infraestructura y en una buena gestión del agua restringe la producción agrícola (FAO, 2021).

En el Perú, el sector agrícola representa más del 80% del consumo de agua, pero enfrenta grandes desafíos debido a la gestión ineficiente del recurso y la infraestructura obsoleta en muchos sistemas de riego. De acuerdo con el Plan Nacional de Recursos Hídricos, aproximadamente el 45% del agua destinada al riego se pierde por deficiencias en la conducción y distribución, lo que afecta la productividad agrícola y la sostenibilidad del recurso hídrico. A pesar de los esfuerzos gubernamentales por modernizar los sistemas de riego a través de programas como SIERRA AZUL y el Programa Nacional de Riego



Tecnificado (PNRT), muchas regiones del país aún presentan limitaciones en la eficiencia hidráulica de sus infraestructuras. En este contexto, el desarrollo de soluciones innovadoras y el diseño de estructuras eficientes se vuelve fundamental para optimizar el uso del agua en la agricultura peruana (Gobierno del Perú, 2019).

Situada en la provincia de Azángaro, la cuenca del río Ramis se considera una de las más importantes de la región de Puno. Esto se debe principalmente a que desempeña un papel importante en el sistema hídrico del lago Titicaca, así como a su importancia para la agricultura y la ganadería locales. Sin embargo, la región se enfrenta a importantes retos en lo que respecta a la accesibilidad del agua y a su utilización eficaz. Una parte significativa de la infraestructura de riego actual es de naturaleza convencional y sufre altas tasas de pérdida de agua por infiltración y evaporación. En consecuencia, la cantidad de agua accesible a los agricultores es reducida. La situación se ve agravada por la contaminación de la cuenca alta del río Ramis con limo y metales pesados provocada por la minería informal. Esta contaminación repercute en la calidad del agua que se utiliza para la agricultura.

Ante este panorama, es urgente evaluar estrategias que permitan mejorar la eficacia hidráulica en los sistemas de riego de la región. La implementación de nuevas estructuras hidráulicas con diseños optimizados puede contribuir significativamente a reducir pérdidas, perfeccionar la distribución del agua y garantizar un uso más sostenible del recurso. Esta investigación busca abordar esta problemática, proponiendo soluciones técnicas viables que beneficien a los agricultores de la provincia de Azángaro y contribuyan a la seguridad hídrica y alimentaria de la región.



1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿De qué manera mejora de la máxima eficiencia hidráulica con la propuesta de diseño de estructuras de riego en sectores de la cuenca del río Ramis de la provincia de Azángaro 2025?

1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Cuáles son las características del suelo presente en el diseño de estructuras de riego en sectores de la cuenca del río Ramis de la provincia de Azángaro?
2. ¿Cuál es el estado situacional actual y parámetros hidráulicos para el diseño de estructuras de riego en sectores de la cuenca del río Ramis de la provincia de Azángaro?
3. ¿Cuál es el comportamiento del diseño del sistema hidráulico de la infraestructura de riego para mejorar la eficiencia hidráulica del canal por medio de modelación de la estructura de riego utilizando el software HEC-RAS en la provincia de Azángaro?

1.3 Justificación de la investigación.

1.3.1 Justificación técnica

Nunca se insistirá lo suficiente en la importancia de la eficiencia hidráulica de los sistemas de regadío a la hora de garantizar que el agua se utiliza de la forma más eficaz en los entornos agrícolas. En la cuenca fluvial del río Ramis se producen grandes desgastes de agua por infiltración, evaporación y fugas en los canales. Porque la subestructura hidráulica de riego en la cuenca tiene deficiencias de diseño y operación. Esta investigación se justifica, ya que es necesario generar nuevos diseños de estructuras de riego optimizadas. Estas obras optimizarán la conducción y distribución del agua, disminuyendo pérdidas y aumentando el agua disponible para la agricultura.



Para alcanzar este propósito, la investigación hará uso de modelos hidráulicos y simulaciones computacionales para analizar distintas configuraciones estructurales y escoger la que garantice mayor eficiencia hidráulica. También se abordarán las características hidráulicas de los materiales constructivos de las infraestructuras de riego y su dominio en el trabajo del sistema. Con el uso de técnicas modernas se logrará modernizar el riego en la provincia de Azángaro, optimizando el uso del agua y haciéndolo más sostenible.

1.3.2 Justificación económica

El sector agropecuario es el principal motor económico de la provincia de Azángaro, pero se ve limitado por la ineficiencia en la repartición del agua para riego. La escasez y el desperdicio de agua por infraestructuras inadecuadas disminuyen los rendimientos agrícolas y, por ende, la economía local.

Económicamente, la modernización de las estructuras de riego significará una disminución de los costos de operación al eliminarse pérdidas de agua y lograrse una mayor eficiencia en el uso del agua. Esto permitirá a los agricultores incrementar su producción sin necesidad de ampliar la superficie cultivable o aumentar el volumen de extracción de agua. Asimismo, la optimización del sistema de riego reducirá la necesidad de mantenimiento constante y rehabilitación de canales deteriorados, lo que disminuirá los costos asociados a la infraestructura hidráulica.

Además, una mejor administración del agua de riego mejorará la productividad agrícola, lo que se traducirá en mayores ingresos para los agricultores y mayor disponibilidad y acceso a productos agrícolas en los mercados regionales y locales. Este beneficio económico fortalecerá la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible en la provincia de Azángaro.



1.3.3 Justificación social

El acceso igualitario al agua para riego es esencial para el bienestar social y la estabilidad de las poblaciones agrícolas en la cuenca del río Ramis. Actualmente la dispersión del recurso crea conflictos entre los usuarios del sistema de riego, alterando la convivencia y el desarrollo de la agricultura.

Socialmente, este estudio impactará en el mejoramiento de vida de los agricultores, al existir una distribución más equitativa y eficiente del agua de riego. Con el sistema mejorado, los pequeños y medianos productores tendrán garantizado el suministro de agua y se reducirá la desigualdad en el acceso al agua y se fortalecerá la seguridad alimentaria en la zona.

Además, la modernización de las infraestructuras de riego impulsará la creación de asociaciones de regantes y la gestión colectiva y sostenible del agua. Esto apoyará la cohesión social y fortalecerá la capacidad local para gestionar el agua.

1.3.4 Justificación ambiental

La sobreexplotación del agua en la agricultura causa daños ambientales como agotamiento de cuerpos de agua, degradación del suelo y pérdida de ecosistemas acuáticos. En la cuenca del río Ramis, la situación es más alarmante por la contaminación de aguas por minería y el agotamiento progresivo por malas prácticas de riego.

Desde la visión ambiental, con estructuras de riego eficientes se disminuirá el despilfarro de agua, conservando el caudal ecológico del río Ramis y protegiendo los ecosistemas relacionados. Un sistema de riego optimizado garantizará un mayor control en la aplicación del agua, evitando la salinización de los suelos y la erosión provocada por el exceso de agua o por canales mal diseñados.

Asimismo, la modernización de las infraestructuras de riego disminuirá la dependencia de fuentes no renovables de agua y promoverá el uso sostenible del agua.



Esto ayudará a reducir el cambio climático, asegurar agua para las futuras generaciones y lograr un equilibrio entre la producción agrícola y la conservación ambiental.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la mejora de la máxima eficiencia hidráulica con la propuesta de diseño de estructuras de riego en sectores de la cuenca del río Ramis de la provincia de Azángaro 2025.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Determinar las características del suelo presente en el diseño de estructuras de riego en sectores de la cuenca del río Ramis de la provincia de Azángaro.
2. Determinar el estado situacional actual y parámetros hidráulicos para el diseño de estructuras de riego en sectores de la cuenca del río Ramis de la provincia de Azángaro.
3. Analizar el comportamiento del diseño del sistema hidráulico de la infraestructura de riego para mejorar la eficiencia hidráulica del canal por medio de modelación de la estructura de riego utilizando el software HEC-RAS en la provincia de Azángaro.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

La mejora de la máxima eficiencia hidráulica con la propuesta de diseño de estructuras de riego en sectores de la cuenca del río Ramis de la provincia de Azángaro 2025, se dará de forma significativa debido a las buenas pendientes.

1.5.2 Hipótesis específicas.

1. Las características del suelo en los sectores de la cuenca del río Ramis serán buenos para el diseño de riego, en la provincia de Azángaro.



2. El estado situacional actual y parámetros hidráulicos para el diseño de estructuras de riego en sectores de la cuenca del río Ramis de la provincia de Azángaro, es deficiente pero favorable para la propuesta de canales de riego.
3. El comportamiento del diseño del sistema hidráulico de la infraestructura de riego para mejorar la eficiencia hidráulica del canal por medio de modelación de la estructura de riego utilizando el software HEC-RAS en la provincia de Azángaro, es eficiente.

1.6 Variables

1.6.1 Variable de caracterización

Diseño de estructuras de riego

Indicadores:

- Sección transversal
- Pendiente
- Caudal máximo requerido

1.6.2 Variable de interés

Máxima eficiencia hidráulica

Indicadores:

- Tirante máximo
- N° Froude



1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Tipo
Caracterización						
Diseño de estructuras de riego	El diseño de estructuras de riego se refiere a la planificación, optimización y modelado de infraestructuras hidráulicas destinadas a la conducción y distribución eficiente del agua en sistemas de riego.	Se evalúa a través de la propuesta de diseño de infraestructura hidráulica en sectores de la cuenca del río Ramis, utilizando modelado computacional y análisis hidráulico.	Diseño hidráulico	Sección transversal Pendiente Caudal máximo requerido	Normativas y Hojas de calculo	Cuantitativa
Interés						
Máxima eficiencia hidráulica	La eficiencia hidráulica es la capacidad del sistema de riego para transportar y distribuir el agua con mínimas pérdidas y máximo rendimiento.	Se determina mediante el análisis de parámetros hidráulicos y el desempeño del sistema de riego antes y después de la implementación del nuevo diseño.	Modelación de canal	Tirante máximo N° Froude	Software	Continua



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Según Moyale (2024) en su investigación "Evaluación del rendimiento hidráulico, de gestión, socioeconómico y medioambiental del sistema de riego de Ahero", tuvo como objetivo evaluar su rendimiento para implementar mejoras que optimicen su funcionamiento. Para la evaluación del rendimiento técnico, se emplearon los indicadores de adecuación, equidad, eficiencia y fiabilidad en el suministro de agua. La eficacia de las infraestructuras se determinó calculando la proporción de estructuras operativas en relación con el total existente. Asimismo, la tasa de renovación de tierras se midió considerando la superficie efectivamente regada respecto a la extensión total del sistema. Para evaluar la formación de los agricultores, se aplicaron cuestionarios que indagaban sobre la disponibilidad y calidad de los servicios de extensión agrícola. Desde el punto de vista socioeconómico, se estudiaron el acceso al crédito y los ingresos de los agricultores. El coeficiente de crédito se determinó como la razón entre el crédito demandado y el crédito otorgado, mostrando restricciones de acceso al crédito que incidían en la producción agrícola. Finalmente, el desempeño ambiental se midió a través del coeficiente de drenaje, que expresa la relación entre el agua drenada y el agua que entra al sistema. Los



resultados arrojaron que la eficiencia de transporte del canal fue de un 60%, lo cual fue catalogado como deficiente. En cuanto a la idoneidad, se logró 0,99 en la zona superior (muy bueno), 0,82 en la zona media (bueno) y 0,74 en la zona inferior (deficiente). La fiabilidad del suministro en la temporada abril-julio de 2020 tuvo un CV de 5,3, bueno, pero el promedio anual fue de 16,23, malo. En términos de gestión, se encontró que la eficiencia de las infraestructuras fue de un 89%, pero la tasa de riego fue de un 62%. Pero se encontró que la capacitación a los agricultores no se realizaba de manera sistemática y que ello impedía la adopción de mejores prácticas agrícolas. Socioeconómicamente, el coeficiente de crédito varió entre 0,5 y 0,75, mostrando limitaciones de acceso a crédito para los agricultores que afectaban sus actividades productivas. En cuanto al factor ambiental, el índice de drenaje fue de 33%, lo que señala problemas de encharcamiento por fallas en el sistema de drenaje. Con recursos limitados, el análisis AHP determinó que la prioridad para la mejora del sistema debe centrarse en los aspectos técnicos (51%), seguidos por los factores socioeconómicos (32%), de gestión (11%) y medioambientales (6%). Como principales recomendaciones, el estudio sugirió el revestimiento del canal principal para optimizar el rendimiento hidráulico, así como la reparación oportuna de las estructuras hidráulicas dañadas. Asimismo, se propuso continuar con investigaciones que incorporen más indicadores, como el índice de aguas subterráneas, para obtener una comprensión más integral del desempeño del sistema de riego.

Según Khatete et al. (2023) en su investigación "Evaluación del desempeño técnico, gerencial, socioeconómico y ambiental del sistema de irrigación Ahero de Kenia utilizando el modelo de causa analítico jerárquico (AHP)", El estudio utilizó el modelo del Proceso Analítico Jerárquico (AHP) para evaluar el desempeño del sistema de riego de Ahero. En el análisis técnico, se emplearon los indicadores de adecuación, equidad, eficiencia y fiabilidad. A través de cuestionarios, se recopiló información sobre el nivel de satisfacción de los agricultores con respecto a la cantidad de agua recibida y los tiempos de entrega, además de otras observaciones clave para mejorar el rendimiento técnico del



sistema. En el ámbito de la gestión, los indicadores analizados incluyeron la eficacia de la infraestructura, la tasa de renovación de tierras y la capacitación de los agricultores. La eficacia de la infraestructura se determinó calculando la proporción de estructuras funcionales respecto al total. Asimismo, la tasa de renovación de tierras se evaluó considerando la superficie efectivamente irrigada en relación con la extensión total del sistema. Para conocer los servicios de extensión agrícola que reciben los agricultores, se encuestó y muestreó de forma aleatoria, con un 95% de confianza. Desde el punto de vista ambiental, se utilizaron indicadores como el coeficiente de drenaje, el coeficiente de agua pluvial y el coeficiente de agua subterránea. En cuanto a su desempeño técnico, los resultados arrojaron que la eficiencia de transporte del canal fue de 60% (regular). La idoneidad en las distintas partes del sistema arrojó valores de 0,99 (excelente) en la superior, 0,82 (buena) en la media y 0,74 (deficiente) en la inferior. La equidad en la distribución del agua arrojó un valor de 0,57 (mala). En cuanto a la fiabilidad del suministro de agua, el coeficiente de varianza en la temporada abril-julio fue de 5,3 (bueno), mientras que el promedio anual de 2020 fue de 16,23 (deficiente). Los resultados reflejaron que el rendimiento hidráulico del sistema es ineficiente en términos de distribución y utilización del agua. Además, los agricultores manifestaron su preocupación por las inconsistencias en el suministro, que se ven agravadas por la dependencia del bombeo de agua de riego. Estas interrupciones son frecuentes durante períodos de inundaciones, impactando en la productividad agrícola y evidenciando la necesidad de fortalecer su gestión del recurso hídrico en el sistema de riego de Ahero.

Según Posada (2023) en su investigación titulada "Suministro de agua y energía en la rehabilitación de dos canales de riego en Iringa, Tanzania", pretende fijar la opción más conveniente para garantizar el suministro de agua y su gestión eficaz en las parcelas que se han visto afectadas por la degradación de los canales. Para lograr este objetivo, se han ideado una serie de tácticas a pequeña escala. Estas estrategias pueden ser utilizadas y copiadas por los agricultores locales, lo que les permitirá maximizar la cantidad de agua



que utilizan en sus cultivos. La estrategia elegida tiene en cuenta las numerosas posibilidades que ofrece la región. Proporciona un marco adaptable que facilita la adaptación de cada solución a las necesidades particulares de los agricultores. Según los resultados de la investigación, la combinación de almacenamiento de agua cerca de las parcelas, riego por goteo accionado por bombas solares fotovoltaicas, cambios en las pautas de cultivo y capacitación de la comunidad puede mejorar considerablemente la situación de los agricultores locales. Estas técnicas no sólo mejoran la eficiencia de la gestión del agua, sino que también impulsan la productividad agrícola, facilitan el acceso a los mercados y aumentan la resistencia de los sistemas agrícolas a los efectos de las perturbaciones climáticas. La consecuencia es una mejora de la seguridad alimentaria, así como un aumento de los ingresos de los agricultores, lo que les permite superar el paradigma de la agricultura de subsistencia y mejora su calidad de vida cotidiana. La adopción de estas soluciones, por otra parte, necesita un mecanismo de financiación que permita a los agricultores hacer frente a la inversión inicial. Es de suma importancia idear sistemas que faciliten la obtención de financiación o subvenciones, ya que ello garantizará la viabilidad de los métodos sugeridos desde el punto de vista económico. El establecimiento de un marco regulador para la gestión del agua en el canal de Mkoga también es muy importante. Esto se debe a que es necesario regular el uso del agua y garantizar que el recurso se contabiliza y distribuye correctamente. El diseño de estas leyes debe ser un proceso participativo en el que intervengan las principales partes interesadas en la gestión del agua en la región. Estos actores incluyen a los gobiernos locales, la institución responsable del uso del agua (RUWASA), grupos comunitarios y representantes de los agricultores. En conclusión, la aplicación de soluciones tecnológicas de fácil acceso, junto con un marco normativo y mecanismos de financiación adecuados, tiene el potencial de transformar significativamente el paisaje agrícola de la región. El resultado sería la promoción del desarrollo sostenible y la mejora de las condiciones de vida de los agricultores de Iringa.



Según Moncada y Ventura (2025) en su investigación "Diagnóstico y mejoramiento del sistema de drenaje en Valdivia-Libertador, provincia de Santa Elena", desarrolla el diseño hidráulico del sistema de drenaje, en el tramo Valdivia-Libertador, con el propósito de preservar la subestructura vial y mitigar el riesgo de desbordamientos. Para ello, se realizó una observación detallada. El estudio hidrológico determinó los caudales críticos en ocho puntos de drenaje estratégicos, obteniendo valores de $54.14 \text{ m}^3/\text{s}$ y $26.1 \text{ m}^3/\text{s}$ para las cuencas más relevantes. Estos datos, obtenidos de modelos estadísticos, sirvieron para dimensionar estructuras críticas del sistema de drenaje, como alcantarillas y cunetas. Se asumió un tiempo de retorno de 30 años para asegurar el sistema ante eventos extremos. El análisis estadístico de la información pluviométrica permitió estimar los caudales probables que pueden generar las cuencas y subcuencas que abarca el proyecto. El uso de métodos hidrológicos fue fundamental para verificar las condiciones hidráulicas del área. En el reconocimiento se identificaron cuencas que interceptan la vía y que no fueron tomadas en cuenta en el diseño inicial del drenaje, por lo que es necesario incluirlas en el diseño del drenaje transversal. Esto definirá los diámetros y dimensiones apropiadas para los distintos tipos de drenaje (cajón o tubería) en función del caudal localizado en cada punto crítico. El sistema de drenaje proyectado contempla drenajes superficiales (cunetas) y subterráneos (alcantarillas tubulares y tipo cajón) dimensionadas para los caudales estimados para un evento con período de retorno de 30 años. Esta actuación tiene como objetivo evitar inundaciones en la E-15 y asegurar la perdurabilidad de la infraestructura. Como recomendaciones, se destaca la necesidad de actualizar los estudios topográficos e hidrológicos de manera regular para ajustarse al cambio climático y realizar pruebas de funcionamiento del sistema para garantizar su efectividad. En conclusión, este estudio es un aporte para el desarrollo de infraestructura vial sostenible y resiliente en la región, garantizando un drenaje eficiente y disminuyendo el impacto de eventos hidrológicos extremos en la vía.



2.1.2 Antecedente nacional

Según Vargas (2021) en su investigación "Optimización de la conducción hidráulica en estructuras abiertas – Canal de Riego Apata, Región Junín", el foco de la investigación fue la restauración de la eficiencia hidráulica y en la cuantificación individual de los componentes de las pérdidas totales de agua en el canal de riego Apata, afectado por daños y un mantenimiento deficiente. Para ello, se realizaron pruebas en campo antes y después de la aplicación de tratamientos, incluyendo aforo, estanqueidad y evaporación directa. Los segmentos evaluados fueron seleccionados con base en un diagnóstico previo de daños y en los resultados de las pruebas de aforo. Para analizar el estado del revestimiento de concreto del canal, se llevó a cabo un ensayo de esclerometría. En la evaluación del estado actual del canal, la prueba de estanqueidad arrojó una eficiencia de conducción principal del 80.80%, una eficiencia de distribución lateral del 61.66% y una eficiencia de distribución sublateral del 60.78%. Tras la diligencia del primer método, la eficiencia global mostró un incremento promedio del 14.37%, mientras que, después del segundo tratamiento, la recuperación alcanzó el 37.21%. Como resultado, en la evaluación final del estado recuperado, la eficiencia de conducción principal se incrementó a 95.70%, la eficiencia de distribución lateral a 93.63% y la de distribución sublateral a 91.35%, ubicándose dentro de los estándares aceptados. En cuanto a la participación de los distintos componentes en las pérdidas de agua, se determinó que las fugas en juntas representaron el 54.24%, la infiltración el 43.86%, la evaporación el 0.98% y otras pérdidas el 0.92%. Finalmente, los tratamientos aplicados demostraron ser efectivos, logrando una recuperación consolidada de la eficiencia hidráulica del 51.58%. Esto permitió aumentar la eficiencia de la red de canales Apata del 30.28% al 81.86%, optimizando significativamente el lucro del recurso hídrico y mejorando el rendimiento del sistema de riego.

Según Capcha y Martínez (2021) en su investigación "Estimación de eficiencia hidráulica de canales de riego por gravedad, canal Huayao, Chupaca, Junín 2021", tuvo como objetivo conocer la eficiencia hidráulica de los canales de riego por gravedad del



canal Huayao, el cual se encuentra ubicado en el distrito de Huachac, dentro de la provincia de Chupaca, en la región Junín. Esta investigación se realizó durante el año 2021. Utilizando un formulario de recolección de datos que se utilizó a la muestra que fue creada por el canal de regadío Huayao, se construyó utilizando una técnica que se basó en el método científico y se desarrolló utilizando un enfoque no experimental. La elección del canal se realizó por conveniencia y para ello se utilizó un muestreo no probabilístico. En el primer día, los resultados obtenidos revelaron que la eficiencia hidráulica en el canal trapezoidal, que oscilaba entre los 0+000 kilómetros progresivos y los 2+022 kilómetros, era en promedio del 58,36%, y en el segundo día, del 71,53%. Por otro lado, la eficiencia que se alcanzó en el canal rectangular fue del 95,14%, 92,33%, 94,93% y 95,6%, respectivamente, desde la progresiva 0+000 kilómetros hasta la 0+100 kilómetros. Los caudales que se midieron en el canal trapezoidal fueron los siguientes: el caudal de entrada en los dos días fue de 2038,4l/s y 1074,84l/s, y el caudal de salida fue de 714,84l/s y 768,88l/s, con una varianza de 1323,56l/s y 305,96l/s, respectivamente. Además, los caudales medidos fueron diferentes. En lo que respecta al canal rectangular, los caudales de entrada se midieron en 667,2 l/s, 45 l/s, 62,5 l/s y 72 l/s, mientras que los caudales de salida alcanzaron valores de 634,80 l/s, 41,55 l/s, 59,33 l/s y 68,83 l/s, con fluctuaciones de 32,4 l/s, 3,45 l/s, 3,17 l/s y 3,17 l/s, respectivamente. El primer día, se registraron los valores de 0,69 metros y 0,73 metros para el caudal de agua en el canal trapezoidal, que fue progresivo de 0+000 kilómetros a 2+022 kilómetros. El segundo día, los valores fueron de 0,55 metros y 0,78 metros, respectivamente, de caudal de agua. En el canal rectangular se midieron tensiones de 0,43 metros, 0,22 metros y 0,18 metros, comenzando en 0+000 kilómetros y progresando hasta 0+100 kilómetros. Desde la perspectiva de la velocidad del flujo, los valores medios en el canal trapezoidal fueron de 0,66 metros por segundo el primer día y de 0,62 metros por segundo el segundo día. En el curso del canal rectangular, las velocidades medidas fueron las siguientes: 2,54 metros por segundo, 0,43 metros por segundo, 0,42 metros por segundo y 0,77 metros por segundo. Como consecuencia de estos resultados, podemos analizar la eficiencia hidráulica del canal Huayao, lo que



proporciona información esencial que puede utilizarse para optimizar el sistema de riego y mejorar la distribución de los recursos hídricos en la región.

Según Huaman y Valverde (2023) en su estudio titulado "Optimización hidráulica y evaluación ambiental del canal de riego Pukajirka (Km0+000 - Km1+526.10), considerando el criterio de máxima eficiencia y diversos tipos de revestimiento, en el distrito de Anra, Ancash", se examinó el canal de riego Pukajirka, situado en el distrito de Anra, provincia de Huari, zona de Ancash, con el fin de evaluar diversos revestimientos sintéticos. Además, se realizó una comparación de los efectos que cada sustancia tiene sobre el medio ambiente. Se utilizó el criterio MEH en conjunto con el software H-Channels para llegar a una estimación de la nueva geometría del canal para la investigación. A continuación, se calcularon importantes parámetros hidráulicos, como el esfuerzo cortante, la velocidad de flujo y el tipo de flujo, y los resultados se compararon con los valores de referencia especificados en los manuales y directrices de diseño. Tanto las geomembranas de polietileno de alta densidad (HDPE) como las de polietileno de baja densidad (LDPE) se comportaron de forma similar en cuanto a los valores de los parámetros hidráulicos, incluyendo la holgura hidráulica, la anchura del umbral, la velocidad de flujo, el tipo de flujo y el esfuerzo cortante, según los resultados del estudio. Por otro lado, el revestimiento con concreto se determinó como la opción más eficiente para el recubrimiento del canal, ya que presentó un mejor desempeño tanto en términos hidráulicos como ambientales. Además, se observó que, en el análisis de la verificación de los metrados de la geomembrana, no se añadieron anclajes, pues la longitud del tirante se encuentra dentro de un rango óptimo específico de 0,1 m y cuenta con un borde libre de 0,3 m. En su lugar, se optó por el uso de un pegamento cementado específico para las geomembranas, lo que generó modificaciones en la estimación de los materiales requeridos. En términos de volumen y área de los revestimientos analizados, se obtuvo que el volumen total del revestimiento de concreto ascendió a 183.13 m³. Para la geomembrana de HDPE, el área



estimada fue de 1526.10 m^2 , mientras que el volumen de concreto alcanzó los 244.18 m^3 . La geomembrana de LDPE presentó las mismas dimensiones con un área de 1526.10 m^2 y un volumen de concreto de 244.18 m^3 . Por su parte, la geomembrana de PVC tuvo un área calculada de 235.19 m^2 , mientras que el concreto asociado a este revestimiento alcanzó un volumen de 2313.69 m^3 . En conclusión, el revestimiento de concreto se presenta como la alternativa más eficiente para el canal de riego Pukajirka, ya que ofrece un equilibrio entre desempeño hidráulico y sostenibilidad ambiental.

Según Velazque (2024) en su estudio titulado "Diagnóstico de la eficiencia hidráulica en la infraestructura del canal de riego en el distrito de Toraya, provincia de Aymaraes, Apurímac – 2022", el canal de regadío, situadas en el distrito de Toraya, ubicado en la provincia de Aymaraes, en la zona de Apurímac. Se enmarcó dentro de un estudio de tipo aplicado, a nivel descriptivo, con un diseño no experimental, y un enfoque cuantitativo. Existen tres quebradas principales que abastecen de agua a este canal, el cual tiene una longitud total de 3777.89 metros y es una importante vía fluvial. La quebrada Cancarhuaycco se ubica en el kilómetro $00+000$, seguida de la quebrada Huisachinca en el kilómetro $01+ 478$ y por último la quebrada Tojorhuani en el kilómetro $02+ 995$. Para abastecer de agua para el riego de los cultivos en los lugares mencionados, se requiere de su infraestructura. Esto garantiza un suministro adecuado de agua y contribuye al crecimiento sostenible de la agricultura en la región. Además de tener un revestimiento de hormigón, el canal está dividido en muchas partes a lo largo de su recorrido, comenzando en el $\text{km}00+000$ y terminando en el $\text{km } 02+995$. A partir de este punto, mantiene una sección constante de 0.30 m de ancho por 0.25 m de alto. Su trayecto finaliza en el $\text{km } 03+777.89$, donde el flujo de agua es dirigido hacia un reservorio con geomembrana de 500 m^3 . Para evaluar su desempeño hidráulico, se utilizaron vertederos de figura rectangular con el propósito de computarizar los caudales de entrada y salida, así como para realizar otros estudios complementarios, incluyendo la determinación del caudal perdido. Como resultado, se obtuvo un caudal de entrada (Q_e) de 31.39 l/s . Además, se

calculó que la capacidad de flujo del canal presenta una eficiencia de 88.25%, lo que refleja una baja eficiencia en el caudal, situándose por debajo de los parámetros recomendados. Estos resultados evidencian la necesidad de optimizar el sistema de conducción del canal para mejorar su eficiencia hidráulica y reducir las pérdidas de caudal, garantizando así un mejor aprovechamiento del recurso hídrico en beneficio de la actividad agrícola de la zona.

2.1.3 Antecedente local

Según García (2023) en su investigación "Estudio de la eficiencia hidráulica en el canal del Centro Poblado Illeca Molino Zepita a partir de la comparación de los coeficientes de rugosidad iniciales y finales - Puno 2022", tuvo como objetivo evaluar la eficiencia hidráulica, a través de la evaluación de los coeficientes de rugosidad en su estado inicial y final. Se adoptó un diseño de investigación de tipo descriptivo, y la población abarca una longitud total de 7.528 km. Para la evaluación, se seleccionó una muestra compuesta por los canales Huila Huila y Huncarani Cayo, en los cuales se llevó a cabo el análisis de eficiencia hidráulica. La metodología utilizada fue la observación y el análisis de contenido como técnicas de recolección de datos y sus herramientas. Los resultados mostraron que los tirantes de agua variaron entre 0.11 m y 0.10 m, y las velocidades entre 0.4195 m/s y 0.52 m/s. Además, los coeficientes de rugosidad aumentaron considerablemente, hasta 0.03927 y 0.03792. Este aumento se debe a la sedimentación, crecimiento de vegetación y socavación del cauce que modifican las características hidráulicas iniciales del canal. La validación de estos cambios se realizó mediante la aplicación de la ecuación de Manning. En conclusión, los resultados reflejan una disminución en la eficiencia hidráulica de los canales evaluados en comparación con su capacidad inicial. Este deterioro ha afectado tanto las propiedades físicas del cauce como los aspectos operativos del canal, lo que se atribuye principalmente a la falta de un mantenimiento adecuado y preventivo.

Según Japura (2021) en su investigación "Comportamiento hidráulico de flujos en redes de distribución de agua potable evaluados mediante métodos computacionales



Yunguyo, Puno 2021", tuvo como objetivo determinar el comportamiento hidráulico de flujos en redes de distribución de agua potable en Yunguyo mediante la utilización de métodos computacionales. Esto con la finalidad de cumplir con el objetivo antes mencionado. La técnica que se utilizó se fundamentó en el método científico, y se enmarcó dentro de un estudio de tipo aplicado, a nivel explicativo, con un diseño transversal no experimental, y un enfoque cuantitativo. En la ciudad de Yunguyo, la muestra estuvo conformada por las redes primarias encargadas del suministro de agua potable. El método de recolección de datos que se utilizó fue la observación directa, y la herramienta que se utilizó fue un formulario de recolección de datos. Los resultados obtenidos mediante modelización hidráulica revelaron que las tuberías examinadas tenían tamaños de 105,80 mm y 155,80 mm, que representan respectivamente el 88,46% y el 11,54% del total. De acuerdo con (RNE OS. 050), estos valores están de acuerdo con los requisitos que se han creado. En cuanto a las presiones calculadas, los valores máximos fueron de 31,25 metros de columna de agua (mWC) y los mínimos de 13,28 mWC. Ambos valores están dentro del rango permitido por RNE OS. 050. Se encontraron valores máximos de 2,25 metros por segundo para las velocidades de flujo en toda la red, mientras que los valores mínimos fueron de 0,19 metros por segundo. Sin embargo, se descubrió que las velocidades mínimas no se corresponden con los criterios establecidos en el RNE OS. 050. Estas leyes estipulan que se requiere un valor mínimo de 0,3 metros por segundo para garantizar el correcto funcionamiento del sistema. Utilizando tres enfoques computacionales diferentes, se comprobó que el programa WaterCAD era el más preciso, obteniendo una aproximación del 88,74% con respecto a los datos de la muestra. En definitiva, se concluyó que el procedimiento hidráulico en la red de distribución puede ser analizado eficientemente utilizando estos tres métodos. Del mismo modo, se verificó que los tamaños de las tuberías, así como las presiones que se registraron, están de acuerdo con las normas vigentes. No obstante, se evidenciaron incumplimientos en las velocidades mínimas, lo que sugiere la necesidad de implementar medidas correctivas para maximizar el desempeño hidráulico del sistema.



Según Anchapuri (2021) el propósito de su investigación titulada "Simulación y análisis del comportamiento hidráulico en redes de distribución de agua potable, Pisacoma - Puno 2020", fue determinar el comportamiento hidráulico de la red de distribución de agua potable en el distrito de Pisacoma, Puno, utilizando herramientas computacionales. Este fue el objetivo de la investigación. Para lograr este objetivo, se utilizó el régimen científico en un enfoque de investigación aplicada, utilizado en un nivel explicativo, y utilizado utilizando un diseño que no incluyó la experimentación. Para la investigación se utilizó una muestra representativa de la red de distribución de agua potable del distrito de Pisacoma. El método de recolección de datos utilizado fue la observación y la herramienta utilizada fue un formulario o instrumento de recolección de información. De acuerdo con los efectos logrados, se utilizó la herramienta computacional WaterCAD para validar el proceder hidráulico de la red de distribución a lo largo del proceso de verificación. Las tuberías de 57 milímetros de diámetro constituyen el 91,67% de la red, según los resultados de la investigación. En cuanto a las presiones, oscilaron entre 22,11 metros columna de agua (m.c.a.) y 31,28 m.c.a., por lo que fueron bastante variables. Las velocidades de flujo registradas variaron de 0,51 metros por segundo a 0,68 metros por segundo. En conclusión, se determinó que el comportamiento hidráulico de la red de distribución se analizó utilizando tres herramientas computacionales diferentes. De estas herramientas, WaterCAD demostró el mejor nivel de precisión, alcanzando un valor aproximado del 88,74% en relación con los datos de la muestra. Sin embargo, la presencia de sedimentos puede estar relacionada con la baja velocidad del caudal, lo que demuestra que es necesario aplicar medidas correctoras para mejorar el rendimiento del sistema de distribución. También se descubrió que el sistema de distribución es operativo.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Evaluación de la mejora de la máxima eficiencia hidráulica con la propuesta de diseño de estructuras de riego

La evaluación de la mejora de la máxima eficiencia hidráulica en sistemas de riego se refiere al análisis de las mejoras en el uso y distribución del agua en un sistema de riego, con el fin de optimizar el rendimiento de las estructuras hidráulicas y maximizar el aprovechamiento del recurso hídrico disponible. La eficiencia hidráulica es determinante para que el agua se distribuya uniformemente en toda el área de riego y se minimicen las pérdidas y se maximice el rendimiento de los cultivos.

Un buen diseño de las estructuras de riego implica planificar y construir canales, tuberías, compuertas, válvulas y estructuras de control dimensionadas en función de la demanda de agua, la topografía, la fuente de agua y las necesidades de los cultivos. Además, el diseño debe incorporar mecanismos de control de presión, prevención de fugas y minimización de evaporación e infiltración innecesaria (Peralta, 2021).

El diseño de estructuras de riego se fundamenta en criterios de eficiencia hidráulica para:

- Optimización del flujo de agua: Garantizar que el agua se distribuya de manera uniforme y eficiente por todo el campo o cultivo, evitando desperdicios y maximizando el área de riego.
- Disminuir pérdidas: Detectar y corregir fugas, pérdidas por evaporación o infiltración excesiva y optimizar el uso del agua.
- Adaptación a las condiciones locales: Adaptar el diseño a las condiciones geográficas y climáticas del lugar (pendiente del terreno, tipo de suelo, variaciones climáticas).
- Uso de tecnologías de vanguardia: "Integrar tecnologías como sensores de humedad, sistemas automatizados de control y medición en tiempo real de flujo y

presión de agua para monitorear y optimizar continuamente el sistema y alcanzar su máximo rendimiento (Peralta, 2021).

La evaluación de la eficiencia hidráulica se hace supervisando el comportamiento de las estructuras de riego planteadas, tomando datos de caudal, presión, distribución y consumo en función del agua aplicada. Con estos datos se pueden realizar cambios para que el sistema funcione en su máximo potencial, disminuyendo el uso de agua y aumentando la productividad agrícola (Peralta, 2021).

2.2.1.1 Máxima eficiencia hidráulica

La máxima eficiencia hidráulica es un concepto clave en el diseño y operación de sistemas que involucran el transporte o aprovechamiento de la energía de un fluido, como en sistemas de generación hidroeléctrica, bombas, motores hidráulicos y redes de tuberías. Se refiere a la capacidad de un sistema hidráulico para convertir la energía contenida en el fluido (generalmente agua) en trabajo útil de manera óptima, minimizando al mismo tiempo las pérdidas de energía. La eficiencia de un sistema hidráulico está determinada por la relación entre la energía que se puede aprovechar de un fluido y las pérdidas que ocurren en el proceso debido a factores como la fricción, las turbulencias, la cavitación y la resistencia en los conductos (Ramos, 2020).

Factores que afectan la eficiencia hidráulica

- **Fricción:** Uno de los factores que más influyen en la eficiencia hidráulica es la fricción cuando el fluido se desplaza por los canales o sobre las superficies de turbinas y bombas. Esta fricción genera pérdidas de energía, ya que parte de la energía del fluido se convierte en calor debido a la resistencia al movimiento. Las pérdidas por fricción son inevitables, pero se pueden reducir mediante el uso de materiales lisos y recubrimientos especiales en las superficies de los componentes, así como optimizando el diseño de las tuberías y sistemas para minimizar la cantidad de codos, válvulas y otros obstáculos que pueden aumentar la resistencia al flujo (Morales et al., 2019).



- **Turbulencia:** En sistemas hidráulicos, el flujo del fluido puede ser turbulento; es decir, el fluido se mueve de forma desordenada y caótica. La turbulencia disipa más energía porque las partículas del fluido se mueven caóticamente, lo que aumenta la fricción interna. Para ser más eficiente hidráulicamente, se debe de intentar que el flujo sea lo más laminar posible; es decir, que las partículas del fluido se muevan de forma suave y ordenada, minimizando la energía perdida (Morales et al., 2019).
- **Cavitación:** La cavitación se produce cuando la presión del fluido se reduce lo suficiente como para que se formen burbujas de vapor, que luego implosionan cuando entran en una región de alta presión. Esto puede destruir partes del sistema, como las palas de las turbinas o las superficies de las bombas. Además, la cavitación disminuye la eficiencia, porque parte de la energía se pierde al crear y destruir las burbujas. Para evitar la cavitación, se deben garantizar las condiciones de presión apropiadas y diseñar las turbinas y bombas para que funcionen dentro de los límites seguros de presión (Morales et al., 2019).
- **Optimización del flujo:** La optimización del flujo de agua o fluido es crucial para alcanzar la máxima eficiencia hidráulica. Esto implica diseñar los sistemas para que el flujo de fluido se mantenga constante y controlado, evitando fluctuaciones que puedan aumentar las pérdidas de energía. En sistemas de generación hidroeléctrica, por ejemplo, el flujo de agua a través de las turbinas debe ser regulado para garantizar que el sistema opere en su punto de máxima eficiencia, donde se maximiza la conversión de energía mecánica en energía eléctrica. En sistemas de bombas o motores hidráulicos, se busca operar en un rango de flujo en el que las pérdidas sean mínimas y el rendimiento sea máximo (Morales et al., 2019).
- **Diseño de componentes:** Los componentes del sistema, como las turbinas, bombas, motores hidráulicos y tuberías, deben estar diseñados para minimizar las pérdidas de energía. En las turbinas hidroeléctricas, por ejemplo, el diseño de las palas y su disposición deben ser tales que aprovechen al máximo la energía cinética del agua

sin generar demasiada resistencia o pérdidas por fricción. En las bombas, el tipo de impulsor y la forma de la carcasa también juegan un papel fundamental en la eficiencia del sistema (Morales et al., 2019).

- Control de la velocidad y presión: En muchos sistemas hidráulicos, como las bombas y generadores, el control de la velocidad del fluido y la presión en el sistema es crucial para evitar pérdidas innecesarias. Los sistemas de control avanzados pueden ajustarse dinámicamente para optimizar el flujo y minimizar las pérdidas de energía. Esto puede incluir sistemas de control de velocidad variable para adaptarse a las condiciones cambiantes, como en los sistemas de bombeo y en las turbinas de energía renovable (Morales et al., 2019).

2.2.2 Recurso hídrico

El agua dulce es uno de los recursos naturales más importantes y se localiza en diferentes depósitos de la superficie terrestre, tales como cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Este recurso es esencial para la vida y es utilizado para muchas cosas, desde el consumo en los hogares hasta en las industrias y para el trabajo diario. Sin embargo, para ser consumible por el ser humano, debe de tener estándares de calidad adecuados que aseguren su salubridad y seguridad (Peralta, 2021).

A nivel mundial el agua es el elemento más trascendental para el progreso de la sociedad, ya que de ella depende la sostenibilidad de los ecosistemas y el adelanto de las actividades mercantiles e industriales. Pero la disponibilidad y calidad de este recurso dependen mucho de las características geográficas y climáticas de cada lugar, por lo que se requiere de una buena gestión para hacer un uso sostenible y justo (Flores, 2022).

2.2.2.1 Uso eficiente del recurso hídrico

La eficiencia del uso del agua depende del compromiso y la conciencia de la humanidad. En el mundo el agua es necesaria para muchas cosas, como para el consumo humano, para el riego de todo tipo de cultivos, para las industrias, para las fábricas, etc.



Todas estas acciones están supeditadas al manejo que el hombre le dé a este recurso, y por ende, de generar conciencia en su uso y conservación (Justiniano, 2022).

Pero hay que tener en cuenta que, aunque la Tierra está cubierta de agua, la mayor parte es salada y no nos sirve para beber ni para muchas de las cosas que hemos dicho. El agua dulce representa una cantidad muy pequeña y su utilización es un gran problema para la sostenibilidad ambiental y las generaciones futuras. En este contexto, el desarrollo de acciones estratégicas para hacer un uso racional y eficiente del agua es una obligación impostergable para asegurar su disponibilidad y calidad en el futuro.

2.2.2.2 Demanda del recurso hídrico

El sector agropecuario es uno de los mayores consumidores de agua a nivel mundial, ya que comprende el agua para riego y para consumo animal. Entre estos dos, el riego agrícola es por mucho el mayor consumidor de agua en el mundo. Se calcula que la demanda mundial de agua para riego es de unos 3.250 km³/año, lo que representa el 62,6% del uso total del agua en el mundo. Esta cifra es alta, pero ha bajado respecto a principios del siglo XX, cuando el riego llegaba a consumir el 90% del agua total. Este cambio es un reflejo del aumento de la demanda en otros sectores (industrial, doméstico, etc.), que han diversificado su uso y han creado nuevas demandas de gestión y reparto (Flores, 2022).

La cantidad de agua requerida en el ámbito agrícola se calcula multiplicando la demanda hídrica por hectárea por el número total de hectáreas en explotación. Esto implica que cada unidad agrícola posee una demanda específica, la cual varía en función de factores como el tipo de cultivo, las condiciones climáticas, la tecnología de riego empleada y la eficiencia del sistema de distribución. Adicionalmente, la demanda estimada debe considerar un margen adicional de agua para compensar las pérdidas que se producen en el proceso de conducción y distribución dentro del sistema de riego.

Ya que la creación agrícola es una de las primordiales fuentes de ingreso económico que dependen del recurso hídrico, es necesario desarrollar estrategias para

hacer un uso eficiente del agua y mejorar la eficiencia en el consumo de agua. En muchas partes del mundo, hacer más productiva el agua agrícola se considera una de las mayores oportunidades para garantizar la seguridad alimentaria y disminuir la pobreza. Pero este reto se tiene que enfrentar de manera sustentable, reduciendo el impacto ambiental por sobreexplotación de fuentes de agua y promoviendo tecnologías innovadoras para un uso más eficiente del agua en la producción agropecuaria (Justiniano, 2022).

❖ **Métodos de riego y eficiencia en la gestión del recurso hídrico**

El riego agrícola es una práctica esencial para la productividad de los cultivos y la sostenibilidad del sector agropecuario. La elección del método de riego adecuado está condicionada por diversos factores, tales como la disponibilidad de agua, el tipo de suelo y la topografía del terreno. Actualmente hay tres formas principales de aplicar el agua al suelo: riego superficial, riego a presión y riego subsuperficial (Tunque, 2022).

1. Riego superficial: Este método consiste en aplicar el agua directamente sobre la zona del suelo. La dispersión del agua se realiza por gravedad, donde una parte se sugestiona en el suelo y otra fluye sobre la superficie. Para obtener una distribución uniforme, el flujo que entra al surco debe ser mayor que la infiltración del suelo.
2. Riego por inundación: En este sistema el agua se aplica a través de melgas, fajas de tierra rodeadas de bordos longitudinales y transversales. La pendiente longitudinal de la melga se orientará en el sentido del riego y la pendiente transversal será nula o muy pequeña (menor del 0.1%). Este método distribuye uniformemente el agua sobre grandes áreas.
3. Riego por surcos: Es uno de los más utilizados, sobre todo en cultivos dispuestos en hileras, tales como caña, tabaco, algodón, tomate y papa. Los surcos tienen una profundidad de 20 a 30 cm y siguen una línea recta en suelos planos o las curvas de nivel en suelos ondulados. La distancia entre surcos depende del tipo de cultivo y la textura del suelo, y puede oscilar entre 75 y 150 cm.

El diseño de sistemas eficientes de riego implica planificar proyectos que consideren una demanda adicional de agua para permitir el lavado de sales en el suelo. Y esto es importante porque el agua es esencial para casi cualquier actividad económica y su manejo define la productividad agrícola (López, 2022).

❖ Eficacia en Riego

La eficiencia en el riego se mide a través de diversos indicadores que evalúan la cantidad de agua que realmente es aprovechada por los cultivos en comparación con la cantidad total suministrada. Entre los principales factores de eficiencia en los sistemas de riego se encuentran:

1. Eficiencia del sistema de riego (E_{fr}): Es la relación entre el agua realmente absorbida por las plantas y el agua total captada en la bocatoma. En él, el agua es captada de una fuente natural y conducida a través de un canal principal, del cual se deriva una red de canales secundarios que la distribuyen hasta el punto de aplicación en las parcelas de cultivo. Medir esta eficiencia da como resultado un diagnóstico de la demanda real de agua en el proyecto y así perfeccionar la eficiencia en el uso del agua y hacerla más sostenible.
2. Eficiencia de conducción (E_{fc}): Este indicador permite evaluar y controlar las pérdidas de agua a lo largo del canal principal, desde la captación en la bocatoma hasta el final del sistema de conducción. En ciertas situaciones, las compuertas de los canales secundarios o laterales (L1, L2, L3, etc.) no logran cerrarse por completo, provocando fugas y reduciendo la eficiencia general de conducción del recurso. Este valor es determinante para reconocer y disminuir los factores que influyen en el transporte eficiente del agua en el sistema.
3. Eficiencia de distribución (E_{fd}): Es un coeficiente para estimar las pérdidas en los diferentes niveles de la red de distribución, desde los canales de primer, segundo y tercer orden hasta las parcelas agrícolas. La eficiencia en esta etapa es

determinante para que el agua que llega finalmente a las parcelas de cultivo sea suficiente para cubrir las necesidades hídricas de las plantas y garantizar un riego eficiente y evitar pérdidas en el sistema de abastecimiento.

4. Eficiencia de aplicación (Efa): Es el agua que queda disponible para las plantas en el suelo, después de la aplicación, en comparación con el agua total aplicada en el riego. Esta eficiencia se mide en porcentaje o en litros de agua efectiva retenida en el suelo por cada 100LT aplicados. La eficiencia de aplicación depende de la superficie de la parcela y es directamente proporcional a su tamaño. (López, 2022).

En resumen, el diseño y manejo de sistemas de riego se debe enfocar en optimizar el uso del agua y reducir al mínimo las pérdidas en el proceso. Las estrategias para hacer más eficiente el riego no solo mejoran la productividad agrícola, sino que también benefician al medio ambiente y permiten usar de manera más eficiente el agua, recurso cada vez más demandado a nivel mundial.

2.2.3 Canales hidráulicos

Los canales son conductos abiertos por donde fluye un caudal con una superficie libre. Pueden ser naturales o artificiales, según su procedencia. Los canales artificiales son canales construidos por el hombre, como canales de riego, canales hidráulicos, canales de descarga, etc. Normalmente, estos canales son muy largos, lo que permite mantener una pendiente mínima. Además, normalmente están cubiertos de materiales como concreto, piedra, metal o madera para hacerlos más resistentes (Manrique, 2024).

Los canales hidráulicos son conductos artificiales para el flujo de agua desde una fuente hasta un punto de destino, con un flujo controlado y constante de acuerdo a las necesidades del entorno. Diseñadas y construidas de acuerdo a criterios hidráulicos, estructurales y ambientales que garanticen su funcionamiento a largo plazo y minimicen pérdidas por infiltración, evaporación o erosión.

Estas estructuras sirven para propósitos múltiples tales como riego agrícola, abastecimiento de agua potable, drenaje pluvial para control de inundaciones, generación hidroeléctrica y navegación. Además, su planificación adecuada es capaz de optimizar el uso del agua, evitando pérdidas y garantizando su distribución justa.

Los canales hidráulicos se pueden clasificar en naturales (ríos, quebradas, arroyos, etc.), aprovechados o adaptados para mejorar la conducción, y artificiales (construidos en materiales como concreto, acero, tierra compactada, mampostería o geomembranas), en dependencia de la topografía, suelo y caudal a transportar (Delgado y Huamán, 2021).

En el diseño de estos canales se tiene en cuenta la pendiente, la rugosidad del material, la capacidad de autolimpieza y la estabilidad estructural para prevenir la sedimentación, erosión de taludes y deterioro de los materiales de revestimiento. También pueden incluir estructuras de control, como compuertas y vertederos, para manipular los flujos y distribuirlos eficientemente en función del uso final. En su totalidad, los canales hidráulicos son una solución esencial para el manejo del agua, que ayudan al desarrollo de sectores estratégicos como la agricultura, la industria, la generación de energía y la protección ambiental (Julian y Chuquiyaui, 2021).

2.2.3.1 Clases de canales hidráulicos abiertos

Los canales abiertos son conductos en los que el agua fluye con una superficie libre expuesta a la atmósfera. Según su origen, estos canales se pueden clasificar en dos grandes grupos: canales naturales y canales artificiales. Los canales naturales son cauces de agua que siguen cursos de agua preexistentes, como ríos, arroyos y quebradas, que pueden ser aprovechados o modificados para mejorar la conducción del agua (Ticona, 2024).

Por otra parte, son canales artificiales cuando han sido construidos por el hombre con un propósito determinado, como el transporte de agua para riego, para abastecer poblaciones, para generar energía o para drenar aguas de lluvia. En este tipo se pueden encontrar canales para navegación, canales para centrales hidroeléctricas (que llevan el

agua a las turbinas para generar electricidad), canales de madera y cunetas en los bordes de las carreteras para drenar el agua de lluvia y evitar que se acumule en la vía (Asalde, 2020).

Las secciones transversales de los canales abiertos pueden adoptar diversas formas, las que dependen de la función del canal y del material en que están contruidos. Algunas secciones más comunes son de forma rectangular, trapezoidal, circular, entre otras, las cuales poseen características hidráulicas específicas que afectan el flujo y la eficiencia del transporte de agua. En la imagen se pueden apreciar los diferentes tipos de secciones que se pueden emplear en el diseño de canales abiertos, las cuales se han ido adaptando para lograr una máxima eficiencia en la conducción del agua de acuerdo al medio en el que se encuentren (Mires y Gonzales, 2023).

Los canales hidráulicos abiertos se clasifican en función de distintos criterios, como su origen, su geometría y su material de construcción. En términos generales, se pueden categorizar en:

1. Según su origen

- Naturales: Son aquellos formados por la acción de la naturaleza, como los ríos, arroyos y quebradas. Su sección transversal es irregular y su caudal varía con las condiciones climáticas.
- Artificiales: Son estructuras planificadas y ejecutadas por el ser humano con el propósito de transportar agua para riego, abastecimiento, drenaje o generación hidroeléctrica. Pueden tener secciones uniformes y materiales de revestimiento controlados.

2. Según su geometría

- Rectangulares: Comúnmente utilizados en canales revestidos, su diseño facilita el control del flujo y la eficiencia hidráulica.
- Trapeciales: Son los más utilizados en obras de riego y drenaje, debido a su estabilidad y menor costo de construcción.

- Triangulares o en V: Se encuentran en canales de drenaje de pequeñas dimensiones.
- Circulares o parabólicos: Se utilizan en alcantarillados o conducciones específicas (Bartolo, 2022).

3. Según su revestimiento

- Revestidos: Construidos con concreto, mampostería, asfalto u otros materiales, minimizan la infiltración y la erosión.
- No revestidos: Formados por suelo natural, son más económicos pero susceptibles a la erosión y a pérdidas por infiltración (Delgado, 2021).

2.2.4 Canales de riego

Los canales de riego son estructuras hidráulicas diseñadas para la conducción eficiente del suministro de agua desde su origen hasta las unidades de riego agrícola que requieren irrigación. Se caracterizan por ser cauces de gran longitud con pendientes suaves, lo que permite un flujo controlado y uniforme. Estos canales pueden construirse directamente sobre el terreno natural sin ningún tipo de recubrimiento o, en otros casos, revestirse con materiales como piedras, concreto, cemento, madera o compuestos bituminosos, con el fin de minimizar la infiltración y optimizar el transporte del agua (Durand, 2021).

2.2.4.1 Geometría de los canales de irrigación

El diseño de los canales de riego generalmente se basa en secciones transversales con formas geométricas regulares, lo que facilita tanto su construcción como su mantenimiento. Entre las configuraciones más utilizadas se encuentran los canales de sección trapecial y rectangular, cada uno con características particulares que los hacen adecuados para diferentes condiciones estructurales e hidráulicas (Justiniano, 2024).

El trapecio es la sección más utilizada en canales de tierra no revestidos, ya que permite configurar taludes estables y reduce el peligro de erosión en las paredes del canal. Este tipo de diseño se usa mucho en los sistemas de riego convencionales, en los que la

estabilidad del canal depende de la cohesión del suelo y la pendiente que se defina (Gutierrez, 2021).

Por otro lado, los canales de sección rectangular son una forma degenerada de los trapecoidales, cuyas paredes laterales son verticales. Este canal se emplea en canales construidos en materiales rígidos, como mampostería, roca, metal o madera, que le aseguran mayor duración y resistencia a la erosión.

La geometría de canales de riego se refiere a las propiedades físicas y dimensiones de la sección transversal de los canales por donde fluye el agua en los sistemas de riego agrícola. Su forma es determinante en el diseño hidráulico, pues de ella dependen su capacidad de transporte, estabilidad estructural, eficiencia en el flujo y pérdidas por infiltración o evaporación (Quispe, 2022).

El diseño de un canal de riego deberá asegurar que el agua fluya uniformemente y sin causar erosión en los taludes, sedimentación excesiva o velocidades de flujo que puedan poner en riesgo el canal. Para ello se tienen en cuenta diferentes parámetros geométricos importantes que afectan el flujo en el canal.

❖ Principales variables geométricas de los canales de irrigación

1. Solera (b): Es la parte horizontal del fondo del canal en contacto con el agua. Su magnitud es una variable que define la estabilidad estructural del canal, ya que determina la forma en que se distribuyen los esfuerzos y la capacidad de la estructura para resistir el flujo. Un buen diseño del ancho de solera puede maximizar la eficiencia hidráulica y estructural del canal.
2. Profundidad del flujo (h): Se refiere a la profundidad que alcanza la columna de agua en la sección transversal del canal. Este valor se determina en función del caudal a transportar y la capacidad de almacenamiento instantáneo del sistema de conducción. Una buena estimación de esta variable es fundamental para asegurar un flujo eficiente sin comprometer la estructura.
3. Taludes laterales pendientes (m): Indica la pendiente de los muros del canal, dada en forma de relación horizontal/vertical (H:V). La magnitud de dicha pendiente es

- determinante para la estabilidad de la estructura; pendientes muy elevadas pueden causar problemas de erosión, deslizamientos o derrumbes, sobre todo en suelos poco cohesivos. Un buen diseño de taludes asegura la vida del canal y reduce riesgos de falla.
4. Área transversal de flujo o sección hidráulica (A): Es el área de la sección del canal por donde fluye el agua. Este valor es importante, ya que define la cantidad de agua que puede fluir a través de la estructura en un instante dado. Su dimensionamiento depende de la capacidad de conducción del canal y se debe optimizar para maximizar la eficiencia en el transporte del recurso hídrico.
 5. Radio hidráulico (R): Es la relación entre el área de la sección de flujo y el perímetro mojado (A/P), es decir, la superficie en contacto con el agua. Un mayor valor de este radio significa que se reduce la fricción del agua con la estructura del canal y, por lo tanto, el agua fluye mejor y se pierde menos energía por fricción. Su optimización es fundamental para mejorar el rendimiento hidráulico del sistema.
 6. Pendiente longitudinal del canal (S): Es la pendiente del canal en la dirección del flujo del agua. Este factor controla la velocidad del agua y, por lo tanto, la energía para transportar sedimentos. Si la pendiente es muy alta, se pueden producir procesos erosivos en el fondo y las paredes del canal; si la pendiente es muy suave, el agua se moverá muy lentamente y se depositarán sedimentos, disminuyendo la eficiencia del canal (Fabian y Puri, 2023).

❖ Secciones más utilizadas en los canales de irrigación

Existen diferentes configuraciones geométricas en el diseño de los canales de riego, cada una con ventajas específicas según las condiciones del terreno, el tipo de suelo, el caudal requerido y la estabilidad estructural:

- Canales de sección trapecial: Este tipo de canal es ampliamente utilizado debido a su óptima eficiencia hidráulica, su elevada estabilidad estructural y la facilidad con la que puede ser construido. Gracias a su diseño geométrico, se adapta de manera efectiva

a distintos tipos de suelo y condiciones topográficas, permitiendo un balance adecuado entre la capacidad de transporte del agua y la resistencia frente a procesos erosivos. Esta versatilidad lo convierte en una opción preferida para diversos proyectos hidráulicos.

- Canales de sección rectangular: Estos canales se distinguen por tener forma de bordes verticales y fondo plano, lo que permite revestirlos en concreto u otro material de baja permeabilidad. Su uso es más común en aplicaciones urbanas o industriales donde se requiere control preciso de flujo y facilidad de mantenimiento. Pero este diseño requiere mayor inversión inicial que otros tipos de canales por los materiales y técnicas constructivas especializadas.
- Canales en forma triangular o en "V": Este diseño es habitual en sistemas de drenaje agrícola, particularmente en aquellos destinados a la conducción de volúmenes de agua relativamente bajos. Su implementación se encuentra restringida a escenarios específicos, como zanjas de carretera o canales de baja capacidad hidráulica. Si bien su estructura permite un escurrimiento controlado en terrenos con requerimientos particulares, su uso es menos frecuente en comparación con otras configuraciones geométricas.
- Canales de sección circular o parabólica: Se trata de estructuras comúnmente empleadas en redes de alcantarillado, sistemas de drenaje subterráneo y canales cerrados. Su diseño optimizado favorece una eficiente conducción del agua en espacios reducidos, además de contribuir a minimizar la acumulación de sedimentos dentro del sistema. Esta característica resulta especialmente beneficiosa en infraestructuras destinadas al transporte de aguas residuales o pluviales, donde es esencial mantener un flujo constante y reducir el riesgo de obstrucciones (Curi, 2021).

❖ Factores determinantes en el diseño de la geometría del canal

El diseño de un canal de irrigación no solo depende de la cantidad de agua que debe transportar, sino también de factores físicos y ambientales que influyen en su estabilidad y funcionalidad a largo plazo. Entre estos factores destacan:

- Caudal de diseño: La cantidad de agua a transportar define el tamaño y la forma de la sección transversal.
- Velocidad del flujo: Se busca un equilibrio entre evitar velocidades excesivas que causen erosión y velocidades muy bajas que favorezcan la sedimentación.
- Estabilidad de los taludes: Depende del tipo de suelo y su resistencia a la erosión. En suelos arenosos o inestables, es recomendable el uso de revestimientos.
- Minimización de pérdidas: Las pérdidas pueden ocurrir por infiltración en canales sin revestimiento o por evaporación en zonas áridas. Se pueden mitigar mediante el uso de materiales impermeables o el diseño de canales cubiertos (Pillhuaman y Delgado, 2023).

En conclusión, la geometría de los canales de irrigación es un aspecto esencial en la planificación y ejecución de proyectos de riego, ya que influye directamente en la eficiencia hidráulica, la sostenibilidad del sistema y la conservación del recurso hídrico.

2.2.5 Daños en canales

Los canales de riego son elementos fundamentales para la distribución eficiente del agua en los sistemas agrícolas y de abastecimiento. Sin embargo, con el tiempo, estas estructuras pueden sufrir distintos tipos de deterioro debido a factores ambientales, hidráulicos y estructurales. Los principales daños que afectan la funcionalidad de los canales incluyen obstrucciones, fisuras, roturas, insuficiencia en la capacidad hidráulica y erosión en las juntas (Manrique, 2024).

❖ Obstrucción de los Canales

Uno de los problemas más comunes en la infraestructura de canales es la acumulación de materiales sólidos que bloquean parcial o totalmente el flujo del agua. Estas obstrucciones pueden ser causadas por la acumulación de sedimentos, detritos vegetales, basura o incluso por el crecimiento de algas y malezas en el canal. Para estimar la magnitud del problema, se mide la cantidad de material acumulado en metros cúbicos

(m³). La limpieza de estos elementos se debe realizar de forma periódica para asegurar el flujo adecuado del agua y evitar pérdidas de eficiencia en la red de distribución (Manrique, 2024).

❖ **Fisuras y Agrietamiento en la Estructura del Canal**

Las grietas y fisuras en los canales son otro tipo de daño estructural. Estas anomalías se pueden generar por distintos factores, como movimientos del suelo, cambios de temperatura, asentamientos diferenciales o fallas constructivas. La intensidad de la fisuración se mide en metros lineales de fisuras por tramo. Para corregir estas fallas, lo ideal es utilizar selladores epóxicos de alta resistencia y durabilidad, que previenen filtraciones y el avance del daño estructural (Manrique, 2024).

❖ **Rotura de los Canales**

Cuando la integridad del canal se interrumpe por fracturas mayores o colapsos parciales, se dice que se ha producido una rotura en la infraestructura. Este problema se refiere a la pérdida de un tramo del canal que interrumpe el flujo y causa fugas, reduciendo la eficiencia del canal de riego. Longitud de la rotura en metros lineales de estructura faltante, a ser reconstruida con materiales apropiados para garantizar su estabilidad y funcionalidad (Manrique, 2024).

❖ **Capacidad Hidráulica Insuficiente**

Otro problema que puede llegar a afectar los canales es la insuficiencia en su capacidad hidráulica. Esto se presenta cuando el canal no tiene la capacidad suficiente para llevar el agua y abastecer las áreas de riego. Esta falla se puede deber a la forma en que fue diseñado el canal en un principio, el deterioro estructural, la sedimentación o el crecimiento de vegetación en su interior. Cuando la capacidad de transporte del canal se ve superada, se deben hacer cambios en el canal, como ampliar su sección transversal o instalar canales complementarios que optimicen el flujo del agua (Manrique, 2024).

❖ Erosión de las Juntas

La erosión en las juntas de los canales se produce por la pérdida del material de las juntas, provocado por el flujo continuo del agua y la velocidad del agua. Este daño puede causar filtraciones, debilitar la estructura y, en casos extremos, provocar el colapso parcial del canal. El análisis de este problema permite reconocer las zonas vulnerables y tomar medidas correctivas, tales como reforzar las juntas con materiales resistentes a la erosión o aplicar recubrimientos protectores que extiendan la vida útil de la estructura (Manrique, 2024).

El mantenimiento y la inspección regular de los canales de riego son fundamentales para asegurar su funcionamiento y extender su vida útil. La identificación temprana de daños y la aplicación de soluciones adecuadas previenen pérdidas de eficiencia del sistema, optimizan la distribución del agua y reducen los costos de reparación a futuro. Una buena gestión de la infraestructura hidráulica favorece no solo a los agricultores, sino que también ayuda a la sostenibilidad de los recursos hídricos y garantiza el suministro para los distintos sectores.

2.3 Marco conceptual

- a. **Canales.** - Los canales son cauces artificiales para llevar agua desde una fuente hasta las zonas de riego, almacenamiento o consumo. Estos pueden ser abiertos (zanja o acequia) o cerrados (tubería). Debe tener en cuenta el caudal requerido, la topografía, la capacidad de conducción y la protección contra la erosión.
- b. **Caudales.** - El caudal es la cantidad de agua que pasa por un canal o sistema de riego en un tiempo determinado; se expresa en litros por segundo o en metros cúbicos por hora. Este valor es esencial para dimensionar correctamente las estructuras hidráulicas y garantizar que el agua entregada sea suficiente para cubrir las necesidades de los cultivos o el uso al que esté destinado.



- c. Diseño de estructuras de riego.** - El diseño de estructuras de riego es la planificación, cálculo y construcción de estructuras para distribuir el agua en sistemas de riego agrícola. Estas obras comprenden canales, tuberías, esclusas, sifones, desarenadores y embalses, que llevan el agua desde la fuente hasta las áreas de cultivo con pérdidas mínimas. Para un diseño eficiente se debe tener en cuenta la topografía del terreno, la disponibilidad de agua, las características del suelo, el tipo de cultivos y el clima del lugar.
- d. Eficiencia hidráulica.** - Eficiencia hidráulica es la capacidad de un sistema de conducción de agua de transportar el agua con la menor pérdida posible y aprovecharla al máximo en términos de caudal, presión y velocidad de flujo. En sistemas de riego, la eficiencia hidráulica es determinante para que el agua llegue en cantidad y tiempo apropiados a las zonas de cultivo, evitando pérdidas por evaporación, filtración o fugas.
- e. Gestión del agua.** - La gestión del agua es la planificación, organización y control del recurso para su uso sostenible en los diversos sectores: agrícola, industrial, doméstico, etc. Esto requiere establecer políticas y leyes que controlen su distribución, desarrollar infraestructuras para su almacenamiento y transporte, y usar tecnologías para monitorear el recurso.
- f. Infraestructura hidráulica.** - La infraestructura hidráulica es el conjunto de obras e instalaciones para captar, almacenar, conducir, distribuir y utilizar el agua en diversos fines, sobre todo agrícolas. Dentro de estas infraestructuras se encuentran canales de riego, represas, embalses, estaciones de bombeo, tuberías y sistemas de drenaje, que aseguran el suministro eficiente del agua.
- g. Riego.** - El riego es el proceso por el cual se aplica agua a los cultivos de forma controlada para suplir la falta de lluvia y permitir su desarrollo. Hay varias formas de riego, como por gravedad, aspersión y goteo, cada una con sus propias características que influyen en su eficiencia y adecuación a las condiciones del suelo y al tipo de



cultivo. Con la aplicación de sistemas de riego apropiados se puede optimizar el uso del agua, mejorar la productividad agrícola y disminuir los impactos ambientales por derroche del recurso.



CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de investigación

En el presente estudio el enfoque es mixto, porque combina tanto enfoques cuantitativos como cualitativos para analizar y evaluar la eficiencia hidráulica y el diseño de las estructuras de riego en la zona de estudio.

El enfoque mixto de investigación es un paradigma que integra enfoques cuantitativos y cualitativos para responder a una pregunta de investigación de manera más completa. De esta manera se combinan las fortalezas de los dos métodos (la exactitud y la generalización de los datos cuantitativos y la profundidad y la comprensión contextual de los datos cualitativos). En otras palabras, el método mixto implica recolectar y analizar datos cuantitativos y cualitativos integrados para obtener una comprensión más completa, rica y profunda de los fenómenos de estudio (Alfonso et al., 2020)

3.2 Tipo de investigación

En el presente estudio el tipo es aplicada, porque se buscó resolver un problema específico mediante la implementación de soluciones prácticas basadas en el conocimiento técnico y científico.

La investigación aplicada busca resolver problemas prácticos o específicos utilizando conocimientos científicos y teorías existentes. A diferencia de la investigación



básica, que pretende crear nueva teoría o descubrir nuevos principios, la investigación aplicada intenta resolver problemas específicos en situaciones particulares (Baena, 2020)

3.3 Nivel de Investigación

El nivel es descriptivo, ya que se enfocó en detallar y analizar las características actuales del sistema de riego en la cuenca del río Ramis, así como la identificación de los factores que afectan la eficiencia hidráulica.

El nivel descriptivo de la investigación es el que busca describir, explicar y registrar las características o fenómenos de una situación, sin manipular las variables. En este tipo de investigación el investigador pretende describir de manera exacta la forma en que se manifiestan o se distribuyen las variables en una situación y ambiente natural (Baena, 2020)

3.4 Diseño de investigación

En el presente estudio el diseño es no experimental, porque no implica una manipulación directa de la variable independiente en el sistema de riego, sino más bien de su caracterización.

Un diseño no experimental es un diseño de investigación en el que el investigador simplemente observa y registra las variables tal como existen en la naturaleza, sin manipularlas ni controlarlas. En este tipo de diseño no se manipulan las variables en estudio, sino que se observan los fenómenos tal como suceden en su ambiente natural. El propósito es examinar asociaciones, patrones o tendencias entre variables sin manipularlas experimentalmente (Alfonso et al., 2020)

3.5 Método de investigación

En el presente estudio el método es científico, porque sigue un proceso sistemático y riguroso de observación, formulación de hipótesis, recolección y análisis de datos, y



conclusión, con ello se generan y aportan nuevos conocimientos al área de la ingeniería de canales.

El método de investigación científica es un proceso sistemático que permite obtener conocimiento verificable sobre fenómenos naturales y sociales. Se apoya en la observación, la formulación de preguntas, la construcción de hipótesis, la experimentación y el análisis de los resultados para llegar a conclusiones objetivas. Su principal objetivo es explicar, predecir y, en algunos casos, modificar la realidad a través de la aplicación de principios lógicos y empíricos. Uno de los aspectos fundamentales del método científico es su carácter objetivo y reproducible. (Arias, 2012)

3.6 Población y muestra

3.6.1 Población

El término «población» conjunto de personas, cosas o componentes que son objeto de un estudio científico y que tienen una o varias características en común. Es el universo sobre el cual se pretende obtener información para analizar un fenómeno, describir tendencias o establecer relaciones entre variables. Una característica fundamental de la población en la investigación es que debe estar bien definida en función de criterios específicos, como edad, género, ubicación geográfica, profesión, nivel socioeconómico, entre otros. Dependiendo del alcance del estudio, la población puede ser o infinita Hernandez et al., (2020, pág. 165).

La población de la presente investigación está conformada por los sistemas de riego, canales y estructuras hidráulicas ubicadas en los sectores de la cuenca del río Ramis, en la provincia de Azángaro.

3.6.2 Muestra

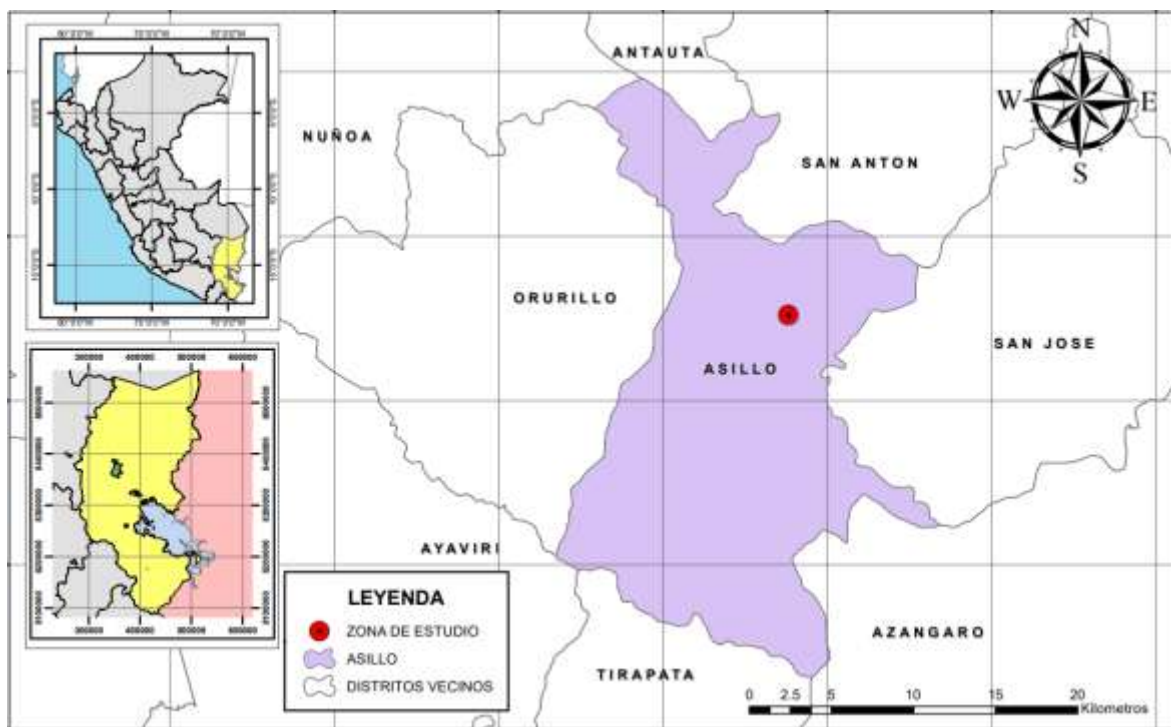
La finalidad de un estudio de investigación es adquirir información y extraer conclusiones sobre el grupo completo, y la muestra es un subconjunto de la población

global que se investiga y que es típico de las poblaciones estudiadas. Debido a que en la mayoría de los casos es difícil o imposible analizar a toda la población, se selecciona una muestra que permita obtener resultados precisos y generalizables al conjunto total. Para que una muestra sea válida, debe cumplir con ciertos criterios esenciales, como la representatividad, es decir, que refleje adecuadamente las características de la población. Hernandez et al., (2020, pág. 173)

La muestra está conformada por el sistema de riego ubicado en la cuenca del río Ramis, dentro de la provincia de Azángaro y en el distrito de Asillo, específicamente en el centro poblado de Pacastiti.

Figura 1

Muestra de estudio



Nota. Mapa de ubicación.

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas

- Observación directa



- Medición de parámetros hidráulicos
- Análisis documental

3.7.2 Instrumentos

- Fichas de observación
- Caudalímetro o molinete hidrométrico
- Software de modelado hidráulico

3.8 Validación y de instrumentos y confiabilidad

3.8.1 Validación de instrumentos

En la investigación, la validación de los instrumentos es una etapa esencial para garantizar la precisión y fiabilidad de los datos recogidos. Un instrumento de recogida de datos, como una encuesta, un cuestionario o un test, debe someterse a un procedimiento de validación para garantizar que evalúa con precisión el tema que pretende investigar y que los resultados obtenidos con el instrumento son coherentes en diversos contextos.

Uno de los aspectos clave en la validación es la validez del instrumento, que se refiere a la capacidad de este para medir adecuadamente el concepto o la variable en estudio. Existen distintos tipos de validez, como la validez de contenido, que evalúa si los ítems incluidos en el instrumento representan de manera adecuada todos los aspectos del fenómeno; la validez de constructo, que analiza si el instrumento mide correctamente la variable teórica que se desea investigar; y la validez de criterio, que verifica si los resultados obtenidos con el instrumento están relacionados con otros indicadores externos reconocidos (Baena, 2020).

3.8.2 Confiabilidad de instrumentos

Cuando decimos que un instrumento de investigación es fiable, nos estamos refiriendo a que es capaz de producir resultados consistentes en el tiempo y en diferentes



situaciones de aplicación del instrumento. Un instrumento es fiable si, al aplicarlo repetidamente en condiciones semejantes, los resultados son consistentes y no varían en exceso por causa de errores de medición, sesgos o factores externos. La fiabilidad es un criterio de calidad de los datos recogidos que asegura que los resultados del estudio sean exactos y replicables. La fiabilidad de un instrumento es un elemento crucial en la metodología de la investigación para garantizar la precisión y replicabilidad de los datos. Un sistema de medición confiable nos da datos más exactos, reduce errores o desviaciones y da credibilidad y validez al estudio, para que sus resultados puedan ser aplicados en la toma de decisiones y generar conocimiento científico (Baena, 2020).

3.9 Trabajos realizados

a) Etapa Inicial de Oficina

En esta etapa operativa se realiza una recogida de información. El primer paso fue identificar y recopilar información pertinente (registros catastrales, información sobre las condiciones actuales del área de estudio, delimitación del área donde se trabajará). Esta etapa crea las bases técnicas para el trabajo de campo y garantiza que el estudio se realice con datos estructurados y actualizados.

b) Etapa de Desarrollo en Campo

- Identificación del área de influencia: Se recorre la zona para verificar su estado actual y recolectar información adicional.
- Levantamiento topográfico de reconocimiento: Se realizó un levantamiento de campo con estación total, wincha y prisma, apoyándose en herramientas digitales como Google Earth, que permitieron obtener información precisa de la geometría del canal y sus estructuras.



- Inspección del revestimiento del canal: Se estudió el tipo de material del que está hecho el revestimiento del canal, sus características físicas y estructurales, para definir cómo se comporta ante el flujo y el desgaste.
- Registro fotográfico y georreferenciado: Se tomaron fotografías del área de estudio y se georreferenciaron puntos para la posterior modelización y análisis en gabinete.

c) Etapa Final de Oficina

En esta fase se consolidan y procesan todos los datos obtenidos en las etapas previas, con el objetivo de generar productos finales. Se desarrollan las siguientes actividades:

- Creación de planos topográficos y secciones transversales. Con la información recolectada en el levantamiento de campo se elaboran representaciones gráficas para visualizar de manera precisa la forma del canal, sus dimensiones y características estructurales. Estas imágenes son una herramienta esencial para la planificación y ejecución del proyecto, ya que muestran la geometría del terreno y los perfiles transversales de la estructura hidráulica.
- Revisión y optimización del diseño hidráulico: En esta etapa se aplicaron criterios de eficiencia hidráulica para mejorar el canal en términos de capacidad de transporte y minimización de pérdidas de energía. Para ello se tiene en cuenta el caudal de diseño, las condiciones topográficas de la zona de estudio y las características del material de revestimiento del canal, para un diseño adecuado a las condiciones del entorno.
- Modelado hidráulico con HEC-RAS 4.1.0: Se utiliza este software de simulación numérica para modelar el comportamiento del flujo en el canal entubado. Con este modelo informático se puede simular su comportamiento en diferentes condiciones de funcionamiento y anticipar cualquier cambio en la velocidad de flujo, capacidad de conducción u otras características hidráulicas. Esta metodología permite hacer elecciones para mejorar el diseño y asegurar su funcionamiento en diferentes condiciones.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados obtenidos

Aquí se muestran los resultados obtenidos, con el apoyo de tablas y gráficos, los cuales detallan las características físicas y mecánicas del suelo, incluyendo su gradación, límites de consistencia y otros parámetros relevantes para la evaluación del terreno.

Además, se expone la situación actual del área de estudio, incluyendo un levantamiento topográfico detallado que permitió identificar la pendiente, las irregularidades del terreno y la presencia de un canal en estado natural.

Para determinar los caudales de diseño, se realizaron estudios hidrológicos en el marco del estudio. En estos estudios se tuvieron en cuenta diversos elementos, como las precipitaciones, la escorrentía y la capacidad de infiltración del suelo.

Finalmente, con los datos obtenidos, se procedió al diseño y modelado del canal de riego utilizando el software HEC-RAS, permitiendo evaluar el comportamiento hidráulico del sistema en distintos escenarios.

Figura 2

Localización de la zona de estudio



Figura 3

Localización de la zona de estudio

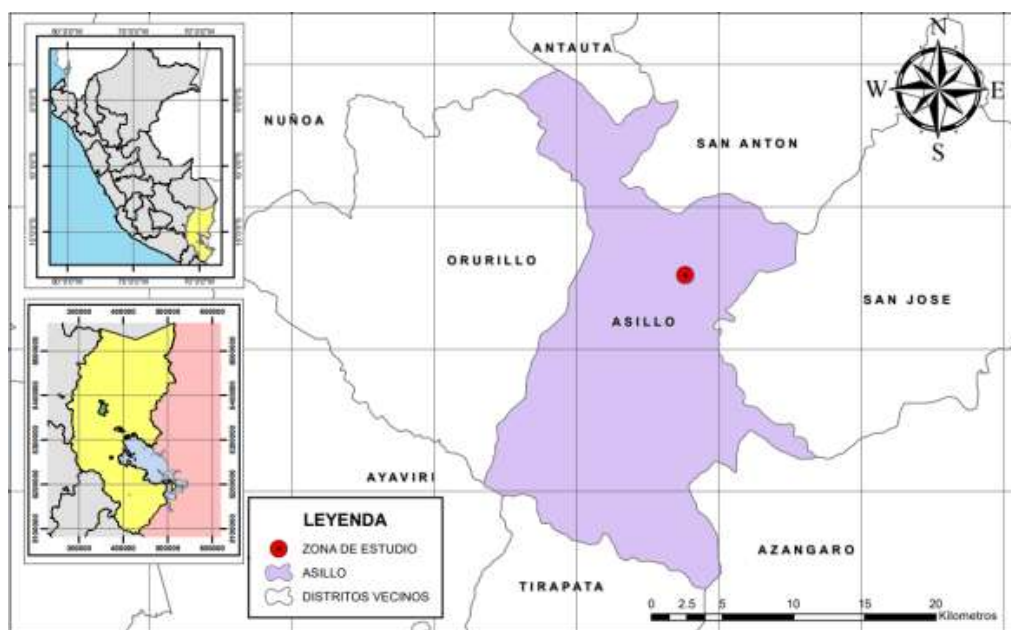


Figura 4

Zona de estudio



Tabla 2

Puntos de apoyo

COORDENADAS UTM DE BMs			
ESTE (m)	NORTE (m)	ALTURA (m.s.n.m.)	DESCRIPCIÓN
377423.743	8440328.4	4720.575	BM.01
376652.27	8441026.68	4639.472	BM.02
376371.894	8441574.95	4593.691	BM.03
376060.272	8442147.28	4575.359	BM.04
375788.466	8442553.08	4567.505	BM.05
375631.066	8442935.68	4540.04	BM.06
375524.962	8443423.29	4519.372	BM.07
375406.898	8443908.3	4506.671	BM.08
375314.554	8444401.05	4480.957	BM.09
375254.823	8444881.04	4461.872	BM.10
375236.04	8445412.31	4459.679	BM.11
375496.453	8445608.77	4448.514	BM.12
375626.785	8445911.18	4427.498	BM.13
375844.915	8446253.99	4392.664	BM.14
376008.066	8446474.49	4380.345	BM.15
376339.321	8446762.24	4358.609	BM.16
376643.303	8447002.06	4356.263	BM.17
376970.483	8447224.84	4346.537	BM.18
374615.057	8444464.34	4574.134	BM.19

Figura 5

Canal de riego



Se muestra el canal de riego madre del centro poblado de Pacastiti.

Figura 6

Canal lateral – imagen satelital



4.1.1 Características del suelo presente en el diseño de estructuras de riego

Tabla 3*Ubicación de las calicatas de estudio*

CALICATA	PROGRESIVA (KM)	COORDENADAS		PROFUNDIDAD (M.)	MARGEN
		E	N		
C-1	0+100	376145.314	8441528.71	1.5	Izquierdo
C-2	0+550	375942.361	8441929.49	1.3	Izquierdo
C-3	1+050	375656.774	8442337.23	1.2	Izquierdo
C-4	1+600	375453.688	8442842.1	1.4	Izquierdo
C-5	2+100	375328.693	8443326.1	1.1	Izquierdo
C-6	2+600	375183.096	8443794.34	1.5	Izquierdo
C-7	3+050	375066.74	8444225.81	1.3	Izquierdo
C-8	3+600	374985.722	8444755.63	1.2	Izquierdo
C-9	4+050	374959.242	8445201.53	1	Izquierdo
C-10	4+350	375526.037	8445644.9	1.3	Derecho
C-11	4+800	375748.211	8446029.38	1.4	Derecho
C-12	5+200	376014.501	8446321.75	1.2	Derecho
C-13	5+700	376359.888	8446682.71	1.45	Derecho
C-14	6+200	376737.51	8447000.66	1.1	Derecho

Se presenta la ubicación de las calicatas de estudio, detallando su progresiva en kilómetros, coordenadas geográficas (Este y Norte), profundidad en metros y margen de ubicación (izquierdo o derecho). Se identifican un total de 14 calicatas distribuidas a lo largo del tramo de estudio, con profundidades que varían entre 1.1 y 1.5 metros. Las coordenadas permiten su georreferenciación precisa, facilitando su análisis en campo.

Tabla 4

Características del suelo-calicatas

CALIC.	MUEST.	PROF. (M)	W%	L.L	L.P	I.P	SUCS	DESCRIPCIÓN
C-1	M-01	0.20 – 1.50	26.1	39.94	27.41	12.52	ML	LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
C-2	M-01	0.35 – 1.30	28.95	43.77	28.79	14.98	ML	LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
C-3	M-01	0.15 – 1.20	29.82	47.96	30.03	17.93	ML	LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
C-4	M-01	0.30 – 1.40	26.01	37.71	27.28	10.43	ML	LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
C-5	M-01	0.20 – 1.10	29.76	40.97	32.97	8	ML	LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
C-6	M-01	0.30 – 1.50	25.41	31.8	22.62	9.18	ML	LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
C-7	M-01	0.25 – 1.30	27.51	33.43	27.12	6.31	ML	LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
C-8	M-01	0.30 – 1.20	30.82	48.98	34.93	14.04	ML	LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
C-9	M-01	0.25 – 1.00	23.9	38.82	29.73	9.09	ML	LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD
C-10	M-01	0.10 – 1.30	21.07	29.86	25.78	4.08	SP-SM	ARENA MAL GRADADA CON PRESENCIA DE LIMO
C-11	M-01	0.25 – 1.40	21.7	38.93	31.92	7.02	SP-SM	ARENA MAL GRADADA CON PRESENCIA DE LIMO
C-12	M-01	0.25 – 1.20	25.58	36.34	26.16	10.18	SP-SM	ARENA MAL GRADADA CON PRESENCIA DE LIMO
C-13	M-01	0.15 – 1.45	25.71	30.72	23.14	7.58	SP-SM	ARENA MAL GRADADA CON PRESENCIA DE LIMO
C-14	M-01	0.20 – 1.10	24.24	33.14	28.89	4.25	SP-SM	ARENA MAL GRADADA CON PRESENCIA DE LIMO

Se muestra las características del suelo en las calicatas analizadas, incluyendo la profundidad de muestreo (W%), límites y su clasificación según SUCS. Se observa que la mayoría de las calicatas contienen limo inorgánico de baja plasticidad (ML), con valores de humedad que oscilan entre 24.16% y 39.94%, y un índice de plasticidad generalmente bajo. Sin embargo, a partir de la calicata C-10, se identifica la presencia de arena mal gradada con limo (SP-SM), evidenciando un cambio en la composición del suelo.

Tabla 5

Resumen de registros de calicatas

CALICATA	PROG/COORD.	PROF. (m)	MUESTRA	CLASIF.	DESCRIPCIÓN	N.F.	GRAFICO
C - 1	0+100	0.00-0.10	OH	Suelo orgánico	Material orgánico	N.H.	
	E: 376145.314 N: 8441528.712	0.10-1.50	M-1	ML	Limo orgánico de baja plasticidad		
C - 2	0+550	0.00-0.25	OH	Suelo orgánico	Material orgánico	N.H.	
	E: 375942.361 N: 8441929.493	0.25-1.30	M-1	ML	Limo orgánico de baja plasticidad		
C - 3	1+050	0.00-0.15	OH	Suelo orgánico	Material orgánico	N.H.	
	E: 375656.774 N: 8442337.234	0.15-1.20	M-1	ML	Limo orgánico de baja plasticidad		
C - 4	1+600	0.00-0.30	OH	Suelo orgánico	Material orgánico	N.H.	
	E: 375453.688 N: 8442842.099	0.30-1.40	M-1	ML	Limo orgánico de baja plasticidad		
C - 5	2+100	0.00-0.20	OH	Suelo orgánico	Material orgánico	N.H.	
	E: 375328.693 N: 8443326.102	0.20-1.10	M-1	ML	Limo orgánico de baja plasticidad		
C - 6	2+600	0.00-0.30	OH	Suelo orgánico	Material orgánico	N.H.	
	E: 375183.096 N: 8443794.341	0.30-1.50	M-1	ML	Limo orgánico de baja plasticidad		
C - 7	3+050	0.00-0.35	OH	Suelo orgánico	Material orgánico	N.H.	
	E: 375066.740 N: 8444225.806	0.35-1.30	M-1	ML	Limo orgánico de baja plasticidad		
C - 8	3+600	0.00-0.30	OH	Suelo orgánico	Material orgánico	N.H.	
	E: 374985.722 N: 8444755.628	0.30-1.20	M-1	ML	Limo orgánico de baja plasticidad		
C - 9	4+050	0.00-0.35	OH	Suelo orgánico	Material orgánico	N.H.	
	E: 374959.242 N: 8445201.533	0.35-1.00	M-1	ML	Limo orgánico de baja plasticidad		
C - 10	4+350	0.00-0.10	OH	Suelo orgánico	Material orgánico	N.H.	

	E: 375526.037 N: 8445644.895	0.10-1.30	M-1	SP-SM	Arena mal gradada con presencia de limo		
C - 11	4+800	0.00-0.35	OH	Suelo orgánico	Material orgánico	N.H.	
	E: 375748.211 N: 8446029.375	0.35-1.40	M-1	SP-SM	Arena mal gradada con presencia de limo		
C - 12	5+200	0.00-0.35	OH	Suelo orgánico	Material orgánico	N.H.	
	E: 376014.501 N: 8446321.750	0.35-1.20	M-1	SP-SM	Arena mal gradada con presencia de limo		
C - 13	5+700	0.00-0.25	OH	Suelo orgánico	Material orgánico	N.H.	
	E: 376359.888 N: 8446682.707	0.25-1.45	M-1	SP-SM	Arena mal gradada con presencia de limo		
C - 14	6+200	0.00-0.20	OH	Suelo orgánico	Material orgánico	N.H.	
	E: 376737.510 N: 8447000.664	0.20-1.10	M-1	SP-SM	Arena mal gradada con presencia de limo		

Se presenta un resumen de los registros de calicatas, detallando su progresiva, coordenadas, profundidad de muestreo, tipo de muestra, clasificación del suelo, descripción, nivel freático (N.F.) y una representación gráfica del perfil del suelo. Se observa que en las primeras calicatas (C-1 a C-9) predomina la presencia de suelo orgánico en las capas superficiales, seguido de limo orgánico de baja plasticidad (ML) en niveles más profundos. A partir de la calicata C-10, se evidencia un cambio en la composición del suelo, con la aparición de arena mal gradada con presencia de limo (SP-SM), lo que indica una variabilidad en la estratigrafía del terreno. La inclusión de gráficos facilita la interpretación visual de las capas del suelo, siendo un elemento clave en estudios geotécnicos y proyectos de infraestructura para evaluar la estabilidad y capacidad de soporte del terreno.

4.1.2 Estado situacional actual y parámetros hidráulicos para el diseño de estructuras de riego

Actual mente en el área del proyecto de la cuenca del rio Ramis de la provincia de Azángaro tiene un canal tiene un canal rustico de 8.834 kilómetros aproximadamente.

La capacidad de conducción de los canales de tierra en la zona es de 1.35 litros por segundo, lo que les permite irrigar en promedio un área considerable de aproximadamente 98.08 hectáreas. Sin embargo, estos canales, a lo largo de todo su tramo, se encuentran sin revestir y en un estado de deterioro significativo, con vegetación que obstruye el flujo libre del agua. Esta situación reduce significativamente la rentabilidad de ambas actividades, afectando su eficiencia y producción. La falta de revestimiento adecuado provoca fuertes pérdidas del recurso hídrico debido a la percolación e infiltración del agua en el suelo circundante.

Figura 7

Canal rustico



El método de riego en este sector es por gravedad. A lo largo del canal, se encuentran laterales contruidos con champas, piedras y plásticos, aunque su ubicación no es estratégica. El sistema de riego se activa conforme a un rol de riego preestablecido.

Figura 8

Canal rustico



La infraestructura actual no solo es ineficiente, sino que también representa un desafío considerable para los agricultores que dependen del agua para sus cultivos. Las pérdidas de agua no solo reducen la cantidad de agua disponible para el riego, sino que también aumentan la vulnerabilidad de los cultivos a las sequías y las variaciones climáticas.

Figura 9

Daños en el canal



El ancho del canal rústico de tierra presenta variaciones significativas a lo largo de sus diferentes tramos. Estas variaciones son evidentes al observar que en ciertas secciones el canal alcanza un ancho mínimo de 0.40 metros, mientras que en otros tramos se expande hasta un ancho máximo de 0.80 metros. Esta fluctuación en el ancho del canal puede deberse a varios factores, incluidos los métodos de construcción iniciales, la erosión del suelo, y la falta de mantenimiento regular.

Figura 10

Profundidad del canal rustico



El tirante hidráulico del canal artesanal en la presenta una variabilidad considerable, con alturas que oscilan desde los 0.05 metros en los canales de 0.90 m de ancho y en los 0.10 metros en canales con un ancho de 0.60 m. Esta variación se debe a múltiples factores, incluidos las características topográficas del terreno, las diferencias en la capacidad de conducción de los canales, y las fluctuaciones en el flujo de agua a lo largo del año.



Tabla 6

Coordenadas del canal rustico de tierra

DESCRIPCIÓN	PROGRESIVA	COORDENADAS DATUM WGS 84		Longitud (m)	MARGEN DE INTERVENCIÓN
		ESTE	NORTE		
Canal 1	Inicio	377238.109	8440525.87	139.58	Izquierdo
	Final	377119.92	8440492.56		
Canal 2	Inicio	377122.145	8440494.75	181.35	Izquierdo
	Final	377012.997	8440600.27		
Canal 3	Inicio	376819.667	8440885.74	1559.1	Izquierdo
	Final	375967.442	8442102.49		
Canal 4	Inicio	376178.837	8441426.56	700.4	Izquierdo
	Final	375903.389	8442055.76		
Canal 5	Inicio	376505.059	8441547.14	1114.75	Izquierdo
	Final	375889.325	8442347.77		
Canal 6	Inicio	375919.443	8442356.32	206.71	Derecho
	Final	375860.636	8442525.27		
Canal 7	Inicio	375825.733	8442746.57	872.96	Izquierdo
	Final	375413.059	8443375.35		
Canal 8	Inicio	375315.944	8443628.73	206.706	Izquierdo
	Final	375206.438	8443737.55		
Canal 9	Inicio	375224.959	8443785.81	165.096	Izquierdo
	Final	375136.951	8444134.08		
Canal 10	Inicio	375420.945	8444515.63	598.808	Izquierdo
	Final	375073.593	8444606.17		
Canal 11	Inicio	375303.178	8444836.04	1393.922	Derecho
	Final	375714.109	8445976.8		
Canal 12	Inicio	375953.683	8444900.76	35.172	Izquierdo
	Final	374942.336	8444932.48		
Canal 13	Inicio	374955.52	8444939.11	462.478	Izquierdo
	Final	374985.412	8445365.37		
Canal 14	Inicio	375722.911	8446354.26	1197.406	Derecho
	Final	376610.005	8447010.27		
TOTAL				8834.438m.	



Características fisiográficas de la cuenca del río Ramis en la provincia de Azángaro

Las particularidades que definen una cuenca hidrográfica pueden ser expresadas a través de una serie de propiedades fundamentales, entre las que se destacan las siguientes: (A) los parámetros que describen su configuración geométrica, (B) las variables relacionadas con su relieve y topografía, (C) los aspectos vinculados al sistema de drenaje, y (D) el cálculo del tiempo de concentración (T_c). A continuación, se presentan cada una de estas características con mayor detalle:

Uno de los factores más relevantes al caracterizar una microcuenca o área de drenaje es su extensión superficial, ya que esta influye de manera directa en la capacidad del sistema para generar volúmenes de escorrentía. A continuación, se presentan los valores específicos correspondientes al área de la cuenca en cuestión.

Área de la cuenca : 18 km²

El perímetro de la micro cuenca es el siguiente:

Perímetro de la cuenca : 25.4 km

La mayor distancia que ha recorrido el río, comenzando en la cabecera de la cuenca y continuando a través de cualquier cambio de dirección o meandros, hasta alcanzar un lugar fijo de interés, como una estación de aforo o la desembocadura, y proporcionada en unidades de longitud.

Por término medio, la microcuenca tiene una longitud de 9,48 kilómetros a lo largo de su cauce principal.

Se denomina coeficiente de compacidad a un cociente que se obtiene comparando el perímetro de la cubeta con el perímetro de un círculo que tenga la misma superficie que la cubeta. Este coeficiente se encarga de determinar la forma de la cubeta en cuanto a su semejanza con una forma redonda con respecto a los rangos que se describen a continuación.

$$k_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = \frac{0.28P}{\sqrt{A}}$$



Donde:

K_c = Coeficiente de compacidad

P = Perímetro (km)

A = Área-cuenca (km²)

A partir de la ecuación en cuestión, se puede inferir que el coeficiente K_c siempre será igual o superior a 1, y su valor aumenta conforme la geometría de la cuenca se vuelve más irregular. Geométricamente, cuando la cuenca tiene una forma circular, el coeficiente alcanza su valor mínimo, $K_c=1$. En este caso, la cuenca tiene una mayor capacidad para generar crecientes rápidas debido a un tiempo de concentración reducido.

Por el contrario, cuando el coeficiente K_c supera el valor de 1, la cuenca adquiere una geometría más alargada o irregular, lo que provoca un aumento en el tiempo de concentración y una disminución en la rapidez de las crecientes. Así, cuando $K_c=2$, la cuenca es más alargada, con un tiempo de concentración más largo y una menor tendencia a generar crecientes rápidas.

$$k_c = \frac{0.28 * 25.4}{\sqrt{18}} = 1.68$$

La microcuenca de la región investigada tiene un coeficiente de compacidad de 1,68, lo que indica que la cuenca tiene una forma extendida y debe estar expuesta a tendencias de inundación reducidas.

❖ FACTOR DE FORMA

La relación que representa el factor de forma se produce cuando se compara la anchura media de la cuenca con la longitud del curso de agua más largo. Utilizando esta métrica, se puede determinar si una cuenca tiene mayor o menor potencial de sufrir inundaciones.

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

Donde:



A = Área de la cuenca (km²)

L = Longitud de cauce principal de la cuenca (km)

Ff es igual a 0,79 para un círculo, Ff es igual a 1 para un cuadrado con la salida situada en el centro de uno de los lados, y Ff es igual a 0,5 para un cuadrado con la salida situada en una esquina.

$$Ff = \frac{18}{9,48^2} = 0.20$$

El factor de forma determinado para la micro cuenca es de 0.20.

❖ RECTÁNGULO EQUIVALENTE

La cuenca puede representarse como un rectángulo con la misma superficie y perímetro y una distribución equitativa de las alturas (y, en consecuencia, la misma curva hipsométrica) debido a su forma heterogénea. Esto es posible gracias a la forma heterogénea de la cuenca. Esto se consigue mediante una transformación geométrica conocida como rectángulo equivalente. En este rectángulo, las curvas de nivel se transforman en rectas paralelas al lado menos prominente. Por la siguiente conexión se descubrió que la longitud del lado mayor y menor del rectángulo eran iguales entre sí:

$$RE = 0.25 * P \pm \sqrt{\left(\frac{P}{4}\right)^2 - A}$$

Donde:

L y l = longitud de sus lados del rectángulo-km

P = Perímetro(km)

A = Área(km²)

$$L = 0.25 * 25.4 + \sqrt{\left(\frac{25.4}{4}\right)^2 - 18} = 11.07; \quad l = 0.25 * 25.4 - \sqrt{\left(\frac{25.4}{4}\right)^2 - 18} = 1.63$$

La longitud mayor y menor de la micro cuenca en la provincia de Azángaro para la zona de riego es de 11.07 km y 1.63 km respectivamente.

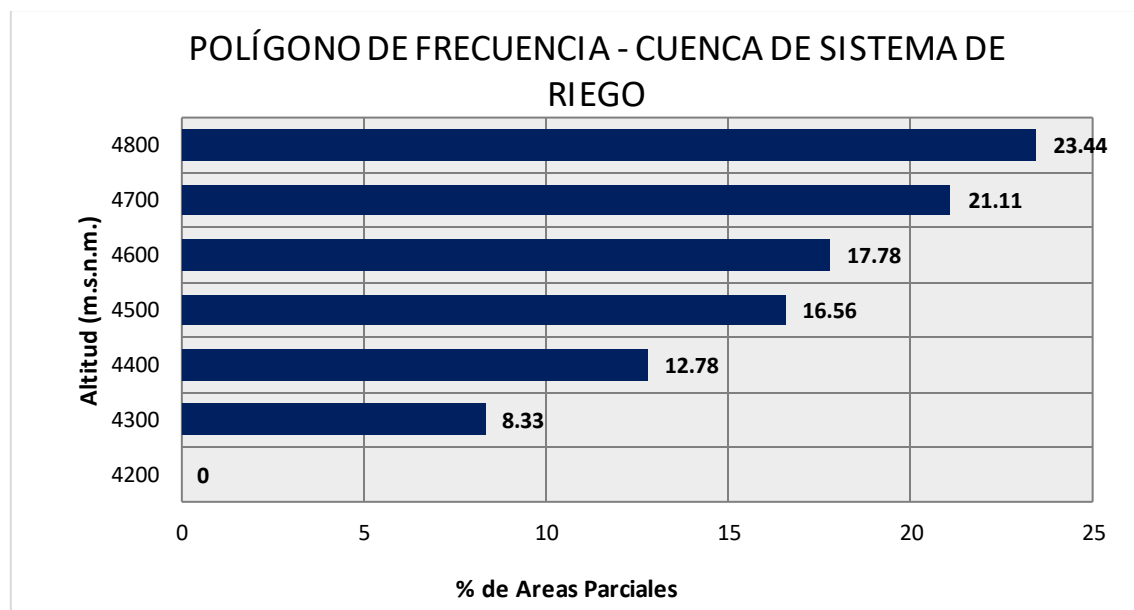
Tabla 7

Áreas de la cuenca en relación con altitud

ALTITUD m.s.n.m.	ÁREAS PARCIALES		ÁREAS				ALTITUD m.s.n.m.
	Km2	(%)	POR DEBAJO		POR ENCIMA		
			Km2	%	Km2	%	
4200	0	0	0	0	18	100	4800
4300	1.5	8.33	1.5	8.33	16.5	91.67	4700
4400	2.3	12.78	3.8	21.11	14.2	78.89	4600
4500	2.98	16.56	6.78	37.67	11.22	62.33	4500
4600	3.2	17.78	9.98	55.44	8.02	44.56	4400
4700	3.8	21.11	13.78	76.56	4.22	23.44	4300
4800	4.22	23.44	18	100	0	0	4200
TOTAL	18	100					

Figura 11

Polígono de frecuencia



❖ **ALTITUD MEDIA DE LA CUENCA**

El cálculo se realiza midiendo la superficie que se encuentra entre las curvas de nivel de varias latitudes típicas secuenciales de la cuenca. Para determinar el área se utiliza la altura media, y el 50% del área se sitúa por encima de ella, mientras que el 50% restante

se sitúa por debajo. Para obtener la elevación media se aplica un método basado en la siguiente formula;

$$Hm = \frac{\sum(C_i A_i)}{A}$$

Donde:

Hm = Elevación media de la cuenca (msnm)

Ci = Cota media del área i, delimitada por 2 curvas de nivel (msnm)

a = Área total de la cuenca (km²)

La altitud media de la micro cuenca del sistema de riego es de 4550.89

❖ PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA

La importancia de este parámetro del relieve reside en que está directamente relacionado con la magnitud de las crecidas, además de estarlo con las acciones de drenaje hidráulico que se realizan en el interior de la cuenca. Para su estimación se toma en consideración el sistema del «Rectángulo Equivalente».

$$Sm = \frac{H}{Lm}$$

Donde:

Sm = Inclinación media de la cuenca.

H = Desnivel total entre la cota más alta y la más baja (km).

Lm = Dimensión mayor del rectángulo representativo (km).

La microcuenca del sistema de riego posee una pendiente media de 0.05 m/m

❖ DENSIDAD DE DRENAJE

La relación entre la longitud total de los cursos de agua de la cuenca, ya sean perennes, intermitentes o efímeros, y la superficie total de la cuenca es lo que se conoce como coeficiente de balance hídrico. Indica el número de kilómetros de curso de agua que están contenidos en una determinada región.

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Donde:

Dd = Densidad de drenaje (km/km²).

Lt = Suma de longitudes de todos los atributos y cauces principal (km).

A = Área de la cuenca (km²)

La densidad de drenaje usualmente toma los valores siguientes:

- Entre 0.5km/km², para hoyas con drenaje pobre.
- Hasta 3.5km/km², para hoyas excepcionalmente bien drenadas.

$$Dd = \frac{13.58}{18} = 0.75 \text{ km/km}^2$$

La densidad de drenaje de la micro cuenca en la zona de estudio es de 0.75 km/km² lo cual presenta una densidad pobre.

❖ Extensión promedio del drenaje superficial (E)

Cuando hablamos de este cálculo, nos referimos a la relación entre la superficie total de la cuenca hidrográfica y toda la longitud de la red hídrica que está contenida dentro de la misma cuenca. También es posible definirlo como la distancia media que el agua precipitada tendría que recorrer en línea recta para alcanzar el lecho de un curso de agua y llegar a su destino. Para calcular su valor, se utiliza la fórmula que se presenta a continuación.

$$E = \frac{A}{L_T}$$

Donde:

A = área de la cuenca (km²).

LT = Suma de longitudes de todos los atributos y cauces principal (km).

$$E = \frac{18}{13.58} = 1.33$$

Para la microcuenca en la zona de estudio, la extensión media de escurrimiento superficial es de 1.33 km²/km.

❖ PENDIENTE MEDIA

La pendiente de los cauces de los cursos de agua es un factor importante para determinar la velocidad de la escorrentía superficial de dichos cursos; por lo tanto, cuanto mayor sea la pendiente, mayor será la velocidad de la escorrentía. Uno de los parámetros que se utilizan en el proceso de determinación de la declividad de un curso de agua entre dos lugares extremos es la pendiente media del río.

$$S_m = \frac{(H_M - H_m)}{1000 \times L}$$

Donde:

S_m = Inclinación media del cauce principal (m/m).

L = Extensión total del cauce principal (km).

H_M, H_m = Elevación máxima y mínima del lecho del río principal, referidas al nivel medio del mar (msnm).

$$S_m = \frac{(4800 - 4300)}{1000 \times 9.48} = 0.05274$$

La cuenca en la zona de estudio tiene una pendiente media de 0.05274 m/m.

❖ TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Cuando se habla de este parámetro, se hace referencia al tiempo que tarda el agua en desplazarse entre dos puntos determinados. Estos puntos son el extremo superior de la cuenca y el punto donde se mide el caudal. Debido a que existe una amplia gama de fórmulas empíricas que se pueden utilizar para determinar la duración de la concentración, la fórmula que se utilizó para este cálculo específico fue la fórmula de Kirpich, cuya ecuación se puede expresar de la siguiente manera:

$$T_C = 0.0195 \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}}$$

Donde:

T_C = Tiempo total de concentración del escurrimiento (min).

L = Longitud del recorrido hidráulico principal (m).

S = Inclinación media del cauce de drenaje (m/m).

$$T_c = 0.0195 \frac{9480^{0.77}}{0.05274^{0.385}} = 69.85$$

El tiempo de concentración de la microcuenca de la zona de estudio es de 1.10 hr.

En el siguiente cuadro se presenta el resumen de los parámetros geomorfológicos de la microcuenca en la zona de estudio del canal de riego.

Tabla 8

Resumen de los parámetros geomorfológicos

	PARAMETROS	Unidad de medida	Microcuenca
PARÁMETROS DE FORMA DE LA CUENCA	Área total de la cuenca	Km ²	18
	Perímetro de la cuenca	Km	25.4
	Longitud principal	Km	9.48
	Coefficiente de compacidad	-----	1.68
	Factor de forma	-----	0.2
	Rectángulo equivalente	Lado mayor Lado menor	km km
PARÁMETROS DE RELIEVE DE CUENCA	Curva hipsométrica	-----	ü
	Polígono de frecuencia	-----	ü
	Altitud media de la cuenca	msnm	4550.89
	Pendiente media de la cuenca	m/m	0.05
PARÁMETROS DE DRENAJE DE LA CUENCA	Tipo de corriente	-----	perenne
	Numero de orden de los ríos	Grado de ramif.	1
	Densidad de drenaje	km/km ²	0.75
	Extensión media del escurrimiento superficial	km ² /km	1.33
	Pendiente media del río principal	m/m	0.05274
	Tiempo de concentración	Min.	69.85

Se presenta un resumen de los parámetros geomorfológicos de la microcuenca, incluyendo su área total (18 km²), perímetro (25.4 km) y longitud principal (9.48 km). En cuanto a la forma de la cuenca, se detallan indicadores como el coeficiente de compacidad (0.2), el

factor de forma (0.2) y el rectángulo equivalente con un lado mayor de 11.07km y menor de 1.63km. En los parámetros de relieve, se destaca una altitud media de 4550.89msnm y una pendiente media del terreno de 0.05m/m. Respecto al drenaje, se identifica un régimen de corriente perenne, una densidad de drenaje de 0.75 km/km² y una extensión total del sistema de drenaje de 1.33km/km². Finalmente, se presenta la pendiente media del río principal(0.05274 m/m) y el tiempo de concentración mínimo (69.85 min), información relevante para estudios hidrológicos y de gestión de recursos hídricos en la zona.

❖ Caudal de demanda

Tabla 9

Caudal de demanda para el estudio

AÑO	DURACIÓN (MESES)	MES	DEMANDA FUTURA		DÍAS DEL MES	DEMANDA MENSUAL	
			DEMANDA DE AGUA (L/S)	M3/DIA		L/MES	M3/MES
MES	1	ENERO	2.67	231	31	83	7,151
	2	FEBRERO	11.41	986	28	319	27,603
	3	MARZO	11.56	999	31	358	30,962
	4	ABRIL	9.22	797	30	277	23,898
	5	MAYO	5.56	480	31	172	14,892
	6	JUNIO	2.89	250	30	87	7,491
	7	JULIO	3.82	330	31	118	10,231
	8	AGOSTO	6.3	544	31	195	16,874
	9	SETIEMBRE	7.12	615	30	214	18,455
	10	OCTUBRE	2.83	245	31	88	7,580
	11	NOVIEMBRE	6.53	564	30	196	16,926
	12	DICIEMBRE	5.44	470	31	169	14,570
TOTAL	12	12			365	2,276	196,634

Se presenta el caudal de demanda para el estudio, desglosado por mes a lo largo de un año. Se incluye la duración en meses y la demanda futura de agua, expresada en litros por segundo (L/s) y metros cúbicos por día (m³/día), así como el número de días en cada mes. Además, se detalla la demanda mensual, tanto en litros por mes (L/mes) como en metros cúbicos por mes (m³/mes). Los valores varían mensualmente, siendo febrero el mes con mayor demanda (11.41 L/s y 319 L/mes) y junio el de menor demanda (2.89 L/s y 7,491

L/mes). En total, la demanda anual asciende a 2,276 L/mes y 196,634 m³/mes, proporcionando una visión clara del consumo de agua en el periodo analizado, lo que es fundamental para la planificación y gestión del recurso hídrico en la zona de estudio.

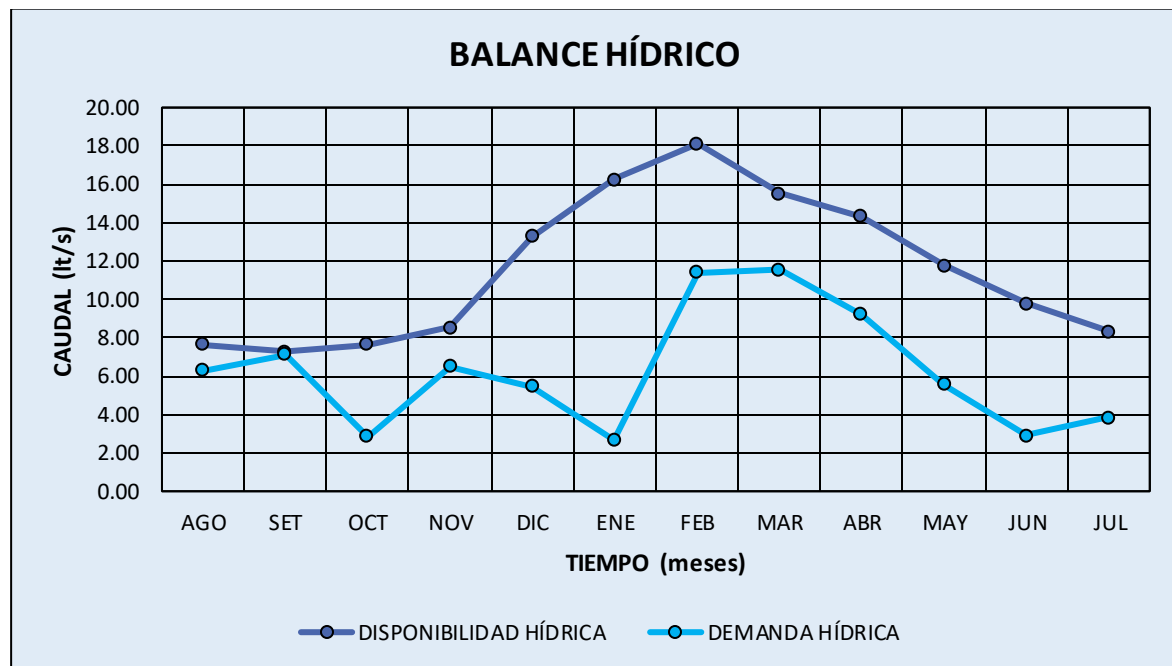
Tabla 10

Balance hídrico

BALANCE HÍDRICO MENSUALIZADO (LT/SEG)												
DESCRIPCIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
DISPONIBILIDAD HÍDRICA	16.26	18.12	15.5	14.3	11.76	9.77	8.32	7.66	7.29	7.67	8.54	13.26
DEMANDA HÍDRICA	2.67	11.41	11.56	9.22	5.56	2.89	3.82	6.3	7.12	2.83	6.53	5.44
DÉFICIT/SUPERÁVIT	13.59	6.71	3.94	5.08	6.2	6.88	4.5	1.36	0.17	4.84	2.01	7.82

Figura 12

Balance hídrico



Se muestran el balance hídrico en el cual se demuestra que existe una fuente de agua capaz de mantener el equilibrio demanda/oferta para el proyecto, lo cual indica que no existe déficit en los meses de estiaje y se concluye que los puntos de captación son adecuados y abastecen al sistema de riego.



4.1.3 Comportamiento del diseño del sistema hidráulico del canal por medio de modelación de la estructura utilizando el software HEC-RAS

Tabla 11

Datos para el cálculo de velocidades

PROGRESIVA (KM)		Tiempo -seg	Factor de corrección	Pendiente- m/m
DE:	A:			
0+000.00	0+221.00	18		0.0005
0+221.00	0+354.68	18		0.0005
0+354.68	0+623.03	17		0.0005
0+623.03	0+710.85	18		0.0005
0+710.85	0+814.76	17		0.0005
0+814.76	0+896.73	17		0.0005
0+896.73	0+965.61	18		0.0005
0+965.61	1+121.84	18		0.0005
1+121.84	1+307.20	17		0.0005
1+307.20	1+589.21	17		0.0005
1+589.21	1+958.03	19		0.0005
1+958.03	2+141.49	18	0.7	0.0005
2+141.49	2+325.92	17		0.0005
2+325.92	2+587.80	18		0.0005
2+587.80	2+674.02	17		0.0005
2+674.02	2+829.11	18		0.0005
2+829.11	2+933.76	18		0.0005
2+933.76	3+060.33	17		0.0005
3+060.33	3+263.40	16		0.0005
3+263.40	3+311.81	18		0.0005
3+311.81	3+860.28	17		0.0005
3+860.28	4+012.17	19		0.0005
4+012.17	4+065.63	18		0.0005

Tabla 12

Velocidad máxima y mínima del canal

Canal	VELOCIDADES	
	Vel. Min. (m/s)	Vel. Max (m/s)
Canal	0.64	1.87

Para el diseño de canales se optó por trabajar con una velocidad mínima y un tirante promedio de 0.40 m.

Figura 13

Polígono de frecuencia

▼ Cálculo del caudal, sección trapezoidal, rectangular, triangular

Lugar: Proyecto:
Tramo: Revestimiento:

Datos:

Tirante (y): m
Ancho de solera (b): m
Talud (Z):
Coeficiente de rugosidad (n):
Pendiente (S): m/m

Resultados:

Caudal (Q): m³/s
Área hidráulica (A): m²
Radio hidráulico (R): m
Número de Froude (F):
Tipo de flujo:

Velocidad (v): m/s
Perímetro (p): m
Espejo de agua (T): m
Energía específica (E): m·Kg/Kg

Botones: Calcular, Limpiar Pantalla, Imprimir, Menú Principal, Calculadora

Los valores obtenidos a través del uso del software especializado Hcanales han permitido caracterizar el comportamiento del flujo en el canal evaluado. Los resultados específicos indican que el caudal registrado alcanza un valor de 1.47 metros cúbicos por segundo, mientras que la velocidad promedio del agua se estableció en 0.64 metros por segundo. Asimismo, el ancho del espejo de agua en la sección analizada se determinó en 5.50 metros. En cuanto al número de Froude, se obtuvo un valor de 0.16, lo que indica que el régimen del flujo corresponde a un estado subcrítico.

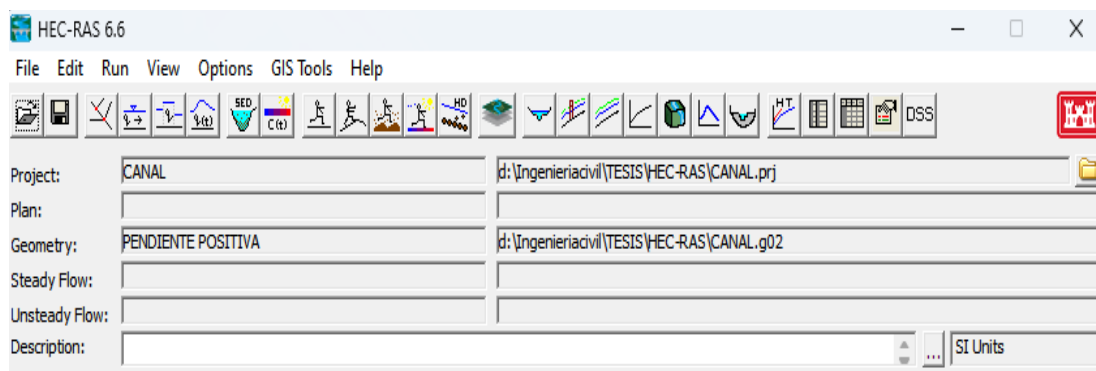
Estos resultados permiten evidenciar que la geometría de la sección transversal del canal, bajo sus condiciones actuales, presenta una notable concordancia con las mediciones realizadas directamente en el campo. Además, el análisis de la velocidad sugiere que no

se trata de un flujo erosivo, lo que contribuye a la estabilidad de la infraestructura hidráulica y evita el desgaste prematuro del lecho del canal. El hecho de que el flujo permanezca en un régimen subcrítico implica que se trata de un movimiento controlado, caracterizado por una condición de no turbulencia, lo que favorece un comportamiento estable del sistema hidráulico evaluado.

❖ Modelado con el HEC-RAS

Figura 14

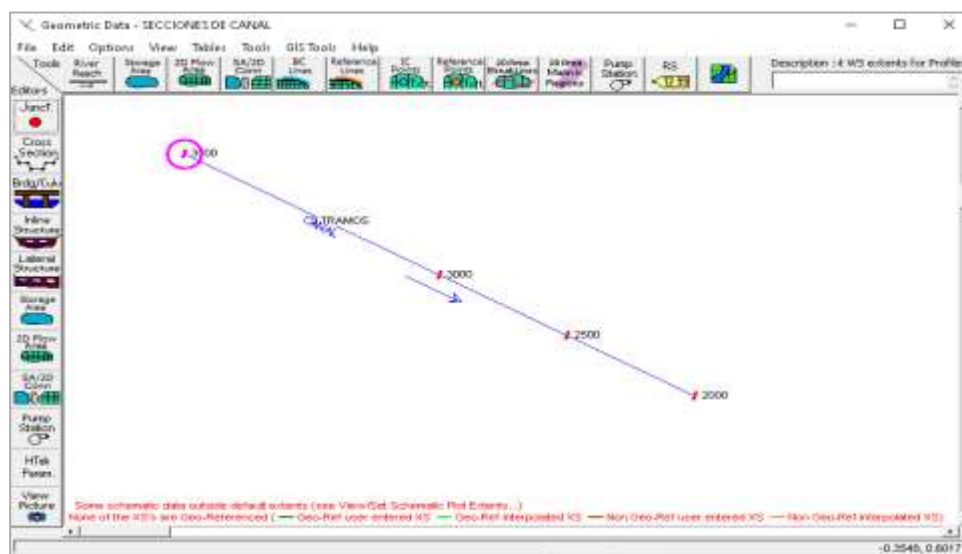
Modelado-Inicio



Se observa la creación del proyecto con los respectivos datos correspondientes del proyecto de estudio.

Figura 15

Trazo del canal de diseño



Se observa el trazo del diseño del canal de riego identificando el inicio de aguas arriba y aguas abajo.

Figura 16

Ingreso de la geometría de las secciones de estudio

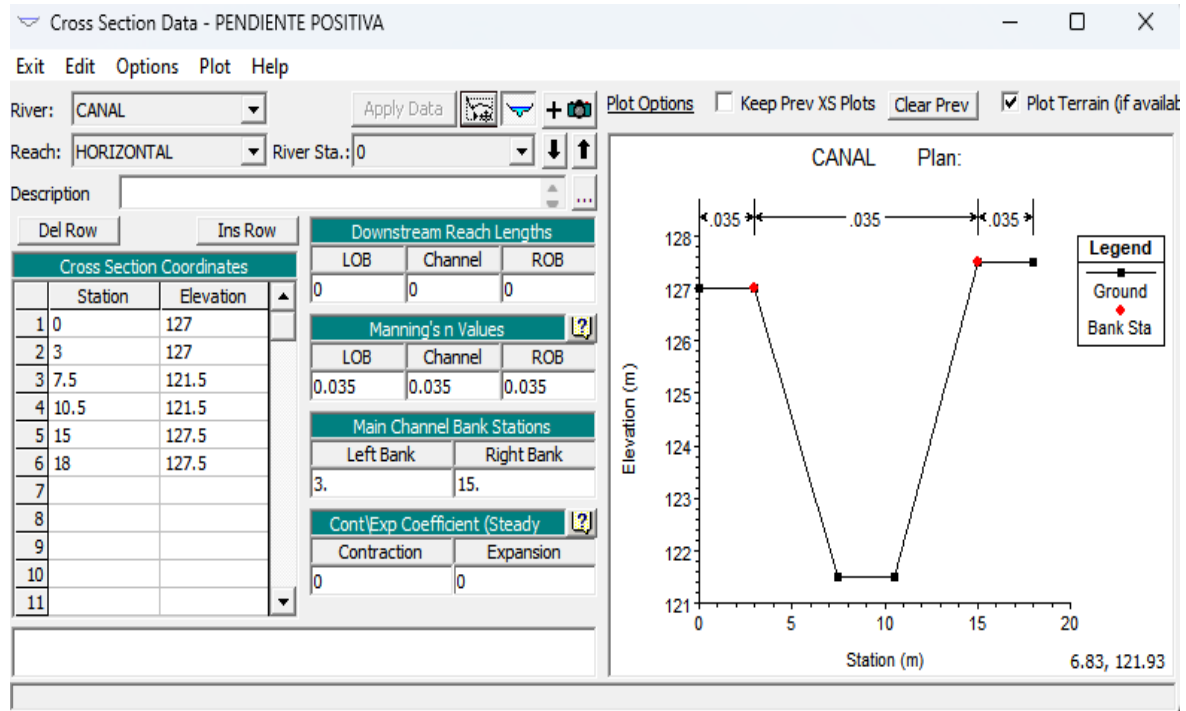


Figura 17

Datos de diseño-flujo permanente

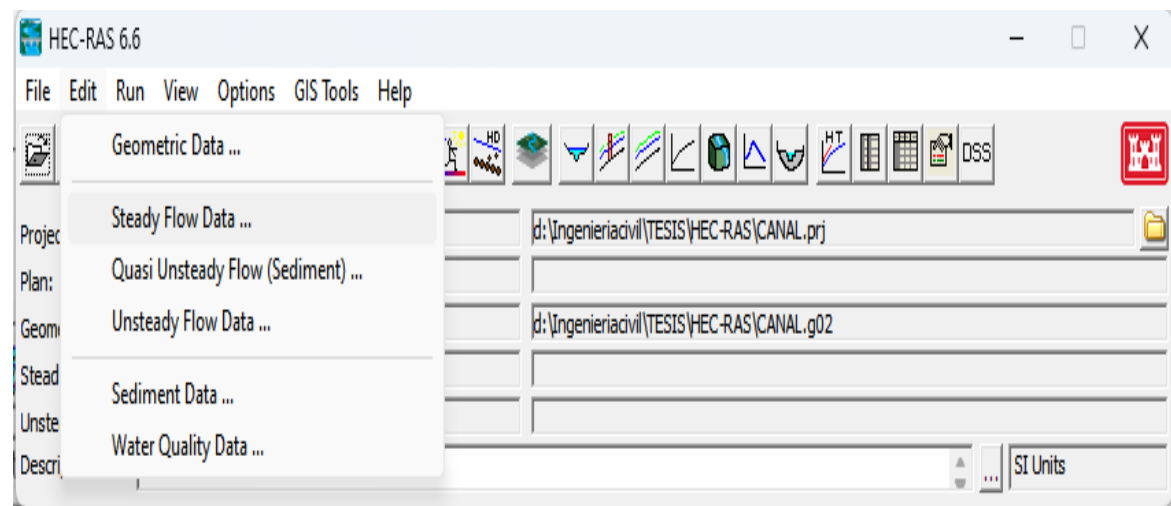
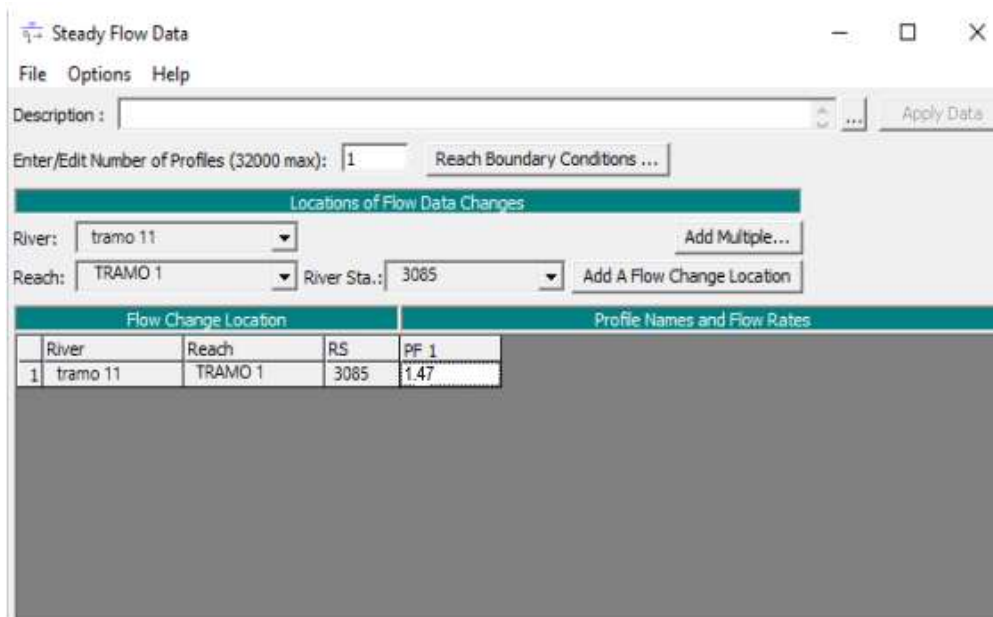


Figura 18

Ingreso de datos de diseño-flujo permanente



Se muestra la interfaz del software utilizada para la edición e ingreso de datos relacionados con el flujo permanente en el diseño hidráulico. Se observa la configuración de perfiles y la asignación de condiciones de cambio de flujo.

Figura 19

Diseño en la sección transversal – 1+121 km

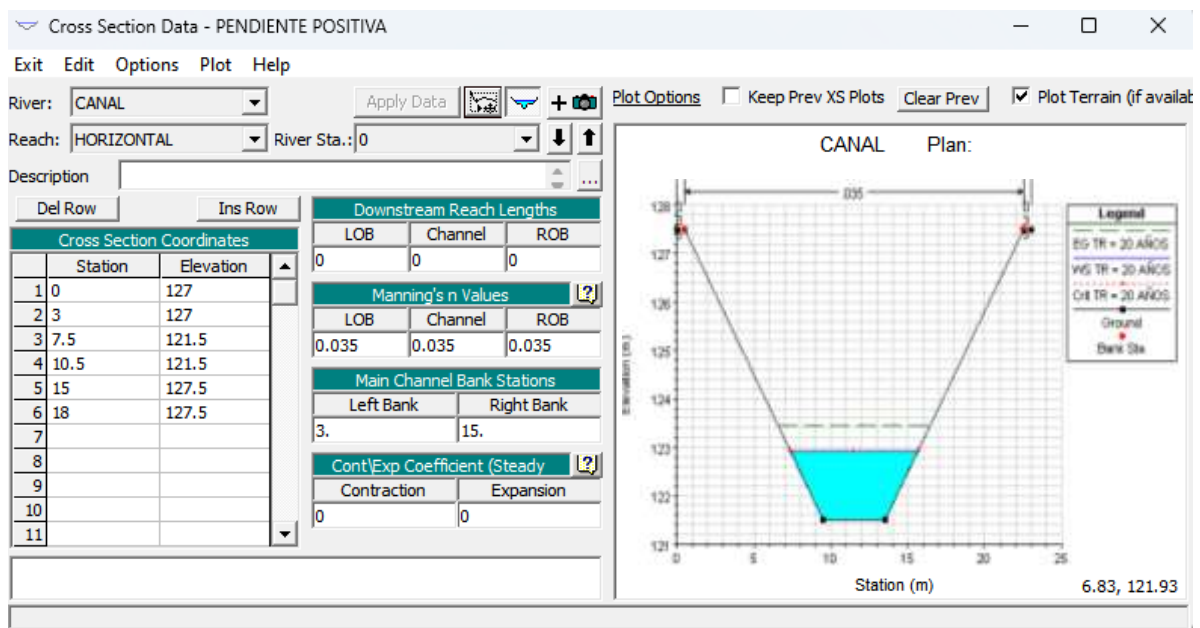


Figura 20

Vista de perfil – 1+121 km

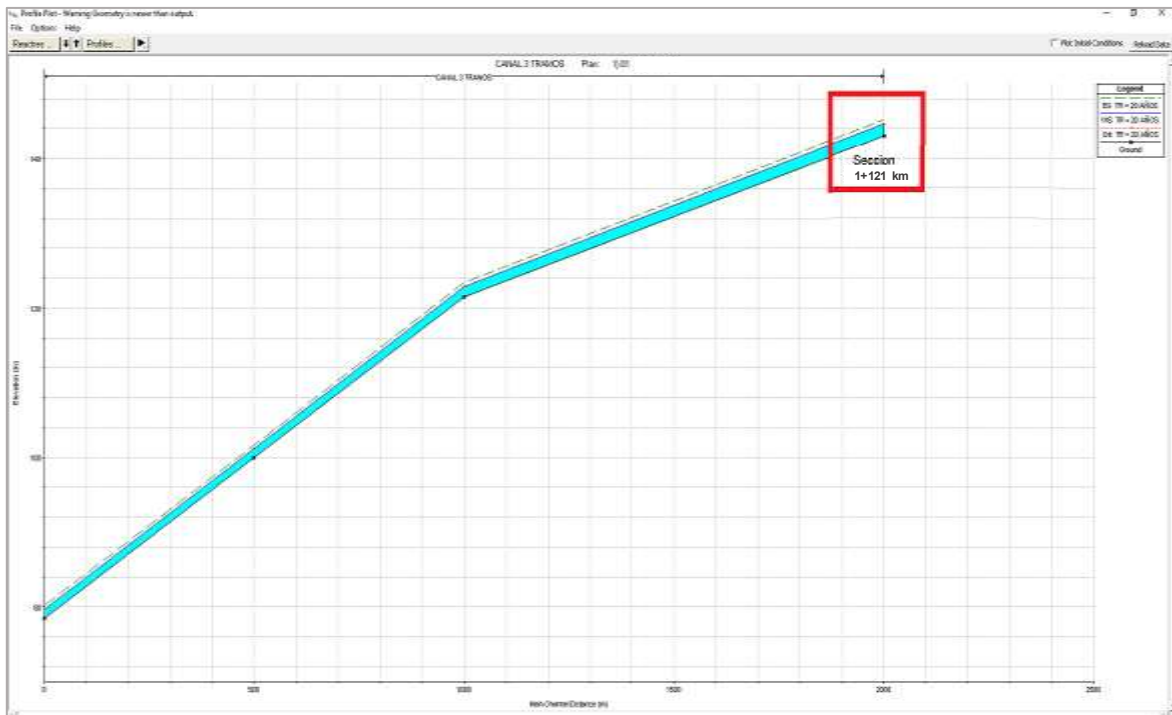


Figura 21

Vista de sección – 1+121 km

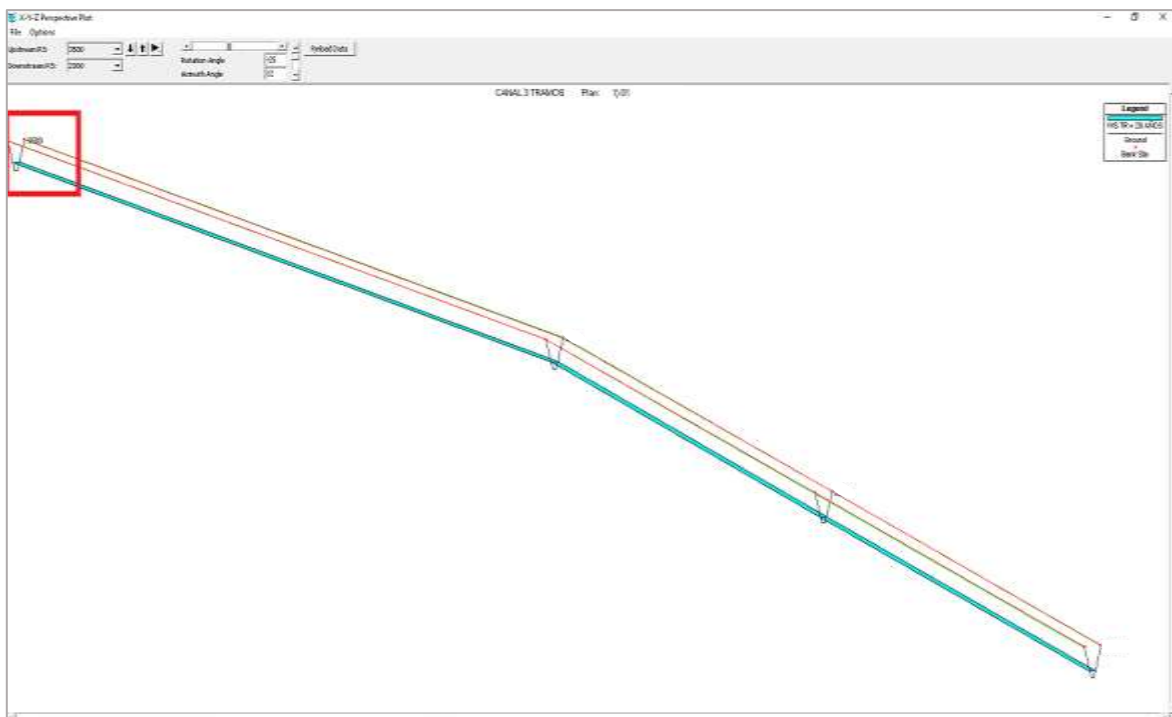


Figura 22

Diseño en la sección transversal – 2+829 km

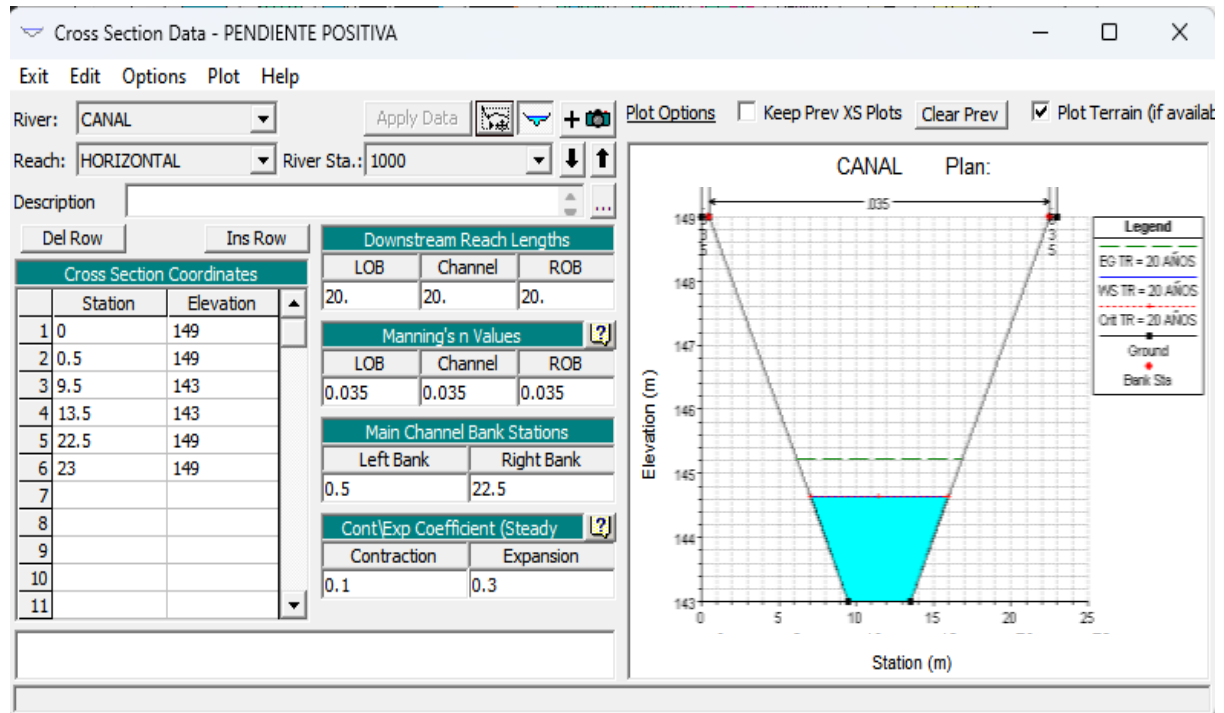


Figura 23

Vista de perfil – 2+829 km

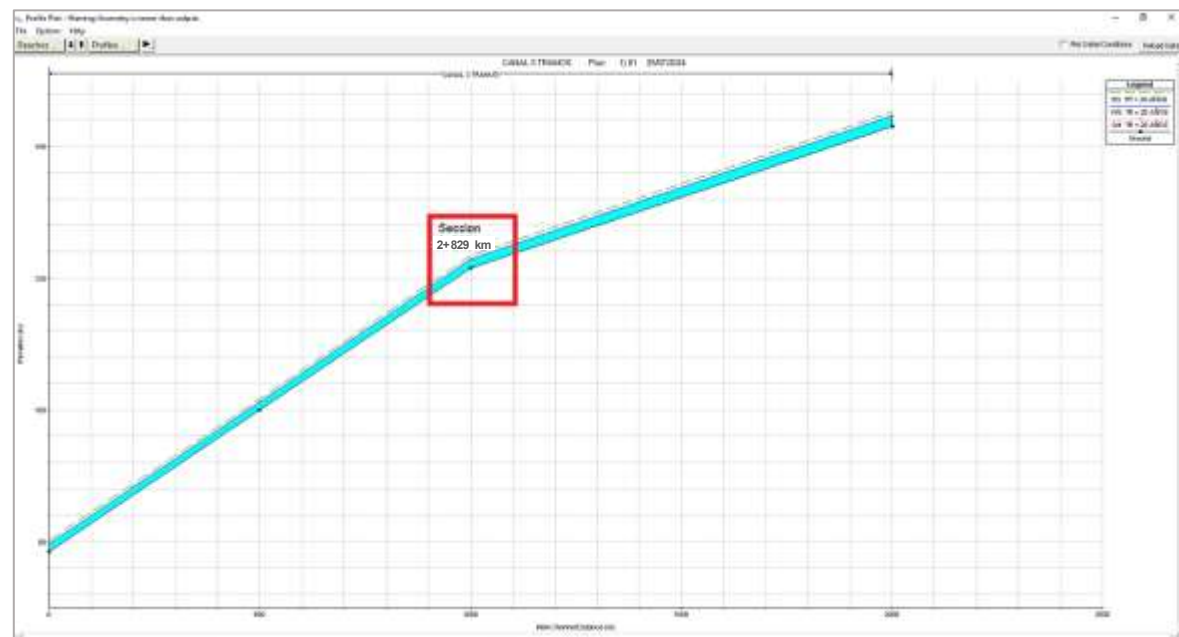


Figura 24

Vista de sección – 2+829 km



Figura 25

Vista tridimensional

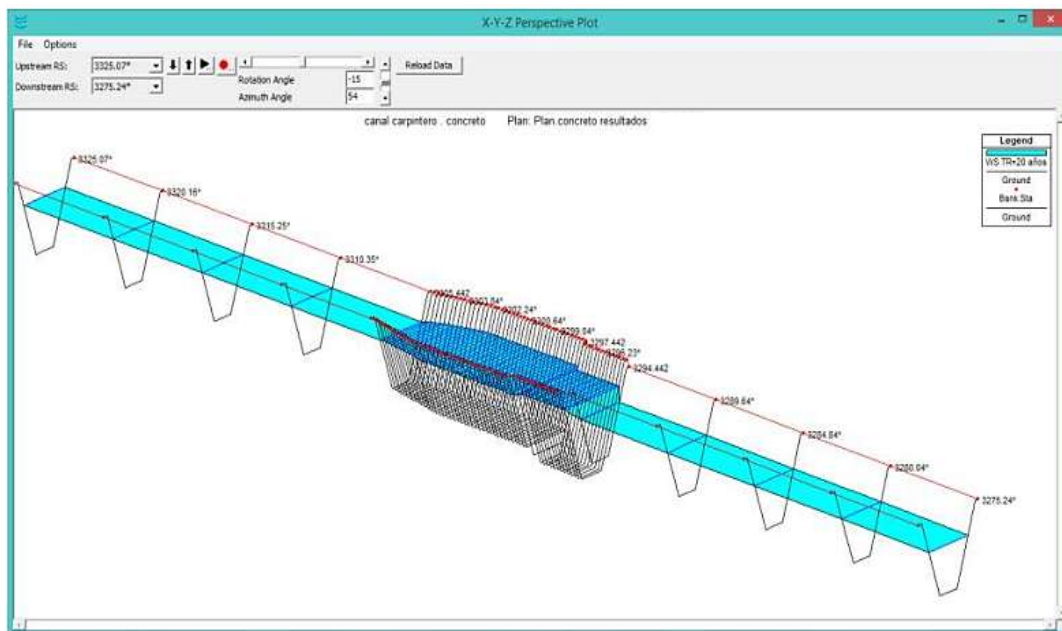


Figura 26

Vista de tramo de retención



Tabla 13

Resultados del canal en HEC-RAS

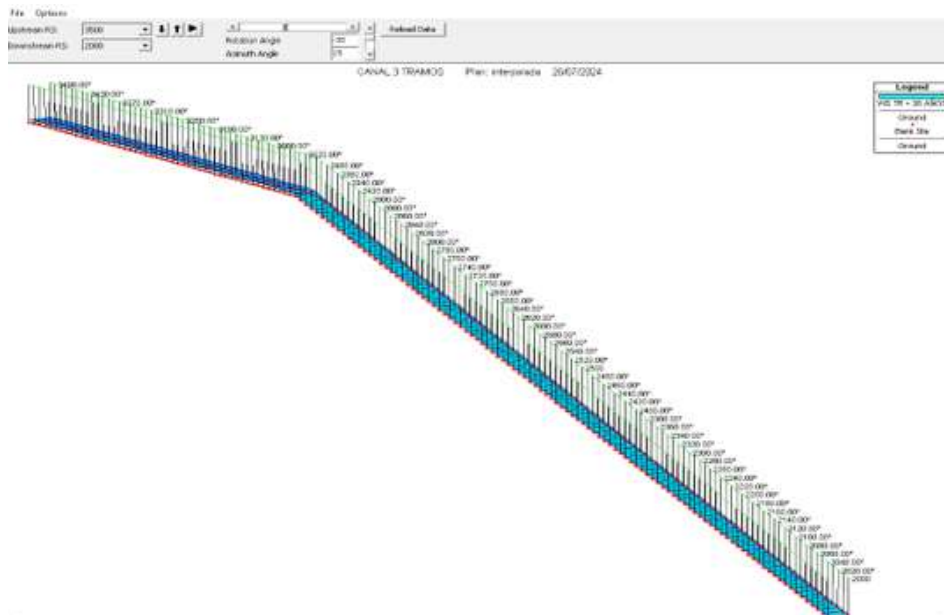
DATOS DEL DISEÑO DE CANAL		CALCULO DEL DISEÑO DEL CANAL								
Progresiva (Km)	Q (M3/S)	N	Tirante Y (M)	Área A (M)	Espejo De Agua T (M)	Radio Hidráulico R (M)	Velocidad (M/S)	Numero De Froude F	Tipo De Flujo (Fr)	
De:	A:									
0+000.00	0+221.00	0.01812	0.013	0.1291	0.0600	0.5291	0.0871	0.3022	0.2866	Subcritico
0+221.00	0+354.68	0.01812	0.013	0.0343	0.0143	0.4343	0.0300	1.2670	2.2292	Supercritico
0+354.68	0+623.03	0.01812	0.013	0.0539	0.0230	0.4539	0.0442	0.7873	1.1163	Supercritico
0+623.03	0+710.85	0.01812	0.013	0.0268	0.0111	0.4268	0.0241	1.6349	3.2392	Supercritico
0+710.85	0+814.76	0.01812	0.013	0.0402	0.0169	0.4402	0.0345	1.0721	1.7470	Supercritico
0+814.76	0+896.73	0.01812	0.013	0.0235	0.0097	0.4235	0.0214	1.8687	3.9432	Supercritico
0+896.73	0+965.61	0.01812	0.013	0.0353	0.0148	0.4353	0.0308	1.2281	2.1299	Supercritico
0+965.61	1+121.84	0.01812	0.013	0.0239	0.0099	0.4239	0.0217	1.8386	3.8500	Supercritico



1+121.84	1+307.20	0.01812	0.013	0.0437	0.0184	0.4437	0.0371	0.9823	1.5383	Supercritico
1+307.20	1+589.21	0.01812	0.013	0.0355	0.0148	0.4355	0.0310	1.2206	2.1110	Supercritico
1+589.21	1+958.03	0.01812	0.013	0.0288	0.0119	0.4288	0.0257	1.5186	2.9064	Supercritico
1+958.03	2+141.49	0.01812	0.013	0.0271	0.0112	0.4271	0.0243	1.6155	3.1830	Supercritico
2+141.49	2+325.92	0.01812	0.013	0.0256	0.0106	0.4256	0.0232	1.7113	3.4641	Supercritico
2+325.92	2+587.80	0.01812	0.013	0.0618	0.0266	0.4618	0.0495	0.6800	0.9039	Subcritico
2+587.80	2+674.02	0.01812	0.013	0.0266	0.0110	0.4266	0.0239	1.6483	3.2783	Supercritico
2+674.02	2+829.11	0.01812	0.013	0.0653	0.0283	0.4653	0.0518	0.6410	0.8304	Subcritico
2+829.11	2+933.76	0.01812	0.013	0.0259	0.0107	0.4259	0.0233	1.6967	3.4209	Supercritico
2+933.76	3+060.33	0.01812	0.013	0.0416	0.0175	0.4416	0.0355	1.0348	1.6591	Supercritico
3+060.33	3+263.40	0.01812	0.013	0.0255	0.0105	0.4255	0.0230	1.7234	3.5002	Supercritico
3+263.40	3+311.81	0.01812	0.013	0.0350	0.0146	0.4350	0.0306	1.2399	2.1599	Supercritico
3+311.81	3+860.28	0.01812	0.013	0.0274	0.0114	0.4274	0.0246	1.5957	3.1256	Supercritico
3+860.28	4+012.17	0.01812	0.013	0.0391	0.0164	0.4391	0.0336	1.1050	1.8256	Supercritico
4+012.17	4+065.63	0.01812	0.013	0.0251	0.0104	0.4251	0.0227	1.7505	3.5817	Supercritico

Se presenta los resultados del diseño hidráulico del canal mediante el software HEC-RAS, mostrando una progresiva que varía desde 0+000 km hasta 4+012.17 km, con un caudal constante de 0.0812 m³/s. El área hidráulica (A) fluctúa entre 0.1291 m² en el tramo inicial y 0.1010 m² en el tramo final, mientras que el espejo de agua (B) oscila entre 0.5281 m y 0.4251 m. El radio hidráulico (R) varía de 0.0871 m a 0.0227 m, reflejando cambios en la geometría del canal. La velocidad del flujo (V) aumenta progresivamente desde 0.3022 m/s en la progresiva 0+000 km hasta 1.7505 m/s en la progresiva 4+012.17 km, lo que repercute en el número de Froude (F), que va de 2.2866 a 3.5817, indicando en todos los casos un flujo supercrítico. Estos resultados permiten evaluar el comportamiento hidráulico del canal, garantizando su capacidad para transportar el caudal de diseño de manera eficiente y sin riesgos de desbordamiento.

Figura 27

Diseño general del canal de riego

4.2 Discusión de resultados

Los antecedentes analizados en esta investigación brindan un marco de referencia clave para evaluar la eficiencia hidráulica en sistemas de riego y plantear soluciones que optimicen la distribución del recurso hídrico en la cuenca del río Ramis, provincia de Azángaro. A partir del análisis comparativo de los estudios previos, se identifican aspectos fundamentales que sustentan los hallazgos de esta investigación y permiten contrastar los resultados obtenidos con experiencias similares en otras regiones del país.

Comparación con Estudios Previos sobre Eficiencia Hidráulica en Canales de Riego

El estudio de Vargas (2021) sobre la recuperación de la eficiencia hidráulica en el canal de riego Apata en Junín destacó que la implementación de tratamientos correctivos logró incrementar la eficiencia de conducción del canal del 30.28% al 81.86%, lo que evidencia la importancia de evaluar el estado de los canales y aplicar estrategias de mejora para reducir pérdidas por infiltración y fugas en juntas. Este hallazgo es relevante para el presente estudio, ya que sugiere que las pérdidas de agua en los sistemas de riego pueden reducirse significativamente mediante intervenciones técnicas adecuadas. En la cuenca

del río Ramis, donde existen infraestructuras con deficiencias similares, se espera que la implementación de estructuras optimizadas logre un incremento sustancial en la eficiencia de conducción, alineándose con los resultados obtenidos en el estudio de Vargas.

De manera similar, Capcha y Martínez (2021) encontraron diferencias en la eficiencia hidráulica de distintos tipos de secciones de canal en el sistema de riego Huayao, Junín. Se determinó que los canales rectangulares presentaban una eficiencia significativamente mayor (92.33% - 95.6%) en comparación con los canales trapezoidales (58.36% - 71.53%). Esta diferencia se atribuyó a la menor rugosidad y a la mayor capacidad de conducción de los canales rectangulares. Este hallazgo es fundamental para la presente investigación, ya que permite inferir que el diseño geométrico de las estructuras de riego en la cuenca del río Ramis debe priorizar configuraciones que minimicen pérdidas de caudal y optimicen la conducción del flujo.

Por su parte, Huamán y Valverde (2023) analizaron la eficiencia hidráulica en el canal de riego Pukajirka considerando distintos tipos de revestimientos y concluyeron que el revestimiento de concreto fue la mejor opción tanto en términos de rendimiento hidráulico como en sostenibilidad ambiental. Esto coincide con el planteamiento de esta investigación, que busca proponer mejoras en la infraestructura hidráulica para incrementar la eficiencia de conducción del agua. La adopción de revestimientos óptimos en los canales de la cuenca del río Ramis podría generar un impacto positivo en la reducción de infiltraciones y pérdidas de caudal.

Evaluación de Pérdidas Hidráulicas en Infraestructuras de Riego

Los estudios revisados indican que las pérdidas de agua en canales de riego pueden estar asociadas a diversos factores, incluyendo la rugosidad del material de revestimiento, la acumulación de sedimentos y la presencia de fugas en juntas y secciones deterioradas. En el estudio de García (2023), se determinó que la acumulación de sedimentos y el crecimiento de vegetación generaban un aumento en el coeficiente de rugosidad, disminuyendo la eficiencia hidráulica de los canales en Puno. Este fenómeno es relevante para la presente investigación, ya que en la cuenca del río Ramis se han

reportado problemas similares, los cuales afectan la capacidad de conducción de los canales y comprometen la disponibilidad de agua para los agricultores.

Asimismo, Velázquez (2024) identificó que la eficiencia hidráulica en el canal de irrigación de Toraya, Apurímac, alcanzaba un 88.25%, lo que indica que aún existen oportunidades de optimización para minimizar las pérdidas de caudal. En comparación con otros estudios, donde se han logrado incrementos de hasta 50% en la eficiencia de conducción tras la aplicación de mejoras estructurales, se espera que la implementación de nuevas estructuras en la cuenca del río Ramis logre resultados equivalentes o superiores.

Importancia del Modelado Computacional para la Evaluación Hidráulica

Otro aspecto relevante identificado en los antecedentes es el uso de herramientas computacionales para el análisis del comportamiento hidráulico en redes de distribución de agua. Estudios como el de Japura (2021) y Anchapuri (2021) han demostrado que la modelación computacional es una metodología efectiva para evaluar la eficiencia de conducción y detectar problemas en los sistemas hidráulicos. En el presente trabajo se utilizarán las mismas herramientas para modelar distintos escenarios de diseño y analizar cómo las mejoras propuestas impactarían en la eficiencia de riego en la cuenca del río Ramis.

La investigación de Japura (2021) demostró que el software WaterCAD logró aproximaciones del 88.74% en la modelación de redes de distribución de agua potable. Estos resultados indican que el uso de software de modelación hidráulica puede ser determinante para analizar el comportamiento de las estructuras de riego en esta investigación. Además, el análisis computacional permitirá identificar puntos críticos en los canales de riego y mejorar el diseño de las estructuras para minimizar pérdidas de agua.

Estudios anteriores demuestran que la modernización de infraestructuras hidráulicas puede mejorar significativamente la eficiencia de conducción del agua. En ese contexto, la presente investigación apoyará en la elaboración de un diseño estructural mejorado para los sistemas de riego en la cuenca del río Ramis, utilizando criterios técnicos



y metodologías validadas en estudios anteriores. Se espera que los resultados mejoren la eficiencia hidráulica de los canales en un 30%-50%, similar a lo que ya se ha logrado en estudios anteriores en otras partes del Perú.

Además, se ha demostrado que los revestimientos de concreto y los canales de geometría eficiente reducen en gran medida las pérdidas de agua, por lo que su aplicación en la cuenca del río Ramis mejorará la disponibilidad de agua para riego agrícola. Con la instalación de nuevas infraestructuras de riego, los agricultores no solo mejorarán su productividad, sino que también ayudarán a preservar el recurso hídrico en la zona.

En conclusión, la comparación de los resultados de esta investigación con los estudios previos permite reafirmar la importancia de mejorar la infraestructura hidráulica en la cuenca del río Ramis. La adopción de diseños optimizados, el uso de materiales adecuados y la aplicación de herramientas de modelado hidráulico serán clave para garantizar una gestión eficiente del agua en la región. De esta manera, se espera que los hallazgos de este estudio no solo contribuyan a la mejora de los sistemas de riego en Azángaro, sino que también sirvan como referencia para futuras intervenciones en otras cuencas hidrográficas del país.



CONCLUSIONES

General, la evaluación de las características del suelo y las condiciones actuales del canal de riego en la provincia de Azángaro revela factores clave que afectan la eficiencia hidráulica, como la composición de los suelos y los niveles de humedad, que inciden en las propiedades geotécnicas y la capacidad de soporte de las estructuras de riego. El canal rústico existente presenta un deterioro significativo y baja eficiencia en la conducción del agua, lo que impacta negativamente en la distribución del recurso hídrico. El modelamiento hidráulico mediante HEC-RAS mostró variaciones en la geometría del canal y un flujo supercrítico, lo que resalta la necesidad de mejorar su diseño. Por lo tanto, la propuesta de nuevas estructuras de riego en los sectores de la cuenca del río Ramis debe considerar estos aspectos para optimizar la conducción del agua, reducir pérdidas y mejorar la eficiencia hidráulica, contribuyendo a un uso más sostenible del recurso.

Primera, las características del suelo en el estudio de estructuras de riego en la provincia de Azángaro fueron determinadas mediante la excavación de 14 calicatas, con profundidades que oscilan entre 1.0 m y 1.5 m. Los resultados indican que la composición predominante del suelo corresponde a limos inorgánicos de baja plasticidad (ML), acompañados en algunos sectores por arenas mal gradadas con presencia de limo (SP-SM). Además, se identificaron niveles de humedad que varían entre 24.16% y 39.94%, lo que influye directamente en las propiedades geotécnicas del suelo y su capacidad de soporte para las estructuras de riego.

Segunda, actualmente, en la zona de estudio ubicada en la provincia de Azángaro, se encuentra un canal rústico de tierra que se extiende a lo largo de 2.798 km en el margen derecho y 6.036 km en el margen izquierdo. Sin embargo, este canal presenta una baja eficiencia en la conducción del agua y se encuentra en un estado de deterioro considerable.



Su ancho varía a lo largo de diferentes tramos, con valores que oscilan entre 0.40 m como mínimo y 0.80 m como máximo. En términos hidráulicos, el área total de la cuenca es de 18 km², con una pendiente de 0.05 m/m. El análisis del balance hídrico indica que la fuente de agua disponible es capaz de mantener un equilibrio adecuado entre la oferta y la demanda, lo que permite su aprovechamiento en el presente estudio.

Tercera, el modelamiento hidráulico mediante el software HEC-RAS, se analizó el comportamiento del flujo a lo largo de una progresiva que abarca desde 0+000 km hasta 4+012.17 km, considerando un caudal constante de 0.0812 m³/s. Los resultados muestran que el área hidráulica (A) varía entre 0.1291 m² en el tramo inicial y 0.1010 m² en el tramo final, mientras que el espejo de agua (B) oscila entre 0.5281 m y 0.4251 m, reflejando cambios en la sección transversal del canal. Asimismo, el radio hidráulico (R) presenta una disminución progresiva, desde 0.0871 m hasta 0.0227 m, lo que evidencia modificaciones en la geometría del flujo. La velocidad del agua (V) aumenta gradualmente, pasando de 0.3022 m/s en la progresiva 0+000 km a 1.7505 m/s en la progresiva 4+012.17 km, lo que influye directamente en el número de Froude (F), cuyos valores varían de 2.2866 a 3.5817, confirmando la presencia de un flujo supercrítico en todos los tramos analizados.



RECOMENDACIONES

Primero, se recomienda el uso de software de simulación más sofisticados, como CFD (Computational Fluid Dynamics), para evaluar con mayor precisión el comportamiento del flujo en los canales y estructuras de riego, permitiendo optimizar su diseño y eficiencia.

Segundo, se recomienda incorporar tecnología de sensores y modelado hidrodinámico en futuras investigaciones para evaluar en tiempo real la eficiencia de conducción y distribución del agua en los canales de riego, permitiendo ajustes operativos en función de la demanda hídrica.

Tercero, se recomienda investigar la implementación de tecnologías de riego presurizado (aspersión y goteo) en comparación con los sistemas tradicionales, evaluando su viabilidad técnica y económica en los sectores de la cuenca del río Ramis.

Cuarto, en futuras investigaciones, se debe incluir un estudio económico que permita evaluar la viabilidad financiera de las propuestas de diseño, considerando los costos de implementación, mantenimiento y los beneficios en términos de aumento de la producción agrícola. Además, sería relevante investigar cómo las nuevas estructuras de riego impactarán en las comunidades locales, mejorando sus condiciones de vida y productividad.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anchapuri Calderon, W. G. (2021). Comportamiento hidráulico en redes de distribución de agua potable herramientas computacionales, Pisacoma—Puno 2020. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60002>
- Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. 6ta. Edición*. Editorial Episreme.
- Baena, G. M. E. B. (2020). *Metodología de la Investigación*. Grupo Editorial Patria.
- Bartolo Reyes, J. R. (2022). Evaluación hidráulica de canal abierto plan merys para mejorar el sistema de riego en el distrito de Sicaya, Huancayo, 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/109254>
- Capcha Ricaldi, G. S., & Martinez Chuquillanqui, F. J. (2021). Evaluación de eficiencia hidráulica de canales de riego por gravedad—Canal Huayao, Chupaca, Junín 2021. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11093>
- Delgado Gálvez, L. E., & Huamán Rojas, J. S. (2021). Eficiencia Hidráulica de la Red de Distribución de Agua Potable del Sector Fila Alta – Jaén. *Universidad Nacional de Jaén*. <http://repositorio.unj.edu.pe/jspui/handle/UNJ/284>
- Durand Nole, G. A. del P. (2021). Diseño hidráulico de canal de riego San José, centro poblado La Golondrina, distrito de Marcavelica, Sullana, Piura. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/70923>
- Fabian Chavarria, E., & Puri Chavarria, K. J. (2023). Eficiencia de conducción del canal de riego de la localidad de Puyugüero, Sihuas, Ancash; Propuesta de Mejora 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/123905>
- FAO. (2021). *Sistema mundial de información de la FAO sobre el agua en la agricultura*. <https://www.fao.org/aquastat/es/>



- Flores Serrano, N. H. (2022). Diseño de la infraestructura de riego para mejorar la eficiencia hidráulica del canal El Porvenir 0+000-4+264 km. Distrito La Peca- Amazonas.
Repositorio Institucional - UCV.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/148531>
- Garcia Ramos, L. A. (2023). *Análisis de la eficiencia hidráulica del canal del Centro Poblado Illeca Molino Zepita mediante la comparación de los coeficientes de rugosidad inicial y final—Puno 2022.* <https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/815>
- Gobierno del Perú. (2019). *Política y Estrategia Nacional de Recursos Hídricos.* Drupal.
<https://www.ana.gob.pe/nosotros/planificacion-hidrica/politica-estrategia-recursos-hidricos>
- Huaman Flores, D. R., & Valverde Atanacio, W. G. (2023). Análisis hidráulico empleando el criterio de máxima eficiencia hidráulica con distintos tipos de revestimiento y evaluación de huellas de carbono, en el canal de riego Pukajirka del km 0+000 al km 1+526.10 en el distrito de Anra, Ancash. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).* <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/669955>
- Japura Cruz, W. A. (2021). Comportamiento hidráulico de flujos en redes de distribución de agua potable evaluados mediante métodos computacionales Yunguyo, Puno 2021. *Repositorio Institucional - UCV.*
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/86239>
- Julian Yanqui, E., & Chuquiyauri Guerra, J. (2021). Análisis y simulación del canal entubado Checchehua-Casa Blanca con Hec-Ras 4.1.0, para mejorar la eficiencia hidráulica, distrito de Tambo, Huancavelica.
- Justiniano Flores, J. C. (2024). Análisis hidráulico con WaterCAD V10i del sistema de riego tecnificado utilizado en la localidad de Chaupiloma, Cajay – Huari – Ancash—2023. *Repositorio - UNS.* <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4653>
- Justiniano Obregon, J. D. (2022). Diseño del canal de riego del Caserío de Conchumayo, Distrito Santa María del Valle, Huánuco, 2022. *Repositorio Institucional - UCV.*
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/105226>



- Khatete, G., Messo, R. J., & Home, P. G. (2023). Evaluating the Technical, Managerial, Socio-economic and Environmental Performance of Kenya's Ahero Irrigation Scheme Using the Analytical Hierarchy Process (AHP) Model. *JOURNAL OF AGRICULTURE, SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 22(3), Article 3. <https://doi.org/10.4314/jagst.v22i3.2>
- López Contreras, K. E. (2022). *Evaluación hidráulica para mejorar la eficiencia hidráulica del canal de riego en el sector La Huerta, C.P. Cerro Alegre, distrito de Imperial, Cañete, Lima—2019*. <https://hdl.handle.net/20.500.13028/4411>
- Manrique Yahua, E. M. (2024). Evaluación de eficiencia hidráulica del canal de abastecimiento entre centrales hidroeléctricas Charcani III, Charcani I y Charcani II, Cayma, Arequipa, 2023. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/16189>
- Mires Gómez, J. S., & Gonzales Zapata, C. A. (2023). *Evaluación de la eficiencia de un sistema de riego tecnificado a goteo en el cultivo de papaya en el sector El Palillo distrito de Jayanca—Lambayeque*. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/12380>
- Moncada Vera, J. J., & Ventura Anchundia, M. M. (2025). *Análisis del mejoramiento hidráulico en el sistema de drenaje en la vía Valdivia-Libertador Bolívar, provincia de Santa Elena* [bachelorThesis, La Libertad, Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2025]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/12693>
- Morales Acosta, M. A., Romero Valdez, K. K., & Garzón González, R. E. (2019). Aplicación del software educativo C_efficiency para el diseño de canales de máxima eficiencia hidráulica. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI*, 7(13), 101-106.
- Moyale, G. K. (2024). *Evaluating the Hydraulic, Managerial, Socio-Economic and Environmental Performance of Ahero Irrigation Scheme* [Thesis, JKUAT-CoETEC]. <http://localhost/xmlui/handle/123456789/6353>



- Peralta Surco, H. (2021). Evaluación prospectiva del sistema de abastecimiento de agua potable para la eficiencia de los recursos hídricos en la localidad de Cabanilla, distrito de Cabanilla, Lampa—Puno, 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/87689>
- Pillhuaman Silvera, B. C., & Delgado Sotelo, D. R. (2023). Variación de la máxima eficiencia hidráulica en los diseños de canales de irrigación rectangulares y trapezoidales de baja pendiente. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/669985>
- Posada Hortelano, G. (2023). *Abastecimiento de agua y energía en la rehabilitación de dos canales de riego en Iringa, Tanzania* (east=35.69313969594874; north=-7.733806543853428; name=Iringa, Región de Iringa, Southern Highlands Zone, Tanzania) [Masters, E.T.S. de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas (UPM)]. <https://oa.upm.es/74809/>
- Ramos Quiliche, B. D. (2020). *Evaluación de máxima eficiencia hidráulica en canales trapezoidales y rectangulares revestidos de concreto mediante el desarrollo de un programa en Matlab*.
- Ticona Parihuana, V. A. (2024). Evaluación de las pérdidas de conducción y mejoramiento de la eficiencia hidráulica en el canal de riego Yesera, Magollo, Vilacollo - Quilahuani - Candarave - Tacna, tramo: Km 004 + 200 hasta 006 + 700. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/15846>
- Tunque Quispe, J. D. (2022). Eficiencia del Servicio de Agua del Sistema de Riego de los Canales del Distrito de Chupaca, Chupaca, Junin. *Universidad Peruana Los Andes*. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/4958>
- Vargas Zacarías, A. B. (2021). Recuperación de la eficiencia hidráulica en estructuras de conducción abierta – Canal de Riego Apata, Región Junín en el 2019. *Universidad Nacional del Centro del Perú*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7044>



Velazque Huallpa, M. (2024). *Análisis de la eficiencia hidráulica en la estructura del canal de irrigación distrito de Toraya, provincia de Aymaraes, departamento Apurímac – 2022.* <https://hdl.handle.net/20.500.14512/816>



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de Consistencia

EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
Problema General: ¿De qué manera mejora de la máxima eficiencia hidráulica con la propuesta de diseño de estructuras de riego en sectores de la cuenca del río Ramis de la provincia de Azángaro 2025?	Objetivo General: Evaluar la mejora de la máxima eficiencia hidráulica con la propuesta de diseño de estructuras de riego en sectores de la cuenca del río Ramis de la provincia de Azángaro 2025.	Hipótesis General: La mejora de la máxima eficiencia hidráulica con la propuesta de diseño de estructuras de riego en sectores de la cuenca del río Ramis de la provincia de Azángaro 2025, se dará de forma significativa debido a las buenas pendientes.	<p>Variable de caracterización:</p> <p>Diseño de estructuras de riego</p> <p>Sección transversal Pendiente Caudal máximo requerido</p> <p>Variable de interés:</p> <p>Máxima eficiencia hidráulica</p> <p>Tirante máximo Nº Froude</p>	<p>Normativas y Hojas de calculo</p> <p>- Software HEC-RAS</p>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
¿Cuáles son las características del suelo presente en el diseño de estructuras de riego en sectores de la cuenca del río Ramis de la provincia de Azángaro?	Determinar las características del suelo presente en el diseño de estructuras de riego en sectores de la cuenca del río Ramis de la provincia de Azángaro.	Las características del suelo en los sectores de la cuenca del río Ramis serán buenos para el diseño de riego, en la provincia de Azángaro.		
¿Cuál es el estado situacional actual y parámetros hidráulicos para el diseño de estructuras de riego en sectores de la cuenca del río Ramis de la provincia de Azángaro?	Determinar el estado situacional actual y parámetros hidráulicos para el diseño de estructuras de riego en sectores de la cuenca del río Ramis de la provincia de Azángaro.	El estado situacional actual y parámetros hidráulicos para el diseño de estructuras de riego en sectores de la cuenca del río Ramis de la provincia de Azángaro, es deficiente pero favorable para la propuesta de canales de riego.		
¿Cuál es el comportamiento del diseño del sistema hidráulico de la infraestructura de riego para mejorar la eficiencia hidráulica del canal por medio de modelación de la estructura de riego utilizando el software HEC-RAS en la provincia de Azángaro?	Analizar el comportamiento del diseño del sistema hidráulico de la infraestructura de riego para mejorar la eficiencia hidráulica del canal por medio de modelación de la estructura de riego utilizando el software HEC-RAS en la provincia de Azángaro.	El comportamiento del diseño del sistema hidráulico de la infraestructura de riego para mejorar la eficiencia hidráulica del canal por medio de modelación de la estructura de riego utilizando el software HEC-RAS en la provincia de Azángaro, es eficiente.		



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS: EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZANGARO 2025

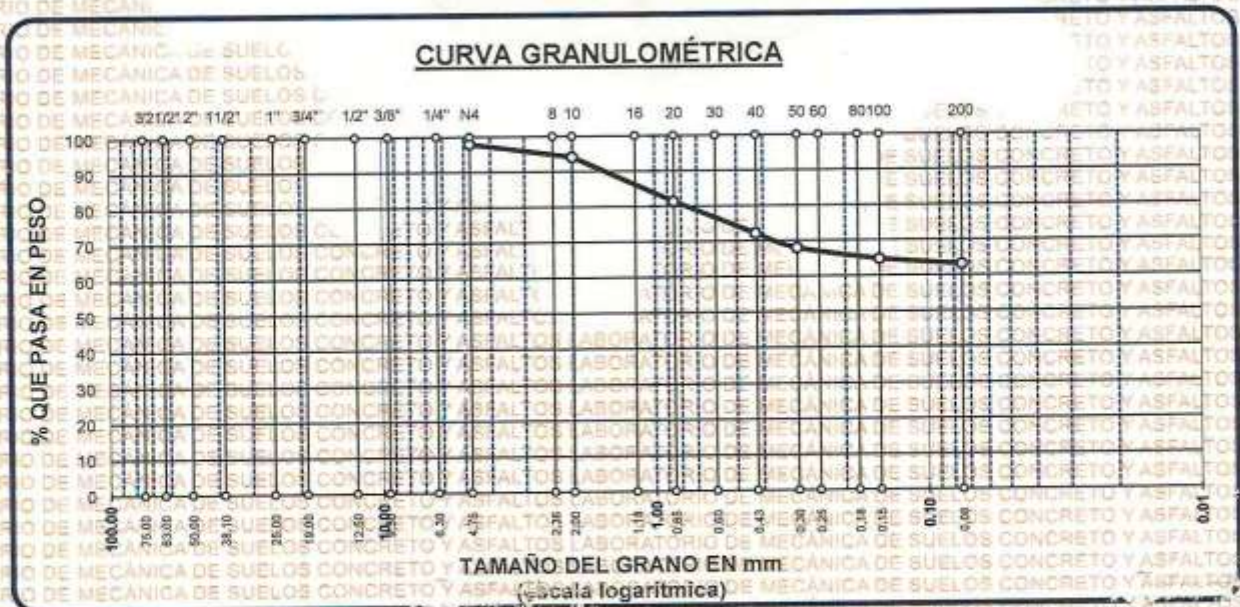
SOLICITANTE: BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR: PROVINCIA DE AZANGARO

MUESTRA: CALICATA 1

FECHA: 14 DE JULIO DEL 2025

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 2500.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 923.04
2"	50.000						P.P.= 1576.96
1 1/2"	38.100						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1"	25.000						L.L.= 39.94
3/4"	19.000						L.P.= 27.41
1/2"	12.500						I.P.= 12.52
3/8"	9.500						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
1/4"	6.300						D10= --- Cu= ---
No4	4.750	50.45	2.02	2.02	97.98		D30= --- Cc= ---
No8	2.360						D60= ---
No10	2.000	95.65	3.83	5.84	94.16		CLASIFICACIÓN:
No16	1.180						I.G. = :
No20	0.850	320.15	12.81	18.65	81.35		SUCS ML
No30	0.600						ASSTHO
No40	0.425	230.10	9.20	27.85	72.15		OBSERVACIONES:
No 50	0.300	105.36	4.21	32.07	67.93		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	80.65	3.23	35.29	64.71		
No200	0.075	40.68	1.63	36.92	63.08		
BASE		1576.96	63.08	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA			63.08				



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 M.S.C.A.
 PATRICIA
 Yana Torres



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS: EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÚGARO 2025

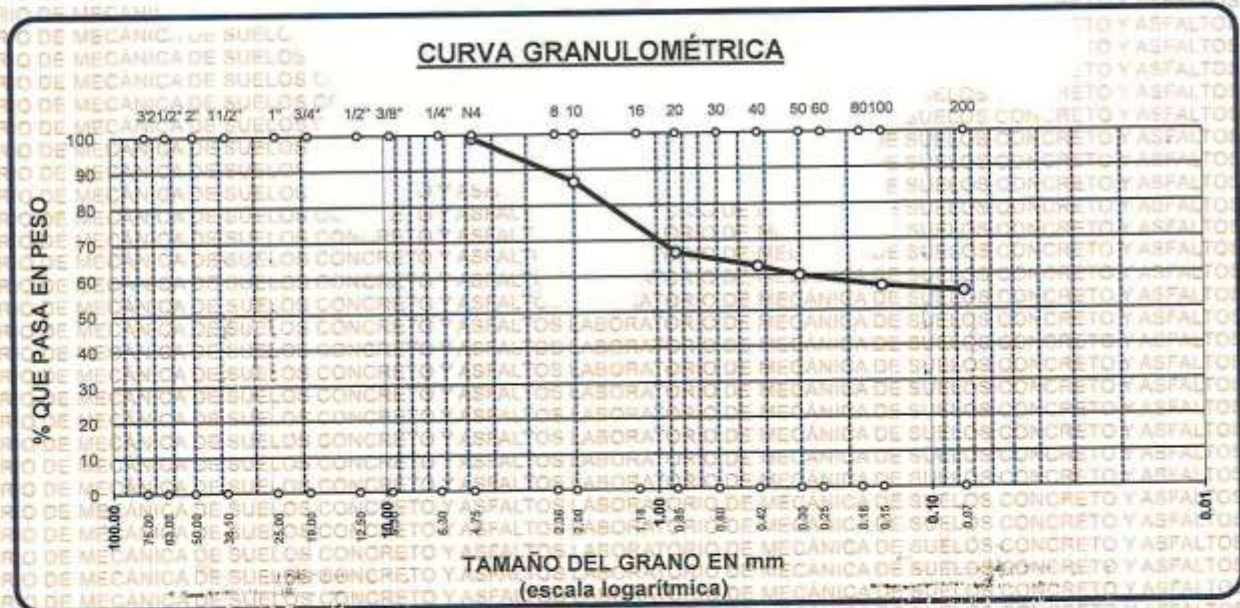
SOLICITANTE: BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR: PROVINCIA DE AZÚGARO

MUESTRA: CALICATA 2

FECHA: 14 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. ML	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 2500.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 1119.60
2"	50.000						P.P.= 1380.40
1 1/2"	38.100						LIMITES DE CONSISTENCIA: L.L.= 43.77 L.P.= 28.79 I.P.= 14.98
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						
3/8"	9.500						CARACT. GRANULOMÉTRICAS: D10= --- Cu= --- D30= --- Cc= --- D60= 0.30
1/4"	6.300						
No4	4.750	25.00	1.00	1.00	99.00		
No8	2.360						
No10	2.000	310.36	12.41	13.41	86.59		CLASIFICACIÓN: I.G. = :
No16	1.180						
No20	0.850	500.41	20.02	33.43	66.57		SUCS ML ASSTHO
No30	0.600						
No40	0.425	100.78	4.03	37.46	62.54		OBSERVACIONES:
No50	0.300	64.36	2.57	40.04	59.96		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	78.69	3.15	43.18	56.82		
No200	0.075	40.00	1.60	44.78	55.22		
BASE		1380.40	55.22	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA		55.22					



NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE





UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS: EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZANGARO 2025

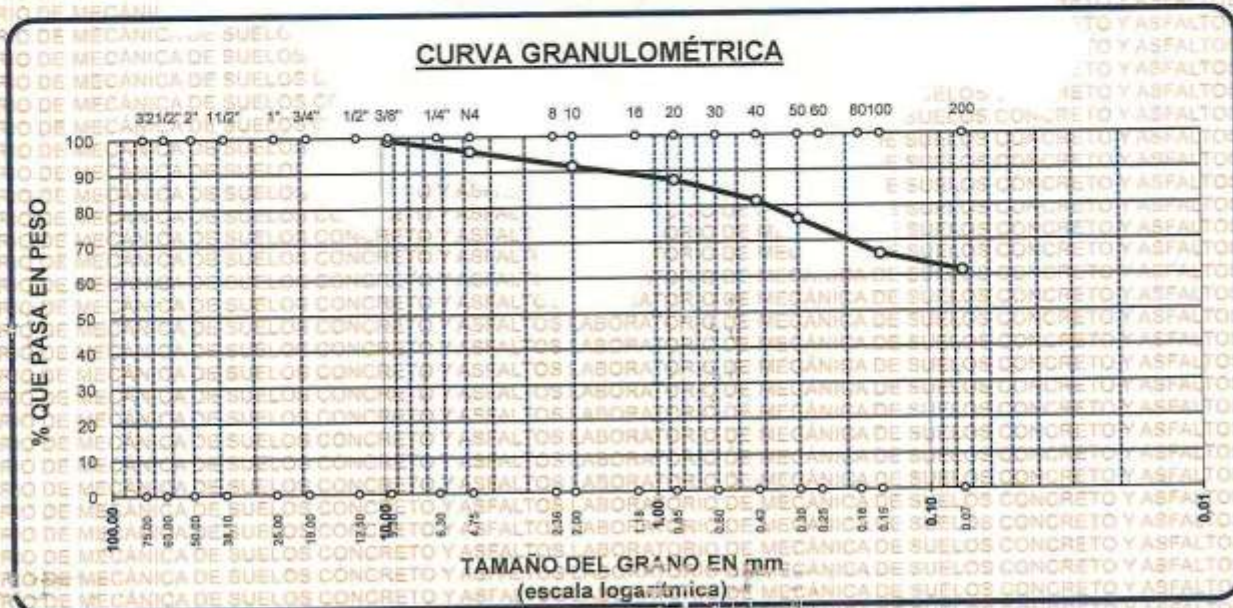
SOLICITANTE: BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR: PROVINCIA DE AZANGARO

MUESTRA: CALICATA 3

FECHA: 14 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 2500.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 964.74
2"	50.000						P.P.= 1535.26
1 1/2"	38.100						LIMITES DE CONSISTENCIA: L.L.= 47.96 L.P.= 30.03 I.P.= 17.93
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						CARACT. GRANULOMÉTRICAS: D10= --- Cu= --- D30= --- Cc= --- D60= ---
3/8"	9.500	21.40	0.86	0.86	99.14		
1/4"	6.300						
No4	4.750	80.45	3.22	4.07	95.93		CLASIFICACIÓN: I.G. = :
No8	2.360						
No10	2.000	110.45	4.42	8.49	91.51		
No16	1.180						SUCS ML ASSTHO
No20	0.850	100.65	4.03	12.52	87.48		
No30	0.600						
No40	0.425	150.64	6.03	18.54	81.46		OBSERVACIONES:
No50	0.300	130.45	5.22	23.76	76.24		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	250.34	10.01	33.78	66.22		
No200	0.075	120.36	4.81	38.59	61.41		
BASE		1535.26	61.41	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA							



NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torre
 2006-102-11-30257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZANGARO 2025

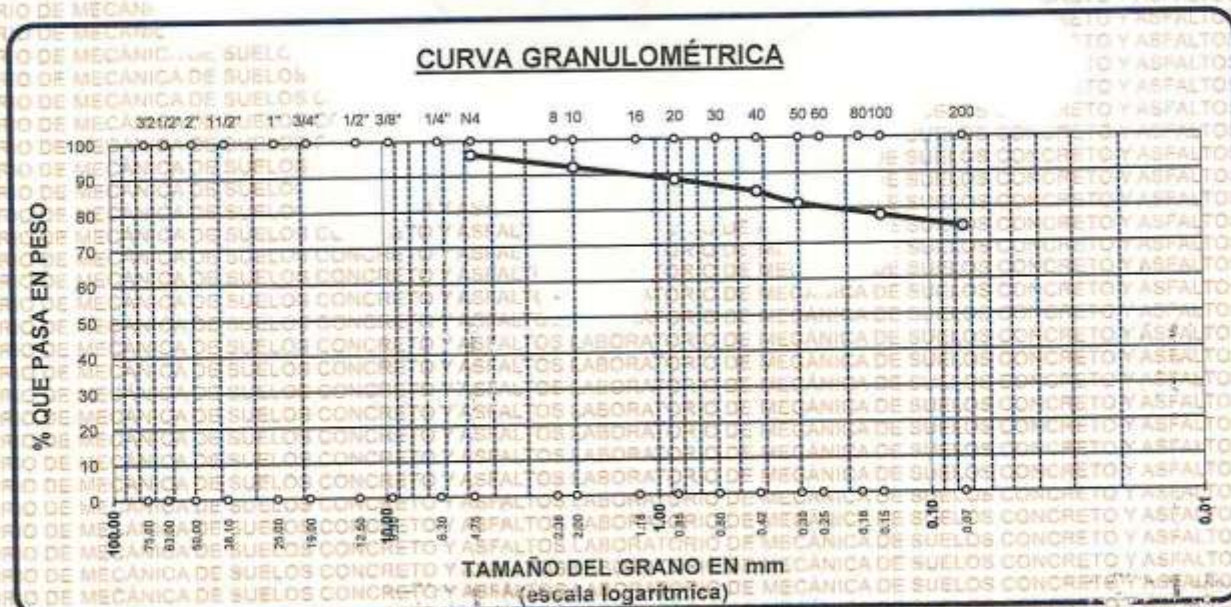
SOLICITANTE : BACHILLER SHARÓN NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR : PROVINCIA DE AZANGARO

MUESTRA : CALICATA 4

FECHA : 14 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 2500.00
2"	50.000						P.L.= 634.35
1 1/2"	38.100						P.P.= 1865.65
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						LL= 37.71
1/2"	12.500						L.P.= 27.28
3/8"	9.500						I.P.= 10.43
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	97.56	3.90	3.90	96.10		D10= — Cu= —
No8	2.360						D30= — Cc= —
No10	2.000	95.63	3.83	7.73	92.27		D60= —
No16	1.180						CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	93.24	3.73	11.46	88.54		I.G. =
No30	0.800						SUCS ML
No40	0.425	90.92	3.64	15.09	84.91		ASSTHO
No 50	0.300	88.35	3.53	18.63	81.37		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	84.72	3.39	22.02	77.98		
No200	0.075	83.93	3.36	25.37	74.63		
BASE		1865.65	74.63	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA			74.63				



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. INVESTIGACIÓN
 B.S. BONE-001145-98
 Lic. Arístides Luna Torres
 CUIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025

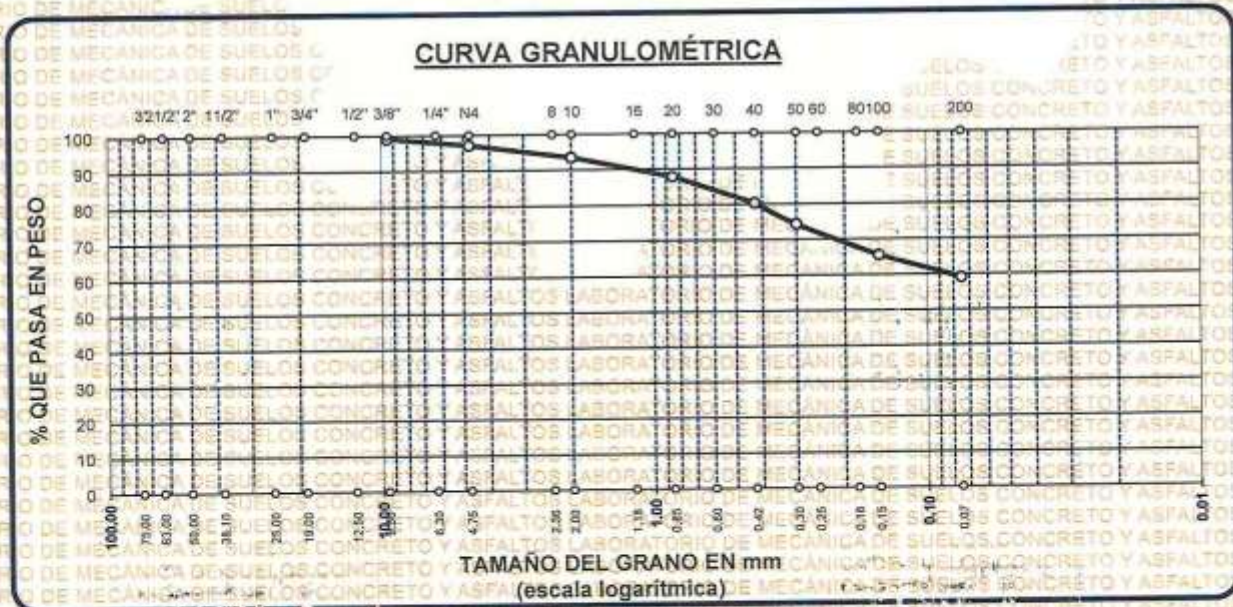
SOLICITANTE : BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR : PROVINCIA DE AZANGARO

MUESTRA : CALCATATA 5

FECHA : 14 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO.
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA P.L.= 2500.00 P.L.= 1023.41 P.P.= 1476.59 LIMITES DE CONSISTENCIA: L.L.= 40.97 L.P.= 32.97 I.P.= 8.00 CARACT. GRANULOMÉTRICAS: D10= _____ Cu= _____ D30= _____ Cc= _____ D60= 0.09 CLASIFICACIÓN: I.G. = : SUCS ML ASSTHO OBSERVACIONES:
2 1/2"	63.000						
2"	50.000						
1 1/2"	38.100						
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						
3/8"	9.500	20.45	0.82	0.82	99.18		
1/4"	6.300						
No4	4.750	50.47	2.02	2.84	97.16		
No8	2.360						
No10	2.000	90.00	3.60	6.44	93.56		
No16	1.180						
No20	0.850	140.00	5.60	12.04	87.96		
No30	0.600						
No40	0.425	190.54	7.62	19.66	80.34		
No 50	0.300	150.64	6.03	25.68	74.32		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	220.47	8.82	34.50	65.50		
No200	0.075	160.84	6.43	40.94	59.06		
BASE		1476.59	59.06	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA		59.06					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - OAP INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 BIE: 8006082698559



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS: EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RIO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZANGARO 2025

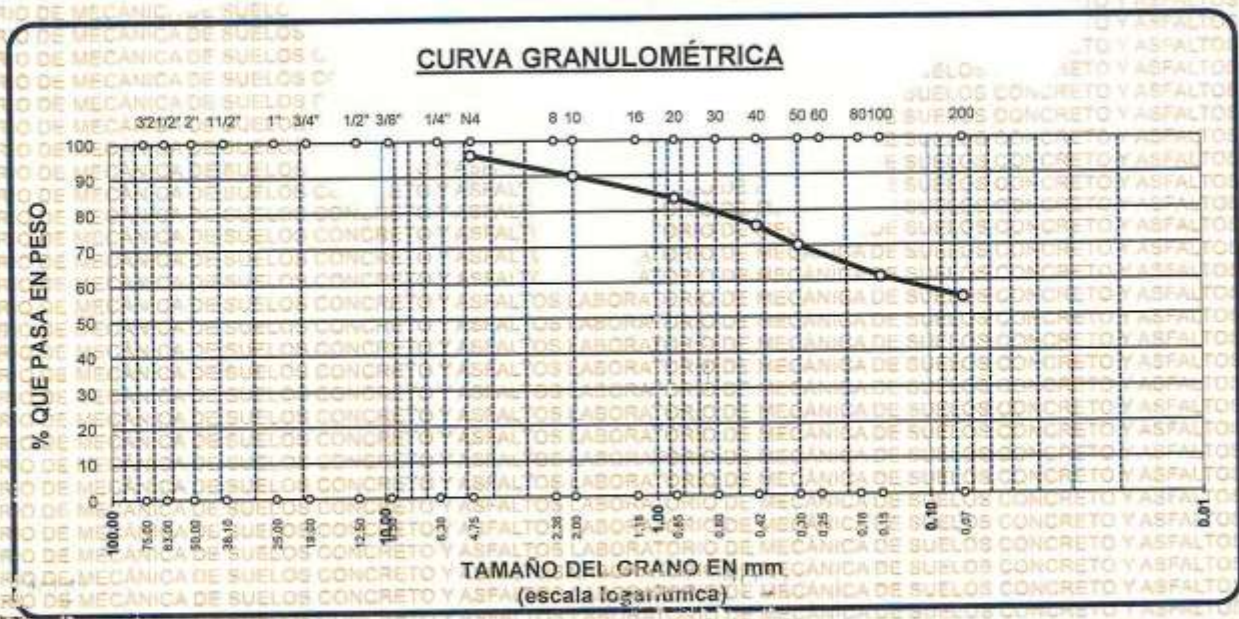
SOLICITANTE: BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR: PROVINCIA DE AZANGARO

MUESTRA: CALICATA 5

FECHA: 14 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 2500.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 1120.65
2"	50.000						P.P.= 1379.35
1 1/2"	38.100						LIMITES DE CONSISTENCIA: L.L.= 31.80 L.P.= 22.62 I.P.= 9.18
1"	25.000						
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						
3/8"	9.500						CARACT. GRANULOMÉTRICAS: D10= — Cu= — D30= — Cc= — D60= 0.14
1/4"	6.300						
No4	4.750	97.56	3.90	3.90	96.10		
No8	2.360						
No16	1.180	150.36	6.01	9.92	90.08		CLASIFICACIÓN: I.G. = : SUCS ML ASSTHO
No20	0.850	160.00	6.40	16.32	83.68		
No30	0.600						
No40	0.425	200.45	8.02	24.33	75.67		
No 50	0.300	140.98	5.64	29.97	70.03		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	220.65	8.83	38.80	61.20		
No200	0.075	150.65	6.03	44.83	55.17		
BASE		1379.35	55.17	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA		55.17					



NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 OFICINA DE INVESTIGACIÓN
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 BIE: 8006-02546257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422) ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025

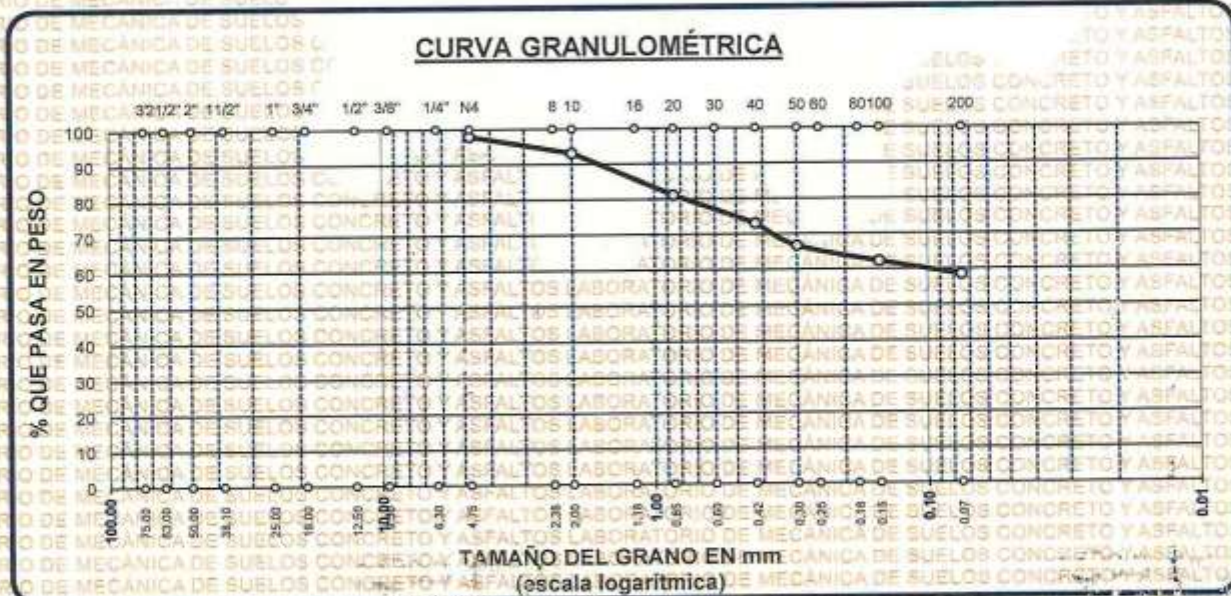
SOLICITANTE : BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR : PROVINCIA DE AZANGARO

MUESTRA : CALICATA 7

FECHA : 14 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA P.I.= 2500.00 P.L.= 1040.61 P.P.= 1459.39
2 1/2"	63.000						
2"	50.000						
1 1/2"	38.100						
1"	25.000						
3/4"	19.000					LIMITES DE CONSISTENCIA: L.L.= 33.43 L.P.= 27.12 I.P.= 6.31	
1/2"	12.500						
3/8"	9.500						
1/4"	6.300						
No4	4.750	50.47	2.02	2.02	97.98		
No8	2.360					CARACT. GRANULOMÉTRICAS: D10= — Cu= — D30= — Cc= — D60= 0.11	
No10	2.000	120.95	4.84	6.86	93.14		
No16	1.180					CLASIFICACIÓN: I.G. = :	
No20	0.850	300.47	12.02	18.88	81.12		
No30	0.600					SUCS ML ASSTHO	
No40	0.425	200.47	8.02	26.89	73.11		
No50	0.300	160.87	6.43	33.33	66.67	OBSERVACIONES:	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	110.84	4.43	37.76	62.24		
No200	0.075	96.54	3.86	41.62	58.38		
BASE		1459.39	58.38	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA		58.38					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - O.I.P. INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. DE FUNDACIÓN
 BUE: 006-0025-4463 Ana Torres



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RIO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZANGARO 2025

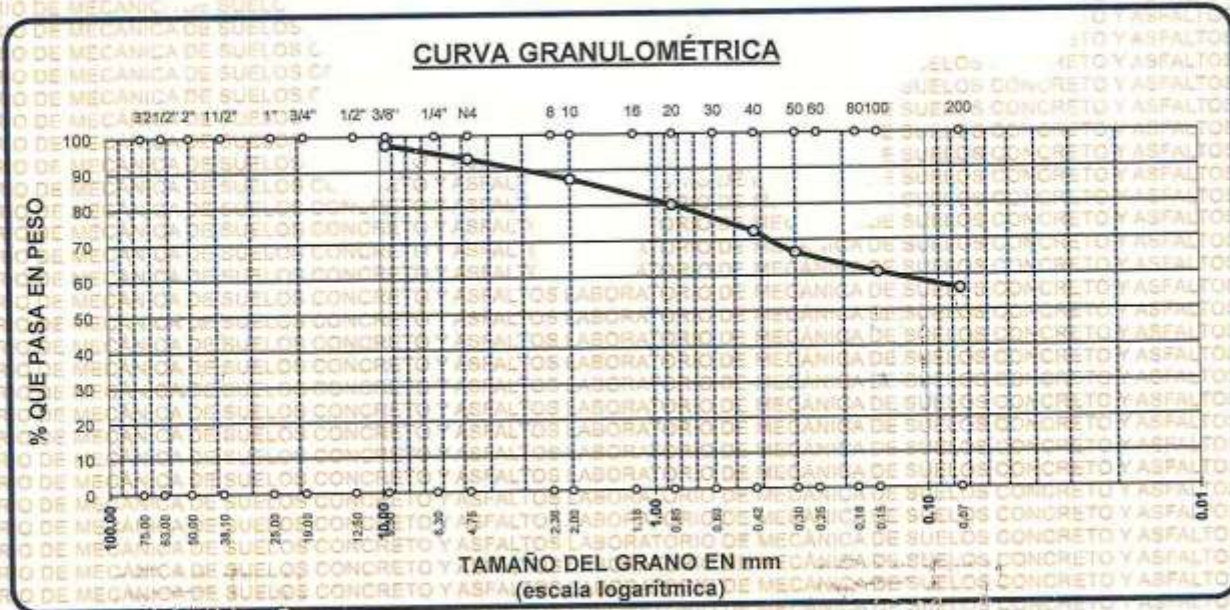
SOLICITANTE : BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR : PROVINCIA DE AZANGARO

MUESTRA : CAUCATA 8

FECHA : 14 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 2500.00
2"	50.000						P.L.= 1098.38
1 1/2"	38.100						P.P.= 1401.62
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 48.98
1/2"	12.500						L.P.= 34.93
3/8"	9.500	60.84	2.43	2.43	97.57		I.P.= 14.05
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	100.65	4.03	6.46	93.54		D10= --- Cu= ---
No8	2.360						D30= --- Cc= ---
No10	2.000	150.95	6.04	12.50	87.50		D60= 0.14
No16	1.180						CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	184.36	7.37	19.87	80.13		I.G. = :
No30	0.600						SUCS ML
No40	0.425	190.84	7.63	27.51	72.49		ASSTHO
No 50	0.300	150.00	6.00	33.51	66.49		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	140.74	5.63	39.14	60.86		
No200	0.075	120.00	4.80	43.94	56.06		
BASE		1401.62	56.06	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA		56.06					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 R.I.C.P. - CAP INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C.A. EFATURA
 RUC 20600600254530



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS: EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZANGARO 2025

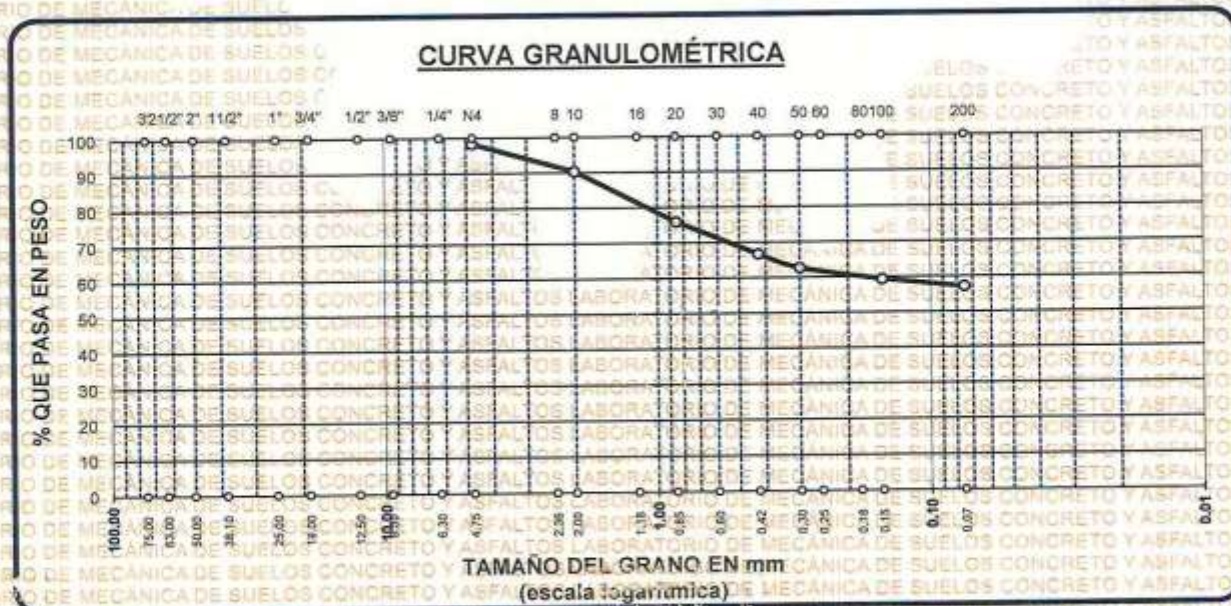
SOLICITANTE: BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR: PROVINCIA DE AZANGARO

MUESTRA: CALICATA 9

FECHA: 14 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MAXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 2500.00
2"	50.000						P.L.= 1072.32
1 1/2"	38.100						P.P.= 1427.68
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 38.82
1/2"	12.500						L.P.= 29.73
3/8"	9.500						I.P.= 9.09
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	40.65	1.63	1.63	98.37		D10= --- Cu= ---
No8	2.360						D30= --- Cc= ---
No10	2.000	200.84	8.03	9.66	90.34		D60= 0.18
No16	1.180						CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	360.00	14.40	24.06	75.94		I.G. = :
No30	0.600						SUCS ML
No40	0.425	230.84	9.23	33.29	66.71		ASSTHO
No50	0.300	100.65	4.03	37.32	62.68		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	84.36	3.37	40.69	59.31		
No200	0.075	54.98	2.20	42.89	57.11		
BASE		1427.68	57.11	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA							



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE





UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZANGARO 2025

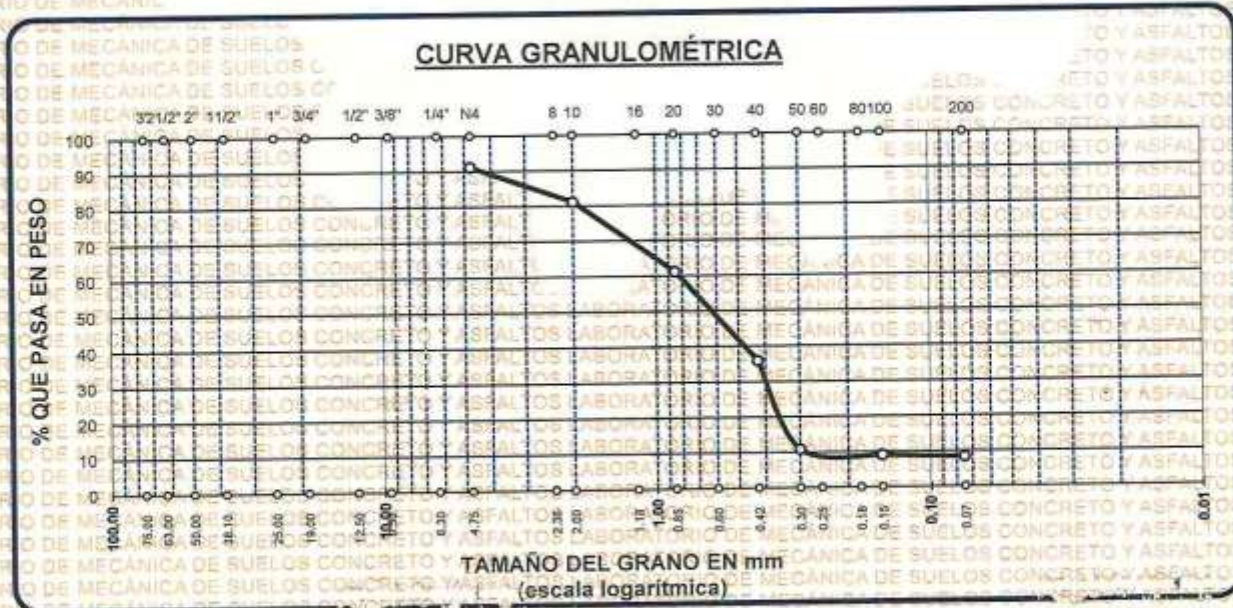
SOLICITANTE : BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR : PROVINCIA DE AZANGARO

MUESTRA : CALICATA 10

FECHA : 14 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000							P.L.= 800.00
2 1/2"	63.000							P.L.= 736.52
2"	50.000							P.P.= 63.48
1 1/2"	38.100							LIMITES DE CONSISTENCIA:
1"	25.000							L.L.= 29.86
3/4"	19.000							L.P.= 25.78
1/2"	12.500							I.P.= 4.08
3/8"	9.500							CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
1/4"	6.300							D10= 0.154 Cu= 4.37
No4	4.750	35.25	4.41	4.41	95.59			D30= 0.352 Cc= 1.19
No8	2.360							D60= 0.67
No10	2.000	150.00	18.75	23.16	76.84			CLASIFICACIÓN:
No16	1.180							I.G. = :
No20	0.850	80.65	10.08	33.24	66.76			SUCS SP-SM
No30	0.600							ASSTHO
No40	0.425	130.00	16.25	49.49	50.51			OBSERVACIONES:
No50	0.300	280.00	35.00	84.49	15.51			
No60	0.250							
No80	0.180							
No100	0.150	45.36	5.67	90.16	9.84			
No200	0.075	15.26	1.91	92.07	7.94			
BASE		63.48	7.94	100.00	0.00			
TOTAL		800.00	100.00					
% PERDIDA		7.94						



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CARRERA INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 B.O.P. 002450257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025

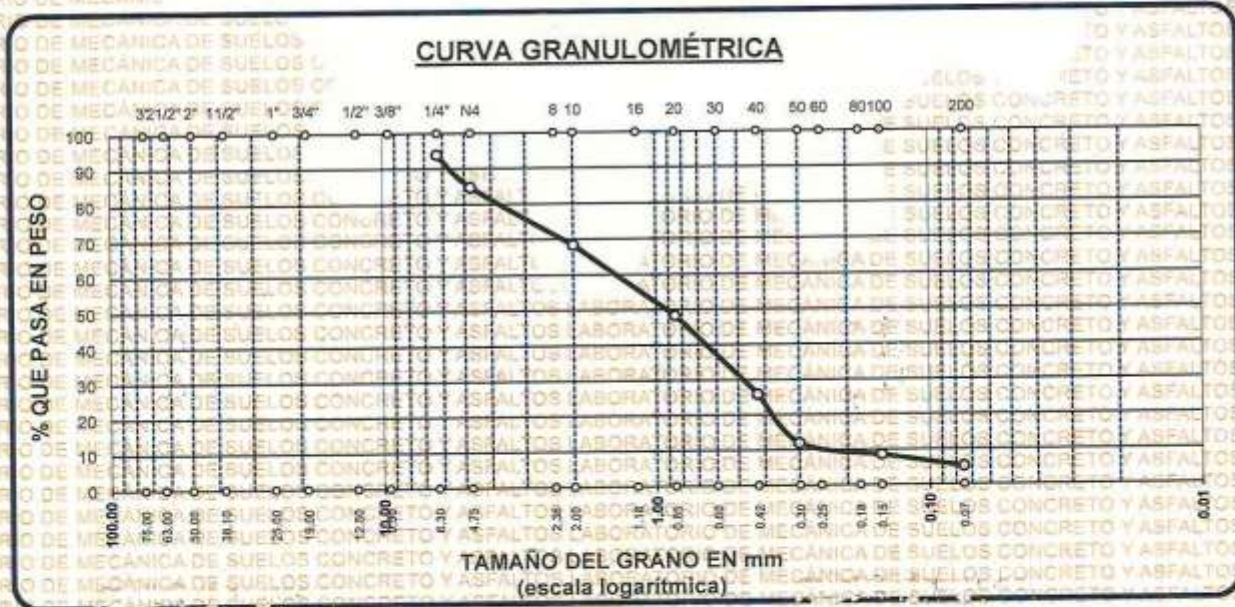
SOLICITANTE : BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR : PROVINCIA DE AZÁNGARO

MUESTRA : CALICATA 11

FECHA : 14 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.L.= 800.00
2"	50.000						P.L.= 749.45
1 1/2"	38.100						P.P.= 50.55
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 38.93
1/2"	12.500						L.P.= 31.92
3/8"	9.500	34.96	4.37	4.37	95.63		I.P.= 7.02
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	80.36	10.05	14.42	85.59		D10= 0.196 Cu= 4.14
No8	2.360						D30= 0.415 Cc= 1.09
No10	2.000	101.45	12.68	27.10	72.90		D60= 0.81
No16	1.180						CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	80.36	10.05	37.14	62.86		I.G. = :
No30	0.600						SUCS SP-SM
No40	0.425	251.36	31.42	68.56	31.44		ASSTHO
No 50	0.300	150.45	18.81	87.37	12.63		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	30.36	3.80	91.16	8.84		
No200	0.075	20.15	2.52	93.68	6.32		
BASE		50.55	6.32	100.00	0.00		
TOTAL		800.00	100.00				
% PERDIDA		6.32					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - COP INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torre
 CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZANGARO 2025

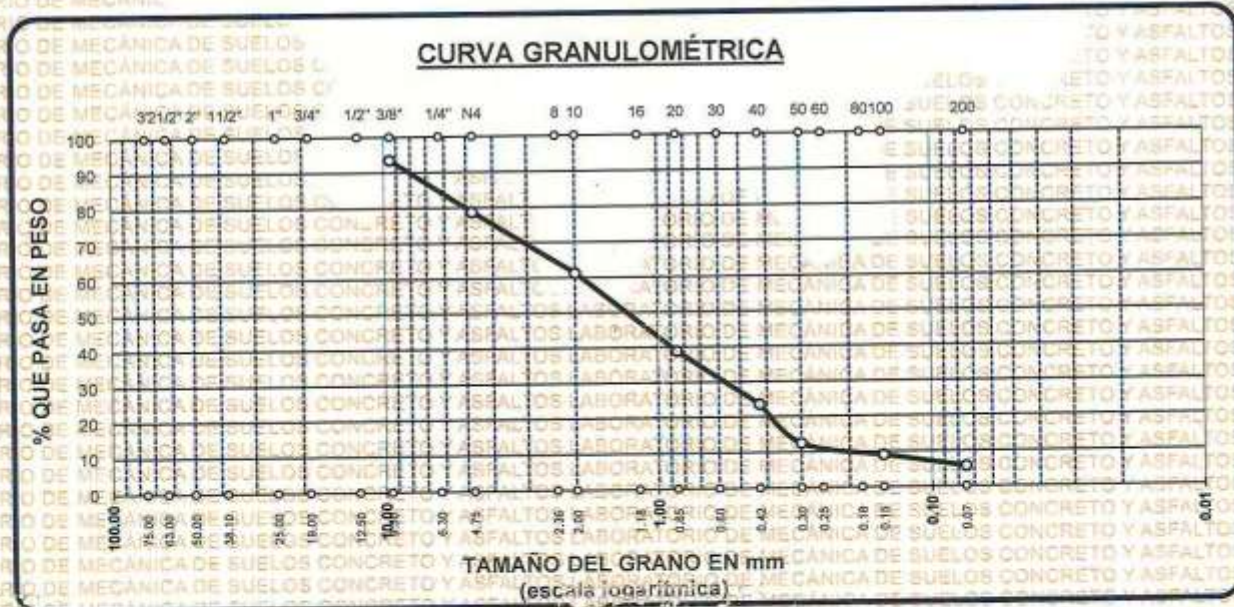
SOLICITANTE : BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR : PROVINCIA DE AZANGARO

MUESTRA : CALICATA 12

FECHA : 14 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MAXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= CONCRETO 800.00
2"	50.000						P.L.= CONCRETO 757.08
1 1/2"	38.100						P.P.= CONCRETO 42.92
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 36.34
1/2"	12.500						L.P.= 26.16
3/8"	9.500	20.36	2.55	2.55	97.46		I.P.= 10.18
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	96.00	12.00	14.55	85.46		D10= 0.145 Cu= 5.81
No8	2.360						D30= 0.372 Cc= 1.14
No10	2.000	65.00	8.13	22.67	77.33		D60= 0.84
No16	1.180						CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	135.00	16.88	39.55	60.46		I.G. = :
No30	0.600						SUCS SW-SM
No40	0.425	150.36	18.80	58.34	41.66		ASSTHO
No 50	0.300	220.36	27.55	85.89	14.12		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	30.00	3.75	89.64	10.37		
No200	0.075	40.00	5.00	94.64	5.36		
BASE		42.92	5.36	100.00	0.00		
TOTAL		800.00	100.00				
% PERDIDA		5.37					



NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

LABORATORIO M.S.C.A. INVESTIGACIÓN
 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - IZAP INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZANGARO 2025

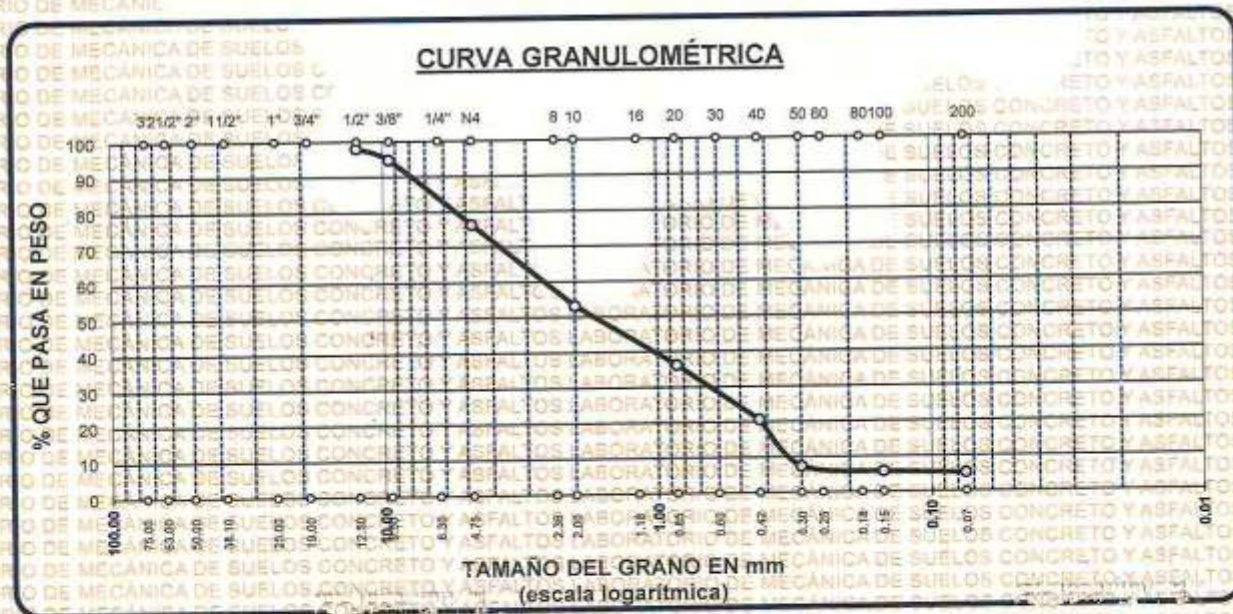
SOLICITANTE : BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR : PROVINCIA DE AZANGARO

MUESTRA : CALICATA 13

FECHA : 14 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 800.00
2"	50.000						P.L.= 748.71
1 1/2"	38.100						P.P.= 51.29
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 30.72
1/2"	12.500						L.P.= 23.14
3/8"	9.500						I.P.= 7.58
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	71.35	8.92	8.92	91.08		D10= 0.206 Cu= 3.71
No8	2.360						D30= 0.366 Cc= 0.85
No10	2.000	104.36	13.05	21.96	78.04		D60= 0.77
No16	1.180						CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	115.36	14.42	36.38	63.62		I.G. = :
No30	0.600						SUCS SP-SM
No40	0.425	145.36	18.17	54.55	45.45		ASSTHO
No 50	0.300	261.47	32.68	87.24	12.76		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	35.45	4.43	91.67	8.33		
No200	0.075	15.36	1.92	93.59	6.41		
BASE		51.29	6.41	100.00	0.00		
TOTAL		800.00	100.00				
% PERDIDA		6.41					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 061-638-103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025

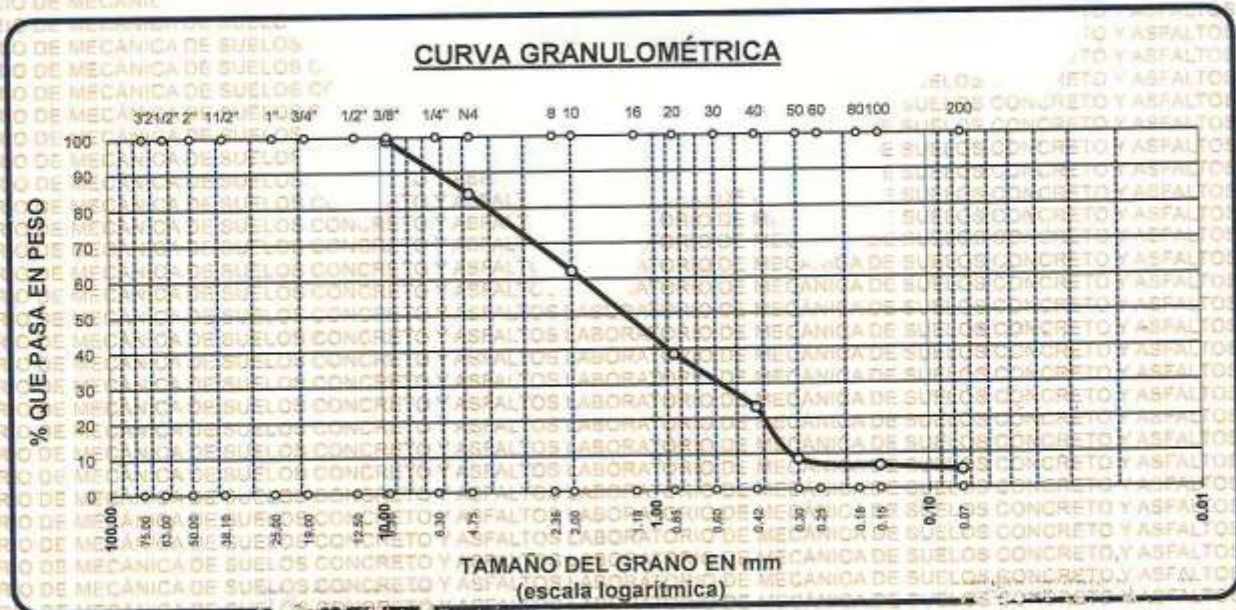
SOLICITANTE : BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR : PROVINCIA DE AZÁNGARO

MUESTRA : CALIGATA 14

FECHA : 14 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 800.00
2"	50.000						P.L.= 757.84
1 1/2"	38.100						P.P.= 42.16
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 33.14
1/2"	12.500						L.P.= 28.89
3/8"	9.500	11.35	1.42	1.42	98.58		I.P.= 4.25
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	38.35	4.79	6.21	93.79		D10= 0.161 Cu= 5.83
No8	2.360						D30= 0.365 Cc= 0.87
No10	2.000	89.65	11.21	17.42	82.58		D60= 0.94
No20	0.850	196.32	24.54	41.96	58.04		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	118.36	14.80	56.75	43.25		SUCS SP-SM
No50	0.300	219.34	27.42	84.17	15.83		ASSTHO
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	50.47	6.31	90.48	9.52		
No200	0.075	34.00	4.25	94.73	5.27		
BASE		42.16	5.27	100.00	0.00		
TOTAL		800.00	100.00				
% PERDIDA		5.27					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 M.S.C.A. JEFATURA
 Dr. Arnaldo Yana Torres



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZANGARO 2025

TESIS

SOLICITANTE

BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR

PROVINCIA DE AZANGARO

MUESTRA

CALICATA 1

FECHA

14 DE JULIO DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	92.34
SUELO SECO + TARRO	gr	78.24
PESO DEL TARRO	gr	24.21
PESO DEL AGUA	gr	14.10
PESO DEL SUELO SECO	gr	54.03
HUMEDAD %	%	26.10

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-01	T-02	T-03
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	34.20	31.12	33.21
SUELO SECO + TARRO	gr	30.54	28.65	30.26
PESO DEL TARRO	gr	22.65	22.53	22.3
PESO DEL AGUA	gr	3.66	2.47	2.95
PESO DEL SUELO SECO	gr	7.89	6.12	7.96
HUMEDAD %	%	46.39	40.36	37.06
N° DE GOLPES	-	20	19	18

LÍMITE PLÁSTICO

T-01	T-02
22.65	22.45
20.65	21.35
15.24	15.19
2.00	1.10
5.41	6.16
36.97	17.86

LÍMITE LIQUIDO % : 39.94

LÍMITE PLÁSTICO % : 27.41

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12.52

$$LL = W_n \cdot (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

SOLICITANTE

LUGAR

MUESTRA

FECHA

EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZANGARO 2025

BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

PROVINCIA DE AZANGARO

CALICATA 2

14 DE JULIO DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	95.45
SUELO SECO + TARRO	gr	80.11
PESO DEL TARRO	gr	27.13
PESO DEL AGUA	gr	15.34
PESO DEL SUELO SECO	gr	52.98
HUMEDAD %	%	28.95

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-05	T-06
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31.84	32.45	32.45
SUELO SECO + TARRO	gr	29.45	29.84	30.13
PESO DEL TARRO	gr	24.00	23.65	25.47
PESO DEL AGUA	gr	2.39	2.61	2.32
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.45	6.19	4.66
HUMEDAD %	%	43.85	42.16	49.79
N° DE GOLPES	-	20	19	18

LÍMITE PLÁSTICO

T-03	T-04
21.65	20.35
19.15	19.45
13.54	12.54
2.50	0.90
5.61	6.91
44.56	13.02

LÍMITE LIQUIDO % : 43.77

LÍMITE PLASTICO % : 28.79

INDICE PLASTICO % : 14.98

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

M.S.C.A. AEFATURA

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257

BIE: B006-00254558



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZANGARO 2025

SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA
 PROVINCIA DE AZANGARO
 CALICATA 3
 14 DE JULIO DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	93.74
SUELO SECO + TARRO	gr	78.21
PESO DEL TARRO	gr	26.13
PESO DEL AGUA	gr	15.53
PESO DEL SUELO SECO	gr	52.08
HUMEDAD %	%	29.82

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

LÍMITE PLÁSTICO

TARRO N°		T-07	T-08	T-09
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	28.75	31.16	32.45
SUELO SECO + TARRO	gr	27.45	29.16	30.06
PESO DEL TARRO	gr	25.12	24.65	25.14
PESO DEL AGUA	gr	1.30	2.00	2.39
PESO DEL SUELO SECO	gr	2.33	4.51	4.92
HUMEDAD %	%	55.79	44.35	48.58
N° DE GOLPES	-	20	19	18

T-05	T-06
22.74	23.15
20.13	20.68
11.74	12.15
2.61	2.47
8.39	8.53
31.11	28.96

LÍMITE LIQUIDO % : 47.96

LÍMITE PLÁSTICO % : 30.03

ÍNDICE PLÁSTICO % : 17.93

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Límite Líquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Número de Golpes



INVESTIGADORA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257

BIE: B006-00254558



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO TESIS : EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025

SOLICITANTE SOLICITANTE : BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR LUGAR : PROVINCIA DE AZÁNGARO

MUESTRA : CALICATA 4

FECHA : 14 DE JULIO DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	95.62
SUELO SECO + TARRO	gr	81.32
PESO DEL TARRO	gr	26.35
PESO DEL AGUA	gr	14.30
PESO DEL SUELO SECO	gr	54.97
HUMEDAD %	%	26.01

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-10	T-11	T-12
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	29.87	32.05	33.24
SUELO SECO + TARRO	gr	28.36	30.35	30.98
PESO DEL TARRO	gr	25.12	24.98	25.14
PESO DEL AGUA	gr	1.51	1.70	2.26
PESO DEL SUELO SECO	gr	3.24	5.37	5.84
HUMEDAD %	%	46.60	31.60	38.70
N° DE GOLPES	-	20	19	18

LÍMITE PLÁSTICO

T-7	T-8
22.74	22.65
20.35	20.41
11.83	11.96
2.39	2.24
8.52	8.45
28.05	26.51

LÍMITE LIQUIDO % : 37.71

LÍMITE PLÁSTICO % : 27.28

ÍNDICE PLÁSTICO % : 10.43

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

M.S.C.A. JEFFERSON

D. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

BIE: B006-00254558



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZANGARO 2025

TESIS

SOLICITANTE

BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR

PROVINCIA DE AZANGARO

MUESTRA

CALICATA 5

FECHA

-14 DE JULIO DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	105.32
SUELO SECO + TARRO	gr	87.21
PESO DEL TARRO	gr	26.35
PESO DEL AGUA	gr	18.11
PESO DEL SUELO SECO	gr	60.86
HUMEDAD %	%	29.76

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-13	T-14	T-15
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31.24	31.04	31.23
SUELO SECO + TARRO	gr	29.45	29.45	29.36
PESO DEL TARRO	gr	25.64	25.03	25.12
PESO DEL AGUA	gr	1.79	1.59	1.87
PESO DEL SUELO SECO	gr	3.81	4.42	4.24
HUMEDAD %	%	46.98	35.97	44.10
N° DE GOLPES	-	20	19	18

LÍMITE PLÁSTICO

T-9	T-10
22.47	23.65
19.85	21.00
12.36	12.44
2.62	2.65
7.49	8.56
34.98	30.96

LÍMITE LIQUIDO % : 40.97

LÍMITE PLÁSTICO % : 32.97

ÍNDICE PLÁSTICO % : 08.00

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257

BIE: B006-00254558



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZANGARO 2025

SOLICITANTE

BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR

PROVINCIA DE AZANGARO

MUESTRA

CALICATA 6

FECHA

14 DE JULIO DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	80.14
SUELO SECO + TARRO	gr	69.24
PESO DEL TARRO	gr	26.35
PESO DEL AGUA	gr	10.90
PESO DEL SUELO SECO	gr	42.89
HUMEDAD %	%	25.41

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-16	T-17	T-18
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31.03	32.14	30.96
SUELO SECO + TARRO	gr	29.84	29.99	29.45
PESO DEL TARRO	gr	25.15	24.35	25.16
PESO DEL AGUA	gr	1.19	2.15	1.51
PESO DEL SUELO SECO	gr	4.69	5.64	4.29
HUMEDAD %	%	25.37	38.12	35.20
N° DE GOLPES	-	20	19	18

LÍMITE PLÁSTICO

T-11	T-12
22.35	22.15
20.00	20.74
11.85	12.15
2.35	1.41
8.15	8.59
28.83	16.41

LÍMITE LIQUIDO % : 31.80

LÍMITE PLÁSTICO % : 22.62

ÍNDICE PLÁSTICO % : 09.18

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257

BIE: B006-00254558



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

SOLICITANTE

LUGAR

MUESTRA

FECHA

EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPOSTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÚANGARO 2025

BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

PROVINCIA DE AZÚANGARO

CALICATA 7

14 DE JULIO DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	74.35
SUELO SECO + TARRO	gr	63.84
PESO DEL TARRO	gr	25.64
PESO DEL AGUA	gr	10.51
PESO DEL SUELO SECO	gr	38.20
HUMEDAD %	%	27.51

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-19	T-20	T-21
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	29.45	31.65	32.64
SUELO SECO + TARRO	gr	28.25	29.84	30.98
PESO DEL TARRO	gr	25.16	24.78	25.26
PESO DEL AGUA	gr	1.20	1.81	1.66
PESO DEL SUELO SECO	gr	3.09	5.06	5.72
HUMEDAD %	%	38.83	35.77	29.02
N° DE GOLPES	-	20	19	18

LÍMITE PLÁSTICO

T-13	T-14
22.34	21.56
19.65	20.04
11.84	12.36
2.69	1.52
7.81	7.68
34.44	19.79

LÍMITE LIQUIDO % : 33.43

LÍMITE PLÁSTICO % : 27.12

ÍNDICE PLÁSTICO % : 06.31

$$LL = W_n \cdot (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yama Torres
CIP: 103267

BIE: B006-00254558



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZANGARO 2025

SOLICITANTE

BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR

PROVINCIA DE AZANGARO

MUESTRA

CALICATA 8

FECHA

14 DE JULIO DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	95.36
SUELO SECO + TARRO	gr	78.51
PESO DEL TARRO	gr	23.84
PESO DEL AGUA	gr	16.85
PESO DEL SUELO SECO	gr	54.67
HUMEDAD %	%	30.82

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-22	T-23	T-24
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30.01	31.45	32.46
SUELO SECO + TARRO	gr	27.96	29.25	29.84
PESO DEL TARRO	gr	23.13	24.84	25.45
PESO DEL AGUA	gr	2.05	2.20	2.62
PESO DEL SUELO SECO	gr	4.83	4.41	4.39
HUMEDAD %	%	42.44	49.89	59.68
N° DE GOLPES	-	20	19	18

LÍMITE PLÁSTICO

T-15	T-16
22.36	21.84
19.65	19.23
11.45	12.14
2.71	2.61
8.20	7.09
33.05	36.81

LÍMITE LIQUIDO % : 48.98

LÍMITE PLÁSTICO % : 34.93

ÍNDICE PLÁSTICO % : 14.04

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025
BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA
PROVINCIA DE AZANGARO
CALICATA 9
14 DE JULIO DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	84.36
SUELO SECO + TARRO	gr	73.10
PESO DEL TARRO	gr	25.98
PESO DEL AGUA	gr	11.26
PESO DEL SUELO SECO	gr	47.12
HUMEDAD %	%	23.90

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

LÍMITE PLÁSTICO

TARRO N°		T-25	T-26	T-27
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	29.96	31.96	32.47
SUELO SECO + TARRO	gr	28.60	29.86	30.45
PESO DEL TARRO	gr	25.16	24.94	25.16
PESO DEL AGUA	gr	1.36	2.10	2.02
PESO DEL SUELO SECO	gr	3.44	4.92	5.29
HUMEDAD %	%	39.53	42.68	38.19
N° DE GOLPES	-	20	19	18

T-17	T-18
21.30	22.54
19.00	20.36
12.01	12.15
2.30	2.18
6.99	8.21
32.90	26.55

LÍMITE LÍQUIDO % : 38.82

LÍMITE PLÁSTICO % : 29.73

ÍNDICE PLÁSTICO % : 09.09

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257

BIE: B006-00254558



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZANGARO 2025

PROYECTO TESIS

SOLICITANTE SOLICITANTE: BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA
LUGAR LUGAR: PROVINCIA DE AZANGARO
MUESTRA: CALICATA 10
FECHA: 14 DE JULIO DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	94.36
SUELO SECO + TARRO	gr	82.14
PESO DEL TARRO	gr	24.14
PESO DEL AGUA	gr	12.22
PESO DEL SUELO SECO	gr	58.00
HUMEDAD %	%	21.07

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

LÍMITE PLÁSTICO

TARRO N°		T-28	T-29	T-30
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	29.87	32.05	33.24
SUELO SECO + TARRO	gr	28.75	30.45	31.25
PESO DEL TARRO	gr	25.12	24.98	25.14
PESO DEL AGUA	gr	1.12	1.60	1.99
PESO DEL SUELO SECO	gr	3.63	5.47	6.11
HUMEDAD %	%	30.85	29.20	32.57
N° DE GOLPES	-	20	19	18

T-19	T-20
22.54	21.85
20.34	19.87
11.85	12.15
2.20	1.98
8.49	7.72
25.91	25.65

LÍMITE LIQUIDO % : 29.86

LÍMITE PLÁSTICO % : 25.78

ÍNDICE PLÁSTICO % : 04.08

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Límite Líquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FCP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257

BIE: B006-00254558



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

SOLICITANTE
 LUGAR
 MUESTRA
 FECHA

EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025

BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA
 PROVINCIA DE AZANGARO
 CALICATA 11
 14 DE JULIO DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	104.74
SUELO SECO + TARRO	gr	90.54
PESO DEL TARRO	gr	25.11
PESO DEL AGUA	gr	14.20
PESO DEL SUELO SECO	gr	65.43
HUMEDAD %	%	21.70

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		A	B	C
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30.05	31.36	32.41
SUELO SECO + TARRO	gr	28.65	29.35	30.45
PESO DEL TARRO	gr	25.13	24.65	25.32
PESO DEL AGUA	gr	1.40	2.01	1.96
PESO DEL SUELO SECO	gr	3.52	4.70	5.13
HUMEDAD %	%	39.77	42.77	38.21
N° DE GOLPES	-	20	19	18

LÍMITE PLÁSTICO

T-21	T-22
22.63	25.63
20.00	22.36
11.74	12.14
2.63	3.27
8.26	10.22
31.84	32.00

LÍMITE LIQUIDO % : 38.93

LÍMITE PLASTICO % : 31.92

ÍNDICE PLASTICO % : 07.02

$$LL = W_n \cdot (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yano Torres
 CIP: 103257

BIE: B006-00254558



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025

TESIS

SOLICITANTE

BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR

PROVINCIA DE AZANGARO

MUESTRA

CALICATA 12

FECHA

14 DE JULIO DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	74.21
SUELO SECO + TARRO	gr	64.54
PESO DEL TARRO	gr	26.74
PESO DEL AGUA	gr	9.67
PESO DEL SUELO SECO	gr	37.80
HUMEDAD %	%	25.58

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		D	E	F
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	29.36	31.85	32.65
SUELO SECO + TARRO	gr	28.13	29.96	31.25
PESO DEL TARRO	gr	25.12	25.24	26.84
PESO DEL AGUA	gr	1.23	1.89	1.40
PESO DEL SUELO SECO	gr	3.01	4.72	4.41
HUMEDAD %	%	40.86	40.04	31.75
N° DE GOLPES	-	20	19	18

LÍMITE PLÁSTICO

T-23	T-24
22.41	20.36
20.23	18.65
11.85	12.15
2.18	1.71
8.38	6.50
26.01	26.31

LÍMITE LIQUIDO % : 36.34

LÍMITE PLÁSTICO % : 26.16

ÍNDICE PLÁSTICO % : 10.18

$$LL = W_n \cdot (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERIA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257

BIE: B006-00254558



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

**TESIS**

SOLICITANTE

LUGAR

MUESTRA

FECHA

EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZANGARO 2025

BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

PROVINCIA DE AZANGARO

CALICATA 13

14 DE JULIO DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	85.36
SUELO SECO + TARRO	gr	73.11
PESO DEL TARRO	gr	25.47
PESO DEL AGUA	gr	12.25
PESO DEL SUELO SECO	gr	47.64
HUMEDAD %	%	25.71

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		G	H	I
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30.05	32.33	33.24
SUELO SECO + TARRO	gr	29.06	30.32	31.25
PESO DEL TARRO	gr	25.12	24.98	25.14
PESO DEL AGUA	gr	0.99	2.01	1.99
PESO DEL SUELO SECO	gr	3.94	5.34	6.11
HUMEDAD %	%	25.13	37.64	32.57
N° DE GOLPES	-	20	19	18

LÍMITE PLÁSTICO

T-01	T-02
22.36	22.36
20.46	20.37
11.85	12.15
1.90	1.99
8.61	8.22
22.07	24.21

LÍMITE LIQUIDO % : 30.72

LÍMITE PLASTICO % : 23.14

ÍNDICE PLÁSTICO % : 07.58

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVILArnaldo Yana Torres
CIP. 103257

B/E: B006-00254558



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



TESIS

EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA CUENCA DEL RÍO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZANGARO 2025

SOLICITANTE

BACHILLER SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

LUGAR

PROVINCIA DE AZANGARO

MUESTRA

CALICATA 14

FECHA

14 DE JULIO DEL 2025

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	105.36
SUELO SECO + TARRO	gr	89.65
PESO DEL TARRO	gr	24.84
PESO DEL AGUA	gr	15.71
PESO DEL SUELO SECO	gr	64.81
HUMEDAD %	%	24.24

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		J	K	L
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	29.36	31.36	32.65
SUELO SECO + TARRO	gr	28.15	29.84	30.85
PESO DEL TARRO	gr	25.12	24.98	25.14
PESO DEL AGUA	gr	1.21	1.52	1.80
PESO DEL SUELO SECO	gr	3.03	4.86	5.71
HUMEDAD %	%	39.93	31.28	31.52
N° DE GOLPES	-	20	19	18

LÍMITE PLÁSTICO

T-03	T-04
21.36	22.36
19.50	19.80
11.85	12.15
1.86	2.56
7.65	7.65
24.31	33.46

LÍMITE LIQUIDO % : 33.14

LÍMITE PLASTICO % : 28.89

ÍNDICE PLASTICO % : 04.25

$$LL = W_n \cdot (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

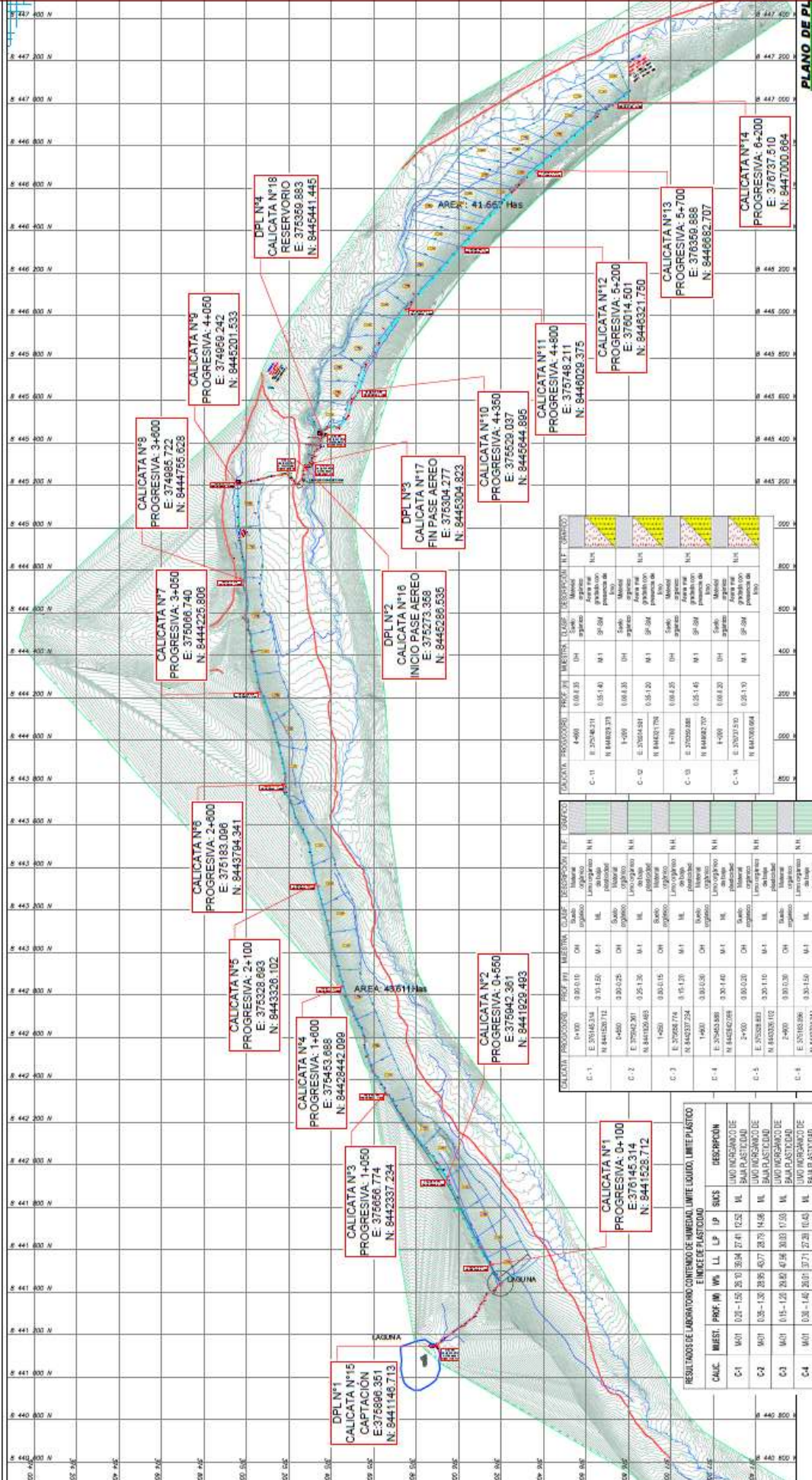
N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257

BIE: B006-00254558



UBICACION DE ENSAYO DE DPL

ENSAYO	ESTE	NORTE	ESTRUCTURA	MARGEN
DPL-1, C-13	371896.351	8441148.713	Punto de captacion	Izquierdo
DPL-2, C-16	371773.388	8442398.518	Pase aereo	Derecho
DPL-3, C-17	371304.277	8443304.823	Pase aereo	Derecho
DPL-4, C-18	371359.883	8445441.445	Reservorio	Derecho

UBICACION DE CALICATAS

CALICATA	PROGRESIVA (MM)		COORDENADAS		PROFUNDIDAD (M)	MARGEN
	INICIO	FIN	E	N		
C-1	0+000	0+500	371145.314	8441528.712	1.50	Izquierdo
C-2	0+500	1+000	375842.351	8441928.003	1.30	Izquierdo
C-3	1+000	1+500	375656.774	8442337.234	1.20	Izquierdo
C-4	1+500	2+000	374343.688	8442842.099	1.40	Izquierdo
C-5	2+000	2+500	373326.693	8443276.107	1.10	Izquierdo
C-6	2+500	3+000	372065.740	8443276.107	1.50	Izquierdo
C-7	3+000	3+500	370852.722	8443276.107	1.20	Izquierdo
C-8	3+500	4+000	370592.740	8443276.107	1.00	Izquierdo
C-9	4+000	4+500	370342.701	8443276.107	1.40	Derecho
C-10	4+500	5+000	370142.921	8443276.107	1.40	Derecho
C-11	5+000	5+500	370142.921	8443276.107	1.45	Derecho
C-12	5+500	6+000	370142.921	8443276.107	1.45	Derecho
C-13	6+000	6+500	370142.921	8443276.107	1.10	Derecho
C-14	6+500	7+000	370142.921	8443276.107	1.10	Derecho

RESUMEN DE PROPIEDADES DE LOS TIPOS DE TIENDAS

TIPO	PROGRESIVA (MM)	ESTRUCTURA	MARGEN
C-1	0+000	Punto de captacion	Izquierdo
C-2	0+500	Pase aereo	Izquierdo
C-3	1+000	Pase aereo	Izquierdo
C-4	1+500	Pase aereo	Izquierdo
C-5	2+000	Pase aereo	Izquierdo
C-6	2+500	Pase aereo	Izquierdo
C-7	3+000	Pase aereo	Izquierdo
C-8	3+500	Pase aereo	Izquierdo
C-9	4+000	Pase aereo	Izquierdo
C-10	4+500	Pase aereo	Izquierdo
C-11	5+000	Pase aereo	Izquierdo
C-12	5+500	Pase aereo	Izquierdo
C-13	6+000	Pase aereo	Izquierdo
C-14	6+500	Pase aereo	Izquierdo

RESUMEN DE PROPIEDADES DE LOS TIPOS DE TIENDAS

TIPO	PROGRESIVA (MM)	ESTRUCTURA	MARGEN
C-1	0+000	Punto de captacion	Izquierdo
C-2	0+500	Pase aereo	Izquierdo
C-3	1+000	Pase aereo	Izquierdo
C-4	1+500	Pase aereo	Izquierdo
C-5	2+000	Pase aereo	Izquierdo
C-6	2+500	Pase aereo	Izquierdo
C-7	3+000	Pase aereo	Izquierdo
C-8	3+500	Pase aereo	Izquierdo
C-9	4+000	Pase aereo	Izquierdo
C-10	4+500	Pase aereo	Izquierdo
C-11	5+000	Pase aereo	Izquierdo
C-12	5+500	Pase aereo	Izquierdo
C-13	6+000	Pase aereo	Izquierdo
C-14	6+500	Pase aereo	Izquierdo

RESULTADOS DE LABORATORIO CONTENIDO DE HUMEDAD, LIMITE LIQUIDO, LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

CALC.	MUEST.	PROF. (M)	W _s	W _L	W _P	LI	LP	IP	SUCS	DESCRIPCION
C-1	W01	0.25-1.25	25.10	38.54	27.41	12.52	16.02	26.02	VL	LIMO INORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
C-2	W01	0.25-1.25	28.95	45.77	28.73	14.36	16.02	21.66	VL	LIMO INORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
C-3	W01	0.25-1.25	26.20	47.36	30.03	17.03	16.02	20.33	VL	LIMO INORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
C-4	W01	0.25-1.25	20.07	37.71	27.28	10.43	16.02	17.29	VL	LIMO INORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
C-5	W01	0.25-1.25	20.75	40.97	29.07	18.06	16.02	18.06	VL	LIMO INORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
C-6	W01	0.25-1.25	25.41	31.59	29.26	10.16	16.02	16.02	VL	LIMO INORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
C-7	W01	0.25-1.25	37.51	35.45	37.07	06.31	16.02	06.31	VL	LIMO INORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
C-8	W01	0.25-1.25	34.59	46.58	34.83	14.04	16.02	14.04	VL	LIMO INORGANICO DE BAJA PLASTICIDAD
C-9	W01	0.25-1.25	23.90	38.52	28.73	06.26	16.02	06.26	VL	ARENA MAL GRADADA CON PRESION DE LIMO
C-10	W01	0.25-1.25	27.07	38.59	33.82	07.70	16.02	07.70	VL	ARENA MAL GRADADA CON PRESION DE LIMO
C-11	W01	0.25-1.25	25.29	38.34	28.30	10.16	16.02	10.16	VL	ARENA MAL GRADADA CON PRESION DE LIMO
C-12	W01	0.25-1.25	25.71	30.72	23.74	07.98	16.02	07.98	VL	ARENA MAL GRADADA CON PRESION DE LIMO
C-13	W01	0.25-1.25	24.24	35.14	28.81	04.26	16.02	04.26	VL	ARENA MAL GRADADA CON PRESION DE LIMO
C-14	W01	0.25-1.25	24.24	35.14	28.81	04.26	16.02	04.26	VL	ARENA MAL GRADADA CON PRESION DE LIMO





ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital [X]

Fecha de entrega: 17-12-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: SHARON NOHELY ARRARTE AROQUIPA

Dirección: CALLE UNION S/N

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 71547913

Teléfono: 961 271 153 email: aroquipasharon6@gmail.com

Nombres y Apellidos:

Dirección:

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:

Teléfono: email:

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación [] Tesis [X] Trabajo de Suficiencia Profesional [] Trabajo Académico []

Título: EVALUACIÓN DE LA MEJORA DE LA MÁXIMA EFICIENCIA HIDRÁULICA CON LA

PROPUESTA DE DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE RIEGO EN SECTORES DE LA

CUENCA DEL RIO RAMIS DE LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos) EFICIENCIA HIDRÁULICA, ESTRUCTURAS DE RIEGO, DISEÑO HIDRÁULICO,

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV? CANALES DE RIEGO Y MODELAMIENTO HIDRAULICO

1

1 Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

2 Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller
- Título
- 2da Especialidad
- Maestría
- Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral. Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

17-12-2025

Fecha