

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL DE RIEGO
PERLAMAYO – HUABAL – JAÉN – CAJAMARCA, TRAMO: 05+500 – 06+500”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

Bach. VÁSQUEZ FERNÁNDEZ, Maira

ASESOR:

Dr. Ing. CORONEL DELGADO, José Antonio

CAJAMARCA – PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

- FACULTAD DE INGENIERÍA -

1. **Investigador:** MAIRA VÁSQUEZ FERNÁNDEZ

DNI: 77042187

Escuela Profesional: INGENIERÍA CIVIL

2. **Asesor:** Dr. Ing. JOSÉ ANTONIO CORONEL DELGADO

Facultad: DE INGENIERÍA

3. **Grado académico o título profesional**

Bachiller

Título profesional

Segunda especialidad

Maestro

Doctor

4. **Tipo de Investigación:**

Tesis

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

5. **Título de Trabajo de Investigación:**

“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL DE RIEGO PERLAMAYO – HUABAL – JAÉN – CAJAMARCA, TRAMO: 05+500 – 06+500”

6. **Fecha de evaluación:** 01/08/2025

7. **Software antiplagio:**

TURNITIN

URKUND (OURIGINAL) (*)

8. **Porcentaje de Informe de Similitud:** 22%

9. **Código Documento: Oid:** 3117: 477906225

10. **Resultado de la Evaluación de Similitud:**

APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 04/08/2025



FIRMA DEL ASESOR

Dr. Ing. JOSÉ ANTONIO CORONEL DELGADO
DNI: 26722656



Firmado digitalmente por:

BAZAN DIAZ Laura Sofia

FAU 20148258601 soft

Motivo: En señal de
conformidad

Fecha: 04/08/2025 15:42:19-0500

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL DE RIEGO PERLAMAYO - HUABAL - JAÉN - CAJAMARCA, TRAMO: 05+500 - 06+500.

ASESOR : Dr. Ing. José Antonio Coronel Delgado.

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0515-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 21 de agosto de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los veintisiete días del mes de agosto de 2025, siendo las nueve horas (09:00 a.m.) en la Sala de Audiovisuales (Edificio 1A - Segundo Piso), de la Facultad de Ingeniería se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

- Presidente : Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Vocal : Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Secretario : Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL DE RIEGO PERLAMAYO - HUABAL - JAÉN - CAJAMARCA, TRAMO: 05+500 - 06+500, presentado por la Bachiller en Ingeniería Civil MAIRA VÁSQUEZ FERNÁNDEZ, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Filial Jaén, asesorada por el Dr. Ing. José Antonio Coronel Delgado, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron a la sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y la evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : 6 PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : 11 PTS.
EVALUACIÓN FINAL : 17 PTS DIECISIETE (En letras)

En consecuencia, se la declara APROBADA con el calificativo de 17 (DIECISIETE) acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las 10:40 horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. José Francisco Huamán Vidaurre.
Presidente

Dr. Ing. Gaspar Virilo Méndez Cruz.
Vocal

Ing. Marco Wilder Hoyos Saucedo.
Secretario

Dr. Ing. José Antonio Coronel Delgado.
Asesor

AGRADECIMIENTO

Agradezco desde lo más profundo de mi ser, a Dios por acompañarme en cada decisión tomada.

Agradezco al Dr. Ing. CORONEL DELGADO, José Antonio, por su orientación, apoyo y guía constante a lo largo de este proceso.

DEDICATORIA

A Vidal, mi padre, porque me diste la vida y lo que haces por nosotros tus hijos, quiero llenarte el pecho de orgullo, aunque nunca será suficiente.

A ti, madre mía, Ysabel Alejandrina, tu existencia y humildad son lo más grandioso que me haya podido dar Dios.

A Artidoro Vargas, mi hermano mayor, porque no hay amor más grande como el que siento por ti.

A mis hermanos, por creer en mí.

INDICE GENERAL DE CONTENIDOS

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Planteamiento del problema.	1
1.2 Formulación interrogativa del problema.	2
1.3 Justificación de la investigación.....	3
1.4 Alcances y delimitación de la investigación.....	3
1.5 Limitaciones.....	4
1.6 Objetivos de la investigación.	4
1.6.1 Objetivo general.....	4
1.6.2 Objetivos específicos.	4
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes teóricos.	6
2.1.1 Antecedentes internacionales.	6
2.1.2 Antecedentes nacionales.....	7
2.1.3 Antecedentes locales.....	9
2.2 Bases teóricas.....	10
2.2.1 Canales de riego.....	10
2.2.2 Eficiencia hidráulica de conducción.	11
2.2.3 Pérdida por evaporación.....	14
2.2.4 Pérdida por infiltración.....	16

2.2.5 Pérdida por fisuras y agrietamiento en la estructura.....	19
2.2.6 Métodos de medición de caudales.....	20
2.3 Definición de términos básicos.....	36
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....	38
3.1 Ubicación de la zona de estudio.....	38
3.2 Tiempo en el que se realizó la investigación.....	42
3.3 Metodología.....	42
3.3.1 Tipo de estudio.....	42
3.3.2 Diseño.....	43
3.4 Variable.....	44
3.5 Población y muestra.....	44
3.5.1 Población.....	44
3.5.2 Muestra.....	44
3.6 Unidad de análisis.....	45
3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	45
3.7.1 Técnicas.....	45
3.7.2 Instrumentos.....	45
3.8 Técnicas para el procesamiento o análisis de información.....	46
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	47
4.1 Resultados.....	47
4.1.1 Características de la captación del canal Perlamayo.....	47
4.1.2 Características del canal principal y caudal de diseño.....	50
4.1.3 Caudales aforados.....	53
4.1.4 Textura del suelo.....	55
4.2 Análisis e interpretación y discusión de resultados.....	56

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
5.1 Conclusiones.....	63
5.2 Recomendaciones.....	65
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
CAPÍTULO VII: ANEXOS	71

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Eficiencias de conducción de canales de riego según tipo y longitud.....	13
Tabla 2. Categoría de la eficiencia de conducción según Villavicencio.	13
Tabla 3. Categoría de la eficiencia de conducción según Kisnanto et al.	14
Tabla 4. Constante C según el tipo de revestimiento.....	17
Tabla 5. Clasificación por ancho de fisuras o agrietamiento.....	20
Tabla 6. Factor de corrección (C) según el tipo de cauce.....	23
Tabla 7. Coordenadas UTM del canal Perlamayo.	39
Tabla 8. Características de la captación.....	47
Tabla 9. Caracterización del canal Perlamayo.....	50
Tabla 10. Caudal en la captación.	53
Tabla 11. Caudal en la progresiva 05+500.	53
Tabla 12. Caudal en la progresiva 06+500.	54
Tabla 13. Tirantes en el canal.....	54
Tabla 14. Pérdidas y eficiencia del canal Perlamayo (Km 05+500 al Km 06+500).....	54
Tabla 15. Pérdida de infiltración en rotura (Km 05+823 al Km+825).	55
Tabla 16. Textura del suelo.	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Método del flotador.....	22
Figura 2. Flujo a través de los vertedores	24
Figura 3. Terminología relativa al flujo a través de vertedores.	25
Figura 4. Diferentes formas de vertedores sin y con contracciones laterales.....	26
Figura 5. Vertedores de pared gruesa, según Balloffet	28
Figura 6. Diferentes formas de vertederos de acuerdo al tipo de sección.....	29
Figura 7. Sección típica de vertedero de pared delgada.	30
Figura 8. Vertederos de pared delgada de sección rectangular total y parcialmente contraídos.	31
Figura 9. Tubo de Pitot.....	34
Figura 10. Ubicación de la zona de estudio.....	38
Figura 11. Cauce de la quebrada Perlamayo – Margen derecho.	41
Figura 12. Flora en el canal Perlamayo – Huabal.	42

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar la eficiencia de conducción del canal de riego Perlamayo, ubicado en la parte alta del distrito de Huabal, provincia Jaén, departamento de Cajamarca comprendido entre el tramo Km 05+500m a Km 06+500 m. La problemática que se abordó fue que, a causa de la presencia de algunos daños o patologías en el concreto, el poco mantenimiento que se le realiza, producto de ello la eficiencia en el canal no es al 100%, ocasionando perjuicio directamente a los agricultores beneficiarios que no reciben el caudal requerido para sus cultivos; de acuerdo a la metodología, la investigación es de tipo de aplicada y diseño no experimental, como procedimiento se empleó el tubo de Pitot para calcular la velocidad del agua con el fin de estimar los flujos de entrada y salida. Como resultado, se obtuvo un caudal de ingreso de $0.3720 \text{ m}^3/\text{s}$ y uno de salida de $0.3157 \text{ m}^3/\text{s}$. Asimismo, se estimaron pérdidas por evaporación de 0.3625 l/s y por infiltración de 56.2917 l/s . A partir de estos datos, se determinó que la eficiencia de conducción del canal es del 84.87%, lo que, según la clasificación propuesta por Kisnanto, Hadiani & Ikhsan, lo ubica en la categoría de un canal semidañado. Se concluye que el canal evaluado en el tramo indicado presenta una eficiencia de conducción baja, porque para ser canales revestidos debe ser como mínimo 95%, ante ello, para reducir la pérdida por infiltración, realizar la reparación de los daños presentes en el concreto para que no lleguen a tener un mayor grado de severidad y el agua pueda filtrar en mayor cantidad hacia el suelo.

Palabras clave: Eficiencia, conducción, evaporación, infiltración, recubrimiento, canal.

ABSTRACT

The present investigation aims to determine the conduction efficiency of the Perlamayo irrigation canal, located in the upper part of the Huabal district, Jaén province, Cajamarca department, between the section Km 05 + 500m to Km 06 + 500 m. The problem that was addressed was that, due to the presence of some damage or pathologies in the concrete, the little maintenance that is carried out in the canal section, as a result of this the efficiency in the canal is not 100%, causing direct harm to the beneficiary farmers who do not receive the required flow for their crops; according to the methodology, the research is of an applied type and non-experimental design, as a procedure the Pitot tube was used to calculate the water velocity in order to estimate the inflow and outflow flows. The resulting flow rate was $0.3720 \text{ m}^3/\text{s}$ and an output flow rate of $0.3157 \text{ m}^3/\text{s}$. Evaporation losses were estimated at 0.3625 l/s and infiltration losses at 56.2917 l/s . Based on these data, the channel's conduction efficiency was determined to be 84.87%, which, according to the classification proposed by Kisnanto, Hadiani & Ikhsan, places it in the semi-damaged channel category. It is concluded that the channel evaluated in the indicated section has a low conduction efficiency because, to be lined, it must be at least 95%. Therefore, to reduce infiltration losses, the existing damage to the concrete must be repaired so that it does not become more severe and water can infiltrate more into the ground.

Keywords: Efficiency, conduction, evaporation, infiltration, lining, channel.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema.

A nivel mundial, uno de los métodos más antiguos y ampliados, es el riego superficial, este se utiliza ampliamente en regiones con terrenos planos y abundante agua. En Asia, especialmente en India, China y el sudeste asiático, la eficiencia hidráulica en la conducción del agua se ve comprometida por pérdidas debidas a filtraciones; por ello, el revestimiento de los canales se plantea como una alternativa viable para mejorar dicha eficiencia. En África se usa intensamente en Egipto y Sudán con aguas del Nilo, muchos sistemas de riego presentan registros inadecuados y carecen de infraestructura para el control del uso del agua, lo cual se debe principalmente a los elevados costos del monitoreo, la falta de equipos de medición y una gestión deficiente del sistema. Ciencias Agrícolas y Biológicas (CAB, 2023)

A nivel nacional, el riego superficial es el método más usado en la agricultura, pero presenta diversas problemáticas según la región: en la costa (Ica, Lambayeque, Piura) hay alta ineficiencia en el uso del agua, sobreexplotación de acuíferos y salinización de suelos; en la sierra (Ayacucho, Cusco, Huancavelica) se generan erosión de suelos y distribución desigual del agua por falta de infraestructura adecuada; y en zonas de sierra y selva alta (Pasco, Huánuco), el agua usada para riego puede estar contaminada por residuos mineros o aguas residuales. Estas condiciones afectan la productividad agrícola y requieren modernización del riego y mejor gestión del recurso hídrico. (CAB, 2023)

A nivel local, en la provincia de Jaén, región Cajamarca, el riego superficial es el método predominante, con cerca del 95% de las áreas agrícolas irrigadas mediante canales abiertos y sistemas de gravedad. Zonas como Yanuyacu, Zonanga Alto, Bellavista y Huabal utilizan estos canales tradicionales para regar cultivos como arroz, maíz y frutales, la infraestructura es básica y con pérdidas por infiltración, su uso es limitado, por lo que la mayoría del riego sigue siendo superficial y dependiente de sistemas tradicionales, existe desperdicio por la presencia de daños o patologías en el concreto, así como el escaso control, mala gestión y otros factores, en el canal Perlamayo, particularmente el tramo comprendido entre el Km 05+500 y el Km 06+500 no alcanza una eficiencia de conducción del 100 %. Esta situación afecta directamente a los agricultores beneficiarios, quienes no reciben el caudal de agua necesario para el riego de sus cultivos. (SIAR, 2024)

El estudio presenta una serie de recomendaciones orientadas a potenciar la eficiencia de conducción del canal de riego Perlamayo–Huabal, ofreciendo una base técnica sólida para respaldar decisiones relativas a la mejora de la infraestructura, la operación y el mantenimiento del sistema de riego.

1.2 Formulación interrogativa del problema.

¿Cuál es la eficiencia de conducción de agua del canal de riego Perlamayo – Huabal – Jaén – Cajamarca; en el tramo: 05+500 – 06+500?

1.3 Justificación de la investigación.

El presente estudio se justifica por su trascendencia técnica, práctica y social, ya que conociendo el nivel de eficiencia de conducción del canal de riego Perlamayo – Huabal, infraestructura clave para el abastecimiento de agua en más de 600 hectáreas agrícolas dedicadas a cultivos como arroz, maíz, papaya, plátano, limón, naranja, yuca, café y cacao, se propone mejoras que optimicen el uso del recurso hídrico.

Asimismo, el estudio contribuirá al conocimiento técnico en el área, servirá de referencia para futuros proyectos similares y fomentará la participación de la comunidad en la gestión sostenible y el control del agua en un contexto afectado por el cambio climático.

1.4 Alcances y delimitación de la investigación.

El área de investigación, se encuentra ubicada en el distrito de Huabal, provincia de Jaén, departamento Cajamarca. Para el estudio se ha delimitado específicamente el tramo comprendido entre las progresivas del km 05+500 m y el km 06+500 m, se desarrolló entre los meses de abril del 2024 a julio del 2025, centrándose en determinar la eficiencia de conducción de agua a lo largo del tramo seleccionado, mediante métodos directos de medición de caudales, identificación de posibles filtraciones, fisuras, deterioro estructural y condiciones hidráulicas del canal. La delimitación del estudio al tramo 05+500 – 06+500 (1 km de longitud) se justifica porque al acotar el estudio a un tramo, se asegura una evaluación más detallada y precisa, es el tramo más crítico porque presenta características típicas

del canal en cuanto a su revestimiento mucho más visibles que en cualquier otro tramo, existe la visibilidad de fisuras, grietas, juntas en mal estado y rotura, además el tramo es accesible, permitiendo realizar mediciones repetidas, inspección visual rigurosa y trabajos de campo sin dificultades.

1.5 Limitaciones.

La principal limitante potencial a presentarse durante el desarrollo de la investigación fue el acceso a la información del proyecto en cuestión, debido a que los permisos para ser tramitados y aceptados tardaron un poco, asimismo se identificó que una limitante es la baja cantidad de investigaciones a nivel local sobre las evaluaciones de eficiencia hidráulica en proyectos de irrigación.

1.6 Objetivos de la investigación.

1.6.1 Objetivo general.

- Determinar la eficiencia de la conducción de agua del canal de riego Perlamayo – Huabal – Jaén – Cajamarca; en el tramo Km 05+500 al Km 06+500.

1.6.2 Objetivos específicos.

- Caracterizar la captación desde donde se inicia el canal de riego Perlamayo - Huabal, Jaén, Cajamarca.
- Caracterizar el canal en su recorrido y registrar el caudal con el cual se diseñó el canal de riego Perlamayo - Huabal, Jaén, Cajamarca.
- Medir el caudal en la captación derivadora y nuevamente al inicio y final del tramo seleccionado, mediante aforo en el canal de riego Perlamayo - Huabal, Jaén, Cajamarca.

- Determinar la textura del suelo en el cual ocurre la infiltración en el canal de riego Perlamayo - Huabal, Jaén, Cajamarca.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes teóricos.

2.1.1 Antecedentes internacionales.

Tipantiza L (2020), llevo a cabo un estudio titulado *“Determinación de la eficiencia de la conducción y distribución en el ramal “Alangasí – La Merced” del sistema de riego Tumbaco”*, en Ecuador, cuyo propósito central fue determinar la eficiencia de conducción y distribución del sistema de riego Tumbaco, empleo un diseño descriptivo de tipo no experimental. La muestra se centró en tres secciones el canal secundario; utilizándose aforadores como (medidor Parshall y vertedero de pared delgada de sección rectangular). Los hallazgos revelaron una eficiencia de conducción promedio del ramal de 93.41%, la eficiencia de distribución en el óvalo 4-5 fue de 19.47% y una sub irrigación de 92.86%, concluyo que la eficiencia de conducción en el canal secundario consideró como una eficiencia buena, existiendo perdidas mínimas por efectos de la evaporación; en cambio, la eficiencia de distribución en el óvalo 4-5 considerado como pobre y una existencia de sub irrigación en la mayoría de los usuarios.

Ibáñez J. (2023), en su estudio *“Evaluar la eficiencia de la conducción principal del sistema de riego Santiago”* (Loja – Ecuador), tuvo como propósito evaluar la eficiencia de conducción y determinar las pérdidas volumétricas, obteniendo un caudal promedio de 183.09 l/s. Para el cálculo de pérdidas hidráulicas utilizó la fórmula de Davis-Wilson obteniendo 0.90 l/s/km y con el Modelo de Moritz obtuvo 1.99 l/s/km. Uso el método de T. Ingham el promedio de pérdidas en los tramos de estudio es de 1.61 l/s-km que corresponde al 0.16 % y

con el método de Uginchus es de 28,8 l/s/km que corresponde a un 2,88 %, representa un valor bajo. En su conclusión nos indica que existen importantes pérdidas de agua en la conducción principal debido al deterioro del hormigón de revestimiento de las paredes y soleras del canal, al deficiente manejo y mantenimiento, alcanzando pérdidas de 28,8 l/s/km que representa dejar sin agua para riego a 3,6 hectáreas.

Ortiz R. et al. (2021) llevo a cabo un estudio titulado *“Eficiencias en el sistema de riego Tumbaco, Ecuador”*, el propósito central fue optimizar el uso del agua y mejorar la producción agrícola a través de la eficiencia. Se efectuaron mediciones con un flujómetro Parshall en los canales principales y se empleó un vertedero de cresta delgada en los canales terciarios. El resultado reveló una eficiencia de conducción del 78.82 % en toda la red de canales, considerada como nivel “regular”. Esta evaluación responde a que los turnos de riego asignados por la junta de regantes no corresponden con los caudales realmente entregados a los usuarios. Se recomienda modernizar las estructuras hidráulicas de división de caudales, pues la eficiencia fue limitada por la falta de mantenimiento, y se evidenció colmatación en los cauces debido a la acumulación de residuos.

2.1.2 Antecedentes nacionales.

Bustamante Y (2024), en su estudio *“Evaluación de la eficiencia de conducción del canal principal del proyecto Amojao, tramo Km 00+000 m a Km 02+150 m, Amazonas 2023”*, tuvo como propósito central determinar la eficiencia de conducción, la investigación fue de tipo aplicada y diseño no experimental, como metodología se usó el tubo de Pitot para calcular la velocidad; obteniendo

como promedio 82.98% de eficiencia; concluyendo que el canal evaluado en el tramo indicado presentó una eficiencia baja, ya que para canales revestidos el mínimo debe ser 95% y se recomienda reparar los daños en el concreto para evitar mayores daños en el futuro.

Céspedes J et al. (2022), en su investigación *“Evaluación de las eficiencias en la conducción y distribución de agua para riego del canal Soltín Derecho – Ferreñafe y su posible solución”* (Lambayeque – Perú). El propósito del estudio fue identificar y evaluar la eficiencia tanto en la conducción como en la distribución del agua. Se trató de una investigación mixta (cualitativa y cuantitativa), con un enfoque descriptivo. Para ello, se utilizó el equipo electromagnético OTT MFpro, que permitió medir los caudales en distintos puntos. Posteriormente, esos datos se procesaron en gabinete para calcular la eficiencia del canal. Los hallazgos revelan que el sistema presenta una eficiencia de riego bastante baja, alcanzando solo un 39 % en los factores de conducción, distribución y aplicación. Esto indica pérdidas de agua significativas, lo cual afecta negativamente el rendimiento del cultivo y genera retrasos con repercusiones económicas.

Martínez F et al. (2021), en su estudio *“Evaluación de eficiencia hidráulica de canales de riego por gravedad - canal Huayao, Chupaca, Junín 2021”* (Huancayo – Perú), El estudio tuvo como finalidad evaluar la eficiencia hidráulica de los canales de riego por gravedad del canal Huayao, ubicado en Chupaca (Junín). Se llevó a cabo un diseño de investigación no experimental, bajo un enfoque científico riguroso. Para la recolección de datos se utilizó una ficha específica, aplicada a la sección del canal Huayao situada en el distrito de

Huachac. En cuanto a los resultados: Para el canal trapezoidal, desde la progresiva 0+000 km hasta 2+0.22 km, las eficiencias promedio alcanzaron 58.36 % el primer día y 71.53 % el segundo, indicando un desempeño deficiente, En el tramo del canal rectangular, entre las progresivas 0+00 km y 0+100 km, las eficiencias fueron de 95.14 %, 92.33 %, 94.93 % y 95.60 %, lo cual se considera dentro del rango de eficiencia adecuada.

2.1.3 Antecedentes locales.

Vilca Fabian et al. (2022) en su investigación *“Evaluación de la eficiencia técnica de conducción del canal de riego tres molinos, margen izquierdo del río Mashcón utilizando vertederos de pared delgada - Cajamarca 2021”* (Cajamarca – Perú), El propósito de este estudio fue evaluar la eficiencia de conducción del canal de riego Tres Molinos. El diseño de la investigación fue no experimental, descriptivo cuantitativo. La población analizada incluyó todo el canal, desde la progresiva Km 00+000 hasta Km 05+000. Los resultados muestran Al aplicar un vertedero de sección rectangular en cinco tramos, las eficiencias fueron: 86.906 %, 87.377 %, 62.061 %, 62.297 %, y 47.932 % y una eficiencia de conducción promedio de 69.315%, una pérdida de caudal promedio por evaporación de 0.191 l/s y una pérdida de caudal promedio por infiltración de 0.814 litros por kilómetro. Dado que la eficiencia técnica promedio de conducción está por debajo del 70 %, se clasifica como inaceptable.

Quiliche E (2021) en su investigación *“Eficiencia de la infraestructura hidráulica del canal La Collpa, Cajamarca 2021”*, su propósito fue calcular la eficiencia de la infraestructura hidráulica mediante un enfoque de investigación

descriptivo-cuantitativo; no experimental de corte transversal, se emplearon varias metodologías incluyendo la revisión documental, el análisis y la evaluación acerca del estado de las estructuras empleando fichas bibliográficas, fichas de investigación e inventarios de infraestructura, fichas de análisis de datos y el instrumento llamado correntómetro, obteniendo una eficiencia de captación de 48.74% y una eficiencia de conducción de 83.09%. Durante la inspección se detectaron pérdidas significativas debido a infiltración en juntas, y deterioro del concreto en las tomas y puntos de control. En base a ello, se recomienda: asesoría técnica especializada e implementar un programa de mantenimiento periódico.

Cieza Zamudio (2019), es su estudio *“Un análisis de la eficiencia de conducción en canales de irrigación para zonas altoandinas caso: Turuco, del distrito de Bellavista, provincia de Jaén - Cajamarca”* (Lambayeque – Perú). Se determinó la eficiencia de conducción del canal, el cual opera con un caudal nominal de 0.64 m³/s, una pendiente del 1 % y un revestimiento de 7.5 cm. La longitud total evaluada comprende distintos tipos de sección: trapezoidal abierto (5 381.41 m), trapezoidal cubierto (211.00 m), rectangular (173.99 m) y rectangular cubierto (76.60 m). Los resultados obtenidos fueron una eficiencia de conducción que alcanzó el 80%, considerada como baja y la identificación de fisuras, juntas deterioradas las cuales favorecen a las pérdidas significativas de agua.

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Canales de riego.

Los canales de riego, son conductos por donde circula el agua por efecto de la gravedad y sin ninguna presión; puesto que, la superficie libre del líquido se encuentra en contacto con la atmósfera (Cieza Zamudio, 2019).

Estas infraestructuras, tienen como función de conducir el recurso hídrico para el uso agrario desde su captación hasta las áreas bajo riego (FAO, 2012).

- **Clasificación de canales de riego.**

Los canales de riego de acuerdo a su funcionamiento pueden ser: canal de primer orden (canal madre o de derivación), canal de segundo orden (canales laterales) y canal de tercer orden (canales sub - laterales) (ANA, 2010).

También pueden ser canales sin revestir y con revestimiento. Siendo el revestimiento una capa de materiales que se agrega sobre la superficie del canal de acuerdo al diseño, que sirve como protección y contacto con el agua para evitar pérdidas del recurso hídrico por efectos de la filtración y el valor del coeficiente de resistencia del flujo (Placido Campos & Salvatierra Reyna, 2020).

2.2.2 Eficiencia hidráulica de conducción.

- **Eficiencia en canales de riego.**

La eficiencia se refiere a la capacidad de alcanzar un resultado utilizando la menor cantidad de recursos y en el menor tiempo posible. En el ámbito del riego, esta se asocia al uso adecuado del agua en las zonas irrigadas, y dentro de este contexto, la eficiencia de conducción se entiende como la medición de las

pérdidas de agua que ocurren en el canal principal. Existen estándares de eficiencia según el tipo de revestimiento del canal; por ejemplo, en canales totalmente revestidos con concreto o piedra y mortero de cemento, se pueden alcanzar eficiencias de hasta un 95% en tramos de hasta 20 km y de aproximadamente 90% en tramos de hasta 50 km (Polo Yengle, 2021).

- **Eficiencia de conducción.**

La eficiencia de conducción de un canal puede evaluarse midiendo el caudal tanto en el punto de ingreso como en el de salida del canal, a través de aforos, los cuales deben realizarse de manera frecuente (Cieza Zamudio, 2019). En algunos casos, también se considera el cierre de las compuertas de los canales laterales de distribución como parte del cálculo de dicha eficiencia.

Ecuación 1: Ecuación de la eficiencia de conducción (Cieza Zamudio, 2019)

$$Efc = \frac{Qs + \sum Qd}{Qi}$$

$$Efc = \frac{Qs}{Qi} \text{ ó } Efc(\%) = \frac{Qs}{Qi} \times 100$$

Donde:

Efc: Eficiencia de conducción.

Qs: Caudal de salida de tramo de canal, en l/s.

Qd: Caudal de distribución, en l/s.

Qi: Caudal de inicial o de entrada de tramo de canal, en l/s.

Cuando las compuertas se encuentran cerradas, se asume que el caudal total en los canales de distribución es nulo.

- a. Food and Agriculture Organization - (FAO, 2012), sostiene que la eficiencia de conducción depende de la longitud, tipo y condiciones de los canales, como se muestran las estimaciones en la Tabla 1.

Tabla 1. Eficiencias de conducción de canales de riego según tipo y longitud.

Longitud de canal	Canales de tierra (%)			Canales revestidos (%)
	Arena	Roca	Arcilla	
Largo (>2000m)	60%	70%	80%	95%
Medio (200-2000m)	70%	75%	85%	95%
Corto (<200)	80%	80%	90%	95%

Fuente: Food and Agriculture Organization (FAO, 2012).

- b. La eficiencia de conducción, es categorizado de acuerdo a Villavicencio (2021), en su trabajo de investigación denominado “Determinación del coeficiente de uniformidad de caudal en sistemas de riego localizado”; mostrado en la Tabla 2.

Tabla 2. Categoría de la eficiencia de conducción según Villavicencio.

Categoría	Eficiencia (%)
Excelente	90% – 100%
Buena	80% – 90%
Aceptable	70% – 80%

Inaceptable	< 70%
-------------	-------

Fuente: INIA; Raihuén (2021)

- c. Asimismo, Kisananto et al. (2018), en su estudio titulado “Rendimiento de la infraestructura del canal de riego para la eficiencia del área de riego de Candi Limo en el distrito de Mojokerto”, señalan que el desempeño de los canales de riego puede analizarse en función de su eficiencia, según lo mostrado en la Tabla 3.

Tabla 3. *Categoría de la eficiencia de conducción según Kisananto et al.*

Categoría	Eficiencia (%)
Buen estado	> 90%
Semi dañada	80% – 90 %
Dañada	60% – 79%
Muy dañada	< 60%

Fuente: Kisananto, Hadiani & Ikhsan (2018)

2.2.3 Pérdida por evaporación.

La evaporación es un proceso físico en el que el agua cambia de estado líquido a gaseoso, liberándose en forma de vapor hacia la atmósfera. Este fenómeno está condicionado por diversos factores ambientales, como la radiación solar, la temperatura del aire y del agua, la presión de vapor, la velocidad del viento, la presión atmosférica y las características del agua. Para cuantificar la evaporación existen distintos instrumentos, clasificados en cuatro tipos: tanques de evaporación, evaporímetros de balanza, elementos de

porcelana porosa y superficies de papel húmedo (Julcapoma Vargas & Vilca Fabian, 2022).

Actualmente, las pérdidas de agua por evaporación o conversión a vapor no constituyen un problema importante para los recursos hídricos, ya que suelen representar menos del 6 % de la capacidad de los embalses y menos del 2 % del caudal de los ríos. No obstante, este fenómeno podría volverse más significativo en el futuro debido al incremento de las temperaturas a nivel global y a una posible reducción en la disponibilidad del recurso hídrico (Julcapoma Vargas & Vilca Fabian, 2022).

Ecuación 3: Cálculo del volumen de evaporación (Julcapoma Vargas & Vilca Fabian, 2022).

$$Vol\ evp(m^3) = \frac{L \times L1 \times \Delta h \times t}{\Delta t}$$

Ecuación 4: Cálculo del caudal de evaporación (Julcapoma Vargas & Vilca Fabian, 2022).

$$Q\ evp = \frac{Vol\ evp}{t}$$

Donde:

L: Longitud de lámina transversal (m).

L1: Longitud de tramo en estudio (m).

Δh : Variación de altura del recipiente durante 1h (m).

t: Tiempo de recorrido desde el punto de inicio y final del tramo (horas).

Δt : Variación del tiempo del recipiente (horas).

2.2.4 Pérdida por infiltración.

Las pérdidas de agua por infiltración no pueden ser completamente evitadas, ya que el líquido tiende a desplazarse por trayectorias ubicadas en los laterales o en el fondo del canal. Una de las formas más frecuentes de este tipo de pérdida ocurre a través de fisuras o grietas. Al ingresar el agua en estos espacios reducidos, se produce una filtración que puede dar lugar a procesos erosivos o incrementar la permeabilidad de la estructura, lo que con el tiempo provoca un deterioro progresivo a medida que dichas aberturas se expanden (Delgadillo & Pérez, 2016).

La infiltración del agua depende de diversos factores, destacando entre ellos el tipo de material utilizado en el revestimiento y el grado de mantenimiento que se le brinda. La falta de un mantenimiento adecuado suele favorecer la aparición de grietas, fisuras y erosión en la estructura. En relación con la velocidad de infiltración, esta generalmente disminuye con el tiempo; el proceso se inicia cuando el agua entra en contacto con el suelo y luego se estabiliza, lo que permite observar la evolución de su ritmo con el transcurso del tiempo (Delgadillo & Pérez, 2016).

El revestimiento de un canal no elimina por completo las pérdidas por infiltración, ya que incluso en el propio concreto puede presentar fugas, sin embargo, contribuye significativamente a reducirlas.

Ecuación 5: Cálculo para la infiltración. (Julcapoma Vargas & Vilca Fabian, 2022)

$$S_L = 0.45C \frac{P_w \times L}{4 \times 10^6 + 3650\sqrt{v}} H_w^{1/3}$$

Donde:

S_L : Pérdidas por infiltración (m³ por longitud del canal por día).

L : Longitud del canal (m).

P_w : Perímetro mojado (m).

H_w : Altura del agua en el canal (m).

V : Velocidad del agua en el canal (m/s).

C : Constante que depende del tipo de revestimiento.

Tabla 4. Constante C según el tipo de revestimiento.

Tipo de revestimiento	Constante (C)
Hormigón (10 cm)	1
Arcilla en masa (15 cm)	4
Asfalto ligero	5
Arcilla (7.6 cm)	8
Mortero de cemento o asfalto	10

Fuente: (Julcapoma Vargas & Vilca Fabian, 2022)

- **Caudal de infiltración por el método de entrada – salida (Flow – in Flow-out).**

El caudal de infiltración, determinado mediante el método de entrada-salida, se calcula a partir de la diferencia entre el caudal aforado en el punto de ingreso y el registrado en el punto de descarga del canal, con el fin de cuantificar las pérdidas por infiltración. Este procedimiento requiere el uso de dispositivos de medición de caudal de alta precisión en ambos extremos del tramo analizado. La discrepancia entre los valores obtenidos refleja el volumen de agua que se filtra a través del lecho y las paredes del canal.

Ecuación 6: Cálculo para el caudal de infiltración. (Aquino, 2017)

$$Q_{inf} = Q_e - Q_s$$

Donde:

Q_e : Caudal de entrada (m^3/s).

Q_s : Caudal de salida (m^3/s).

El método de entrada-salida opera bajo los siguientes procedimientos técnicos:

1. Determinación del caudal de ingreso: Se emplea un instrumento de medición de caudal para cuantificar el volumen de agua que fluye hacia el canal por unidad de tiempo, asegurando una lectura precisa del caudal afluente.
2. Determinación del caudal de egreso: Del mismo modo, se utiliza un medidor de caudal en el extremo de salida para registrar el volumen de agua que abandona el canal en un intervalo temporal determinado.

3. Cálculo de la pérdida por infiltración: La diferencia entre los valores de caudal de entrada y salida corresponde al volumen de agua que se infiltra a través del lecho y las paredes del canal.

Para asegurar la fiabilidad de los resultados, es fundamental que los dispositivos de medición sean instalados en puntos estratégicos del canal, preferentemente en tramos que presenten un régimen de flujo estable, uniforme y con mínima turbulencia, a fin de evitar errores en la lectura del caudal.

El método de entrada-salida, en conclusión, constituye una técnica práctica y eficiente para determinar las pérdidas por infiltración en los canales de riego. Al permitir calcular con precisión el volumen de agua infiltrado, esta metodología facilita la implementación de estrategias orientadas a reducir dichas pérdidas y mejorar la eficiencia en la gestión del recurso hídrico.

2.2.5 Pérdida por fisuras y agrietamiento en la estructura.

Las fisuras y grietas son discontinuidades presentes en elementos estructurales que pueden indicar posibles fallos que comprometan tanto la funcionalidad como la durabilidad de la infraestructura. Las fisuras, caracterizadas por tener un ancho máximo de 1 mm, afectan únicamente la superficie del elemento y suelen generarse debido a variaciones en la humedad. En cambio, las grietas exceden ese límite de ancho y pueden atravesar todo el espesor del concreto, afectando de forma más profunda la integridad estructural. (Reyes Rondo & Roldan Diaz, 2018)

Tabla 5. Clasificación por ancho de fisuras o agrietamiento.

Clasificación por ancho (e)		Nivel de repercusión en la estructura
Micro fisuras	$e < 0.05\text{mm}$	Nivel muy bajo.
Fisuras	$0.1\text{mm} < e < 0.2\text{mm}$	Nivel bajo. Tener cuidado con ambientes marinos u otros agresivos donde pueda desencadenarse la corrosión del acero.
Macro fisura	$0.2\text{mm} < e < 0.4\text{mm}$	Nivel moderado. Podría existir repercusiones estructurales, se requiere estudio de vulnerabilidad para el diagnóstico y alternativas de reparación y/o reforzamiento en caso lo amerite.
	$0.4\text{mm} < e < 1.0\text{mm}$	Nivel alto. Podría existir reducción de la capacidad sismo resistente. Se requiere estudio de vulnerabilidad para el diagnóstico, y alternativas de reparación y/o reforzamiento en lo aplicable.
Grietas	$e > 1.0\text{mm}$	Nivel muy alto. Posible reducción significativa de la capacidad sismo resistente. Se requiere estudio de vulnerabilidad para el diagnóstico y determinar la posibilidad de salvar la estructura. Dependiendo de los daños encontrados, se debe evaluar la evacuación y apuntalamiento de la edificación.

Fuente: (Sotomayor C., 2020) "Entendiendo a las fisuras y grietas en las estructuras de concreto".

2.2.6 Métodos de medición de caudales.

Existen múltiples técnicas para la determinación de caudales. Según la Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego (DGIAR, 2015), el método más frecuentemente empleado es el de velocidad-área, el cual se basa en la obtención del producto entre el área de la sección transversal del flujo y la velocidad media del agua circulante. Para la implementación de este método, se recurrió a dos procedimientos complementarios: el método del flotador, que

permite estimar la velocidad superficial del flujo, el método del tubo de Pitot y por otro, el uso de estructuras hidráulicas de medición, específicamente un vertedero rectangular de pared delgada, el cual permite calcular el caudal en función de la altura del agua que fluye sobre la cresta del vertedero.

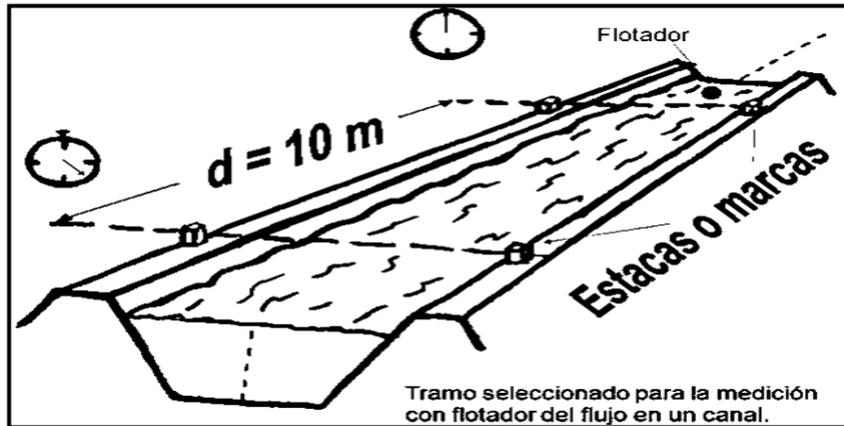
Método del Flotador.

Para aplicar el método del flotador, se emplean las ecuaciones 6 y 7, junto con un objeto flotante que permita medir la velocidad superficial del agua. Este flotador debe ser un cuerpo liviano que se mantenga a flote, como un corcho, un pequeño trozo de madera o una botella lastrada. Este método es adecuado para caudales comprendidos entre $0.250 \text{ m}^3/\text{s}$ (250 L/s) y $0.900 \text{ m}^3/\text{s}$ (900 L/s), y se recomienda su uso en tramos rectos del cauce: de 15 a 20 metros para canales grandes y de 5 a 10 metros para canales más pequeños (DGIAR, 2015).

La metodología se basa en:

- Calcular el área de la sección transversal de aforo.
- Seleccionar un tramo recto del cauce.
- Determinar el ancho del cauce y las profundidades de este en tres partes de la sección transversal.
- Calcular el área de la sección transversal.
- Cálculo de la velocidad.

Figura 1. Método del flotador.



Fuente: Comisión Nacional del Agua (2020).

Ecuación 7: Ecuación para determinar el caudal por método de flotador.

$$Q = CxAxVs = A * Vm$$

Ecuación 8: Ecuación para determinar la velocidad de agua.

$$V = \frac{e}{t}$$

Donde:

Q: Caudal, en m^3/s

C: Factor de corrección (adimensional)

A: Área, en m^2

Vs: Velocidad superficial, en m/s

Vs: Velocidad media, en m/s

e: Espacio o distancia recorrida por el flotador, en metros (m).

t: Tiempo de recorrido por el flotador, en segundos (s).

Tabla 6. Factor de corrección (C) según el tipo de cauce.

Tipos de cauce	Factor de corrección (C)
Canal revestido en concreto, profundidad del agua > 15 cm	0.80
Canal en tierra, profundidad de agua > 15 cm	0.70
Riachuelos profundidad del agua > 15 cm	0.65
Canales de tierra profundidad del agua < 15 cm	0.45

Fuente: Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego – DGIAR (2015), “Manual de cálculo de eficiencia para sistemas de riego”

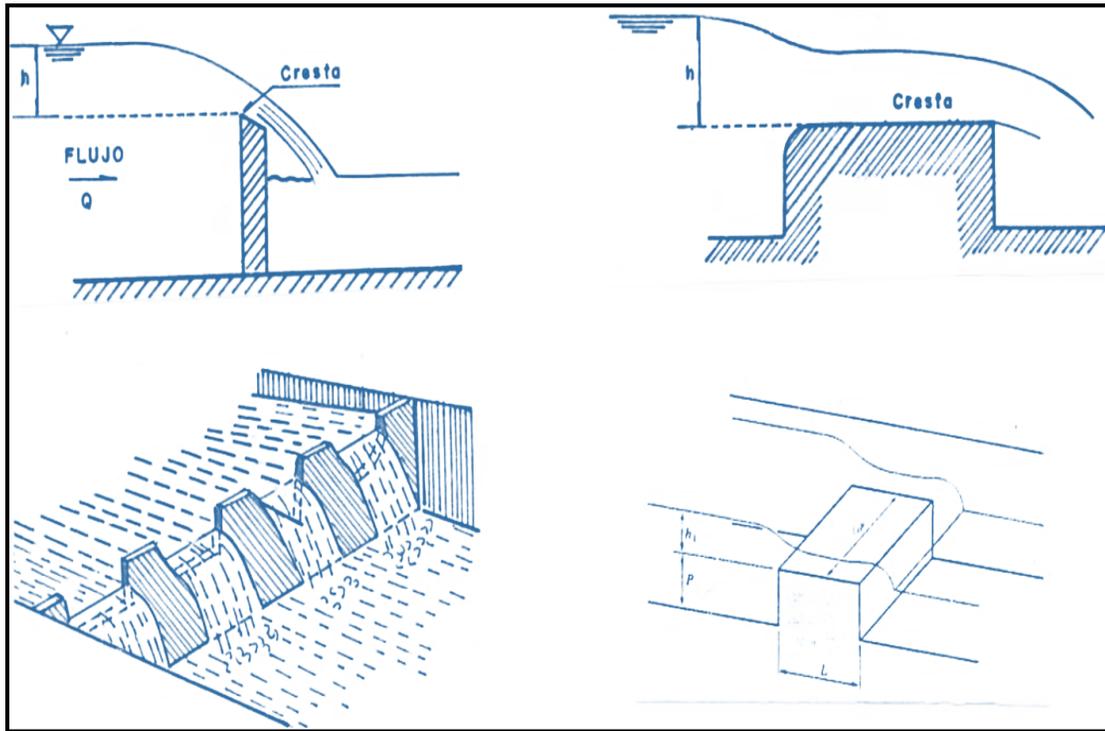
Método del Vertedero.

El vertedero constituye una estructura hidráulica diseñada principalmente para regular el caudal de agua. Su funcionamiento se basa en una barrera que obstruye parcialmente el flujo, lo que genera un incremento del nivel del agua en el tramo aguas arriba, manteniéndolo por debajo de un límite preestablecido. Asimismo, los vertederos se emplean como dispositivos de aforo en canales, ya que representan una herramienta simple pero eficiente para la medición del caudal en flujos a superficie libre (Gutiérrez Lozano, 2016).

Un vertedero se define como un dispositivo compuesto por una pared perpendicular al flujo de agua, por donde circula el líquido. Hidráulicamente, se trata de un orificio que no está completamente cubierto por el nivel de agua, aguas arriba, de modo que una parte del orificio queda libre. (Reyes Rondo & Roldan Diaz, 2018); teniendo como funciones principales del vertedero, de medir

caudales y permitir el reboce del líquido contenido en un río o canal. (Rocha Felices, 2010)

Figura 2. Flujo a través de los vertederos



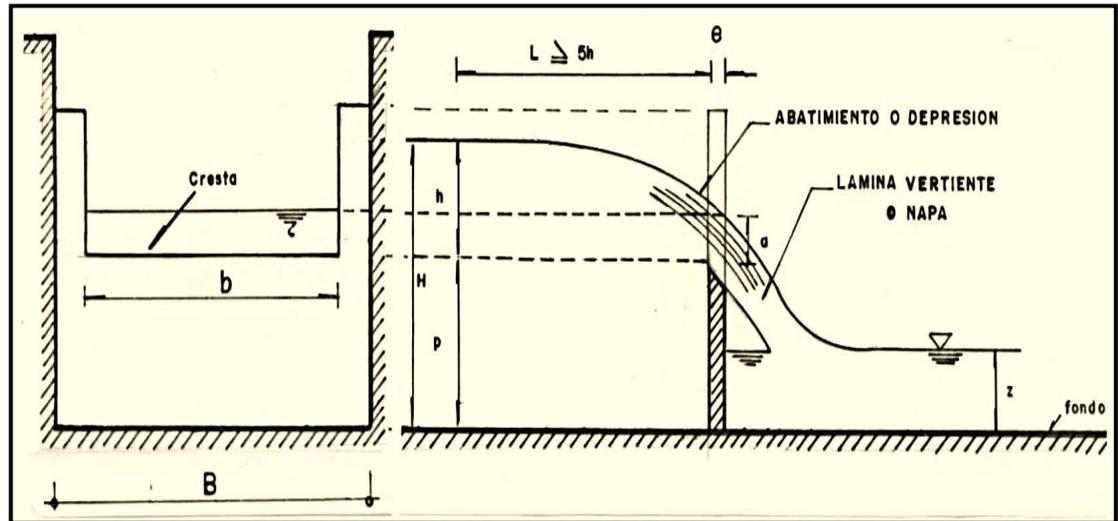
Fuente: Adaptado de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín

(2021)

- **Terminología relativa a los vertederos.**

Los términos usualmente utilizados en la descripción de los flujos a través de los vertederos, se aprecian en la Figura 3.

Figura 3. Terminología relativa al flujo a través de vertederos.



Fuente: Adaptado de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín (2021)

Donde:

b: Longitud de la cresta del vertedero.

B: Ancho del canal de acceso.

h: Carga del vertedero. Es el desnivel entre la superficie libre de aguas arriba y la cresta del vertedero.

a: Carga sobre la cresta.

P: Altura o cota de la cresta, referida al fondo del canal.

z: Espesor de la lámina de agua, aguas abajo del vertedero.

L: Distancia mínima, aguas arriba del vertedero, a la cual se coloca el medidor de niveles (limnómetro). $L \geq 4h$

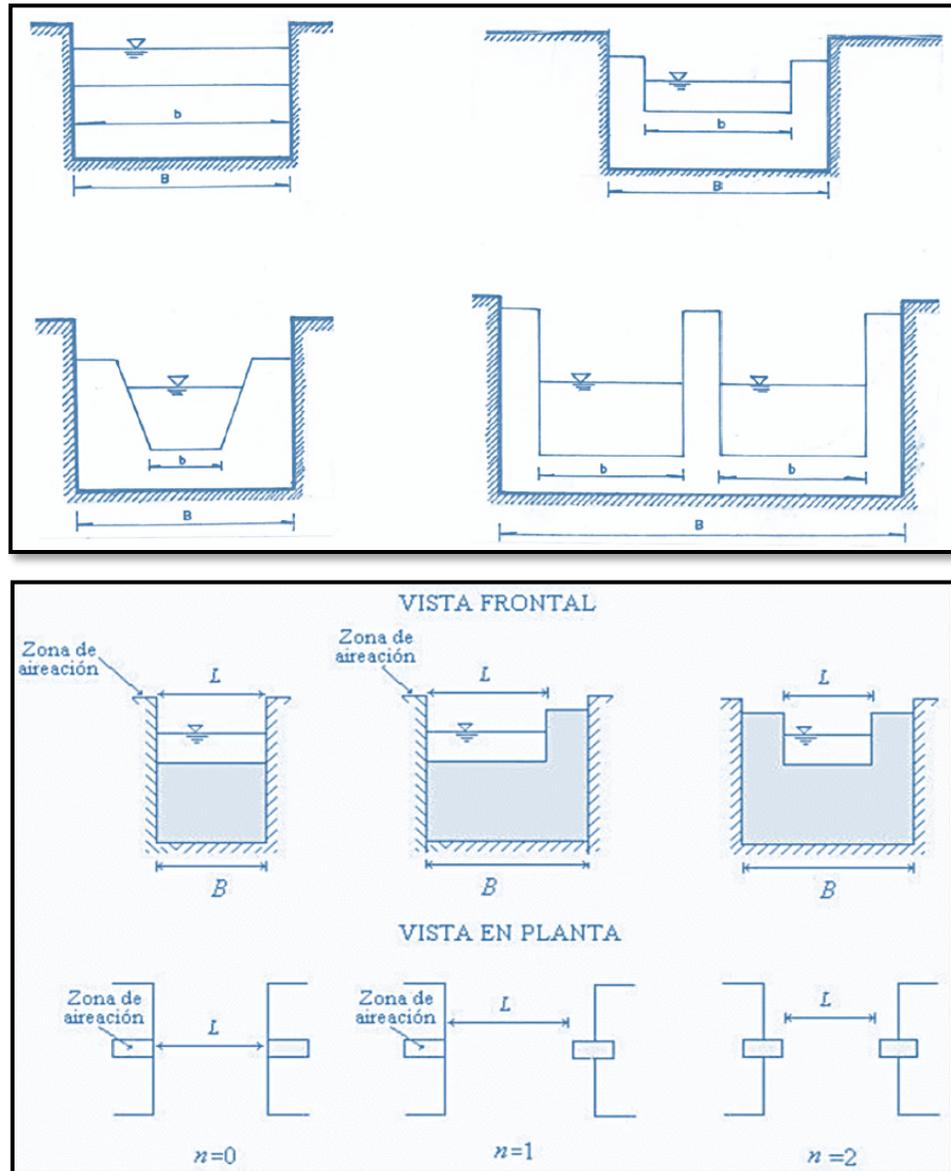
e: Espesor de la pared del vertedero.

H: Espesor de la lámina de agua, aguas arriba del vertedero.

- **Por las condiciones laterales de descarga.**

Los vertederos pueden contar con contracciones laterales ($b > B$) y sin contracciones ($b = B$); los de contracción, son aquellas que la longitud del vertedero es menor que el ancho del canal. (Rocha Felices, 2010)

Figura 4. *Diferentes formas de vertedores sin y con contracciones laterales.*



Fuente: Adaptado de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín (2021)

- **Por el tipo de cresta.**

Se distingue dos tipos de vertederos, los de pared gruesa y de pared delgada.

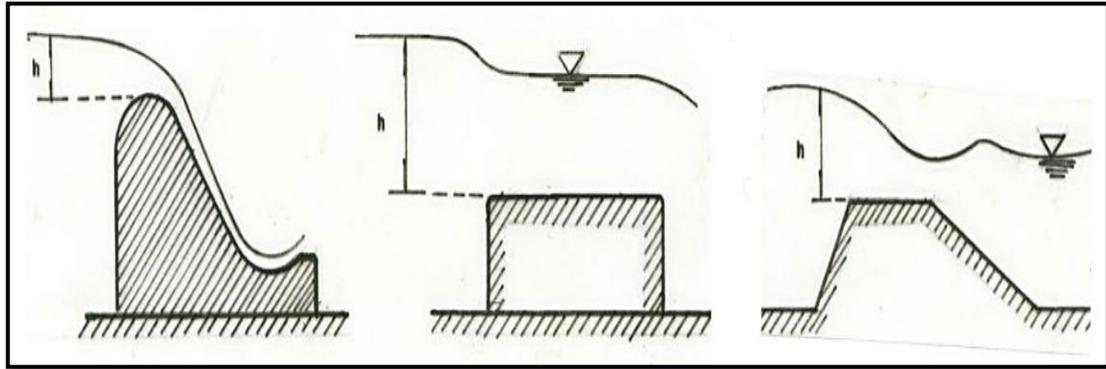
Vertedero de Pared gruesa.

El vertedero de pared gruesa, también conocido como vertedero de cresta ancha, se emplea principalmente para controlar los niveles de agua en ríos o canales. Estas estructuras son robustas y resistentes, capaces de soportar grandes caudales sin sufrir daños. Además, cumplen con la relación entre el espesor de la pared y la carga hidráulica, que debe ser de al menos $e/h \geq 0.67$. (Pérez, 2021)

Los vertederos de pared gruesa como integrantes de una presa u otra estructura hidráulica, se utilizan para controlar niveles, aunque también se pueden instrumentar como medidores de caudales. Según su forma geométrica pueden ser:

- Rectangulares de arista viva.
- De cresta redondeada y talud vertical.
- Cresta redondeada y talud inclinado hacia aguas abajo.
- De cresta elíptica y talud inclinado hacia aguas abajo.
- Vertedero Cimacio o de Creager.

Figura 5. Vertedores de pared gruesa, según Balloffet

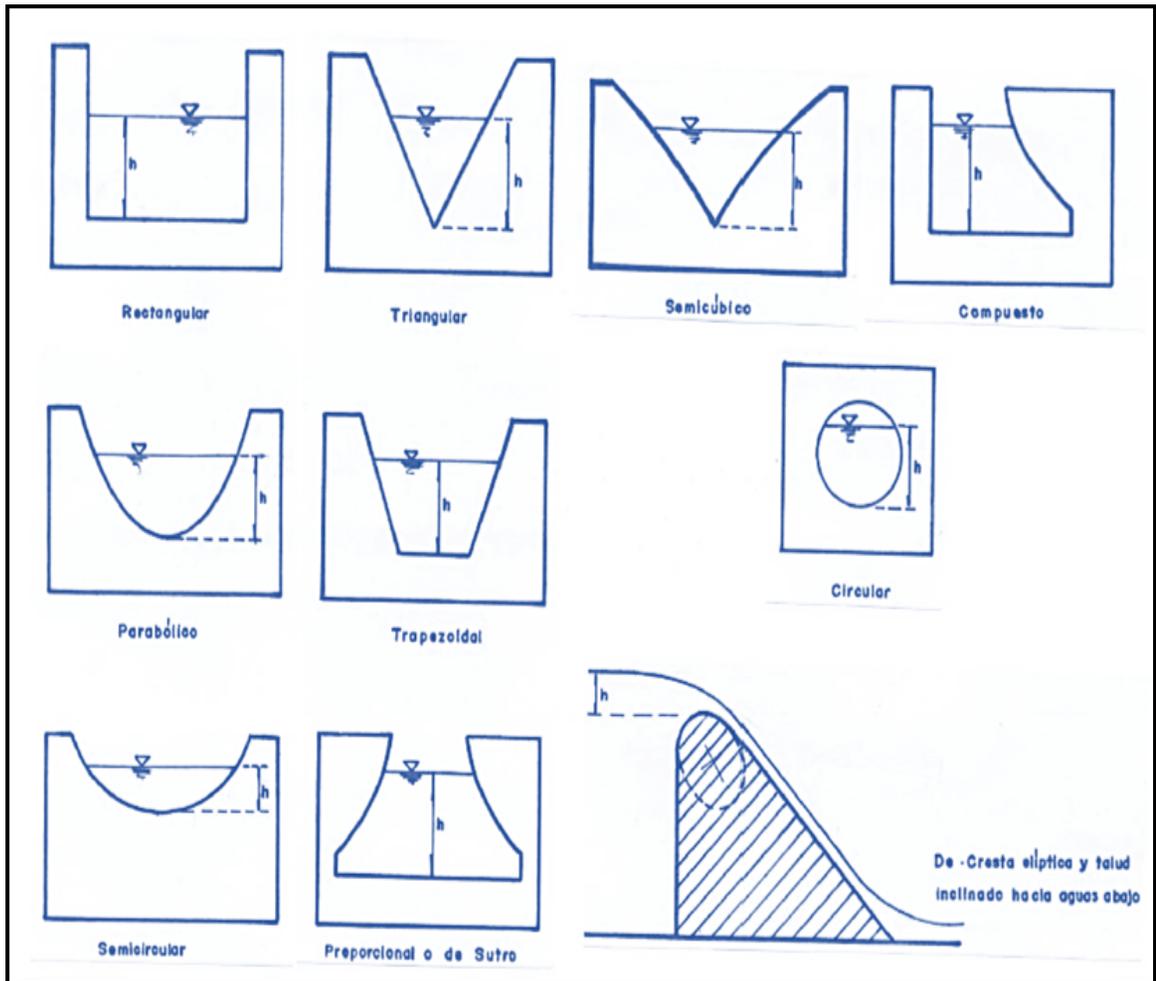


Fuente: Rocha, F. (2010) "Hidráulica de tuberías y canales"

Vertederos de pared delgada.

Los vertederos de pared delgada se caracterizan por contar con una cresta cuya sección tiene un espesor reducido, típicamente alrededor de 2.5 milímetros (mm). Estas estructuras pueden presentar diversas geometrías, tales como secciones rectangulares, triangulares, trapezoidales o circulares. Debido a su diseño, son considerados dispositivos de alta exactitud en la medición de caudales, alcanzando márgenes de error tan bajos como el 1% bajo condiciones controladas. No obstante, en aplicaciones de campo, la precisión puede disminuir, presentando errores cercanos al 5%. En términos de confiabilidad y exactitud, los vertederos con formas rectangular y triangular son los que ofrecen el mejor desempeño hidráulico (Julcapoma Vargas & Vilca Fabian, 2022). En la Figura 6, se aprecian las diferentes formas de vertedero, de acuerdo al tipo de sección de la misma.

Figura 6. *Diferentes formas de vertederos de acuerdo al tipo de sección.*

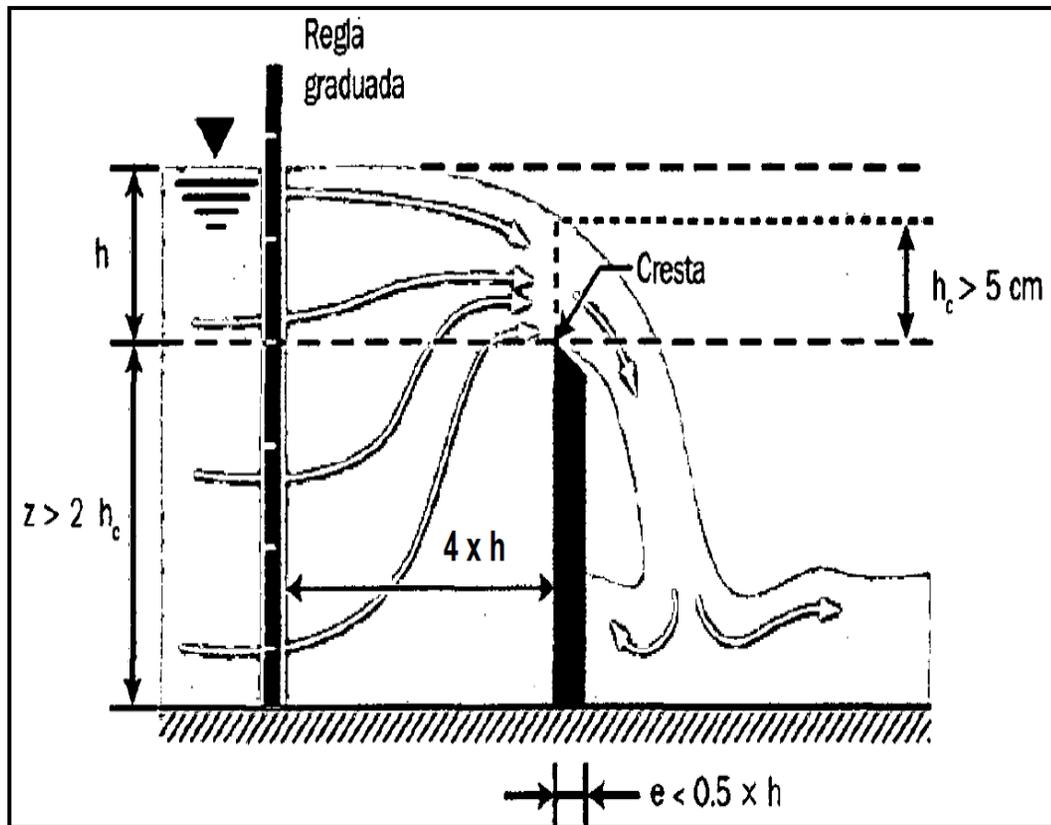


Fuente: Adaptado de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Medellín (2021)

Los vertederos de pared delgada se fabrican con una lámina de metal, madera biselada u otros materiales de bajo espesor de modo que se logra un espesor de aproximadamente 2.5 mm en la estructura. (Guamán, 2018)

Por lo que, los vertederos son estructuras hidráulicas más sencillos y de igual forma los más utilizados para medir caudales en canales abiertos, como también en sistemas de distribución de agua, sistemas de control de aguas pluviales, entre otros; teniendo una variedad de vertederos que se diferencian por el tipo de sección.

Figura 7. Sección típica de vertedero de pared delgada.



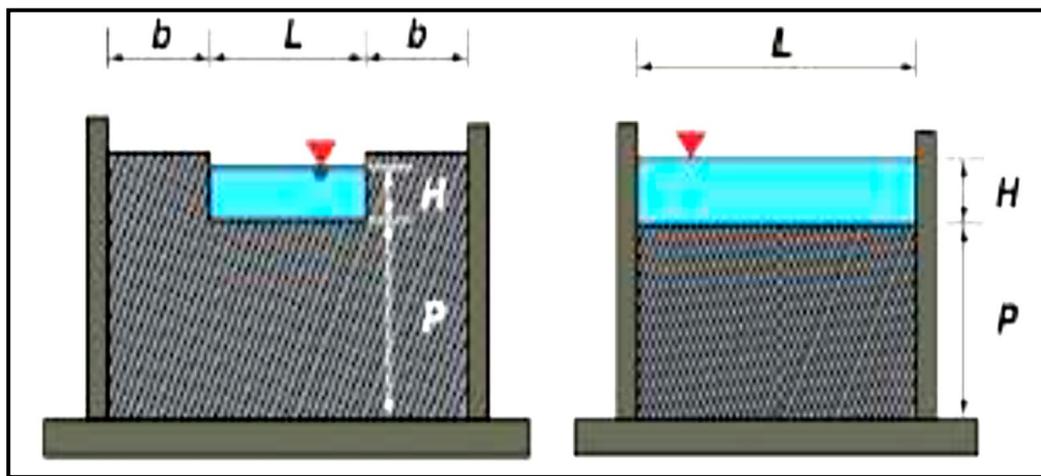
Fuente: (Carrazón Alocén, 2019) "Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego"

Tipos de vertederos de pared delgada.

a. Vertedero de sección rectangular.

El vertedero de sección rectangular es otro tipo de vertedero de pared delgada y es una de las estructuras hidráulicas más utilizadas. Estos vertederos pueden ser de tipo sin contracción o con contracción.

Figura 8. Vertederos de pared delgada de sección rectangular total y parcialmente contraídos.



Fuente: (Guamán, 2018) “Modelación numérica y experimental de un canal rectangular abierto con diferentes tipos de vertederos”

El caudal para un vertedero de sección rectangular se puede encontrar con las diferentes ecuaciones propuestas en el Capítulo IX – Vertederos del autor Rocha F. (2010) en Hidráulica de tuberías y canales, que da inicio con la ecuación general de descarga de un vertedero rectangular.

Ecuación 9: Caudal para el vertedero de sección rectangular.

$$Q = \frac{2}{3} \sqrt{2gc_d} L h^{1.5}$$

Donde:

Q: Caudal, en m^3/s .

Cd: Coeficiente de descarga (adimensional).

g: Aceleración gravitatoria, en m/s^2 .

L: Longitud de vertedero, en metros (m).

h: Altura de nivel de agua medido desde el vértice, en metros (m).

Uno de los principales desafíos para los investigadores ha sido determinar el coeficiente de descarga. Debido a esto, se han realizado numerosas investigaciones experimentales con el propósito exclusivo de calcular este coeficiente. A continuación, se presentan algunos autores que han propuesto fórmulas para su determinación.

Fórmula de Hegly.

A partir de las investigaciones sobre vertederos de sección rectangular con contracciones, se ha propuesto una nueva ecuación para calcular el coeficiente de descarga, la cual se basa en la ecuación general para vertederos de sección rectangular. (Julcapoma Vargas & Vilca Fabian, 2022)

Ecuación 10: Coeficiente de descarga de vertedero rectangular con contracciones, según Hegly.

$$Cd = \left[0.6075 - 0.045 \frac{B-L}{B} + \frac{0.0041}{h} \right] \left[1 + 0.55 \left(\frac{L}{B} \right)^2 \left(\frac{h}{h+w} \right)^2 \right]$$

Para ello existen restricciones o condiciones que deben de cumplirse como:

$$0.10m \leq h \leq 0.60m; 0.50m \leq b \leq 2.00m \text{ y } 0.20m \leq w \leq 2.00m$$

Donde:

Cd: Adimensional (s/u).

L: Longitud de la cresta del vertedero (m).

B: Ancho del canal de acceso (m).

h: Carga del vertedero. Es el desnivel entre la superficie libre de aguas arriba y la cresta del vertedero (m).

w: Altura o cota de la cresta, referida al fondo del canal (m).

Fórmula de Brashmann.

Ecuación 11: Fórmula para el coeficiente de descarga de vertedero rectangular con contracciones, según Brashmann.

$$Cd = 0.5757 + 0.0579 \left(\frac{b}{B} \right) + \frac{0.000795}{h}$$

Para ello, no se conocen restricciones, respecto a la ecuación.

Donde:

Cd: Adimensional (s/u).

b: Longitud de la cresta del vertedero (m).

B: Ancho del canal de acceso (m).

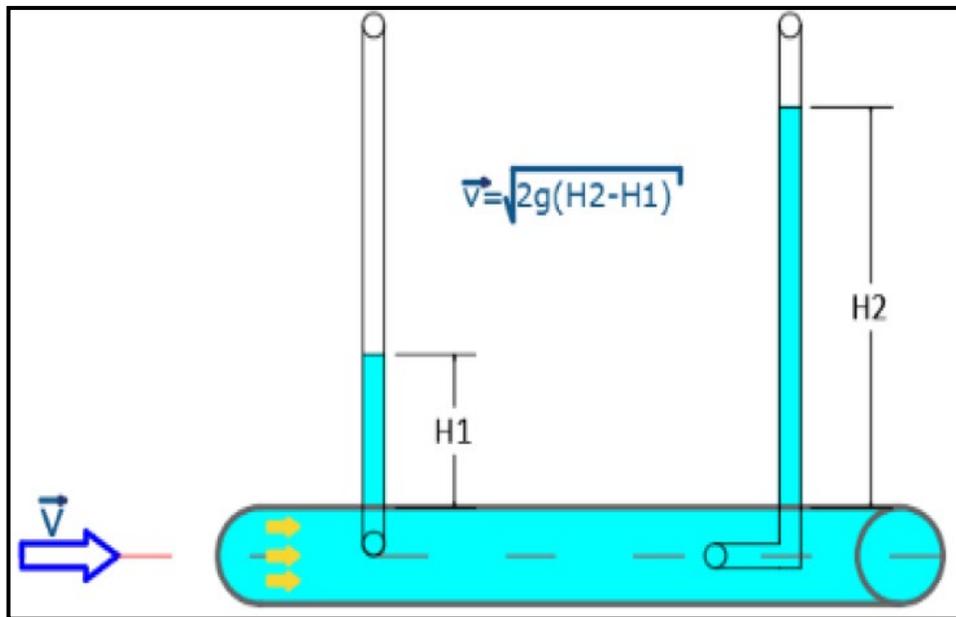
h: Carga del vertedero. Es el desnivel entre la superficie libre de aguas arriba y la cresta del vertedero (m).

Método Tubo de Pitot.

El tubo de Pitot es un instrumento empleado para determinar la velocidad de un fluido en movimiento, ya sea agua, aire u otros gases. Su funcionamiento se fundamenta en la medición de la diferencia de presión entre dos puntos del

flujo: uno capta la presión estática, que permanece constante, mientras que el otro registra la presión total, la cual comprende tanto la presión estática como la presión dinámica, siendo esta última proporcional a la velocidad del fluido. El equipo está conformado por dos varillas de acero, dos cintas métricas, una manguera de 10 mm de diámetro y dos dispositivos de ajuste para su calibración. Es importante señalar que un diámetro menor en la manguera permite obtener mediciones con mayor exactitud. La calibración del instrumento es simple y su operación resulta poco compleja. Se debe considerar que la altura del ingreso del agua en el tubo no debe exceder los 15 cm antes de que la manguera adopte una posición vertical. De acuerdo con pruebas previas, el equipo presenta un margen de error aproximado del 10 %, lo cual se considera adecuado para este tipo de aplicaciones (Delgado, 2017).

Figura 9. *Tubo de Pitot.*



Fuente: Adaptado de la investigación de Castiblanco, 2018.

De acuerdo con Castiblanco (2018), el uso del tubo de Pitot para calcular la velocidad del flujo de agua se describe así:

Colocación del tubo de Pitot: Este consiste en un tubo delgado con una abertura en el extremo (la sonda), la cual debe ubicarse en el flujo de agua de forma que reciba directamente su impacto.

Medición de la presión estática: Es necesario conectar el extremo abierto del tubo a un manómetro o instrumento de medición. Este extremo debe mantenerse fijo y colocado en un punto donde solo se registre la presión estática del fluido, es decir, la presión en estado de reposo. Generalmente, esto se hace fuera del flujo principal, usando una tubería lateral o un puerto específico.

Medición de la presión total: La sonda se orienta directamente hacia el flujo para captar la presión total, que es la combinación de la presión estática y la dinámica. Esta última está vinculada a la velocidad del fluido, que es el valor que se desea determinar.

Determinación de la velocidad: Finalmente, la velocidad del agua se obtiene aplicando la ecuación de Bernoulli, que permite calcularla a partir de la diferencia entre la presión total y la presión estática.

Ecuación 12: Velocidad del flujo – Bernoulli.

$$P_t = P_{estática} + 0.5 * \rho * V^2$$

Donde:

P_t: Presión total medida por la sonda de Pitot.

P_{estática}: Presión estática medida fuera del flujo.

ρ : Densidad del agua.

V: Velocidad del flujo estimado.

2.3 Definición de términos básicos.

- Canal: Es una estructura hidráulica diseñada para transportar agua desde una fuente (como un río, embalse o manantial) hasta un lugar de destino, que puede ser un área de cultivo, una planta de tratamiento, una zona urbana, entre otros.
- Conducción del canal: Se refiere al proceso de transportar el agua a través de un canal, puede ser tanto natural como artificial, con el objetivo de distribuirla para riego, generación de energía, o cualquier otra actividad relacionada con el manejo del recurso hídrico.
- Tramo: Se refiere a una porción o sección delimitada de una estructura o elemento lineal como un canal.
- Caudal: Volumen de agua que atraviesa una superficie en un tiempo determinado, su unidad de medida es el metro cúbico por segundo (m^3/s).
- Aforo: Es la medición del caudal. El aforo cuantifica la velocidad y el volumen del agua en movimiento. Los aforos son cruciales para la gestión de recursos hídricos, permitiendo el monitoreo de los caudales, el estudio y la planificación de proyectos de riego.
- Eficiencia de conducción: La eficiencia de conducción mide la cantidad de agua que llega a su destino en comparación con la que se introduce en el sistema de conducción, como un canal o tubería. Es un indicador clave para evaluar las pérdidas de agua durante la conducción y distribución.

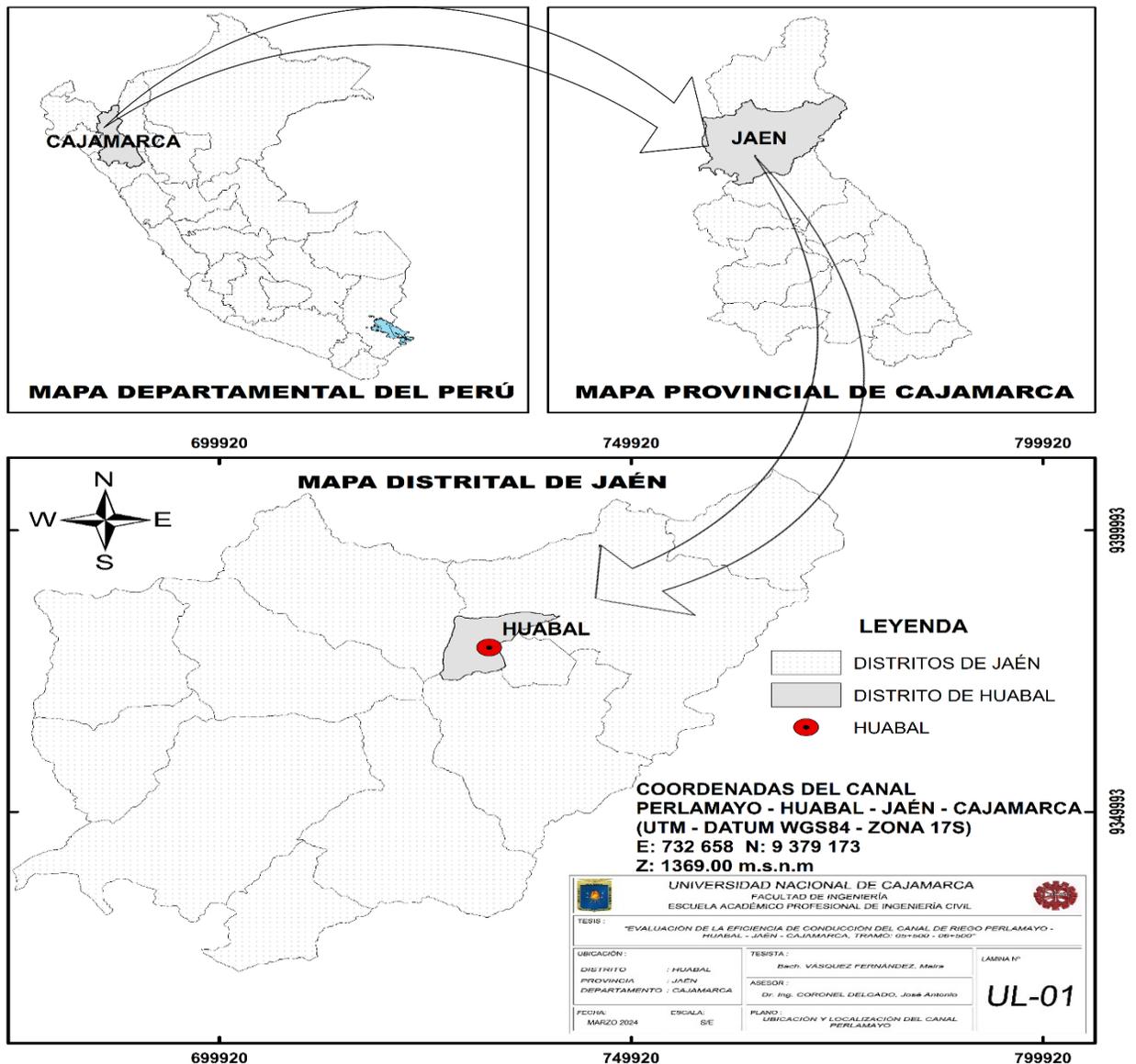
- **Revestimiento:** El revestimiento de canales es una práctica importante en ingeniería para optimizar la eficiencia del riego, proteger los canales de la erosión y reducir las pérdidas de agua. El material a usarse puede ser de concreto u arcilla. También se pueden utilizar otros materiales, como piedra o mampostería, dependiendo de la disponibilidad y los costos locales.
- **Evaporación:** La evaporación en un canal se refiere a la pérdida de agua a medida que se convierte en vapor y se libera a la atmósfera. Este proceso es un factor importante en la gestión de recursos hídricos y debe considerarse en el diseño y operación de canales.
- **Infiltración:** La infiltración en un canal es la pérdida de agua a través de las paredes y el fondo del canal hacia el suelo circundante. Este proceso es una de las principales causas de pérdida de agua en los sistemas de riego, lo que reduce la eficiencia del uso del agua y puede tener un impacto en la disponibilidad del agua en áreas cercanas.
- **DGIAR:** Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego.

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación de la zona de estudio.

La presente investigación se desarrolló en el tramo del canal Perlamayo en el Km 05+500 al Km 06+500, situado en el distrito de Huabal, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

Figura 10. Ubicación de la zona de estudio.



Nota: Coordenadas del distrito de Huabal – Jaén – Cajamarca.

El canal Perlamayo – Huabal en el tramo Km 05+500 y Km 06+500 cuenta con las siguientes coordenadas UTM (Zona 17M).

Tabla 7. *Coordenadas UTM del canal Perlamayo.*

COORDENADAS UTM		
PUNTO	ESTE	NORTE
P. INICIAL	727630	9382051
P. FINAL	727871	9382548

Fuente: Elaboración propia.

- **Región:** Cajamarca
- **Provincia:** Jaén
- **Distrito:** Huabal
- **Ubigeo:** 060808
- **Altitud media:** 1628 m.s.n.m (Cota promedio)

Acceso a la zona del proyecto.

El distrito de Huabal se encuentra en la zona central de la provincia de Jaén, en el departamento de Cajamarca, a 40 km (aproximadamente 1 hora y 30 minutos) de la ciudad de Jaén, siguiendo la carretera asfaltada Jaén – San Ignacio. Desde allí, en dirección a uno de los caseríos de Huabal, conocido como San Pablo, se recorren unos 30 km (aproximadamente 1 hora y 20 minutos) por una vía afirmada en condiciones regulares. Posteriormente, debido al difícil acceso, se caminó durante aproximadamente una hora para llegar a la zona de estudio del canal Perlamayo – Huabal, entre el Km 05+500 y el Km 06+500. Para llegar a la captación, se caminó dos horas aproximadamente desde el km 05+500.

Factores ambientales.

a) Clima.

La temperatura en la zona varía alrededor de los 20 °C, con un promedio anual que oscila entre los 19 y 25 °C. El clima predominante es cálido y húmedo, y el área se encuentra dentro del ecosistema de Bosque Muy Húmedo Montano Bajo Tropical. (MIDAGRI, 2023)

b) Ambiente físico.

- Relieve y Suelos.

El relieve es accidentado y montañoso. En cuanto a la composición geológica del suelo; en términos generales la capa superior es orgánica y rica en nutrientes, lo que la hace apta para la actividad agrícola. La capa inferior está compuesta por materiales arcillosos y arenosos, predominando los suelos arcillosos, los cuales suelen ser susceptibles a deslizamientos. Es una zona expuesta a inundación y erosión. (DIAR, 2018)

- Recursos Hídricos.

El área de estudio pertenece a la quebrada Perlamayo, como se puede apreciar en la Figura 11, el cauce de la quebrada Perlamayo en el margen derecho, en el margen izquierdo la Bocatoma quebrada Perlamayo (Km. 0+000) de 11.1 m de ancho, conformada por un barraje fijo con un nivel de cresta de 1923.45 m.s.n.m, poza de disipación, canal de limpia, un canal derivador cubierto y muro de encauzamiento. (DIAR, 2018)

Figura 11. *Cauce de la quebrada Perlamayo – Margen derecho.*



*Fuente: Reconocimiento de la zona de estudio del canal Perlamayo –
Bocatoma*

- Precipitación.

La precipitación total anual promedio, la cual está en función de la orografía y altitud, cuenta con un total anual promedio entre los 2479 mm. (DIAR, 2018)

c) Medio biológico.

En la zona de estudio, gran parte del tramo de un kilómetro del canal está rodeado por árboles de mediana y gran altura, así como por la presencia de pastos y ramas a lo largo de ambos márgenes del canal, tal como lo muestra la Figura 12, por lo que se vio necesario la limpieza de la misma para la toma de datos de manera óptima.

Figura 12. *Flora en el canal Perlamayo – Huabal.*



Fuente: Ubicación entre el tramo Km 05 + 500 – 06 + 500.

3.2 Tiempo en el que se realizó la investigación.

La toma de datos se realizó durante el mes de julio del año 2025.

3.3 Metodología.

3.3.1 Tipo de estudio.

La investigación fue de tipo cuantitativo, ya que se realizó en función a las características, medidas y cálculos matemáticos en el canal Perlamayo, del distrito de Huabal, los cuales son descritos posteriormente, como la obtención de velocidades, caudales y la condición actual del canal, verificando el estado en el que se encontraba, definiendo la eficiencia.

Según (Borja Suárez, 2012), sostiene que una manera confiable de comprender un fenómeno consiste en recolectar y analizar datos, lo cual permite responder preguntas de investigación y verificar hipótesis. Asimismo, este enfoque permite identificar con precisión patrones de comportamiento dentro de una población. El enfoque cuantitativo se basa en la medición numérica, el conteo y el uso constante de herramientas estadísticas. En ese sentido, la presente investigación adoptó el enfoque cuantitativo como metodología, por ser el más adecuado a las características y exigencias del estudio.

3.3.2 Diseño.

- Diseño de investigación: No experimental de corte transversal.

La presente investigación es de diseño no experimental, ya que nos permite abarcar las situaciones existentes para la Evaluación de la Eficiencia de Conducción del Canal Perlamayo – Huabal, con la finalidad de poder realizar un análisis de datos.

Según el autor (Julcapoma Vargas & Vilca Fabian, 2022), la investigación no experimental se caracteriza por no intervenir ni manipular deliberadamente las variables. Por esta razón, no se crean condiciones artificiales, sino que se observa y analiza la realidad tal como ocurre en el entorno natural, basándose principalmente en la observación de los fenómenos en su contexto original.

Además de ser de corte transversal, ya que se llevó a cabo en un tiempo determinado.

- **Diseño no experimental-descriptivo.**

Las investigaciones no experimentales de tipo descriptivo tienen como objetivo identificar la influencia de ciertas variables en contextos donde se tiene un conocimiento limitado sobre el fenómeno. Este método implica que el investigador observe y registre distintos aspectos del fenómeno en estudio.(Julcapoma Vargas & Vilca Fabian, 2022)

Dado que la eficiencia en la conducción del flujo a través de vertederos de pared delgada depende principalmente de la observación y descripción del estado actual, se puede afirmar que esta investigación corresponde al enfoque no experimental de tipo descriptivo.

3.4 Variable.

Eficiencia de conducción del canal.

3.5 Población y muestra.

3.5.1 Población.

La población corresponde al canal de conducción de irrigación Perlamayo – Huabal, ubicado en el distrito de Huabal, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca.

3.5.2 Muestra.

En este estudio, se seleccionó como muestra el tramo del canal Perlamayo comprendido entre el Km 05+500 y el Km 06+500, debido a las condiciones de acceso al lugar y a las limitaciones presentes para la realización del estudio. Este

segmento fue elegido por ser uno de los más críticos, ya que presenta deslizamientos, deterioro en el recubrimiento y está ubicado sobre un terreno de carácter expansivo e inestable.

3.6 Unidad de análisis.

En esta investigación, la unidad de análisis fue la eficiencia de conducción de agua del canal Perlamayo–Huabal, entendida como el elemento central examinado. Se evaluó cómo influían en dicha eficiencia las patologías del concreto, los aportes naturales del agua y las variaciones climáticas observadas a lo largo del estudio.

3.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.7.1 Técnicas.

Revisión bibliográfica: Se consultaron diversas fuentes bibliográficas y estadísticas, incluyendo reglamentos, artículos académicos, tesis de investigación y sitios web especializados (MINAGRI, DGIAR, ANA).

Observación: La técnica empleada en este estudio fue la observación directa con el fin de hacer una evaluación de la muestra, ya que se recopilaban datos en el lugar mediante el uso de un instrumento de campo para calcular los caudales.

3.7.2 Instrumentos.

Fichas de observación: Se emplearon fichas de recolección de datos como instrumentos de investigación, elaboradas conforme a los estándares definidos por normativas tanto peruanas como internacionales. Estas fichas tienen como

objetivo asegurar que la información obtenida de las muestras analizadas en el estudio sea precisa y confiable.

Recipiente cilíndrico: Del mismo modo, para determinar el caudal de evaporación (Q_{evp}) se empleó un recipiente cilíndrico de 8 L, desarrollándose en el tramo de estudio durante un tiempo de 60 min, aplicado durante el horario más caluroso del día (medio día), teniendo como temperatura ambiente aproximada de 25°C.

3.8 Técnicas para el procesamiento o análisis de información.

Se emplearon Microsoft Word, Excel y AutoCAD para procesar los datos recopilados en cada método de cálculo de caudales, así como para analizar los rangos y aplicar las interpretaciones de las normativas nacionales e internacionales. Posteriormente, se organizaron los resultados en cuadros y tablas con el fin de facilitar su lectura y comprensión.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados.

4.1.1 Características de la captación del canal Perlamayo.

Tabla 8. Características de la captación.

CARACTERÍSTICAS DE LA CAPTACIÓN	
Bocatoma	Estructura de captación ubicada en la margen derecha de la quebrada Perlamayo, diseñada con un caudal de 0.4509 m ³ /s para derivar al canal.
Barraje fijo	Construido perpendicularmente al eje de la quebrada con 8.5 m de ancho . Actúa como vertedero tipo "Creager", hecho de concreto f'c = 175 kg/cm ² . Forma un embalse para garantizar el ingreso de agua al canal. Aguas arriba se coloca un enrocado de protección de 4.65 m de largo .
Poza disipadora	Ubicado aguas abajo del barraje, con longitud promedio de 5.50 m . Construida en concreto armado f'c = 210 kg/cm ² y 0.20 m de espesor , incluye orificios lloradores y un talón final. Profundidad: 0.60 m .
Enrocado posterior	Después de la poza, se dispone un enrocado de protección de 3 m de longitud .
Canal de limpia	Canal auxiliar de 1.20 m de ancho y 14.9 m de longitud , con pendiente del 5% . Tiene por finalidad

	<p>facilitar la evacuación del material sedimentado en la zona de la ventana de captación lo cual se logra abriendo periódicamente la compuerta ubicada al inicio del canal de limpia.</p>
Compuerta de limpieza	<p>Metálica, de 1.2 m de ancho y 0.80 m de alto, con sistema de izaje de tornillo.</p>
Canal derivador	<p>Hecho de losa mixta de concreto armado de 10 cm de espesor, con una resistencia a la compresión de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, con protección adicional de 10 cm de enrocado para resistir la abrasión producto del agua y el material a discurrir.</p>
Ventana de captación	<p>Ubicada en el muro derecho de la estructura.</p> <p>Dimensiones: 2.25 m de ancho y 0.31 m de alto, con rejilla de barras de 1".</p> <p>Capacidad: 0.80 m³/s como vertedero y 1.74 m³/s como orificio en avenidas.</p>
Canal derivador	<p>Conduce el agua desde la ventana de captación al canal principal (trapezoidal). Está compuesto por:</p> <p>Longitud: 11.0 m.</p> <p>Sección rectangular: 1.5 m de ancho, 1.0 m de altura.</p>

	<p>Espesor: paredes y loza inferior 0.20 m, loza superior 0.10 m. Incluye aliviadero lateral de demasías: 2.45 m de largo y 0.60 m de alto.</p>
	<p>Altura de caída: 0.80 m</p>
<p>Poza de disipación vertical</p>	<p>Dimensiones: 5.75 m de largo, 1.50 m de ancho, 1.20 m de alto.</p> <p>Espesores: loza inferior 0.20 m, loza superior 0.10 m.</p>
<p>Transición de canal</p>	<p>Longitud: 2.50 m, conecta el canal derivador con el canal trapezoidal típico</p>
<p>Muros de Encauzamiento</p>	<p>Lado izquierdo: Actúan como muros de contención, se adaptan a la forma de la quebrada. Cimentación poco profunda.</p> <p>Lado derecho: Tienen función estructural:</p> <p>Zona de compuerta: Muros de contención y carga.</p> <p>Resto del tramo: Solo muros de contención.</p>

4.1.2 Características del canal principal y caudal de diseño.

4.1.2.1 Caracterización del canal Perlamayo.

Tabla 9. Caracterización del canal Perlamayo.

PROGRESIVA	CARACTERIZACIÓN DEL CANAL EN SU RECORRIDO
0+000.00	Captación: (barraje fijo, poza disipadora, canal del limpia y compuerta, ventana de captación) en condiciones regulares.
0+000.00 - 0+013.35	Conducto cubierto en regulares condiciones.
0+013.35 - 0+390.00	Canal de sección trapezoidal, presencia de una compuerta que cumple la función de regular el caudal en épocas de máximas avenidas, la cual, según declaraciones de la autoridad encargada del mantenimiento del canal, ésta permanece cerrada.
0+644.56	Puente peatonal, losa de 1.90 de longitud y 0.15 de espesor de losa.
0+946.30 - 1+534.96	Canal tapado, con presencia de pastos y arbustos.
1+670.13 - 1+739.65	Canal de sección trapezoidal, hasta este punto existe la presencia de algunas fisuras en el revestimiento del canal, pero todavía no genera filtraciones por ser de pequeñas dimensiones y la altura del tirante no las alcanza.
1+739.65 - 4+591.32	Canal de sección trapezoidal, paños revestidos con concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, en condiciones regulares.
4+830.00	Puente peatonal, losa de 1.90 de longitud y 0.15 de espesor de losa.
5+000.00 - 5+800.30	Canal de sección trapezoidal, paños revestidos con concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, se tiene la

	<p>presencia de algunos paños fisurados, con presencia de grietas y juntas deterioradas, en los que se produce pérdida por infiltración ya que el tirante normal alcanza estos daños.</p>
5+800.30 - 6+500.00	<p>Canal de sección trapezoidal paños revestidos con concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, existe la presencia de una rotura significativa de aproximadamente 2m de longitud, presencia de grietas las cuales causan perdidas por infiltración.</p>
6+700.00 - 7+000.30	<p>Canal de sección trapezoidal, paños revestidos con concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, en regulares condiciones.</p>
7+150.00 - 7+500.00	<p>Canal de sección trapezoidal, paños revestidos con concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, en condiciones regulares.</p>
7+800.00 - 8+200.00	<p>Canal de sección trapezoidal, paños revestidos con concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, en condiciones regulares.</p>
8+300.30 – 8+500.00	<p>Canal tapado.</p>
8+620.12 – 9+000.00	<p>Canal de sección trapezoidal, paños revestidos con concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, en condiciones regulares.</p>
10+215.00	<p>Puente peatonal, losa de 1.90 de longitud y 0.15 de espesor de losa.</p>
10+244.00 – 10+400.00	<p>Canal de sección trapezoidal, paños revestidos con concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, en condiciones regulares.</p>
10+875.75 – 10+894.95	<p>Canal de sección trapezoidal, paños revestidos con concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, en condiciones regulares.</p>

11+110.00 – 11+160.00	Canal de sección trapezoidal, paños revestidos con concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, en condiciones regulares.
11+560.00 – 11+580.00	Canal de sección trapezoidal, paños revestidos con concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, en condiciones regulares.
12+000.00 – 12+415.32	Canal de sección trapezoidal, paños revestidos con concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, en condiciones regulares.
12+738.00	Puente peatonal, losa de 1.90 de longitud y 0.15 de espesor de losa.
13+200.00	Puente vehicular, está conformado por una losa armada de 0.20 cm. De peralte simplemente apoyado, para cuyo diseño se ha considerado una carga viva de H20 y apoyos en zapatas de concreto armado de 0.50 m de altura.
14+117.43 - 14+920	Canal de sección trapezoidal, paños revestidos con concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, en condiciones regulares.
15+098.20- 15+135.00	Conducto cubierto (final de canal de conducción Perlamayo).

4.1.2.2 Caudal de diseño.

Según la ficha técnica del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) en el año 2018 y el Proyecto Especial Jaén San Ignacio Bagua (PEJSIB), quien elaboró el Expediente técnico, cuyo diseño hidráulico consideró un caudal de 0.459 m³/s para un canal de 15.3 Km que nace en la quebrada Perlamayo mediante una Bocatoma de concreto y termina en la quebrada Chacayacu; para un beneficio estimado de 218 usuarios con un área bajo riego de 608 ha de

cultivo de arroz (80%), cacao (15%) y pan llevar (5%). Diseño con el fin de prevenir inundaciones y promover una gestión sostenible de los recursos hídricos. (Anexo 6).

4.1.3 Caudales aforados.

4.1.3.1 Caudal obtenido en la captación.

Tabla 10. Caudal en la captación (06 de julio del 2025).

Cálculo del caudal – Km 00+013						
Sección	Lectura h1 (m)		Lectura h2 (m)		Velocidad (m/s)	
1	h1=	0.11	h2=	0.15	V1=	0.89
2	h1=	0.09	h2=	0.13	V2=	0.89
3	h1=	0.14	h2=	0.18	V3=	0.89
4	h1=	0.12	h2=	0.14	V4=	0.63
Velocidad promedio (m/s)					Vp=	0.82
Área del canal (m2)					Ac=	0.4961
Caudal (m3/s)					Q=Vp*Ac	0.4073

4.1.3.2 Caudal en el tramo 05+500 y 06+500.

4.1.3.2.1 Caudal obtenido en la progresiva: 05+500.

Tabla 11. Caudal en la progresiva 05+500 (06 de julio del 2025).

Cálculo del caudal – 05+500						
Sección	Lectura h1 (m)		Lectura h2 (m)		Velocidad (m/s)	
1	h1=	0.07	h2=	0.11	V1=	0.89
2	h1=	0.11	h2=	0.14	V2=	0.77
3	h1=	0.10	h2=	0.12	V3=	0.63
4	h1=	0.08	h2=	0.12	V4=	0.89
Velocidad promedio (m/s)					Vp=	0.79
Área del canal (m2)					Ac=	0.4701
Caudal (m3/s)					Q=Vp*Ac	0.3720

4.1.3.2 Caudal en la progresiva: 06+500

Tabla 12. Caudal en la progresiva 06+500 (06 de julio del 2025).

Cálculo del caudal – 06+500						
Sección	Lectura h1 (m)		Lectura h2 (m)		Velocidad (m/s)	
1	h1=	0.15	h2=	0.19	V1=	0.89
2	h1=	0.10	h2=	0.14	V2=	0.89
3	h1=	0.16	h2=	0.17	V3=	0.44
4	h1=	0.14	h2=	0.16	V4=	0.63
Velocidad promedio (m/s)					Vp=	0.71
Área del canal (m2)					Ac=	0.4445
Caudal (m3/s)					Q=Vp*Ac	0.3157

4.1.3.3 Pérdidas y Eficiencia de conducción.

Tabla 13. Tirantes en el canal (06 de julio del 2025).

Progresiva	Tirante (m)	Aforo (m3/s)
00+013	0.45	0.4073
05+500	0.43	0.3720
05+823	0.42	0.3484
05+825	0.41	0.3386
06+500	0.41	0.3157

Tabla 14. Pérdidas y eficiencia del canal Perlamayo (Km 05+500 al Km 06+500) (06 de julio del 2025).

Tramo	Longitud (m)	Caudal de entrada (m3/s)	Caudal de salida (m3/s)	Pérdidas en el canal (l/s)		Eficiencia (%)
				Qevap	Qinf	
05+500-06+500	1000	0.3720	0.3157	0.3625	56.2917	84.87

Tabla 15. Pérdida en rotura (Km 05+823 al Km+825) (06 de julio del 2025).

Tramo	Longitud (m)	Caudal de entrada (m ³ /s)	Caudal de salida (m ³ /s)	Pérdidas en el canal (l/s)
				Qinf
05+823-05+825	2.00	0.3484	0.3386	9.8257

La pérdida por erosión en el Km 05+823 al Km 05+825, se generó por desgaste y arrastre de partículas del suelo, principalmente la capa superficial y fértil, debido a la acción del agua de riego mal gestionada o condiciones del terreno. Afectando el desarrollo de los cultivos, deteriorándose la infraestructura del canal (paredes).

4.1.4 Textura del suelo.

La textura del suelo puede determinarse por los siguientes métodos.

- ✓ Prueba del lanzamiento de la bola: Se forma una bola con suelo húmedo y se lanza para observar si se desmorona o mantiene su cohesión.
- ✓ Prueba de la botella: Se coloca suelo en una botella con agua, se agita y se deja reposar para que las partículas se sedimenten, permitiendo identificar las capas de arena, limo y arcilla.

Tabla 16. Textura del suelo.

MÉTODO	RESULTADOS (OBSERVACIONES)
Prueba del lanzamiento de la bola	Al lanzar la bola formada por el suelo hacia una altura de aproximadamente se logró observar que no se desmorona, el cual representa a un tipo de suelo arcilloso.
Prueba de la botella	Se observa de una altura total del sedimento de 10cm: Arena: 3 cm =30% Limo: 1 cm =10%

Arcilla: 6 cm =60%

El cual representa a un tipo de en su mayoría arcilloso.

* En el Anexo 7 se visualiza el tipo de suelo en el canal Perlamayo.

4.2 Análisis e interpretación y discusión de resultados.

En la Tabla 08 se aprecia la caracterización del canal Perlamayo en su captación, describiéndose así los elementos estructurales que lo conforman, como algunas dimensiones, alturas, longitudes y espesores.

La captación presenta un adecuado diseño para condiciones normales y de avenida, con estructuras dimensionadas para garantizar la derivación segura del caudal hacia el canal. La bocatoma, barraje fijo, poza disipadora y enrocados de protección funcionan en conjunto para controlar el ingreso del agua, disipar su energía y prevenir procesos erosivos, destacando el uso de concreto de distintas resistencias según la función estructural. No obstante, se recomienda un mantenimiento periódico, especialmente en los enrocados y la poza disipadora, para asegurar la durabilidad y eficiencia del sistema a largo plazo.

La Tabla 09 muestra la caracterización en el trayecto del canal Perlamayo, el cual presenta un estado general de funcionamiento regular, con secciones clave como la captación y los tramos revestidos operativos, pero sin mantenimiento óptimo. Existen puntos críticos como una compuerta inactiva desde hace más de 25 años, fisuras menores en el revestimiento que aún no generan filtraciones, y un tramo tapado con vegetación que requiere limpieza urgente. Además, se identifica un puente peatonal en buen estado estructural. Se recomienda

monitoreo continuo y mantenimiento preventivo para evitar futuros deterioros y asegurar el buen funcionamiento del sistema.

En la Tabla 11 se observa el caudal de ingreso de $0.3720 \text{ m}^3/\text{s}$ y en la Tabla 12 el caudal de salida de $0.3157 \text{ m}^3/\text{s}$. Atribuyéndose a las condiciones del canal y/o climáticas variables en el distrito de Huabal. Además, se evidencia una variación progresiva en los caudales, lo que indica que la metodología empleada resulta adecuada para el análisis.

La comparación entre los resultados obtenidos en el distrito de Huabal y el estudio de Vilca Fabian et al. (2022) permite establecer un marco más amplio sobre la eficiencia en sistemas de conducción de riego en contextos rurales del Perú. En ambos casos, se hace evidente la influencia de factores como la variabilidad climática, la infraestructura del canal y la metodología de medición en la dinámica de los caudales.

Mientras que en el distrito de Huabal se observa un cambio progresivo en los caudales, con un ingreso promedio de $0.3720 \text{ m}^3/\text{s}$ y una salida de $0.3157 \text{ m}^3/\text{s}$, lo cual sugiere pérdidas moderadas y una aparente capacidad del sistema para adaptarse a condiciones climáticas inestables, en el estudio de Vilca se determinó una eficiencia técnica promedio de conducción del 69.315%, clasificada como inaceptable. Este valor fue influido especialmente por las elevadas pérdidas por infiltración (0.814 l/s/km), lo que pone en evidencia una infraestructura posiblemente deteriorada o inadecuadamente mantenida.

Ambos casos coinciden en la necesidad de mejorar las condiciones físicas de los canales de riego para reducir las pérdidas hídricas, aunque la metodología empleada en el caso de Huabal, que parece capturar adecuadamente la evolución del caudal, sugiere un enfoque más eficiente para el monitoreo, posiblemente adaptable a otras zonas como el canal Tres Molinos.

Además, la observación de un comportamiento progresivo y coherente en los caudales en Huabal podría reflejar una infraestructura mejor conservada o condiciones de operación más estables, en contraste con los tramos del canal Tres Molinos que presentan caídas drásticas en eficiencia, especialmente en el tramo con solo 47.932%.

Posteriormente, con los datos obtenidos con el método del tubo de Pitot, se procedió al cálculo de la eficiencia de conducción del canal Perlamayo, determinando dicha eficiencia. Resultados que, permitieron establecer un valor promedio que representa la eficiencia técnica de conducción del tramo estudiado, tal como se detalla en la Tabla 14.

Este enfoque contrasta con los hallazgos de Vilca Fabian et al. (2022), donde se observaron eficiencias de conducción mucho más variables y en su mayoría inaceptables, con valores mínimos por debajo del 50% en algunos tramos del canal Tres Molinos. En cambio, la estabilidad observada en el canal Perlamayo sugiere un mejor estado de conservación o un entorno menos vulnerable a pérdidas por infiltración o evaporación.

Durante la evaluación del tramo analizado, se identificaron fisuras, grietas, rotura y juntas más relevantes distribuidas a lo largo del canal, cada una presentando diferente grado de deterioro.

En particular, se detectó una rotura ubicada en el punto Km 05+823 al Km 05+825, lo que señala que este segmento del canal presenta el mayor nivel de deterioro estructural, con dos metros de desprendimiento de pared del canal. Además, se identificaron fisuras y grietas y se evidenció el mal estado o la ausencia de varias juntas de dilatación, muchas de las cuales estaban invadidas por vegetación como pastos y maleza, lo que contribuye al agrietamiento y debilitamiento del concreto. Todos estos factores combinados explican las considerables pérdidas de agua observadas en el tramo y, en consecuencia, influyen negativamente en la eficiencia de conducción obtenida en esta investigación.

Por otro lado, el estudio realizado en el canal Turuco – Bellavista, evaluado por Cieza Zamudio (2019), la eficiencia de conducción se estimó en 80%, clasificada también como baja. Este canal presenta una infraestructura parcialmente mejorada (revestimiento con espesor de 7.5 cm y tramos cubiertos), sin embargo, aún mantiene grietas, roturas y juntas en mal estado en una cantidad considerable. Lo anterior pone en evidencia que incluso canales con intervenciones recientes pueden experimentar pérdidas significativas si no se les brinda un mantenimiento continuo y adecuado.

En conjunto, los dos estudios coinciden en señalar que el deterioro físico de los canales, especialmente en elementos como las juntas y las paredes de concreto, es uno de los factores más determinantes es la pérdida de agua y, por ende, en la disminución de la eficiencia técnica de conducción. Sin embargo, es importante resaltar que el caso del canal Perlamayo aporta una ventaja metodológica al ofrecer una evaluación visual detallada y una localización precisa de los daños, lo cual facilita la toma de decisiones técnicas específicas para futuras intervenciones.

Así mismo, esta comparación demuestra que la baja eficiencia no solo está relacionada con el diseño o el tipo de sección del canal, sino también con el nivel de atención al mantenimiento, la antigüedad de las mejoras y las condiciones ambientales locales. Por tanto, una evaluación técnica integral, acompañada de inspecciones periódicas y acciones de mantenimiento planificadas, es esencial para optimizar la eficiencia de conducción en los sistemas de riego altoandinos.

La eficiencia de conducción del canal de riego Perlamayo se considera deficiente, ya que el valor obtenido en la evaluación fue de **84.87%**, cifra inferior al estándar teórico de **95%** establecido para canales revestidos con concreto simple en condiciones óptimas y con una longitud de hasta 20 km. Esta diferencia se explica principalmente por el deterioro del revestimiento del canal y el mal estado de las juntas, factores que comprometen su rendimiento hidráulico.

El estudio de Quiliche E. (2021) sobre el canal La Collpa muestra una eficiencia de conducción de 83.09%, ligeramente inferior a la obtenida en el canal

Perlamayo (84.87%). Aunque ambos canales presentan revestimiento de concreto, sus niveles de eficiencia se ubican por debajo del valor teórico de 95%, lo que indica que las condiciones actuales de su infraestructura no cumplen con los estándares óptimos. En el caso de La Collpa, se identificaron problemas como infiltraciones en las juntas, desgaste del concreto en las tomas y deterioro en puntos de control, elementos que también afectan al canal Perlamayo y que explican las pérdidas de agua observadas.

Ambos estudios destacan la importancia del mantenimiento periódico y del acompañamiento técnico especializado como medidas clave para mejorar la eficiencia hídrica. Sin embargo, el canal La Collpa presenta una situación más crítica en cuanto a eficiencia de captación, con apenas 48.74%, lo cual reduce considerablemente la cantidad de agua disponible desde el inicio del sistema. Esto contrasta con el canal Perlamayo, cuyo problema principal no radica en la captación sino en las pérdidas a lo largo del trayecto debido al mal estado del revestimiento y las juntas.

Comparando estos resultados con los otros casos; Tres Molinos (69.315%), Turuco – Bellavista (80%) y Perlamayo (84.87%), se confirma que, aunque Perlamayo y La Collpa tienen una mejor eficiencia que algunos de los otros canales, ninguno alcanza el nivel ideal, lo que sugiere una problemática estructural común: El deterioro progresivo de la infraestructura hidráulica por falta de mantenimiento regular.

En conjunto, estos estudios revelan que, incluso en canales revestidos y con herramientas modernas de evaluación como el correntómetro (caso La Collpa), la eficiencia hidráulica sigue viéndose afectada por factores físicos no atendidos oportunamente. La infiltración a través de juntas deterioradas y el desgaste del concreto siguen siendo las principales fuentes de pérdida, lo que subraya la necesidad de una estrategia integral de mantenimiento, rehabilitación y modernización de la infraestructura de riego en la región.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

- Se determinó que la eficiencia de conducción de agua en el tramo comprendido entre el Km 05+500 al Km 06+500 del canal de riego Perlamayo – Huabal – Jaén – Cajamarca presenta un valor promedio del 84.87%, lo que evidencia un nivel de eficiencia baja. Este resultado refleja el estado actual del canal, el cual presenta fisuras, grietas, roturas, juntas en mal estado. Por lo tanto, se concluye que el canal requiere reparaciones, mejoramiento del revestimiento y mantenimiento periodo para de esta manera mejorar su rendimiento hidráulico y garantizar un uso eficiente del recurso hídrico en beneficio de los usuarios del sistema de riego.
- La bocatoma, el barraje fijo tipo Creager y la poza disipadora se encuentran en condiciones regulares, los cuales podrían garantizar la derivación y estabilización del flujo, mientras que elementos como la compuerta de limpieza (con presencia de óxido), el canal de limpia y la ventana de captación velan por el control de sólidos y el funcionamiento del sistema. Además, se ha previsto una transición estructurada hacia el canal principal mediante un canal derivador revestido (con patologías del concreto), junto con muros de encauzamiento que deberían actuar como contención y soporte estructural. Características que reflejarían una captación que depende del mantenimiento constante de sus elementos estructurales.
- El canal Perlamayo presenta en su mayoría una sección trapezoidal revestida con concreto de $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$, encontrándose en condiciones

regulares en gran parte del recorrido. Sin embargo, se identifican tramos críticos con fisuras, grietas y juntas en mal estado que, en algunos casos, generan pérdida de agua por infiltración, lo cual compromete la eficiencia hidráulica del sistema. También se reportan secciones tapadas con vegetación y estructuras complementarias como puentes peatonales y vehiculares, que deben mantenerse en condiciones seguras.

- Los cálculos de caudal realizados en diferentes puntos de la progresiva del canal muestran que el flujo varía ligeramente entre las secciones estudiadas, con valores de caudal de $0.4073 \text{ m}^3/\text{s}$ en el Km 00+013, disminuyendo progresivamente a $0.3720 \text{ m}^3/\text{s}$ en la progresiva 05+500 y a $0.3157 \text{ m}^3/\text{s}$ en la progresiva 06+500. Estas diferencias reflejan una leve reducción en la velocidad promedio y el área del canal a lo largo del recorrido, lo cual está asociado a variaciones de magnitud de tirantes o pérdidas hidráulicas.
- Por último, los resultados obtenidos mediante los métodos de prueba del lanzamiento de la bola y de la botella indican que el suelo analizado presenta una textura predominantemente arcillosa. En la prueba de la bola, el suelo mantuvo su cohesión al ser lanzado, lo que es característico de los suelos con alto contenido de arcilla. Por otro lado, la prueba de sedimentación en botella mostró que el 60 % del suelo corresponde a arcilla, el 10 % a limo y solo el 30 % a arena, confirmando así la dominancia de partículas finas. Esta textura sugiere que el suelo posee alta capacidad de retención de agua, pero también podría presentar baja permeabilidad y

problemas de drenaje, aspectos que deben considerarse en cualquier proyecto de infraestructura o manejo agrícola en la zona.

5.2 Recomendaciones.

A continuación, se presentan algunas recomendaciones basadas en los resultados y conclusiones obtenidas durante el presente estudio:

- Se recomienda establecer un programa de mantenimiento integral que incluya la limpieza periódica de la compuerta y el canal de limpia para evitar acumulación de sedimentos, la inspección y reparación oportuna de la poza disipadora y el enrocado posterior para garantizar su funcionalidad y protección contra la erosión, así como la revisión constante de los muros de encauzamiento y estructuras de control para prevenir daños estructurales, asegurando así la operatividad eficiente y la durabilidad del sistema de captación.
- Implementar un plan integral de mantenimiento y rehabilitación del canal, priorizando la limpieza de los tramos tapados, la reparación de fisuras y grietas en el revestimiento de concreto y el reforzamiento de las zonas con pérdidas por infiltración. Asimismo, debe realizarse una inspección estructural periódica de los puentes peatonales y vehiculares, asegurando su estabilidad y funcionalidad. Estas acciones permitirán mejorar la eficiencia, prevenir daños mayores y garantizar la operatividad y seguridad del canal a largo plazo.
- Realizar un seguimiento periódico del caudal en distintos tramos del canal, en especial en puntos clave como la captación y progresivas intermedias,

para la identificación de posibles pérdidas de agua o disminuciones de velocidad que puedan estar relacionadas con obstrucciones o infiltraciones mayores en el transcurso del canal. Asimismo, se sugiere complementar estas mediciones con inspecciones físicas del revestimiento y estructura del canal, a fin de tomar acciones correctivas oportunas en caso de detectar anomalías.

- Considerar el tipo de suelo arcilloso en el lugar, para el diseño y ejecución de obras civiles o agrícolas, ya que su baja permeabilidad y alta retención de humedad pueden afectar la estabilidad de la estructura del canal, conllevando al desprendimiento del mismo. Por ello, es aconsejable implementar sistemas de drenaje adecuados y evaluar la necesidad de mejoras del suelo (como la incorporación de materiales más granulares) para evitar problemas como saturación o agrietamiento.
- Investigación académica: Se recomienda a la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, sede Jaén, fomentar investigaciones relacionadas con la temática abordada en este estudio. De esta manera, se podrá generar más información relevante que facilite el desarrollo de soluciones y su implementación en el ámbito de la ingeniería.

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA, A. (2010). Manual: Criterios de Diseños de Obras Hidráulicas para la Formulación de Proyectos Hidráulicos Multisectoriales y de Afianzamiento Hídrico.
- Borja Suárez, M. (2012). Metodología de la Investigación Científica para Ingenieros.
- Campos, Y. B. (2024). Evaluación de la eficiencia de conducción del canal principal del proyecto Amojao, tramo Km 00+000 m a Km 02+150 m, Amazonas 2023. 172. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7408>
- 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.
- Carhuas Melgar, J. (2016). Eficiencia de Conducción y Distribución del Canal Principal Cachi, Tramo Cuchoquesera—Ichucruz—2016. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- Carrazón Allocén, J. (2019). Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego. Impresiones Industriales.
- Casals Torrens, P. (2014). Metodología y calibración de variables de control utilizadas en sistemas navales e industriales. Universidad Politécnica de Cataluña. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/21226/METODOLOG%c3%8dA%20Y%20CALIBRACI%c3%93N%20DE%20VARIABLES%20DE%20CONTROL%20UTILIZADAS%20EN%20SISTEMAS%20NAVALES%20E%20INDUSTRIALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Chiclote Aquino, O. (2017). Evaluación de la Eficiencia de Conducción del Canal de Riego el Progreso Mayanal—Jaén—Cajamarca, Tramo: KM, 00+000—01+000. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Cieza Zamudio, G. (2019). Un Análisis de la Eficiencia de Conducción en Canales de Irrigación Para Zonas Altoandinas Caso: Turuco, del Distrito de Bellavista, Provincia de Jaén- Cajamarca. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

- Delgadillo, O., & Pérez, L. (2016). Medición de la infiltración del agua en el suelo. Facultad de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y Forestales, Centro Andino para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA).
- DGIAR, D. G. (2015). Manual de cálculo de eficiencia para sistemas de riego. MINAGRI. https://corporacionbiologica.info/wp-content/uploads/2021/03/man_det_efic_riego.pdf
- FAO, F. a. (2012). Irrigation scheduling. Roma - Italia. Obtenido de <http://www.ana.gob.pe/noticia/autoridad-nacional-del-agua-participa-en-campana-de-limpieza-de-canales-de-riego-de-huaral>
- Guamán, V. A. (2018). Modelación Numérica y experimental de un canal rectangular abierto con diferentes tipos de vertederos. Universidad Politecnica Salesiana.
- Gutiérrez Lozano, Y. (2016). Modelación numérica computacional del diseño de un vertedor de pared delgada de sección compuesta. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Construcciones. Departamento de Ingeniería Hidráulica.
- Ibañez Aguilar, J. D. (2023). Evaluar la Eficiencia de la Conducción Principal del Sistema de Riego Santiago. Universidad Nacional de Loja.
- Juan Carlos Céspedes Azañero, J. M. (2022). Evaluación de las eficiencias en la conducción y Evaluación de las eficiencias en la conducción y distribución de agua para riego del canal Soltín Derecho- Ferreñafe y su posible solución. 169. Obtenido de <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/11048>
- Julcapoma Vargas, H. E., & Vilca Fabian, W. E. (2022). Evaluación de la Eficiencia Técnica de Conducción del Canal de Riego Tres Molinos, Margen Izquierdo del Río Mashcón Utilizando Vertederos de Pared Delgada Cajamarca 2021. Universidad Privada del Norte.
- Kisnanto, S., Hadiani, R. R. R., & Ikhsan, C. (2018). Infrastructure performance of irrigation canal to irrigation efficiency of irrigation area of Candi Limo in Mojokerto

- District. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 333(1), 012096. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/333/1/012096>
- MF PRO. (2018). Instrucciones de funcionamiento. (SÉTIMA ed.). Obtenido de <https://www.ott.com/es-la/productos/download/ott-mf-pro-instrucciones-de-funcionamiento-1/>
- Miranda Escobar, J. A. (2016). Calibración de vertederos trapezoidales tipo Cipolletti de pared delgada de ancho variable. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Palacios, M. E. (2021). Eficiencia de la infraestructura hidráulica del canal La Collpa, Cajamarca 2021. Universidad Privada del Norte, 182. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/29076?locale-attribute=en>
- Placido Campos, S. Y., & Salvatierra Reyna, K. E. (2020). Propuesta de diseño del canal Barrio Nuevo para un sistema de riego distrito Víctor Larco—Provincia de Trujillo—La Libertad 2020. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Polo Yengle, E. A. (2021). Determinación de la Eficiencia de Conducción de Canales de Riego—Caso Puerto El Cura—Margen Derecha del Río Tumbes—2020. Universidad Nacional de Tumbes.
- Random Ortiz Calle, J. P. (2021). Eficiencias en el sistema de riego Tumbaco, Ecuador. Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8397283>
- Reyes Rondo, D. A., & Roldan Diaz, O. A. (2018). Influencia de la geometría hidrodinámica en la disipación de energía de cuatro vertederos tipo laberinto y un vertedero tipo rectangular con igual caudal de descarga y pendiente. Universidad Privada Antenor Orrego.
- Rocha Felices, A. (2010). Hidráulica de tuberías y canales. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Sotomayor C., C. (2020). Entendiendo a las fisuras y grietas en las estructuras de concreto. 8.

Testo, B. s. (2022, septiembre 9). Www.testo.com. <https://static-int.testo.com/media/bd/6d/d73b5ea38bdb/testo-factsheet-calibration-ES.pdf>

Tipantiza Chicaiza, L. G. (2020). Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal «Alangasí—La Merced» del sistema de riego Tumbaco. Universidad Central del Ecuador.

CAPÍTULO VII: ANEXOS

ANEXO 01. Autorización para realizar trabajo de investigación.

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

AUTORIZACION N°01- 2025/C. P/DISH

Perlamayo, 17 febrero del 2025

VISTO,

La solicitud presentada por la señora **Maira Vásquez Fernández**, egresada de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Cajamarca, sede Jaén, identificado con DNI N° **77042187**, con domicilio en la calle Libertad N°463 de la ciudad de Jaén, con celular N° 945571683 ante las autoridades del caserío de Perlamayo, distrito Huabal, provincia Jaén, solicitando la debida autorización para realizar un proyecto de investigación en esta localidad.

CONSIDERANDO:

Que, no existe impedimento para que pueda desarrollar esta actividad de evaluación y aplicación de un proyecto de investigación, evitando ocasionar daños en la infraestructura del canal en el cual desarrollará dicha investigación.

SE RESUELVE:

AUTORIZAR a la señora Maira Vásquez Fernández para que pueda realizar el proyecto titulado: “EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL DE RIEGO PERLAMAYO – HUABAL – JAÉN – CAJAMARCA, TRAMO: 05+500 – 06+500”.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.



CLEIBER VASQUEZ VILLALOBOS
DNI:71591095
TENIENTE GOBERNADOR

ANEXO 02. Solicitud de información del caudal del canal de riego Perlamayo, dirigido al director del PEJSIB.



ASUNTO: SOLICITO INFORMACION DEL CAUDAL DEL CANAL DE RIEGO PERLAMAYO.

SEÑOR: DIRECTOR DEL PROYECTO ESPECIAL

Yo, **Maira Vásquez Fernández**; egresada de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil – Filial Jaén, identificada con DNI N°77042187 y código de estudiante N°2015870072, domiciliada en la calle Libertad N°463 de la ciudad de Jaén, ante usted con el debido respeto me presento y expongo:

Que, estando realizando un estudio de investigación titulado: **“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL DE RIEGO PERLAMAYO – HUABAL – JAÉN – CAJAMARCA, TRAMO: 05+500 – 06+500”** es que recurro a su despacho a fin de solicitar información del canal de riego Perlamayo.

Por lo expuesto:

Estando seguro de contar con su apoyo me despido no sin antes expresar mis muestras de especial consideración y estima.

Atentamente.

Jaén, 11 de julio de 2025.



Maira Vásquez Fernández
DNI N°77042187
Correo: mvasquezf15_2@unc.edu.pe
Celular: 945 571 683
Tesisista

ANEXO 03. Solicitud para información del caudal del canal de riego Perlamayo, dirigido al Sr. presidente de la junta de usuarios del canal Perlamayo.

Recibido

"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

**ASUNTO: SOLICITO INFORMACION DEL CAUDAL
DEL CANAL DE RIEGO PERLAMAYO.**

SEÑOR: PRESIDENTE DE LA JUNTA DE USUARIOS DEL CANAL PERLAMAYO

Yo, **Maira Vásquez Fernández**; egresada de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil – Filial Jaén, identificada con DNI N°77042187 y código de estudiante N°2015870072, domiciliada en la calle Libertad N°463 de la ciudad de Jaén, ante usted con el debido respeto me presento y expongo:

Que, estando realizando un estudio de investigación titulado: **"EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL DE RIEGO PERLAMAYO – HUABAL – JAÉN – CAJAMARCA, TRAMO: 05+500 – 06+500"** es que recurro a su despacho a fin de solicitar información del canal de riego Perlamayo.

Por lo expuesto:

Estando seguro de contar con su apoyo me despido no sin antes expresar mis muestras de especial consideración y estima.

Atentamente.

Jaén, 10 de julio del 2025.



Maira Vásquez Fernández
DNI N°77042187

Correo: mvasquezf15_2@unc.edu.pe

Celular: 945 571 683

Tesista

ANEXO 04. Acta de respuesta de las autoridades de la junta de usuarios del canal Perlamayo.

Con respecto al caudal de riegos del canal Perlamayo San Lorenzo, no cuenta con documento formal debido a que las autoridades del periodo anterior han dado por desaparecido a dichos documentos.

COMISION DE USUARIOS
PERLAMAYO - SAN LORENZO
[Signature]
PRESIDENTE

COMISION DE USUARIOS
PERLAMAYO - SAN LORENZO
[Signature]
Maximo Vela Espinoza
VICE PRESIDENTE

COMISION DE USUARIOS
PERLAMAYO - SAN LORENZO
[Signature]
TESORERO

ANEXO 05. Encuesta para justificar el trabajo de investigación: evaluación de la eficiencia de conducción del canal de riego Perlamayo- Huabal- Jaén- Cajamarca. Aplicada a las autoridades de la junta de usuarios del canal Perlamayo.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA



**ENCUESTA PARA EVALUAR LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL
CANAL DE RIEGO PERLAMAYO – HUABAL – JAÉN – CAJAMARCA.**

Objetivo: Recoger información técnica y operativa sobre el canal Perlamayo, con el fin de identificar causas de baja eficiencia en la conducción del agua y proponer medidas de mejora.

Apellidos y nombres: *Rodriguez Lopez Isaias*

Cargo: *Presidente de la Comisión de Usuarios de Riego*

1. Información general del canal.

- Longitud total del canal (Km): *15.3 Km*
- Año de construcción o ultima rehabilitación: *2019 desdmatación*
- Tipo de revestimiento:
 - Sin revestimiento
 - Concreto simple
 - Concreto armado
 - Geomembrana

2. Estado actual del canal.

¿Se han identificado pérdidas de agua en el canal?

- Si
- No
- No se ha evaluado

¿Con que frecuencia se realizan mantenimientos?

- Mensual
- Trimestral
- Semestral
- Anual
- No se realiza mantenimientos periódicos

En una escala del 1 al 5, ¿Cómo calificaría el estado físico actual del canal?

Donde: 1= Muy deteriorado, 5 = Excelente



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

¿Cuál de los siguientes problemas ha identificado?

- Filtraciones en los taludes.
- Perdidas por infiltración.
- Obstrucciones por sedimentos.
- Presencia de vegetación dentro del canal.
- Roturas o fisuras en el revestimiento.

3. Gestión del recurso hídrico.

¿Existe medición del caudal de ingreso al canal?

- Si, de forma continua
- Si, pero solo de manera puntual
- No

¿Cuáles son los principales destinos del agua conducida por este canal?

- Riego agrícola
- Uso pecuario
- Consumo humano
- Otros:

.....
.....

¿Considera que el agua llega en cantidad suficiente a todos los usuarios?

- Si
- No
- Solo en temporada alta.



¿Considera que los usuarios pierden agua por deficiencias en la conducción?

- Si
- No
- No se ha evaluado

¿Considera usted que debería hacerse una evaluación de la eficiencia de conducción del canal de riego Perlamayo?

- Si, ¿Por qué?:
porque los beneficiarios no estamos recibiendo el caudal requerido.
- No, ¿Por qué?:

¿Qué medidas considera urgentes para mejorar la eficiencia del canal?

- Revestimiento del canal.
- Mejorar compuertas o estructuras de control.
- Mantenimientos más frecuentes.
- Instalación de medidores de caudal.

4. Comentarios adicionales.

Debido a que la estructura del canal gran parte se encuentra deteriorada, pedimos a la Universidad Nacional de Cajamarca evaluar la eficiencia de conducción del canal Perlamayo.

COMISION DE USUARIOS
PERLAMAYO SAN LORENZO
[Firma]
PRESIDENTE

Autoridad Local

[Firma]
Encuestador



**ENCUESTA PARA EVALUAR LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL
CANAL DE RIEGO PERLAMAYO – HUABAL – JAÉN – CAJAMARCA.**

Objetivo: Recoger información técnica y operativa sobre el canal Perlamayo, con el fin de identificar causas de baja eficiencia en la conducción del agua y proponer medidas de mejora.

Apellidos y nombres: VELA ESPINOZA MAXIMO

Cargo: VICE PRESIDENTE

1. Información general del canal.

- Longitud total del canal (Km): 15.3 Km
- Año de construcción o última rehabilitación: 2019 descolmatación
- Tipo de revestimiento:
 - Sin revestimiento
 - Concreto simple
 - Concreto armado
 - Geomembrana

2. Estado actual del canal.

¿Se han identificado pérdidas de agua en el canal?

- Si
- No
- No se ha evaluado

¿Con que frecuencia se realizan mantenimientos?

- Mensual
- Trimestral
- Semestral
- Anual
- No se realiza mantenimientos periódicos

En una escala del 1 al 5, ¿Cómo calificaría el estado físico actual del canal?

Donde: 1= Muy deteriorado, 5 = Excelente



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

¿Cuál de los siguientes problemas ha identificado?

- Filtraciones en los taludes.
- Perdidas por infiltración.
- Obstrucciones por sedimentos.
- Presencia de vegetación dentro del canal.
- Roturas o fisuras en el revestimiento.

3. Gestión del recurso hídrico.

¿Existe medición del caudal de ingreso al canal?

- Si, de forma continua
- Si, pero solo de manera puntual
- No

¿Cuáles son los principales destinos del agua conducida por este canal?

- Riego agrícola
- Uso pecuario
- Consumo humano
- Otros:

.....
.....

¿Considera que el agua llega en cantidad suficiente a todos los usuarios?

- Si
- No
- Solo en temporada alta.



¿Considera que los usuarios pierden agua por deficiencias en la conducción?

- Si
- No
- No se ha evaluado

¿Considera usted que debería hacerse una evaluación de la eficiencia de conducción del canal de riego Perlamayo?

Si, ¿Por qué?:

.....

No, ¿Por qué?:

.....

¿Qué medidas considera urgentes para mejorar la eficiencia del canal?

- Revestimiento del canal.
- Mejorar compuertas o estructuras de control.
- Mantenimientos más frecuentes.
- Instalación de medidores de caudal.

4. Comentarios adicionales.

Se ha podido observar el deterioro de la infraestructura en el canal de conducción Perlamayo debido a la antigüedad (25 años); es por eso que pedimos a la Universidad Nacional de Cajamarca evaluar la eficiencia.

COMISIÓN DE USUARIOS
PERLAMAYO - SAN LORENZO
MVE
Maximo Vela Espinoza
VICE PRESIDENTE
Autoridad Local

Penny
Encuestador



**ENCUESTA PARA EVALUAR LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL
CANAL DE RIEGO PERLAMAYO – HUABAL – JAÉN – CAJAMARCA.**

Objetivo: Recoger información técnica y operativa sobre el canal Perlamayo, con el fin de identificar causas de baja eficiencia en la conducción del agua y proponer medidas de mejora.

Apellidos y nombres: *Habas Vásquez Vicente*

Cargo: *Tesorero de la Comisión de Usuarios*

1. Información general del canal.

- Longitud total del canal (Km): *15.3 Km*
- Año de construcción o última rehabilitación: *Descolmatación 2019*
- Tipo de revestimiento:
 - Sin revestimiento
 - Concreto simple
 - Concreto armado
 - Geomembrana

2. Estado actual del canal.

¿Se han identificado pérdidas de agua en el canal?

- Si
- No
- No se ha evaluado

¿Con que frecuencia se realizan mantenimientos?

- Mensual
- Trimestral
- Semestral
- Anual
- No se realiza mantenimientos periódicos

En una escala del 1 al 5, ¿Cómo calificaría el estado físico actual del canal?

Donde: 1= Muy deteriorado, 5 = Excelente



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

¿Cuál de los siguientes problemas ha identificado?

- Filtraciones en los taludes.
- Perdidas por infiltración.
- Obstrucciones por sedimentos.
- Presencia de vegetación dentro del canal.
- Roturas o fisuras en el revestimiento.

3. Gestión del recurso hídrico.

¿Existe medición del caudal de ingreso al canal?

- Si, de forma continua
- Si, pero solo de manera puntual
- No

¿Cuáles son los principales destinos del agua conducida por este canal?

- Riego agrícola
- Uso pecuario
- Consumo humano
- Otros:

.....
.....

¿Considera que el agua llega en cantidad suficiente a todos los usuarios?

- Si
- No
- Solo en temporada alta.



¿Considera que los usuarios pierden agua por deficiencias en la conducción?

- Si
- No
- No se ha evaluado

¿Considera usted que debería hacerse una evaluación de la eficiencia de conducción del canal de riego Perlamayo?

- Si, ¿Por qué?:
No estamos recibiendo el caudal requerido.
- No, ¿Por qué?:
.....

¿Qué medidas considera urgentes para mejorar la eficiencia del canal?

- Revestimiento del canal.
- Mejorar compuertas o estructuras de control.
- Mantenimientos más frecuentes.
- Instalación de medidores de caudal.

4. Comentarios adicionales.

Pedimos a la Universidad Nacional de Cajamarca tomar en cuenta en la infraestructura de este canal de irrigación porque en mayoría está deteriorado y no reúne condiciones para llevar el agua, porque el agua es deficiente y no alcanza para cultivar todas las áreas de todos los usuarios.

COMISIÓN DE USUARIOS
PERLAMAYO - SAN LLENZO
Peayuta
PRESIDENTE
Autoridad Local

Huay
Encuestador



**ENCUESTA PARA EVALUAR LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL
CANAL DE RIEGO PERLAMAYO – HUABAL – JAÉN – CAJAMARCA.**

Objetivo: Recoger información técnica y operativa sobre el canal Perlamayo, con el fin de identificar causas de baja eficiencia en la conducción del agua y proponer medidas de mejora.

Apellidos y nombres: ELEIBER VASQUEZ VILLALOBOS

Cargo: TENIENTE GOBERNADOR - PERLAMAYO

1. Información general del canal.

- Longitud total del canal (Km): 15.3 Km
- Año de construcción o última rehabilitación: 2019 descolmatación
- Tipo de revestimiento:
 - Sin revestimiento
 - Concreto simple
 - Concreto armado
 - Geomembrana

2. Estado actual del canal.

¿Se han identificado pérdidas de agua en el canal?

- Si
- No
- No se ha evaluado

¿Con qué frecuencia se realizan mantenimientos?

- Mensual
- Trimestral
- Semestral
- Anual
- No se realiza mantenimientos periódicos

En una escala del 1 al 5, ¿Cómo calificaría el estado físico actual del canal?

Donde: 1= Muy deteriorado, 5 = Excelente



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

¿Cuál de los siguientes problemas ha identificado?

- Filtraciones en los taludes.
- Perdidas por infiltración.
- Obstrucciones por sedimentos.
- Presencia de vegetación dentro del canal.
- Roturas o fisuras en el revestimiento.

3. Gestión del recurso hídrico.

¿Existe medición del caudal de ingreso al canal?

- Si, de forma continua
- Si, pero solo de manera puntual
- No

¿Cuáles son los principales destinos del agua conducida por este canal?

- Riego agrícola
- Uso pecuario
- Consumo humano
- Otros:

.....
.....

¿Considera que el agua llega en cantidad suficiente a todos los usuarios?

- Si
- No
- Solo en temporada alta.



¿Considera que los usuarios pierden agua por deficiencias en la conducción?

- Si
- No
- No se ha evaluado

¿Considera usted que debería hacerse una evaluación de la eficiencia de conducción del canal de riego Perlamayo?

Si, ¿Por qué?:

.....

No, ¿Por qué?:

.....

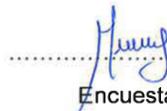
¿Qué medidas considera urgentes para mejorar la eficiencia del canal?

- Revestimiento del canal.
- Mejorar compuertas o estructuras de control.
- Mantenimientos más frecuentes.
- Instalación de medidores de caudal.

4. Comentarios adicionales.

Se hace un pedido a la U.N.C. evaluar la eficiencia de conducción del canal Perlamayo-Huabal devida a las posibles pérdidas que se presentan en la estructura.


.....
Autoridad Local


.....
Encuestador

**ENCUESTA PARA EVALUAR LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL
CANAL DE RIEGO PERLAMAYO – HUABAL – JAÉN – CAJAMARCA.**

Objetivo: Recoger información técnica y operativa sobre el canal Perlamayo, con el fin de identificar causas de baja eficiencia en la conducción del agua y proponer medidas de mejora.

Apellidos y nombres: VASQUEZ FERNANDEZ JORGE JUIS

Cargo: SUBPREFECTO DISTRITAL DE HUABAL

1. Información general del canal.

- Longitud total del canal (Km): 15.3
- Año de construcción o última rehabilitación: 2019 descolmatación
- Tipo de revestimiento:
 - Sin revestimiento
 - Concreto simple
 - Concreto armado
 - Geomembrana

2. Estado actual del canal.

¿Se han identificado pérdidas de agua en el canal?

- Si
- No
- No se ha evaluado

¿Con que frecuencia se realizan mantenimientos?

- Mensual
- Trimestral
- Semestral
- Anual
- No se realiza mantenimientos periódicos

En una escala del 1 al 5, ¿Cómo calificaría el estado físico actual del canal?

Donde: 1= Muy deteriorado, 5 = Excelente

- 1

- 2
- 3
- 4
- 5

¿Cuál de los siguientes problemas ha identificado?

- Filtraciones en los taludes.
- Perdidas por infiltración.
- Obstrucciones por sedimentos.
- Presencia de vegetación dentro del canal.
- Roturas o fisuras en el revestimiento.

3. Gestión del recurso hídrico.

¿Existe medición del caudal de ingreso al canal?

- Si, de forma continua
- Si, pero solo de manera puntual
- No

¿Cuáles son los principales destinos del agua conducida por este canal?

- Riego agrícola
- Uso pecuario
- Consumo humano
- Otros:

.....
.....

¿Considera que el agua llega en cantidad suficiente a todos los usuarios?

- Si
- No
- Solo en temporada alta.

¿Considera que los usuarios pierden agua por deficiencias en la conducción?

- Si
- No
- No se ha evaluado

¿Considera usted que debería hacerse una evaluación de la eficiencia de conducción del canal de riego Perlamayo?

- Si, ¿Por qué?:
.....
- No, ¿Por qué?:
.....

¿Qué medidas considera urgentes para mejorar la eficiencia del canal?

- Revestimiento del canal.
- Mejorar compuertas o estructuras de control.
- Mantenimientos más frecuentes.
- Instalación de medidores de caudal.

4. Comentarios adicionales.

Por motivo de que los usuarios del canal de riego Perlamayo en varias reuniones han dado a saber que no reciben el caudal requerido para sus cultivos, pedimos a la Universidad Nacional de Cajamarca evaluar la eficiencia en dicho canal ya que será de gran aporte para la población.


MINISTERIO DEL INTERIOR
REGISTRADO EN EL REGISTRO NACIONAL DE
PERSONAS Y ENTIDADES
C/ Av. José Luis Rodríguez Fernández
18010001
PROCESO 0187-2014-UNO

.....
Autoridad Local


Encuestador

ANEXO 06. Ficha técnica del MINAGRI – Caudal de diseño.



MINISTERIO DE AGRICULTURA Y RIEGO

La información registrada en esta ficha técnica tiene carácter de Declaración Jurada, bajo responsabilidad de los funcionarios que la suscriben

FICHA TÉCNICA N°

INFORMACIÓN QUE SE DEBE ADJUNTAR OBLIGATORIAMENTE A LA PRESENTE FICHA TÉCNICA DE ACTIVIDAD DE EMERGENCIA
(Señalar el número de documento)

Documentos que deben presentarse en caso de peligro inminente

- i) Informe emitido por el organismo público técnico - científico competente que declara el peligro inminente capaz de originar el desastre
- ii) Informe de Estimación de Riesgos reciente

Documentos que deben presentarse en caso de ocurrencia de fenómeno natural o inducido por acción humana

- i) Evaluación de Daños y Análisis de Necesidades - EDAN
- ii) Decreto Supremo que Declara en Estado de Emergencia

Documentos que deben presentarse para ambos casos: peligro inminente u ocurrencia de fenómeno natural o inducido por acción humana

- 1 Informe de No Disponibilidad Presupuestal del Sector del Gobierno Nacional o Gobierno Local que presenta la Ficha Técnica, emitido por el Jefe de Presupuesto o el que haga sus veces de la Unidad Ejecutora
- 2 Oficio con el que certifica la disponibilidad de capacidad técnica y administrativa para la ejecución de ésta Actividad de Emergencia
- 3 Otros

FICHA TÉCNICA DE ACTIVIDAD DE EMERGENCIA

I. DENOMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD

DESCOLMATACION DE BOCATOMA Y RECUPERACION DE TRAMOS CRITICOS EN EL CANAL PERLAMAYO EN LA LOCALIDAD PERLAMAYO, DISTRITO DE HUABAL - JAÉN, CAJAMARCA

II. UNIDAD FORMULADORA Y EJECUTORA

2.1 NOMBRE DE LA UNIDAD FORMULADORA Y EJECUTORA **ADMINISTRACIÓN LOCAL DEL AGUA CHINCHIPE-CHAMAYA**
Corresponde a las denominadas como tales en la normalidad presupuestal y que tiene a su cargo la ejecución de la Ficha Técnica de Actividad de Emergencia (RD N° 021-2009-EF-88 01 publicada el 15 DIC 2009)

2.2 CÓDIGO DE UNIDAD EJECUTORA **MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUABAL**
Se recomienda verificar el Código de Unidad Ejecutora en www.mef.gob.pe - Consulta Amigable

III. UBICACIÓN

DEPARTAMENTO	CAJAMARCA
PROVINCIA	JAEN
DISTRITO (*)	HUABAL
LOCALIDADES (*)	PERLAMAYO

(*) Considerar todos los distritos y localidades que se atenderán mediante la ficha técnica

IV. DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN DEL SERVICIO O INFRAESTRUCTURA PÚBLICA ANTES Y DESPUÉS DEL EVENTO O DESASTRE

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA PÚBLICA ANTES DEL EVENTO O DESASTRE
Describir todas las características técnicas (físicas, geométricas, estructurales, hidráulicas, etc. según corresponda) de la infraestructura pública a rehabilitar antes de la ocurrencia del desastre. En caso de solicitar recursos para la atención del ganado pecuario, se deberá consignar la situación ganadera antes de la ocurrencia del evento, incluyendo cifras y atenciones efectuadas por el Ministerio de Agricultura y Riego, Gobiernos, Regionales o Locales. En el caso de peligro inminente deberá describirse la situación actual de la infraestructura a intervenir indicándose los puntos vulnerables.

El Canal Perlamayo se encontraba conduciendo agua para riego derivada de la quebrada Perlamayo mediante una Bocatoma de concreto (barraje, toma y canal de limpieza) para atender con licencia de uso de agua superficial un caudal de hasta 450 50 litros/seg (R.D. N° 034-2016-ANA-AAA M) beneficiando a 197 usuarios con un área bajo riego de 608 31 hectáreas de cultivos de arroz (80%), cacao (15%) y pan llevar (5%). El canal es de sección trapezoidal con 0.70 m de base, 0.50 m de altura y talud 0.5:1.0, que cumple la función de conducción desde el km 0+000.00 hasta el km 15+111.11 en que descarga a la quebrada Chacayacu a través de la cual se conducen las aguas por aproximadamente 9 km para ser captadas nuevamente en una Bocatoma de concreto en la quebrada Chacayacu, a partir de la cual se inicia el Canal San Lorenzo que conduce el agua para su distribución a las áreas de riego.

4.2 INFORMACIÓN SOBRE FECHA DEL EVENTO O DESASTRE
Para el caso de peligro inminente indicar la fecha que figura en el Informe Técnico-Científico emitido por la Entidad Pública competente que declara el peligro inminente. Los reportes de EDAN ó los Informes que declara el peligro inminente y el Informe de Estimación de riesgo deben ser registrados en el SINPAD (por daños o peligro) que asignará un número de registro.

Ante peligro inminente	Fecha del Informe Técnico Científico		y	Fecha Informe Estimación de Riesgo	
Ante daño ocurrido	Fecha de ingreso de datos al EDAN	09/02/2018	y	Fecha evento que ocasionó los daños	31/03/2017
Número de registro en COE Sectorial del MINAGRI			y	Fecha del Registro	

4.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBABLE DAÑO O DAÑO OCURRIDO
Describir la magnitud del daño, cuantificar los daños a la infraestructura pública detallándolos.

Nota 1 Para el caso de peligro inminente debe indicarse los probables daños que pudiera ocasionar el peligro cualitativa y cuantitativamente sus efectos. En caso de solicitar atención para el tema pecuario, se deberá consignar la situación ganadera después de la ocurrencia del evento que incluya cifras y posibles afectaciones.

ANEXO 07. Ficha de intervención de MINAGRI, ANA – Tipo de suelo.

	PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego	Autoridad Nacional del Agua	Autoridad Administrativa del Agua Marañón VI						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">ANA</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">FOLIO N°</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">DEPHM</td> <td style="text-align: center;">4898</td> </tr> </table>	ANA	FOLIO N°	DEPHM	4898	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">ANA</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">FOLIO N°</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">MARAÑÓN VI</td> <td style="text-align: center;">51</td> </tr> </table>	ANA	FOLIO N°	MARAÑÓN VI	51
ANA	FOLIO N°								
DEPHM	4898								
ANA	FOLIO N°								
MARAÑÓN VI	51								
FICHA DE INTERVENCIÓN DE ZONA VULNERABLE									
I.- NOMBRE DE INTERVENCIÓN Limpieza y descolmatación del cauce de la quebrada Perlamayo y protección de la Bocatoma canal Perlamayo mediante el uso de gaviones, Distrito Huabal, Provincia Jaén, Cajamarca.									
II.- UBICACIÓN: REGION: CAJAMARCA PROVINCIA: JAEN DISTRITO: HUABAL LOCALIDAD: PERLAMAYO AUTORIDAD ADMINISTRATIVA DEL AGUA VI MARAÑÓN ADMINISTRACION LOCAL DEL AGUA CHINCHIPE- CHAMAYA									
III.- UBICACIÓN GEOGRAFICA EN COORDENADAS UTM- DATUM: WGS 84 – ZONA 17S NORTE: 9376155 ESTE: 725839									
IV.- EVALUACION: 4.1.- ZONA EXPUESTA A: INUNDACION Y EROSION									
4.2.- NIVEL DE EXPOSICION LEVE <input type="checkbox"/> MODERADO <input type="checkbox"/> FUERTE <input checked="" type="checkbox"/>									
4.3.- DESCRIPCION DEL EVENTO Y DAÑOS OCURRIDOS: En la quebrada Perlamayo Margen Derecha se ubica la bocatoma que presta servicio a un aprox. De 700 has. Que ha consecuencia de las intensas precipitaciones y arrastre de material de cauce, se ha colmatado la sección hidráulica del cauce del río y la ubicación de las bocatomas, ocasionando la interrupción del servicio de agua para riego y captaciones para uso poblacional. Habiéndose evaluado la necesidad de descolmatar en una longitud de 0.60 km. del río en mención, que requieren ser descolmataados a través de la conformación y recuperación de la sección hidráulica del cauce con capacidad 10 M3/s. aprox. en máximas avenidas que se estima en periodo de retorno de 50 años, con esta recuperación se evitará el desborde del agua en ambas márgenes y evitará el deterioro de la infraestructura de riego									
V.- BENEFICIARIOS En los sectores de las Comisiones de Usuarios de Chorro Blanco-Perlamayo-San Lorenzo, ubicado en el distrito de Huabal, provincia de Jaén y departamento de Cajamarca, se tiene captaciones rusticas y permanentes, que brindan servicio de riego para 803 familias y un aprox. de 700 has. que tienen cultivos de arroz, maíz, cacao y pan llevar. Durante muchos años estas captaciones fueron construidas por los propios beneficiarios a través de apoyo estatal y privado.									
VI.- ACCESOS Y VIAS DE COMUNICACIÓN Existen 02 trochas carrozables que dan acceso a la obra, ambas nacen en la carretera Chamaya – San Ignacio, una se inicia en el Km. 34 con un recorrido de 35 Km. al cruce Huabal a un kilómetro del Caserío El Cóndor. La otra trocha se inicia en el Km. 40 (La Floresta) con un recorrido de 28 Km. al Caserío El Cóndor lugar donde cruza el Km. 14 del canal Perlamayo – Chacayacu.									
VII.- GEOLOGIA La naturaleza geológica de los suelos pertenece al grupo zonal (residual) y azonal. En el primer caso se puede apreciar que la roca ha sido meteorizada in situ donde el perfil edáfico muestra sus horizontes completamente ordenados. En el segundo caso, los suelos han sido transportados acorta distancias por efecto de la gravedad y del agua (coluvial – aluvial), donde se puede apreciar que el perfil edáfico presenta poco desarrollo genético. En términos generales los suelos están compuestos de una capa superior orgánica ricos en nutrientes por lo que son adecuados ser tierras agrícolas; en la capa inferior son de tipo arcilloso - arenoso, de estructura en bloques subangulares y angulares. La profundidad efectiva de estos suelos es considerada como no muy profunda.									

ANEXO 08. Ficha de recolección de datos para hallar caudales.

Ficha de recolección de datos para determinar caudales						
Método de Tubo de Pitot						
Tesista:	MAIRA VÁSQUEZ FERNANDEZ					
Nombre del canal:	CANAL PERLAMAYO					
Progresiva:	00+013					
Datos del canal						
Tirante (y)	0.45					m
Base del canal (B)	0.90					m
Espejo de agua (T)	1.31					m
Profundidad del canal (H)	1.00					m
Cálculo del caudal						
Sección	Lectura h1 (m)		Lectura h2 (m)		Velocidad (m/s)	
1	h1=	0.11	h2=	0.15	V1=	0.89
2	h1=	0.09	h2=	0.13	V2=	0.89
3	h1=	0.14	h2=	0.18	V3=	0.89
4	h1=	0.12	h2=	0.14	V4=	0.63
Velocidad promedio (m/s)					Vp=	0.82
Área del canal (m2)					Ac=	0.4961
Caudal (m3/s)					Q=V*A	0.4073

Ficha de recolección de datos para determinar caudales						
Método de Tubo de Pitot						
Tesista:	MAIRA VÁSQUEZ FERNANDEZ					
Nombre del canal:	CANAL PERLAMAYO					
Progresiva:	05+500					
Datos del canal						
Tirante (y)	0.43					m
Base del canal (B)	0.90					m
Espejo de agua (T)	1.29					m
Profundidad del canal (H)	1.00					m
Cálculo del caudal						
Sección	Lectura h1 (m)		Lectura h2 (m)		Velocidad (m/s)	
1	h1=	0.07	h2=	0.11	V1=	0.89
2	h1=	0.11	h2=	0.14	V2=	0.77
3	h1=	0.10	h2=	0.12	V3=	0.63
4	h1=	0.08	h2=	0.12	V4=	0.89
Velocidad promedio (m/s)					Vp=	0.79
Área del canal (m2)					Ac=	0.4701
Caudal (m3/s)					Q=Vp*A	0.3720

Ficha de recolección de datos para determinar caudales						
Método de Tubo de Pitot						
Tesista:	MAIRA VÁSQUEZ FERNANDEZ					
Nombre del canal:	CANAL PERLAMAYO					
Progresiva:	05+823					
Datos del canal						
Tirante (y)	0.42				m	
Base del canal (B)	0.90				m	
Espejo de agua (T)	1.28				m	
Profundidad del canal (H)	1.00				m	
Cálculo del caudal						
Sección	Lectura h1 (m)		Lectura h2 (m)		Velocidad (m/s)	
1	h1=	0.10	h2=	0.14	V1=	0.89
2	h1=	0.12	h2=	0.15	V2=	0.77
3	h1=	0.13	h2=	0.15	V3=	0.63
4	h1=	0.11	h2=	0.14	V4=	0.77
Velocidad promedio (m/s)					Vp=	0.76
Área del canal (m ²)					Ac=	0.4574
Caudal (m ³ /s)					Q=V*A	0.3484

Ficha de recolección de datos para determinar caudales						
Método de Tubo de Pitot						
Tesista:	MAIRA VÁSQUEZ FERNANDEZ					
Nombre del canal:	CANAL PERLAMAYO					
Progresiva:	05+825					
Datos del canal						
Tirante (y)	0.41				m	
Base del canal (B)	0.90				m	
Espejo de agua (T)	1.27				m	
Profundidad del canal (H)	1.00				m	
Cálculo del caudal						
Sección	Lectura h1 (m)		Lectura h2 (m)		Velocidad (m/s)	
1	h1=	0.08	h2=	0.12	V1=	0.89
2	h1=	0.10	h2=	0.12	V2=	0.63
3	h1=	0.13	h2=	0.16	V3=	0.77
4	h1=	0.10	h2=	0.13	V4=	0.77
Velocidad promedio (m/s)					Vp=	0.76
Área del canal (m ²)					Ac=	0.4445
Caudal (m ³ /s)					Q=V*A	0.3386

Ficha de recolección de datos para determinar caudales						
Método de Tubo de Pitot						
Tesista:	MAIRA VÁSQUEZ FERNANDEZ					
Nombre del canal:	CANAL PERLAMAYO					
Progresiva:	06+500					
Datos del canal						
Tirante (y)	0.41					m
Base del canal (B)	0.90					m
Espejo de agua (T)	1.27					m
Profundidad del canal (H)	1.00					m
Cálculo del caudal						
Sección	Lectura h1 (m)		Lectura h2 (m)		Velocidad (m/s)	
1	h1=	0.15	h2=	0.19	V1=	0.89
2	h1=	0.10	h2=	0.14	V2=	0.89
3	h1=	0.16	h2=	0.17	V3=	0.44
4	h1=	0.14	h2=	0.16	V4=	0.63
Velocidad promedio (m/s)					Vp=	0.71
Área del canal (m ²)					Ac=	0.4445
Caudal (m ³ /s)					Q=V*A	0.3157

ANEXO 09. Ficha técnica de caracterización del canal Perlamayo.

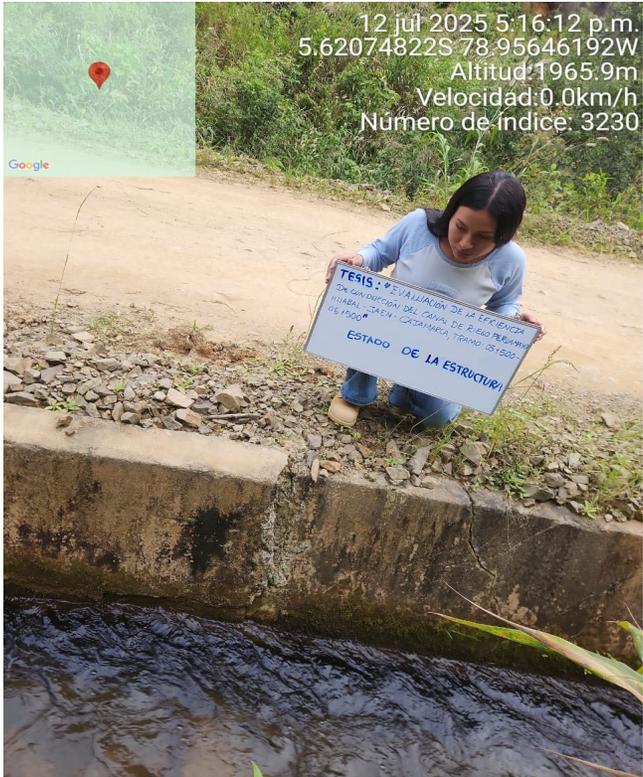
FICHA TÉCNICA				
PROGRESIVA 0+000.00				
DISTRITO	Huabal	CANAL	Perlamayo	
PROVINCIA	Jaén	COORDENADAS	ESTE	NORTE
DEPARTAMENTO	Cajamarca		725848.06	9376305.32
CARACTERIZACIÓN		FOTOGRAFÍA		
Canal principal de sección trapezoidal				
DIMENSIONES (m)				
B=	0.90			
H=	1.00			
DETALLE				
Captación: (barraje fijo, poza disipadora, canal del limpia y compuerta, ventana de captación) en condiciones regulares.				
COMENTARIO		La captación del canal Perlamayo, se encuentra en estado de abandono, ausencia de mantenimiento.		

FICHA TÉCNICA				
PROGRESIVA 0+013.35 - 0+390.00				
DISTRITO	Huabal	CANAL	Perlamayo	
PROVINCIA	Jaén	COORDENADAS	ESTE	NORTE
DEPARTAMENTO	Cajamarca		725827.94	9376304.65
CARACTERIZACIÓN		FOTOGRAFÍA		
Canal principal de sección trapezoidal				
DIMENSIONES (m)				
B=	0.90			
H=	1.00			
DETALLE				
Conducto cubierto.				
COMENTARIO		El conducto se encuentra en regulares condiciones. Se tuvo que realizar la limpieza de arbustos para hacerlo más visible.		

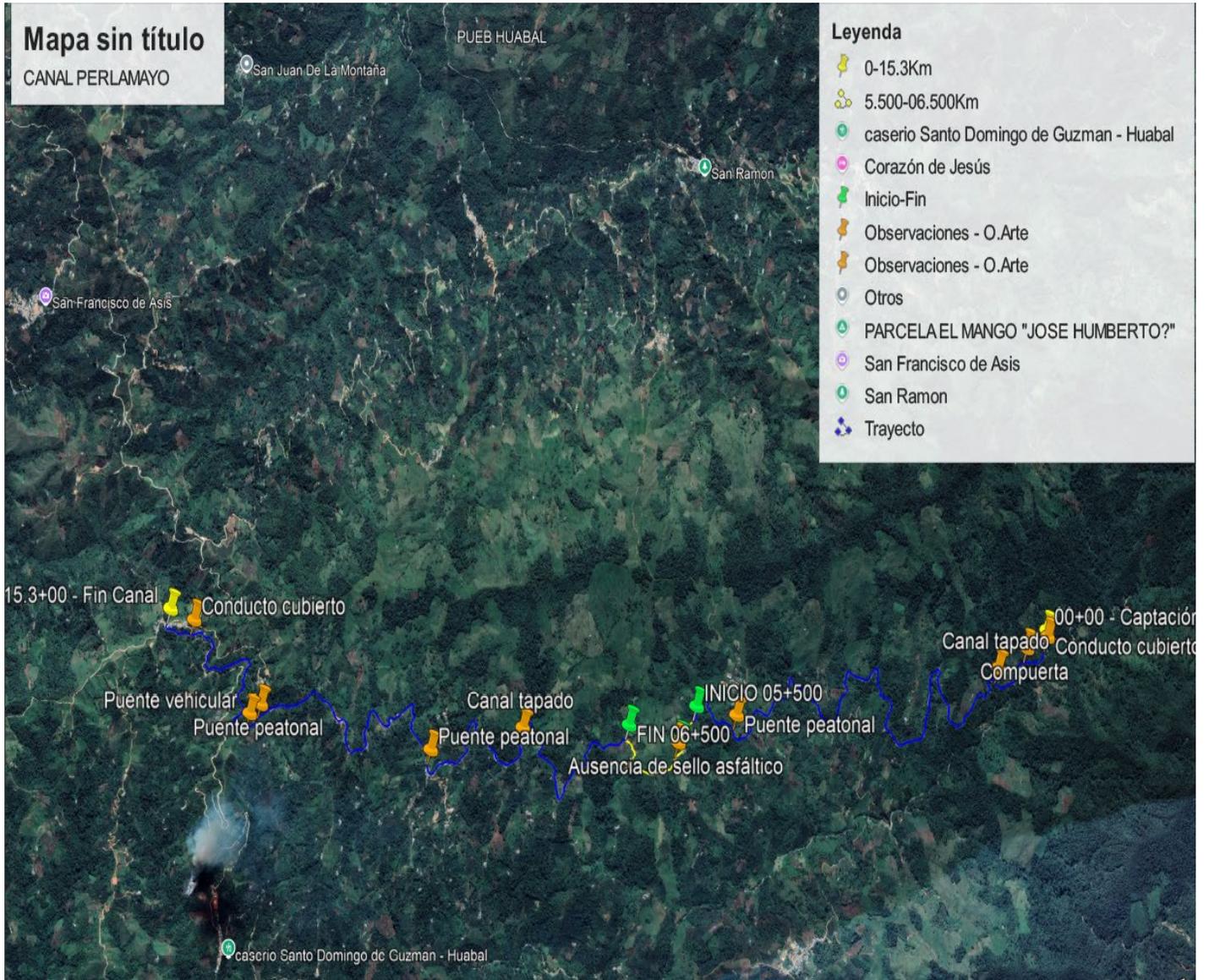
FICHA TÉCNICA				
PROGRESIVA 0+013.35 - 0+390.00				
DISTRITO	Huabal	Canal	Perlamayo	
PROVINCIA	Jaén	Coordenadas	ESTE	NORTE
DEPARTAMENTO	Cajamarca		725837.00	9376774.00
CARACTERIZACIÓN		FOTOGRAFÍA		
Canal principal de sección trapezoidal				
DIMENSIONES (m)				
B=	0.75			
H=	1.20			
DETALLE				
Presencia de una compuerta que cumple la función de regular el caudal en épocas de máximas avenidas.				
COMENTARIO		Según declaraciones de la autoridad encargada del mantenimiento del canal por más de 25 años, la compuerta permanece cerrada.		

FICHA TÉCNICA				
PROGRESIVA 0+946.30 - 1+534.96				
DISTRITO	Huabal	Canal	Perlamayo	
PROVINCIA	Jaén	Coordenadas	ESTE	NORTE
DEPARTAMENTO	Cajamarca		725761.92	9376767.85
CARACTERIZACIÓN		FOTOGRAFÍA		
Canal principal de sección trapezoidal				
DIMENSIONES (m)				
B=	0.90			
H=	1.00			
DETALLE				
Canal tapado de concreto.				
COMENTARIO		Presencia de pastos y arbustos en el margen izquierdo, difícil acceso para limpieza.		

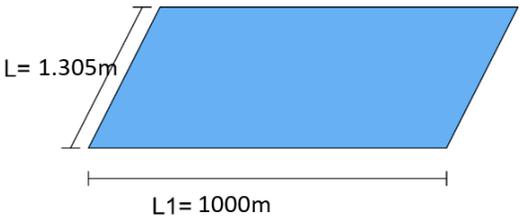
FICHA TÉCNICA				
PROGRESIVA 4+830.00				
DISTRITO	Huabal	Canal	Perlamayo	
PROVINCIA	Jaén	Coordenadas	ESTE	NORTE
DEPARTAMENTO	Cajamarca		726225.00	9378866.00
CARACTERIZACIÓN		FOTOGRAFÍA		
Canal principal de sección trapezoidal				
DIMENSIONES (m)				
B=	0.90			
H=	1.00			
DETALLE				
Puente peatonal con losa de 1.90m de longitud y 0.15m de espesor de losa.				
COMENTARIO		Puente peatonal en buen estado, con señalización, poca presencia de flora.		

FICHA TÉCNICA				
PROGRESIVA 5+800.30 - 6+500.00				
DISTRITO	Huabal	Canal	Perlamayo	
PROVINCIA	Jaén	Coordenadas	ESTE	NORTE
DEPARTAMENTO	Cajamarca		726227.00	9379372.00
CARACTERIZACIÓN		FOTOGRAFÍA		
Canal principal de sección trapezoidal				
DIMENSIONES (m)				
B=	0.90			
H=	1.00			
DETALLE				
Ausencia de sello asfáltico en la junta del canal.				
COMENTARIO		La pared del canal también presenta fisuras y desgaste.		

ANEXO 10. Mapa satelital del canal Perlamayo.



ANEXO 11. Ficha de Evaluación aplicada – pérdida por evaporación.

FICHA DE EVALUACIÓN			
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil		
TESIS	“EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DEL CANAL DE RIEGO PERLAMAYO – HUABAL – JAÉN – CAJAMARCA, TRAMO: 05+500 – 06+500”		
TESISTA		ASESOR	
Bach. Vásquez Fernández Maira		Dr. Ing. Coronel Delgado José Antonio	
UBICACIÓN			
CC.PP	DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO
Perlamayo	Huabal	Jaén	Cajamarca
PÉRDIDA POR EVAPORACIÓN			
RECIPIENTE		DATOS OBTENIDOS	
 <p style="text-align: right;">h=35cm</p>		Tiempo (t) =	0.5h=30min=1800s
		Longitud transversal (L) =	1.305
		Longitud del tramo (L1) =	1000
		Variación del tiempo (Δt) =	1 h
		Variación de altura (Δh) =	0.001m
		Vol. evaporación (m^3) =	0.6525
SECCIÓN DEL CANAL		Q evaporación (m^3/s) =	0.00003625=0.363 l/s
		$Vol\ evp(m^3) = \frac{L \times L1 \times \Delta h \times t}{\Delta t}$ $Q\ evp = \frac{Vol\ evp}{t}$	

ANEXO 12. Panel Fotográfico.

Fotografía 01: Estructura de la captación del canal Perlamayo.



Fotografía 02. Toma de datos en la estructura de la captación del canal.



Fotografía 03: Caracterización de la captación del canal Perlamayo.



Fotografía 04: Obra de toma del canal Perlamayo.



Fotografía 05: Toma de datos de la captación del canal Perlamayo.



Fotografía 06: Compuerta de la captación.



Fotografía 07: Temperatura en canal Perlamayo.



Fotografía 08: Ensayo de evaporación en la captación del canal Perlamayo.



Fotografía 09: *Conducto cubierto por el Km 00+013.*



Fotografía 10: *Tubo de Pitot para la determinación de caudales.*



Fotografía 11: Lectura en tramo 00+013 del canal Perlamayo.



Fotografía 12: Estado situacional del canal Perlamayo.



Fotografía 13: Canal tapado por el Km 01+435.



Fotografía 14: Obra de arte, compuerta en el tramo del canal Perlamayo.



Fotografía 15: Estado de la estructura en el km 05+500 del canal Perlamayo.



Fotografía 16: Estado de la estructura en el km 05+500 del canal Perlamayo.



Fotografía 17: Toma de datos del canal Perlamayo.



Fotografía 18: Medición de la pared del canal Perlamayo.



Fotografía 19: Estado de la estructura en el km 05+500 del canal Perlamayo.



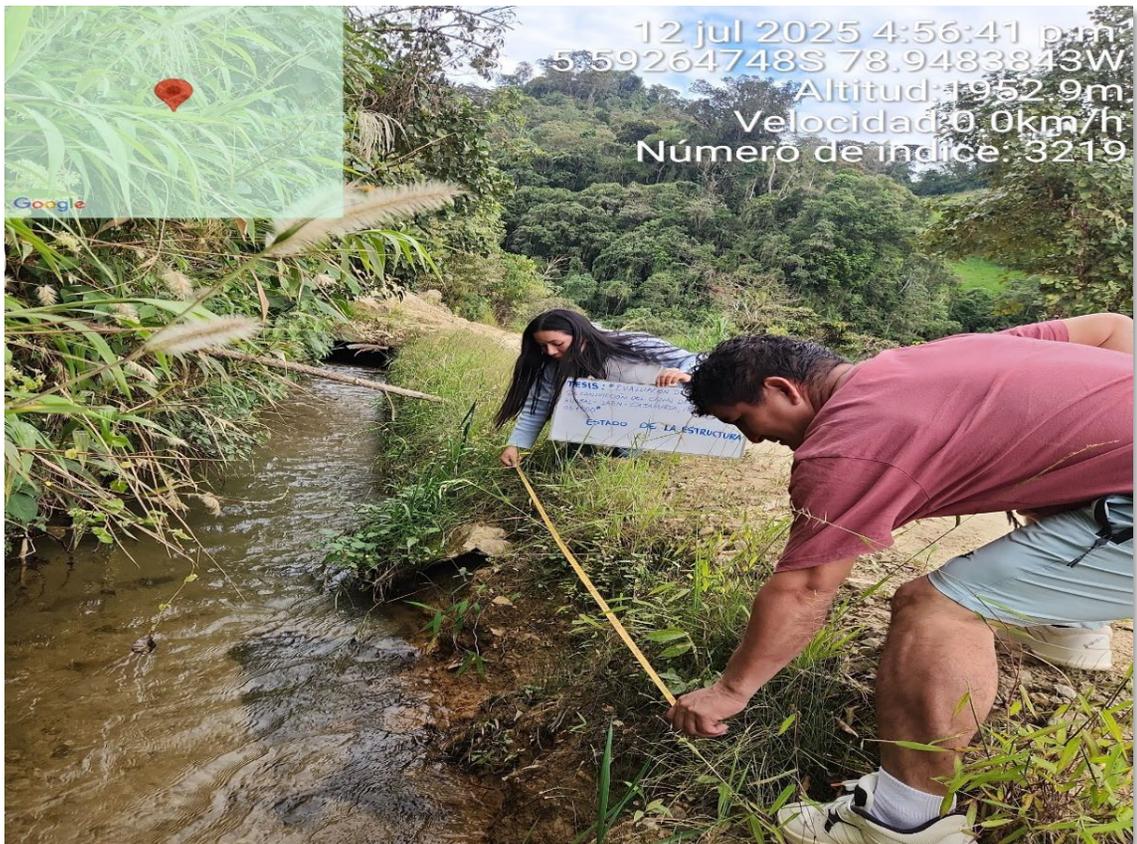
Fotografía 20: Estado de la estructura en el km 05+500 del canal Perlamayo.



Fotografía 21: Estado de la estructura por el Km 05+800 del canal Perlamayo.



Fotografía 22: Estado de la estructura por el Km 05+800 del canal Perlamayo.



Fotografía 25: Lectura en tramo 05+500 del canal Perlamayo.



Fotografía 26: Lectura en tramo 05+500 del canal Perlamayo.



Fotografía 27: Toma de datos en el km 06+500 del canal Perlamayo.



Fotografía 28: Toma de datos en el km 06+500 del canal Perlamayo



Fotografía 29: Lectura en tramo 06+500 del canal Perlamayo.



Fotografía 30: Lectura en tramo 06+500 del canal Perlamayo.



Fotografía 31: *Lectura en tramo 06+500 del canal Perlamayo.*



Fotografía 32: *Pase peatonal con señalización por el Km 05+800.*



Fotografía 33: Presencia de grietas en la estructura de la canal ubicada en el tramo de estudio, 05+500 – 06+500.



Fotografía 34: Juntas en mal estado en la estructura del canal ubicado en el tramo de estudio, 05+500 – 06+500.



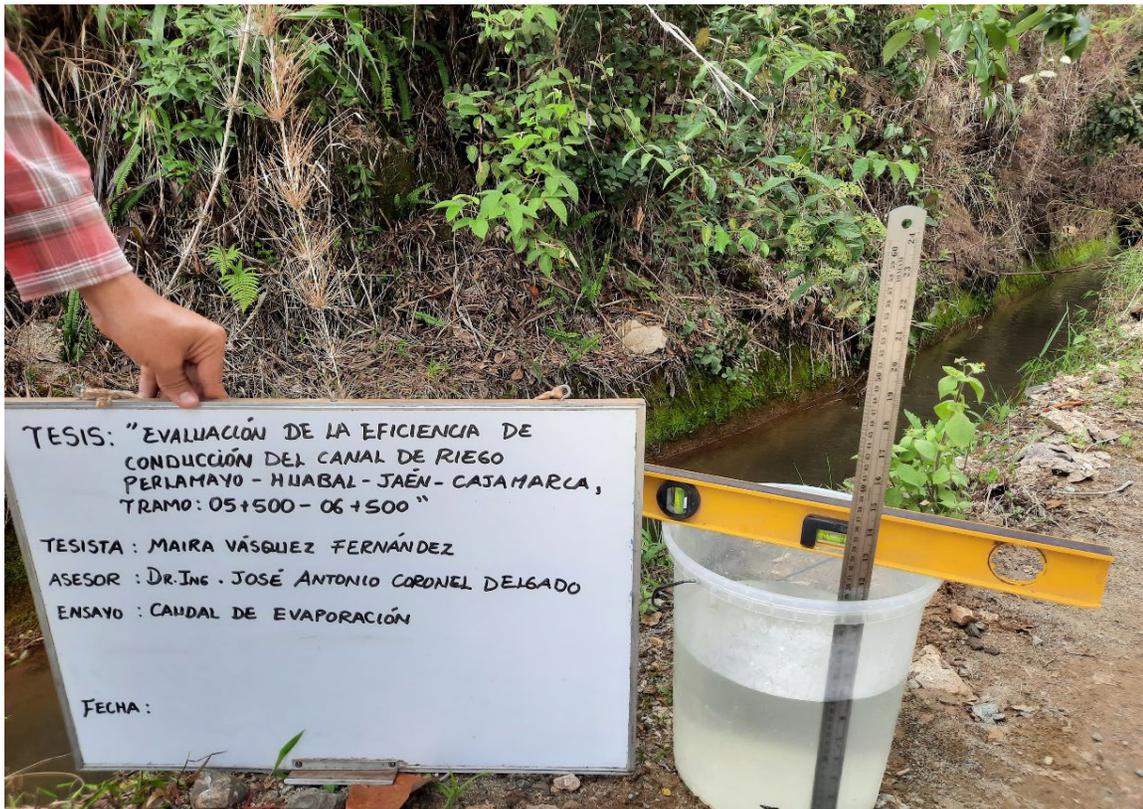
Fotografía 35: Juntas en mal estado en la estructura del canal ubicado en el tramo de estudio, 05+500 – 06+500.



Fotografía 36: Juntas en mal estado en la estructura del canal ubicado en el tramo de estudio, 05+500 – 06+500.



Fotografía 37: Ensayo de evaporación en el tramo: 05+500 – 06+500.



Fotografía 38: Presencia de musgos en el revestimiento del canal Perlamayo.



Fotografía 39: *Presencia de arbustos y ramas cerca al canal Perlamayo.*



Fotografía 40: *Junta del canal en mal estado y con presencia de musgos.*



Fotografía 41: *Junta del canal, con leve desprendimiento de la pared.*



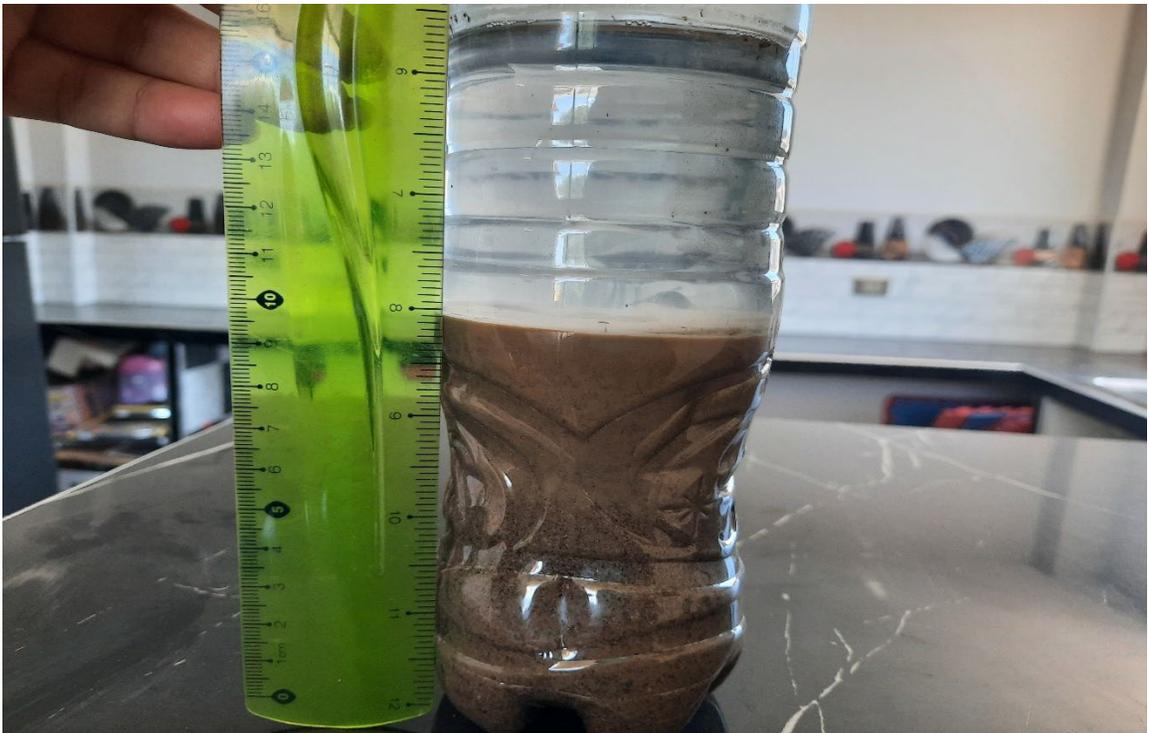
Fotografía 42: *Muestreo del suelo en la zona, cerca al canal Perlamayo.*



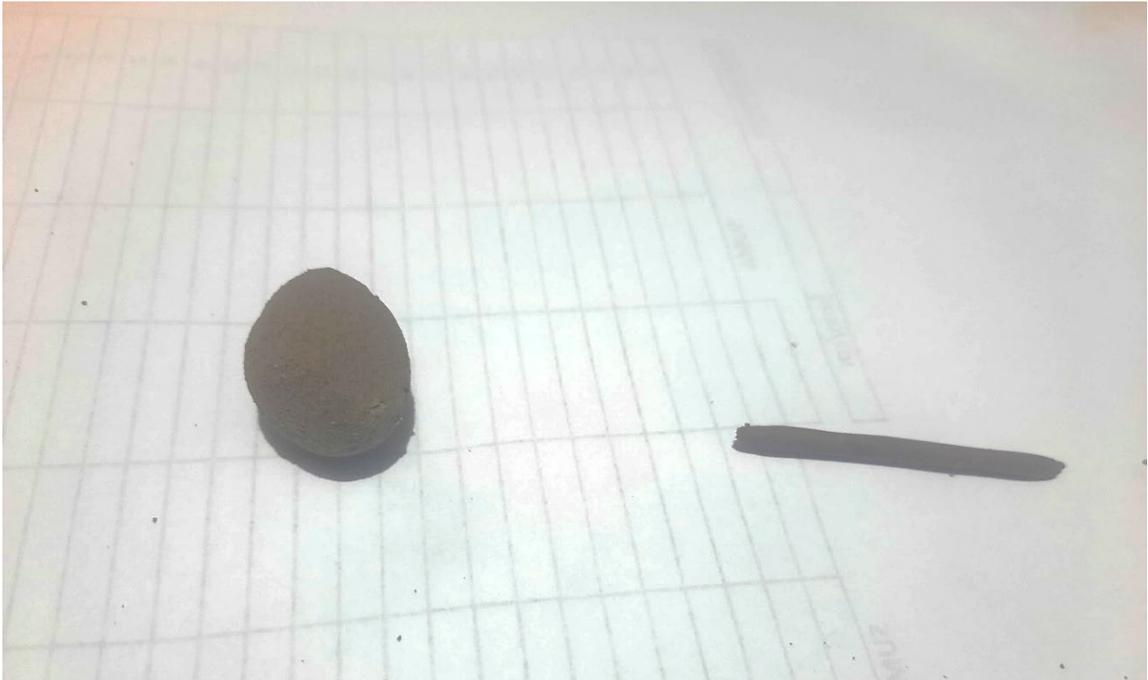
Fotografía 43: Prueba de la botella, para determinar la textura del suelo.



Fotografía 44: Prueba de la botella, después de 12 horas (suelo arcilloso - arenoso).



Fotografía 45: Prueba del lanzamiento de la bola, para la textura del suelo.



Fotografía 46: Aplicación de encuestas a autoridades en el caserío Perlamayo del distrito de Huabal, provincia Jaén, departamento Cajamarca.



Fotografía 47: *Aplicación de encuestas a las autoridades del comité de usuarios del canal Perlamayo en el caserío San Lorenzo.*



Fotografía 48: *Aplicación de encuestas a las autoridades del comité de usuarios del canal Perlamayo en el caserío San Lorenzo.*

