

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



**EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DE UN CANAL ALIMENTADOR Y
DEMANDA HÍDRICA PARA USO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE
HUACHAC, JUNÍN**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
CIVIL**

AUTOR:

Bach. HUATUCO LIZANO, ERICK

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

HIDRÁULICA MEDIO AMBIENTE

HUANCAYO – PERÚ

2023

Mg. Pautrat Egoavil Henry Gustavo.
Asesor

Esta tesis está dedicada en memoria de mis familiares: Marcos Lizano Quinto, Maura Lizano Cerrón por los gratos momentos que vivimos en familia y de manera personal ya que gracias a ello son mi constante inspiración y motivación en momentos de dificultad y debilidad.

A mi familia por estar pendiente de mi en todo momento y por estar apoyándome constantemente en todo el trayecto universitario siendo mi fuente de apoyo y motivación durante el camino para convertirme en profesional.

DEDICATORIA

Agradezco a Dios por todas las bendiciones que me brinda a lo largo de este camino de la vida y ser el pilar importante que me da esa fortaleza en aquellos momentos de debilidad.

Así mismo agradezco a toda mi familia por todo su apoyo incondicional por sus palabras en aquellos momentos de inseguridad y debilidad, Por su apoyo hacia mi persona para poder culminar mi carrera Universitaria.

AGRADECIMIENTO

CONSTANCIA 211

DE SIMILITUD DE TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN POR EL SOFTWARE DE PREVENCIÓN DE PLAGIO TURNITIN

La Dirección de Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, hace constar por la presente, que el informe final de la tesis titulado “EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DE UN CANAL ALIMENTADOR Y DEMANDA HÍDRICA PARA USO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE HUACHAC, JUNÍN”.

Cuyo autor (a) (es) : Erick, Huatuco Lizano.
Facultad : Ingeniería.
Escuela Profesional : Ingeniería Civil.
Asesor (a) (es) : Mg. Henry Gustavo, Pautrat Egoavil.

Que, fue presentado con fecha 27.07.2023 y después de realizado el análisis correspondiente en el software de prevención de plagio Turnitin con fecha 31.07.2023; con la siguiente configuración de software de prevención de plagio Turnitin:

- Excluye bibliografía.
- Excluye citas.
- Excluye cadenas menores de a 20 palabras.
- Otro criterio (especificar)

Dicho documento presenta un porcentaje de similitud de **30%**. En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°11 del Reglamento de uso de software de prevención de plagio, el cual indica que no se debe superar el **30%**. Se declara, que el trabajo de investigación: si contiene un porcentaje aceptable de similitud. Observaciones: ninguna.

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

Huancayo 04 de Agosto del 2023



Dr. Santiago Zevallos Salinas
Director de la Unidad de Investigación

HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

Dr. Ruben Dario Tapia Silguera
PRESIDENTE

Ing. Christian Mallaupoma Reyes
JURADO

Ing. Carlos Gerardo Flores Espinoza
JURADO

Ing. Waldir Alexis Sanchez Mattos
JURADO

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza
SECRETARIO DOCENTE

ÍNDICE

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS	V
ÍNDICE	VI
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPÍTULO I	15
PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN	15
1.1. Planteamiento del problema	15
1.2. Formulación del problema	17
1.2.1. Problema general	17
1.2.2. Problemas específicos	17
1.3. Objetivos	18
1.3.1. Objetivo general	18
1.3.2. Objetivos específicos	18
1.4. Justificación	18
1.4.1. Social	18
1.4.2. Metodológica.....	19
CAPÍTULO II	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes	20
2.1.1. Antecedentes internacionales	20
2.1.2. Antecedentes nacionales	23
2.2. Bases teóricas	27
2.2.1. Canales	27
2.2.2. Demanda hídrica para uso agrícola	49
2.3. Marco Conceptual	53
2.4. Hipótesis	55

2.4.1. Hipótesis general.....	55
2.4.2. Hipótesis específicas.....	55
2.5. Variables.....	56
2.5.1. Definición conceptual	56
CAPÍTULO III.....	58
METODOLOGÍA	58
3.1. Método de investigación	58
3.2. Tipo de investigación	58
3.3. Nivel de investigación	59
3.4. Diseño de investigación	59
3.5. Población y muestra	60
3.5.1. Población	60
3.5.2. Muestra	60
3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	61
3.7. Validación e instrumentos de recolección de datos	61
3.8. Procesamiento.....	62
3.8.1. Caudal de canal alimentador.....	62
3.8.2. Demanda hídrica para uso agrícola	67
CAPÍTULO IV.....	77
RESULTADOS.....	77
4.1. Presentación de resultados	77
4.1.1. Caudal de entrada de un canal alimentador y demanda hídrica.....	77
4.1.2. Caudal de salida de un canal alimentador y demanda hídrica	78
4.1.3. Grado de deterioro de un canal alimentador y demanda hídrica.....	80
4.1.4. Eficiencia de conducción del canal alimentador.....	80
4.2. Prueba de hipótesis	81
4.2.1. Caudal de entrada de un canal alimentador y demanda hídrica.....	81
4.2.2. Caudal de salida de un canal alimentador y demanda hídrica	83
CAPÍTULO V.....	85
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	85
5.1. Discusión de resultados.....	85
5.1.1. Caudal de entrada de un canal alimentador y demanda hídrica.....	87
5.1.2. Caudal de salida de un canal alimentador y demanda hídrica	88

CONCLUSIONES	92
RECOMENDACIONES	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	94
ANEXOS	98
PLANOS	108

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Relación caudal y ancho de solera.....	30
Tabla 2. Relación de talud y tipo de material.....	30
Tabla 3. Relación de talud y tipo de material.....	31
Tabla 4. Velocidades máximas por tipo de revestimiento.....	32
Tabla 5. Eficiencia de conducción: tipo de revestimiento y longitud de canal.....	39
Tabla 6. Eficiencia de riego según el sistema de riego.....	52
Tabla 7. Operacionalización de variables.....	57
Tabla 8. Registro de caudal, semana 1	63
Tabla 9. Registro de caudal, semana 2	64
Tabla 10. Registro de caudal, semana 3	64
Tabla 11. Registro de caudal, semana 4	64
Tabla 12. Resumen de caudal de entrada y salida en el canal	65
Tabla 13. Caudal perdido en el canal alimentador	67
Tabla 14. Información climática de Huachac.....	67
Tabla 15. Área de cultivo.....	69
Tabla 16. Cédula de cultivo con valores K_c	69
Tabla 17. Valores K_c	69
Tabla 18. Lámina de riego neta y bruta para cultivos	70
Tabla 19. Diseño agronómico del cultivo zanahoria	71
Tabla 20. Diseño agronómico del cultivo arveja	72
Tabla 21. Diseño agronómico del cultivo maíz	73
Tabla 22. Diseño agronómico del cultivo papa	74
Tabla 23. Diseño agronómico del cultivo alfalfa	75
Tabla 24. Demanda de agua en Huachac	76
Tabla 25. Caudal de entrada y demanda agrícola.....	77
Tabla 26. Caudal de salida y demanda agrícola.....	79
Tabla 27. Eficiencia de conducción del canal alimentador	80
Tabla 28. Estadística de regresión – caudal de entrada y demanda agrícola	81
Tabla 29. Análisis de varianza – caudal de entrada y demanda agrícola	82
Tabla 30. Estadística de regresión – caudal de salida y demanda agrícola	83
Tabla 31. Análisis de varianza – caudal de salida y demanda agrícola.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Canal de sección trapezoidal	28
Figura 2. Canal de sección rectangular	28
Figura 3. Canal de sección circular	29
Figura 4. Elementos geométricos de un canal	29
Figura 5. Nomograma relación y/b	31
Figura 6. Canal revestido con mampostería.....	32
Figura 7. Canal revestido con concreto.....	33
Figura 8. Canal revestido mantos permanentes.....	34
Figura 9. Canal revestido con geomembranas.....	34
Figura 10. Canal sin revestimiento	35
Figura 11. Flujo uniforme en un canal abierto	35
Figura 12. Flujo uniforme en un canal abierto	36
Figura 13. Método del flotador.....	41
Figura 14. Curva generalizada del periodo de cultivo.....	50
Figura 15. Sección de canal alimentador	62
Figura 16. Esquema para cálculo de evaporación	65
Figura 17. Esquema para cálculo de volumen de evaporación	66
Figura 18. Evapotranspiración en Huachac	68
Figura 19. Precipitación efectiva en Huachac	68
Figura 20. Caudal de entrada y demanda agrícola.....	78
Figura 21. Caudal de salida y demanda agrícola	79
Figura 22. Caudal de entrada y salida del canal alimentador.....	80
Figura 23. Función polinómica, caudal de entrada y demanda agrícola.....	82
Figura 24. Función polinómica, caudal de salida y demanda agrícola	84

RESUMEN

El problema general formulado fue: ¿Qué relación existe entre la eficiencia de conducción de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín? El objetivo general fue: Determinar la relación entre la eficiencia de conducción de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín. La hipótesis general planteada fue: La relación entre la eficiencia de conducción de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín; es directamente proporcional.

El método de investigación responde al científico, correspondiente al tipo aplicado, con nivel correlacional y diseño no experimental ya que no se manipularon las variables. La población estuvo compuesta por el canal de alimentación principal del distrito de Huachac, en la provincia de Chupaca y departamento de Junín.

Se concluyó que, la relación entre la eficiencia de conducción del canal alimentador y la demanda hídrica para consumo agrícola es directamente proporcional. Debido a que la eficiencia de conducción fue alta y no se observaron deterioros en el tramo de estudio del canal principal, lo que garantiza la conducción de agua en el canal para abastecer a los cultivos del área de estudio.

Palabras clave: Canal, conducción, cultivos, demanda hídrica, deterioro, eficiencia.

ABSTRACT

The general problem formulated was: What is the relationship between the conduction efficiency of a feeder canal and the water demand for agricultural use in the district of Huachac, Junín? The general objective was: To determine the relationship between the conduction efficiency of a feeder canal and the water demand for agricultural use in the district of Huachac, Junín. The general hypothesis was: The relationship between the conduction efficiency of a feeder canal and the water demand for agricultural use in the district of Huachac, Junín, is directly proportional.

The research method was scientific, corresponding to the applied type, with a correlational level and non-experimental design, since the variables were not manipulated. The population consisted of the main feeding channel of the district of Huachac, in the province of Chupaca and department of Junín.

It was concluded that the relationship between the conduction efficiency of the feeder canal and the water demand for agricultural consumption is directly proportional. Because the conduction efficiency was high and no deterioration was observed in the study section of the main canal, which guarantees the conduction of water in the canal to supply the crops in the study area.

Key words: canal, conduction, crops, water demand, deterioration, efficiency.

INTRODUCCIÓN

El uso del agua para la agricultura se ha incrementado debido a la creciente demanda de la población y sus necesidades, sin embargo, a la vez es el sector que más afectado se puede ver por la escasez, pues hace uso de casi el 70% del agua dulce (FAO, 2013); generalmente se utilizan canales alimentadores para realizar la conducción del agua, los cuales están sujetos a pérdidas por infiltración, evaporación y por desgaste de su estructura, por lo que se debe medir su eficiencia de conducción para tener conocimiento del estado de operación del canal (Proyecto Subsectorial de Irrigación, 2004).

El objetivo de la investigación fue determinar la relación entre eficiencia de conducción de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en Huachac, distrito de Chupaca, Junín.

El método de la investigación fue científico, de tipo aplicada, con un nivel correlacional y un diseño no experimental pues se realizará la toma de datos en campo y de investigaciones pasadas, además no se manipulará ninguna variable.

Este trabajo de investigación se organizó en cinco capítulos. En el Capítulo I se presentó el planteamiento del problema, así como también se formuló el problema, junto a los objetivos y la justificación de la investigación. En el capítulo II de marco teórico, se presentaron los antecedentes que corresponden a investigaciones anteriores referentes al tema de estudio, del mismo modo se adjuntan las bases teóricas y marco conceptual que ayudan en la comprensión y desarrollo de la investigación. En el capítulo III de metodología, se presenta el método, tipo, nivel y diseño de la investigación, de la misma forma se adjunta la

población y muestra de la investigación, junto a los métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos, así como la descripción del procesamiento de datos recolectados en campo. En el capítulo IV de resultados, se presentan los resultados de la investigación de acuerdo a los objetivos específicos planteados, así mismo se presentó la prueba de hipótesis de acuerdo a los objetivos específicos formulados. En el capítulo V de discusión de resultados, se adjunta la discusión de resultados de cada objetivo específico junto a los antecedentes de la investigación. Por último se presentaron las conclusiones y recomendaciones de la investigación. Así como también las referencias bibliográficas y los anexos de la investigación.

Bach. Huatuco Lizano, Erick

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

El uso del agua para la agricultura se ha incrementado debido a la creciente demanda de la población y sus necesidades, sin embargo, a la vez es el sector que más afectado se puede ver por la escasez, pues hace uso de casi el 70% del agua dulce (FAO, 2013); generalmente se utilizan canales alimentadores para realizar la conducción del agua, los cuales están sujetos a pérdidas por infiltración, evaporación y por desgaste de su estructura, por lo que se debe medir su eficiencia de conducción para tener conocimiento del estado de operación del canal (Proyecto Subsectorial de Irrigación, 2004).

En Europa, países como España en los últimos años tienen un nivel de escasez de agua debido a la mala gestión y sobreexplotación de este recurso; en un estudio se estima que los cultivos consumen más de 100 veces la cantidad de agua que consumen sus habitantes (WWF, 2021), y cerca del 30 o 40% de esta

cantidad de agua se pierde a lo largo del recorrido de las infraestructuras de riego debido a su falta de mantenimiento o modernización (Duran, 2017).

Mientras que, en México, a la fecha se ha determinado que la cantidad de agua disponible para riego ha disminuido en casi el 30%, razón que limita la actividad agrícola y su potencial de producción (IAGUA, 2018).

En Argentina, cerca del 74% de agua dulce es usada para la agricultura, uno de los sectores económicos más importantes del país pues en algunos años ha representado casi el 6.4% del PBI; debido al crecimiento poblacional y el desarrollo económico se han ampliado las extensiones de tierra cultivadas y por lo tanto la cantidad de cultivos (OECD Library, 2021).

En Perú, en las zonas rurales donde tienen un canal alimentador exclusivo para uso de riego agrícola la población desconoce diversos factores como la demanda hídrica, el caudal y el tiempo de filtración de sus parcelas agrícolas, estos son los retrasos para lograr un desarrollo sostenible, por esta razón la Autoridad Nacional de Agua (ANA), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y UNOPS se han planteado como objetivo desarrollar programas para ayudar a la población, con los cuales casi 63 000 pequeños agricultores que viven en zonas rurales se verán beneficiados en cuanto a mayores herramientas acerca de la gestión del agua y capacitaciones acerca del manejo y toma de datos de las estructuras hidráulicas (UNOPS, 2021).

En Junín, se estudió acerca de la recuperación de la eficiencia hidráulica y la cuantificación individual de los componentes de las pérdidas totales de agua, debido a la presencia de daños y poco mantenimiento del canal de riego Apata (Vargas, 2021); esta realidad provoca poner mayor énfasis acerca de la situación del agua para riego y sus estructuras de conducción, pues de no tener una óptima

eficiencia hidráulica se presentan mayores pérdidas perjudicando las necesidades de los agricultores. Es por ello que este trabajo pretende dar un mayor alcance del tema.

Es así que por medio de la investigación, se pretende determinar la relación entre la eficiencia de conducción de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola. Con la finalidad de obtener la eficiencia de conducción de un canal alimentador y la demanda o necesidad hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Chupaca, Junín; que permita brindar información a los usuarios para tener en cuenta el impacto de la conducción de agua del canal alimentador principal de la zona de estudio.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Qué relación existe entre la eficiencia de conducción de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Qué relación existe entre el caudal de entrada de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín?
- b) ¿Qué relación existe entre el caudal de salida de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín?
- c) ¿Qué relación existe entre el grado de deterioro de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar la relación entre la eficiencia de conducción de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la relación entre el caudal de entrada de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín.
- b) Determinar la relación entre el caudal de salida de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín.
- c) Determinar la relación entre el grado de deterioro de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Junín.

1.4. Justificación

1.4.1. Social

Según Aguilar (2005), una justificación social se produce cuando puede ser utilizada como alternativa de solución o fuente de información primordial, pero más que nada cuando se difunde utilizando un lenguaje accesible. En ese sentido la investigación pretende determinar la relación que existe entre la eficiencia de conducción de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac. Con la finalidad de ayudar a la población a tener un mayor entendimiento acerca de la eficiencia de conducción del canal alimentador principal de riego.

1.4.2. Metodológica

Según Espinoza (2014), la justificación metodológica tiene lugar cuando se propone un método para la aplicación de la investigación y este resulta ser una novedad o una técnica aceptable. De acuerdo a lo descrito, en la investigación se determinará la relación que se produce entre la eficiencia de conducción de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac. Para el cual se evaluará el caudal de entrada y salida en tres tramos del canal alimentador principal para determinar la eficiencia de conducción, así mismo se calculará la demanda hídrica para uso agrícola ya que en la zona de estudio se desarrolla la agricultura como actividad económica. A corto plazo, este trabajo contribuirá en la elaboración de planes de manejo de agua y en investigaciones relacionadas a la eficiencia de conducción de un canal y la demanda para uso agrícola.

Del mismo modo, la investigación servirá de guía para futuras investigaciones relacionadas al tema y lugar de ejecución propuesto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según Pupiales (2019) en la tesis titulada “Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal El Pueblo del sistema de riego Tumbaco”. El objetivo general de la investigación fue, determinar la eficiencia de conducción en tres tramos del ramal El Pueblo del sistema de riego Tumbaco y la presencia de sub o sobre irrigación en el óvalo. La población estuvo delimitada por el sistema de riego Tumbaco que pertenece al Cantón Quito de la provincia de Pichincha y la muestra estuvo compuesta por tres tramos del ramal del sistema de riego. El método de investigación fue científico, con diseño no experimental. Para el desarrollo de la investigación se recopiló información de campo con la finalidad de ubicar los puntos de estudio, posteriormente se aforaron los caudales de entrada y salida en los tramos de estudio, para finalmente realizar los cálculos de eficiencia de conducción. Los resultados de eficiencia de conducción en los tramos 1; 2 y 3

fueron 95.39%; 95.72% y 99.60% respectivamente, la eficiencia de distribución en el óvalo fue 53.07% con sub irrigación debido a las pérdidas de agua. Llegó a la conclusión de que, la eficiencia de conducción en el canal secundario es alta y la eficiencia de distribución en el óvalo se encuentra afectada por los tiempos de riego y la operación de la infraestructura de riego.

Según Yungán (2019) en el trabajo de titulación “Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal Churolooma del sistema de riego Tumbaco”. El objetivo de la investigación fue, determinar la eficiencia de conducción de cuatro tramos del ramal Churolooma. La población estuvo conformada por el sistema de riego Tumbaco con una superficie de 432.7 Ha con 450 usuarios aproximadamente. La muestra estuvo delimitada por cuatro tramos del ramal Churolooma, de los cuales los tramos 1 y 2 fueron canales no revestidos y los tramos 3 y 4 fueron canales revestidos. El método de la investigación fue científico, con diseño no experimental. Para el desarrollo de la investigación, se empleó el aforador Parshall, el aforo químico y el método del flotador para determinar el caudal de entrada y salida en los tramos de estudio. Los resultados de los caudales de ingreso en los tramos 1; 2; 3 y 4 fueron 259.21 l/s; 180.90 l/s; 155.09 l/s y 93.27 l/s respectivamente y los caudales de salida fueron 250.85 l/s; 169.72 l/s; 135.18 l/s y 89.27 l/s también respectivamente con pérdidas de 8.36 l/s; 11.18 l/s; 19.91 l/s y 4.0 l/s en los tramos 1; 2; 3 y 4. Llegó a la conclusión de que, los tramos 1; 2 y 4 presentan una buena eficiencia de conducción y en el tramo 3 la eficiencia de conducción fue baja (75.3%) con una eficiencia de distribución pobre (50.5%) debido a la filtración en las compuertas y la falta de actualización de superficies de riego de los usuarios.

Según Nastacuas (2020) en el trabajo de titulación “Caracterización de la eficiencia de conducción y distribución del agua de riego en el ramal San Blas del sistema de riego Tumbaco”. El objetivo general de la investigación fue determinar la eficiencia de conducción y distribución del agua de riego en el ramal San Blas del sistema de riego Tumbaco. El método de la investigación fue científico, con diseño no experimental. La población estuvo compuesta por el sistema de riego Tumbaco y la muestra estuvo delimitada por tres tramos del ramal San Blas, de los cuales el tramo 1 fue un canal revestido y los tramos 2 y 3 fueron canales no revestidos. Para el desarrollo de la investigación se empleó el medidor Parshall con el cual se tomaron las medidas de caudal de entrada y salida en los tres tramos de estudio. Los resultados de la eficiencia de conducción fueron, para el tramo 1 con canal revestido el caudal entrada fue 50.52 l/s y el caudal de salida fue 49.62 l/s con una eficiencia de conducción de 98.22% calificada como muy buena; para el tramo 2 con canal no revestido el caudal de entrada fue 46.51 l/s y el caudal de salida fue 40.10 l/s con una eficiencia de conducción de 86.21% calificada como buena; y para el tramo 3 con canal no revestido el caudal de entrada fue 35.19 l/s y el caudal de salida fue 24.31 l/s con una eficiencia de conducción de 69.08% calificada como regular. Llegó a la conclusión de que, la eficiencia de conducción en el ramal San Blas fue buena y la eficiencia de distribución del agua fue pobre, debido a que existe sub irrigación afectada por la operación y administración del sistema de riego.

Según Tipantiza (2020) en la investigación titulada “Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal Alangasí – La Merced del sistema de riego Tumbaco”. El objetivo de la investigación fue, determinar la

eficiencia de conducción en el canal secundario, la eficiencia de distribución y la presencia de sub o sobre irrigación de los usuarios de un óvalo. El método de la investigación fue científico, con diseño no experimental. La población de la investigación estuvo compuesta por el sistema de riego Tumbaco. La muestra estuvo delimitada por tres tramos o secciones del ramal Alangasí – La Merced, de los cuales los tramos 1 y 3 fueron canales revestidos y el tramo 2 fue no revestido. Para el desarrollo de la investigación se empleó el aforador Parshall, con la finalidad de obtener el caudal de entrada y salida en los tramos de estudio y así poder determinar la eficiencia de conducción de agua. Los resultados de los caudales de entrada en los tramos 1; 2 y 3 fueron 74.97 l/s; 66.97 l/s y 50.49 l/s respectivamente, y los caudales de salida fueron 73.32 l/s; 56.64 l/s y 49.41 l/s respectivamente, con eficiencia de conducción de 97.80%; 84.57% y 97.86% para los tramos 1; 2 y 3 respectivamente; finalmente la eficiencia de conducción fue 19.47% la cual se interpreta como pobre. Llegó a la conclusión de que, la eficiencia de conducción en el ramal Alangasí – La Merced fue buena y la eficiencia de distribución (19.47%) fue interpretada como pobre, debido a la inequidad de la distribución del agua.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Chiclote, (2017) para optar el título profesional de Ingeniero civil, sustentó la tesis titulada “Evaluación de la eficiencia de conducción del canal de riego El Progreso Mayanal – Jaén – Cajamarca, Tramo: Km 0+000 – 1+000”. El objetivo general fue, determinar la eficiencia de la conducción de agua del canal de riego El Progreso Mayanal – Jaén – Cajamarca. El método de investigación fue científico con diseño no experimental. La población estuvo compuesta por el canal de riego El Progreso Mayanal de 5 Km y la muestra estuvo limitada por 1 Km del

canal de riego. Para el desarrollo de la investigación se emplearon vertederos de pared delgada de sección rectangular con dos contracciones para estimar el caudal de entrada y salida, así mismo se realizó la calibración de los vertederos por el método volumétrico y se estimó el caudal perdido por evaporación e infiltración; para el diagnóstico del estado de recubrimiento del canal se utilizaron fichas de diagnóstico. Como resultados, se obtuvo el caudal de entrada de $Q_e = 0.4065 \text{ m}^3/\text{s}$ y el caudal de salida fue $Q_s = 0.3600 \text{ m}^3/\text{s}$, con una eficiencia de conducción de 88.56%. Llegó a la conclusión de que, la eficiencia de conducción es baja ($e=88.56\%$) debido al mal estado del recubrimiento del canal y el deterioro de las juntas.

Según Cieza (2019) en el trabajo de investigación titulado “Un análisis de la eficiencia de conducción en canales de irrigación para zonas altoandinas caso: Turuco, del distrito de Bellavista, provincia de Jaén - Cajamarca”. El objetivo general fue, analizar los factores y criterios que influyen en la eficiencia de conducción de los canales de irrigación para zonas altoandinas. El método de la investigación fue científico con diseño no experimental. La población estuvo compuesta por el sistema de riego Turuco con 20 Km lineales de canal con secciones trapezoidales y rectangulares del distrito de Bellavista, Jaén, Cajamarca; y la muestra estuvo delimitada por un tramo de canal de riego 5.766 Km lineales de canal. Los resultados evidenciaron que la eficiencia de conducción del canal de irrigación Turuco – Bellavista fue 80%. Llegó a la conclusión de que la eficiencia de conducción del canal de irrigación es baja; además de que el canal presentara grietas, roturas y juntas en mal estado ocasionando pérdidas significativas de agua.

Según Jiménez (2017) en el proyecto de tesis titulado “La eficiencia de conducción en el canal troncal tramo no revestido progresiva 5+400 – 5+900; tramo revestido progresiva 17+006 – 17+506 – Caso comisión de usuarios margen izquierda del río Tumbes 2017”. El objetivo general de la investigación fue, determinar la eficiencia de conducción del agua en el sector agrícola de la comisión de usuarios de la irrigación margen izquierda del río Tumbes. El método de la investigación fue científico, con diseño no experimental. La población estuvo compuesta por canales revestidos y no revestidos del subsector hidráulico de riego de la margen izquierda del río Tumbes. La muestra estuvo delimitada por un tramo de 500 m del canal troncal no revestido en el sector agrícola Pechichal y un tramo de 500 m del canal troncal revestido en el sector agrícola los cedros. Para el desarrollo de la investigación, se empleó el método del flotador para obtener el caudal de entrada y salida en los tramos de los canales de muestra. Como resultado se obtuvo que el caudal de entrada y salida para el tramo del canal no revestido fue $4.28\text{m}^3/\text{s}$ y $2.25\text{m}^3/\text{s}$ respectivamente, con una eficiencia de conducción de 94%; el caudal de entrada y salida para el tramo del canal revestido fue $0.85\text{m}^3/\text{s}$ y $0.66\text{m}^3/\text{s}$ respectivamente con una eficiencia de conducción del 98%. Llegó a la conclusión de que, en el canal revestido existen menor pérdidas a diferencia del canal no revestido en el que ocurrió una mayor pérdida debido a la infiltración y evaporación.

Según Rosales (2019) para optar el grado académico de Maestro en Ingeniería de Catastro sustentó la tesis “Oferta hídrica para uso agrario en la microcuenca Huancallima utilizando ArcGIS y el modelo de Lutz Scholtz”. El objetivo general fue, determinar la oferta hídrica superficial de la microcuenca del

río Huancallima a través del modelo Lutz Scholtz con la finalidad de garantizar la demanda hídrica para uso agrícola de la comunidad de Sacsamarca y hacer proyecciones de la disponibilidad hídrica futura para la ampliación de la frontera agrícola. El método de la investigación fue científico, con diseño no experimental. La población y muestra estuvo delimitada por la microcuenca del río Huancallima, perteneciente a la cuenca Pampas, ubicado dentro del departamento de Ayacucho. Para lograr el objetivo, se recopilaron registros de información hidrometeorológica acerca de la precipitación, temperatura, humedad, radiación solar y evaporación de ocho estaciones de las cuencas de los ríos Pampas y Acari; además de información brindada por el SENAMHI, PETACC, ALA, etc.; con estos datos se generaron las descargas medias mensuales para luego realizar el modelamiento y hallar el caudal mensual del año; posteriormente se determinó la demanda de agua para uso agrícola. Los resultados demostraron que el caudal máximo de demanda es de 129.13 l/s y se presenta en el mes de setiembre, además que se observan déficits de agua en los meses de julio, agosto y setiembre. Llegó a la conclusión de que, existe un déficit de agua para ciertos meses, pero que podría ser cubierto con un reservorio de agua de 1500 m³ de capacidad, y que el modelo de Lutz Scholtz es el que tiene mejor ajuste para el cálculo de caudales medios mensuales para aquellas microcuencas que carecen de datos hidrometeorológicos.

Según Bustamante (2019) para optar el grado académico de Maestro en Gerencia de obras y construcción sustentó la tesis “Revestimiento del canal alimentador de las lagunas Boro, tramo: Bola de Oro hasta ingreso, que permita captar agua cruda en cantidad para abastecer a la planta de tratamiento de la ciudad de Chiclayo”. El objetivo general fue, lograr el revestimiento del canal

alimentador de las lagunas Boro, tramo: Bola de Oro hasta ingreso, que permita captar agua cruda en cantidad, para abastecer a la planta de tratamiento de la ciudad de Chiclayo. El método de la investigación fue científico, con diseño no experimental. La población estuvo compuesta por el canal alimentador a las lagunas Boro I y Boro II, del cual se tomó como muestra un tramo de 5210 metros de longitud, se recopiló información acerca del caudal promedio de conducción y mediante el uso de programas y softwares como Excel, S10, HCANALES, AUTOCAD y CIVIL 3D se pudieron obtener el alineamiento, la pendiente de fondo, las secciones transversales, forma y dimensiones del canal; luego se determinó el tipo de revestimiento a utilizar para lo cual se realizaron encuestas a los pobladores aledaños, de esta forma se logró realizar el modelamiento; por otro lado también se recolectaron 10 muestras que posteriormente fueron analizadas en el laboratorio. Los resultados demostraron que, predominaban los suelos arcillosos y los arenosos con presencia de limo; para el diseño realizado con el HCanales con pendientes de 0.03% se obtuvo una base de 2.05m con una profundidad de 1.05 y 0.75 metros de tirante. Llegó a la conclusión de que, con el revestimiento del canal se disminuiría la pérdida de agua por infiltración de 0.023 m³/s.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Canales

Un canal es un conducto abierto por el cual el agua circula sin ningún tipo de presión, esto quiere decir que el agua fluye impulsada por su propio peso y el contacto con la atmósfera; el tipo de flujo que se desarrolla es turbulento y mediante

un análisis se puede conocer la profundidad y velocidad en una sección que generalmente es de forma rectangular, trapezoidal o circular (Bustamante, 2019).

- Sección trapezoidal: Es la sección con la forma más común y de fácil construcción, ideal para estabilizar taludes (Abreu & Lara , 2015).



Figura 1. Canal de sección trapezoidal
Fuente: (Abreu & Lara , 2015)

- Sección rectangular: En este tipo de secciones el talud es igual a cero, se emplea para zonas con tipo de suelos estables y significa un ahorro en su construcción por el menor número de cortes de tierra que requiere (Abreu & Lara , 2015).



Figura 2. Canal de sección rectangular
Fuente: (Abreu & Lara , 2015)

- Sección circular: Los canales de este tipo son los más eficientes en cuestión de hidráulica y generalmente son construidos con tubos prefabricados (Abreu & Lara , 2015).



Figura 3. Canal de sección circular
Fuente: (Abreu & Lara , 2015)

2.2.1.1. Elementos geométricos de un canal

Los principales elementos geométricos de un canal son: tirante de agua (y), ancho de solera (b), espejo de agua (T), corona (C), profundidad total (H), borde libre (BL), talud (Z) y el ángulo de inclinación de los laterales (θ) (Bustamante, 2019).

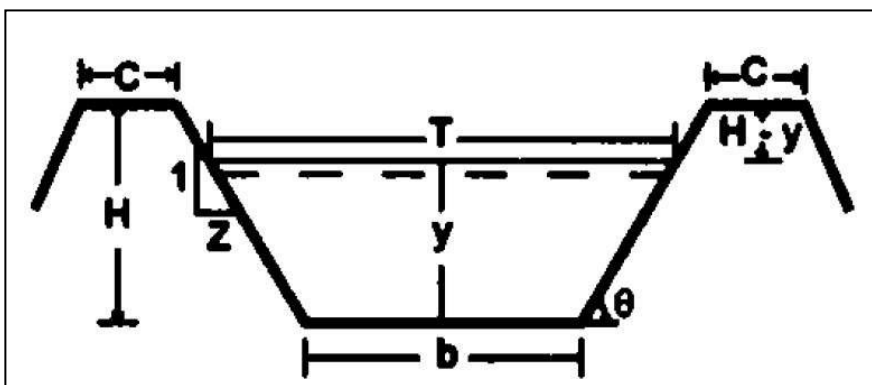


Figura 4. Elementos geométricos de un canal
Fuente: (Bustamante, 2019)

2.2.1.2. Consideraciones para el diseño de un canal

Para el diseño de un canal se tiene que tomar en consideración el caudal como principal factor, así como la geometría que conforma su sección transversal; se debe asegurar un flujo de tipo uniforme verificando condiciones de flujo subcrítico y velocidades bajas.

En primer lugar, en base al caudal se debe seleccionar el ancho de solera, talud y pendiente admisible de acuerdo al tipo de material, para luego aplicar la ecuación de Manning, posteriormente mediante un nomograma se halla el tirante reemplazando en la relación y/d ; finalmente se debe realizar una verificación con las velocidades máximas permisibles.

- Selección del ancho de solera en base al caudal

Tabla 1. Relación caudal y ancho de solera

Caudal (m³/s)	Solera (m)
Q < 0.10	0.30
0.10 < Q < 1.20	0.50
2.00 < Q < 4.00	0.75
Q > 4.00	1.00

Fuente: (Universidad Nacional de Ingeniería, 2021)

- Selección del talud en base al tipo de material

Tabla 2. Relación de talud y tipo de material

Material	Talud
Roca	Prácticamente vertical
Suelos de turba y detritos	0.25:1
Arcilla compacta o tierra con recubrimiento de concreto	0.5:1 hasta 1:1
Tierra con recubrimiento de piedra o tierra en grandes canales	1:1
Arcilla firme o tierra en canales pequeños	1.5:1
Tierra arenosa suelta	2:1
Greda arenosa o arcilla porosa	3:1

Fuente: (Universidad Nacional de Ingeniería, 2021)

- Selección de la pendiente en base al tipo de material

Tabla 3. Relación de talud y tipo de material

Tipos de suelos	Pendiente (%)
Suelo suelto	0.5 - 1.0
Suelo franco	1.5 - 2.5
Suelo arcilloso	3.0 - 4.5

Fuente: (Universidad Nacional de Ingeniería, 2021)

- Nomograma para hallar el tirante

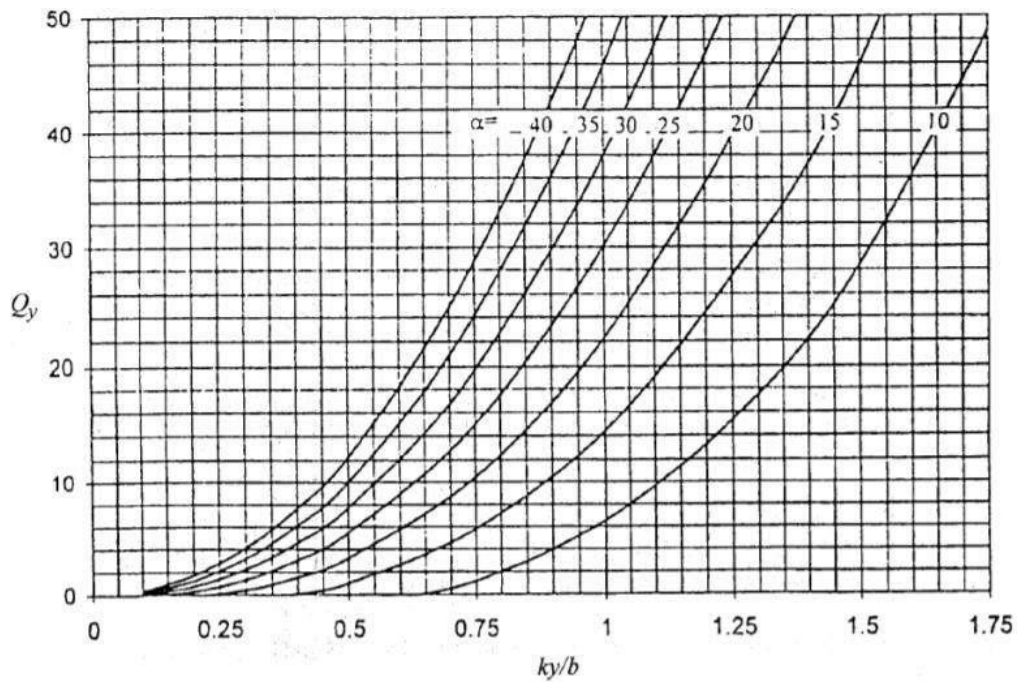


Figura 5. Nomograma relación y/b

Fuente: (Universidad Nacional de Ingeniería, 2021)

- Verificación de velocidades máximas según tipo de revestimiento

Tabla 4. Velocidades máximas por tipo de revestimiento

Revestimiento	Variación de velocidad máxima (m/s)	
Arena suelta muy ligera	0.30	0.45
Suelo arenoso	0.45	0.60
Suelo arenoso grueso	0.60	0.75
Tierra vegetal, suelo aluvial	0.75	0.85
Tierra vegetal arcillosa	0.90	1.15
Suelo arcilloso duro	1.30	1.50
Suelo con grava	1.50	1.80
Conglomerado	1.80	2.40
Roca sedimentaria suave	2.40	3.00
Roca dura	3.00	4.50
Concreto f'c = 140 Kg/cm ²	3.80	4.40
Concreto f'c = 210 Kg/cm ²	6.60	7.40

Fuente: (Universidad Nacional de Ingeniería, 2021)

2.2.1.3. Tipos de revestimientos en canales

- Revestimiento con mampostería: Significa un excelente tipo de revestimiento que puede ser fabricado por piedra, ladrillo, bloques, etc.; la mano de obra para su construcción es económica (Abreu & Lara , 2015).



Figura 6. Canal revestido con mampostería

Fuente: (Programa Subsectorial de Irrigaciones, 2017)

- Revestimiento con concreto: Este revestimiento se utiliza cuando el canal tiene lugar en sitios con altos cambios de temperatura, el costo de construcción es elevado, pero resulta ser una estructura duradera (Abreu & Lara , 2015).



Figura 7. Canal revestido con concreto
Fuente: (IngeCivil, 2016)

- Revestimiento con mantos permanentes: Estos se emplean en canales abiertos en tierra que están expuestos a erosionarse o sufrir desprendimientos del material debido a la fuerza de arrastre que produce el flujo de agua, lo que ocasionaría una considerable reducción de su desempeño hidráulico. Los mantos permanentes brindan protección inmediata contra la erosión que se puede producir en la superficie (Abreu & Lara , 2015).



Figura 8. Canal revestido mantos permanentes
Fuente: (IngeCivil, 2016)

- Revestimiento con geomembranas: Se realizan con la colocación de láminas de hule butilo y PVC de baja y alta densidad, funcionan como una barrera impermeable; presenta ventajas como la retención de compuestos químicos y residuos peligrosos, alta durabilidad flexibilidad y bajo costo (Abreu & Lara , 2015).



Figura 9. Canal revestido con geomembranas
Fuente: (Abreu & Lara , 2015)

- Sin revestimiento: Son canales de tierra en los que se debe considerar principalmente la velocidad máxima permisible para evitar la erosión, su

diseño implica tener en cuenta mayores parámetros que para los revestidos (Universidad Nacional de Ingeniería, 2021).



Figura 10. Canal sin revestimiento
Fuente: (Roco, 2015)

2.2.1.4. Tipos de flujo en un canal

- Flujo uniforme: En este tipo de flujo el tirante de agua y la velocidad promedio se mantienen constantes, generalmente se da en tramos de gran longitud, con la misma pendiente, sección transversal y rugosidad del material de revestimiento. En canales con flujo uniforme la profundidad se llama tirante normal (Ruiz, Rojas, Lambis, Ortegas, & Duque, 2021).

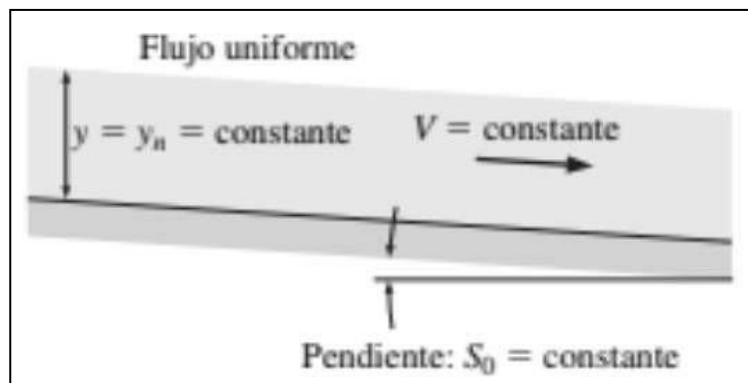


Figura 11. Flujo uniforme en un canal abierto
Fuente: (Ruiz, Rojas, Lambis, Ortegas, & Duque, 2021).

- Flujo variado: Se da cuando existe la presencia de una obstrucción como una compuerta, también por un cambio de pendiente o variación en la sección, ocasionando un cambio en el tirante. Se clasifica en flujo gradualmente variado (FGV), en el que se dan cambios en el tirante de forma gradual y en una distancia extensa en el recorrido del canal; y flujo rápidamente variado (FRV) que se da en compuertas, caídas y considerando una distancia corta de cambio de tirante (Ruiz, Rojas, Lambis, Ortegas, & Duque, 2021).

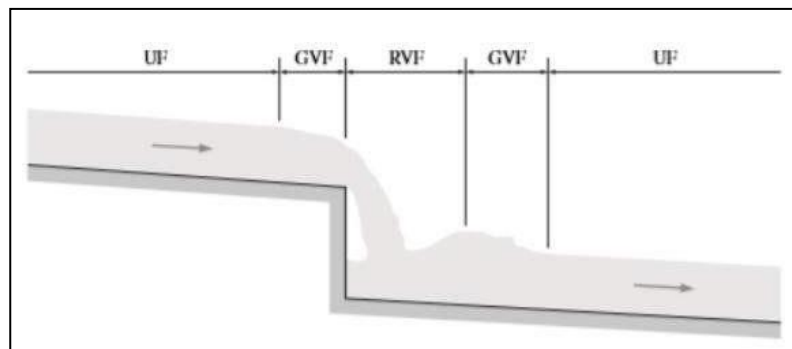


Figura 12. Flujo uniforme en un canal abierto
Fuente: (Ruiz, Rojas, Lambis, Ortegas, & Duque, 2021)

2.2.1.5. Eficiencia de conducción

Relación entre volumen de agua útil y entregado, en proyectos de riego se da prioridad al sistema de distribución interna por lo que se requiere mayor eficiencia en la conducción de canales (Valverde, 2007). Un canal es un conducto abierto por el cual el agua circula sin ningún tipo de presión, esto quiere decir que el agua fluye impulsada por su propio peso y el contacto con la atmósfera (Bustamante, 2019).

Así mismo, se debe mencionar que existen cuatro formas de pérdidas en un canal, las cuales se describen a continuación.

- **Pérdida por evaporación**

Pérdidas de bajo impacto y no se toman en cuenta.

- **Pérdida por fugas**

Se producen debido al mal estado de las estructuras, desajustes de compuertas, empaques viejos, entre otros. Si no se les brinda el mantenimiento necesario, pueden ocasionar problemas de mayores dimensiones.

- **Pérdida por mal manejo de operación**

Se debe al descuido del personal encargado del mantenimiento, donde abren las compuertas más de lo debido, bajan el tirante sin haber terminado el ciclo de riego, entre otros.

- **Pérdida por infiltración**

Son las pérdidas más importantes, las cuales dependen del perímetro mojado, longitud del canal, coeficiente de infiltración y carga hidráulica (Grassi, 2001).

Se define infiltración, al movimiento del agua en la superficie del suelo y hacia dentro por el efecto de la gravedad y la capilaridad. Cuando un canal lleva mucho tiempo transportando agua, el suelo en el cual esta trazado el canal se satura y el agua se mueve o transporta por el efecto de la gravedad y la velocidad de infiltración se convierte en constante (Aparicio, 1997).

La velocidad de infiltración se define como infiltración básica. La textura del suelo, porciones de partículas finas, compactación son factores que afectan las fuerzas gravitacionales. Por otro lado, la

infiltración se ve afectada por la antigüedad, forma de canal, longitud de perímetro mojado, profundidad de agua en el canal, proximidad de acuíferos freáticos o fronteras impermeables en el subsuelo y la cercanía de drenes (Alam & Bhutta, 2004).

La eficiencia de conducción se determina cuando se aforan las tomas y desfogues, realizando una determinada cantidad de aforos. La eficiencia de conducción se representa con la siguiente ecuación.

$$Ec = \frac{Vp}{Vt} * 100$$

Donde:

Vp: Volumen de agua entregado a la parcela

Vt: Volumen total derivado de la fuente de abastecimiento

Una forma práctica para determinar las pérdidas de conducción es la siguiente ecuación.

$$Qt = Q(\text{pérdidas}) + Q(\text{servicios})$$

El caudal de servicio se refiere al listado de solicitudes de riego, pero el caudal de pérdidas no se conoce. Entonces se establecen tres alternativas para asignar un valor al caudal de pérdidas que puede ser mayor, menor o igual al caudal real (Valverde, 2007).

La conducción de agua en los canales, involucra el recorrido de que puede satisfacer las necesidades de todo un sistema (FAO, 2012). En la siguiente tabla, se muestra la eficiencia de conducción según el tipo de revestimiento de los canales y su longitud.

Tabla 5. *Eficiencia de conducción: tipo de revestimiento y longitud de canal*

Longitud de canal	Canales de tierra (%)			Canales revestidos (%)
	Arena	Roca	Arcilla	
Largo (> 2 000 m)	60	70	80	95
Medio (200 - 2 000 m)	70	75	85	95
Corto (< 200 m)	80	80	90	95

Fuente: (FAO, 2012)

El INERHI mencionó que, las pérdidas de agua en canales sin revestimiento son del 15% en suelos arenosos, 10% en suelos francos y 5% en suelos arcillosos, cuya eficiencia se encuentra entre 75% a 85% calificándola como buena (CONGOPE, 2014).

En las siguientes líneas, se describen los aspectos a tener en cuenta para determinar la eficiencia de conducción.

- Esquema hidráulico actualizado de la red de riego, el cual proporciona la información de la cantidad de usuarios, área de los predios y tipo de canal.
- Puntos de mediciones.
- Tiempo y periodos de medición.
- Longitud de cada sección (Rodríguez, 2015).

Método para la medición de caudales

Los métodos más utilizados para la medición de caudales en canales son; método del flotador, método volumétrico, método del molinete y estructuras de medidas en las que se destaca el vertedero de pared delgada de sección rectangular, vertedero de pared delgada de sección trapezoidal, vertedero de pared delgada de sección triangular (Chiclote, 2017). En la investigación se propone el método del flotador para la medición de caudales.

- **Método del flotador**

Método práctico para medir la velocidad del agua en un cauce o canal. Consiste en el uso de flotadores de material liviano, se recomienda tener cuidado cuando hay presencia de vientos fuertes ya que afecta la velocidad. El error estimado es del 10%, ya que la velocidad no es la misma en toda la sección de canal debido a la rugosidad de las paredes y el fondo del canal. El valor obtenido de la velocidad se debe afectar por un valor de corrección que depende del material del canal, siendo el factor de 0.8 cuando se trata de canales revestidos y 0.6 para canales de tierra.

El flotador no debe rozar las paredes del canal o cauce, en caso de que ocurra se debe reiniciar el proceso.

Procedimiento:

- Seleccionar un tramo recto y uniforme de 10 m de longitud como mínimo.
- Con un cronómetro medir el tiempo que el flotador tarda en recorrer el tramo seleccionado.
- Medir el área de la sección del canal.



Figura 13. Método del flotador
Fuente: (Ministerio de Agricultura y Riego, 2015)

2.2.1.6. Deterioro de un canal

Las consecuencias del deterioro de un canal con las grietas y fisuras. Donde las grietas son aberturas incontroladas de un elemento superficial que afecta a todo su espesor, y las fisuras son aberturas incontroladas que afectan solo a la superficie del elemento o el acabado principal (Chiclote, 2017).

A continuación, se describen otros tipos de daños a los canales, que afectan sus funciones.

- **Obstrucciones en canales**

Presencia de elementos o materiales que impiden parcial o totalmente el transporte del agua por canales y zanjas de drenaje.

Entre las posibles causas de deterioro se puede mencionar: procesos erosivos en las áreas aledañas debido al desprendimiento, caída de rocas, detritos, suelo, arbustos, y otros elementos en la sección de los canales; carga de sedimentos en el agua transportada que ocasiona la acumulación de sedimentos en el fondo de los canales; sección insuficiente o pendiente

menor a la mínima necesaria para evitar la sedimentación; y falta de control sobre materiales arrojados por la mano del hombre.

El nivel de severidad bajo considera una obstrucción que afecta menos del 10% de la longitud del canal sin bloques completos de la sección. El nivel de severidad medio considera una obstrucción que afecta menos del 30% de la longitud del canal sin bloqueos completos en la sección. El nivel de severidad alto considera la obstrucción que afecta más del 30% de la longitud del canal o sectores con bloqueo completo de la sección.

Su medición se realiza en metros lineales (m) de longitud obstruida, sin embargo, se recomienda medir en metros cúbicos el volumen de material que causa la obstrucción.

Por otro lado, se recomienda la limpieza de la sección para un adecuado funcionamiento de los canales.

- **Agrietamiento en canales**

Presencia de fisuras o grietas en las secciones que componen la dirección de los canales.

Las posibles causas del deterior pueden ser: movimientos del terreno que inducen al sobreesfuerzo en la estructura del canal, daños por actividades antrópicas, y deficiencia constructiva.

El nivel de severidad bajo considera grietas cerradas y algunas pocas abiertas con separación menor a 3.00 mm. En el nivel de severidad medio se consideran varias grietas cerradas y abiertas con separación entre 3.00 mm y 5.00mm sin deformaciones en la estructura de drenaje. El nivel de severidad alto considera grietas prominentes o series de grietas abiertas

con separación mayor a 5.00 mm con posibles deformaciones en la estructura de drenaje.

El daño se cuantifica en metros lineales (m) de canal afectado.

Se recomienda la intervención de sellado con materiales epóxicos o material bituminoso en canales de concreto y sellado con arcilla o suelo en canales de tierra, todo esto cuando el nivel de severidad es bajo y medio. Cuando el nivel de severidad es alto, se recomienda la intervención de un especialista antes de realizar la reconstrucción de del canal.

- **Rotura en canales**

Ocasiona la pérdida de la continuidad longitudinal del canal o zanja por rotura.

Las posibles causas de la rotura pueden ser: los movimientos del terreno que inducen a la deformación y rotura de la estructura de los canales, la deficiencia constructiva y la construcción inadecuada de obras adyacentes.

El nivel de severidad bajo considera la rotura que no afecta la capacidad de conducción del canal. El nivel de severidad medio considera pérdidas parciales del caudal debido a la rotura. El nivel de severidad alto considera la falta de continuidad de la estructura del canal, donde el punto de rotura produce infiltración en el sector.

El daño de rotura se cuantifica en metros lineales (m) de canal afectado.

Cuando la severidad sea baja y media, se recomienda el sellado con material epóxico o bituminoso en canales de concreto. Cuando la severidad sea alta, se recomienda la reconstrucción completa del tramo dañado.

- **Capacidad hidráulica insuficiente de canales**

Insuficiencia de la sección transversal del canal para captar y derivar el agua.

Las posibles causas del deterioro pueden ser: estimación de caudal subestimado en la etapa de diseño de las obras, ocurrencia de caudales extraordinarios debido a eventos no previstos siendo un ejemplo el cambio del uso de los suelos, pendiente longitudinal inferior a la requerida, y deficiencia constructiva.

En el nivel de severidad bajo se considera el nivel de agua al borde de la estructura durante lluvias intensas y prolongadas. El nivel de severidad media considera un leve desbordamiento de aguas durante la ocurrencia de lluvias intensas procesos incipientes de socavación. El nivel de severidad alto considera desbordamiento apreciable del agua durante la ocurrencia de lluvias normales o procesos activos y progresivos de socavación.

La medición de este tipo de daño, se realiza en metros lineales (m) de longitud de canal que presenta insuficiencia hidráulica.

Se recomienda la intervención ampliando la sección, pendiente y la capacidad del canal, reemplazando el canal existente por otro de mayor capacidad, y la construcción de nuevas obras que ayuden a disminuir el caudal captado por las estructuras ya existentes.

- **Erosión de la superficie**

Pérdida de material de la superficie de una estructura de contención.

Las posibles causas de deterioro son: la baja calidad de material de la estructura referido a la durabilidad, presencia de sustancias agresivas que atacan los materiales de la estructura de los canales y flujos considerables de agua que generan erosión.

El nivel de severidad bajo considera pérdida de material apenas perceptible (menos de 2 cm) donde no hay exposición del acero de refuerzo. El nivel de severidad medio considera la pérdida de material apreciable (más de 2 cm), en estructuras de concreto reforzado el refuerzo metálico queda localmente expuesto a la superficie en algunos sectores de la estructura. El nivel de severidad alto considera la pérdida de material de más del 10% de la estructura, en sectores de concreto el refuerzo metálico queda expuesto en varios sectores de la estructura.

El daño por erosión de superficie se cuantifica en metros cuadrados (m^2).

Cuando el nivel de severidad es bajo y medio se recomienda la intervención mediante la reposición de material perdido con inyecciones, parches, irrigaciones u otro tratamiento superficial acorde al material de la estructura. Cuando el nivel de severidad es alto, se recomienda la intervención de un ingeniero estructural o geotecnista que evalúe la situación y brinden las recomendaciones para la recuperación de la estructura.

- **Agrietamiento**

Ocurrencia de fisuras y/o grietas en la estructura de los canales

Las posibles causas del agrietamiento son: agrietamiento de la estructura por empuje de tierras, deficiencia constructiva o de diseño, retracción por secado del material y la ausencia de juntas constructivas.

El nivel de severidad bajo considera fisuras cerradas y discontinuas de poca longitud. En el nivel de severidad medio se consideran grietas y fisuras ligeramente abiertas, grietas cerradas continuas que no indican falla de la estructura. El nivel de severidad alto considera grietas o conjuntos de grietas cerradas o abiertas que muestran un patrón definido de la falla de la estructura.

El daño por agrietamiento se cuantifica en metros lineales (m) de grietas.

Cuando la severidad es baja y media, se recomienda llenar las grietas o fisuras existentes con materiales y métodos compatibles al material de las estructuras. Cuando la severidad es alta, se recomienda la intervención de un ingeniero especialista que evalúe los daños y determine las acciones a tomar frente al agrietamiento en las estructuras.

- **Daño por vegetación**

Crecimiento de vegetación en las juntas de la estructura o en zonas cercanas, donde el crecimiento de las raíces causa daños en las obras.

Las posibles causas de este daño son: la siembra incontrolada de especies no nativas o agresivas cerca de la obra de contención, ambientes húmedos propicios para el crecimiento de vegetación en pequeños espacios

de la estructura, y ausencia o deficiencia en la limpieza periódica de las obras.

El nivel de severidad bajo considera vegetación que ocasiona daños menores, es especial los estéticos. El nivel de severidad medio considera fisuramientos debido a la vegetación. El nivel de severidad alto considera la presencia de arbustos o árboles que ha ocasionado el agrietamiento que afecta la estabilidad de las obras.

El daño por vegetación se cuantifica en metros cuadrados (m^2) que representa el área afectada por la vegetación.

Como intervención a este tipo de daño, se recomienda el retiro de la vegetación, la toma de medidas biológicas para controlar el crecimiento de especies vegetales. Cuando el nivel de severidad sea alto, se recomienda realizar un estudio detallado de los daños para establecer medidas de control necesarias.

- **Erosión de juntas**

Pérdida total o parcial del material que conforma la junta entre las secciones de las estructuras.

Las causas posibles de este daño son: la acción erosiva de del flujo de agua u otros tipos de agentes como el viento y la baja calidad en las especificaciones de los materiales que conforman el sello de las juntas.

El nivel de severidad bajo considera la pérdida parcial del sello, con una incidencia menor al 20% que no permite la infiltración del agua. El nivel de severidad medio considera la pérdida de sello entre el 20% y 40% en el

que existe infiltración. El nivel de severidad alto considera la pérdida del sello mayor al 40% donde el agua infiltra.

El daño por erosión de juntas se cuantifica en metros (m) de juntas que requieren reparación.

Para la intervención de la erosión de juntas, se recomienda el resellado de juntas con siliconas, asfaltos o el material más adecuado según el tipo de material de las estructuras; así mismo se recomienda evaluar las causas de la erosión para la toma de medidas de control.

- **Desplazamiento de juntas**

Movimiento respecto a su trazo original.

Las posibles causas de este daño son: las deformaciones de masas de suelo y las deficiencias constructivas.

En el nivel de severidad se consideran deformaciones pequeñas que no presentan daños en el sello de las juntas y la obra tiene continuidad. El nivel de severidad medio considera deformaciones que ocasionan agrietamientos en la estructura y daños en el sello de las juntas. EL nivel de severidad alto considera las deformaciones que producen discontinuidades en la estructura.

El desplazamiento de juntas se cuantifica en metros (m) de las juntas afectadas y el desplazamiento de las juntas en centímetros (cm).

Cuando la severidad es baja y media, se recomienda realizar la reposición de las juntas. Cuando la severidad es alta, se recomienda la intervención de un ingeniero para la evaluación del grado de afectación y

definir las acciones necesarias para la reparación o el reemplazo para una nueva estructura.

2.2.2. Demanda hídrica para uso agrícola

La demanda hídrica para uso de riego o también denominada demanda de agua por riego es la cantidad de agua necesaria para satisfacer los requerimientos durante todo un periodo vegetativo de los cultivos que se desarrollan dentro de un sistema de riego (Pizarro, 2010).

- **Balance hídrico en riego**

El balance hídrico en proyectos de riego permite establecer la relación entre la oferta o disponibilidad de agua y demanda de agua de los cultivos programados; además permite conocer el déficit o excedente en la fuente de abastecimiento (Pizarro, 2010)

- **Áreas de cultivo**

Se consideran las áreas parciales para cada cultivo.

- **Coeficiente de uso consuntivo del cultivo**

Este coeficiente expresa la diferencia entre la evapotranspiración de la superficie cultivada y la superficie del pasto de referencia, el cual depende de las características anatómicas, morfológicas y fisiológicas de cada especie de cultivo y expresa la capacidad del cultivo de extraer el agua del suelo en las diferentes etapas del periodo vegetativo (FAO, 2006).

En la siguiente figura, se puede observar la curva generalizada del periodo de cultivo.

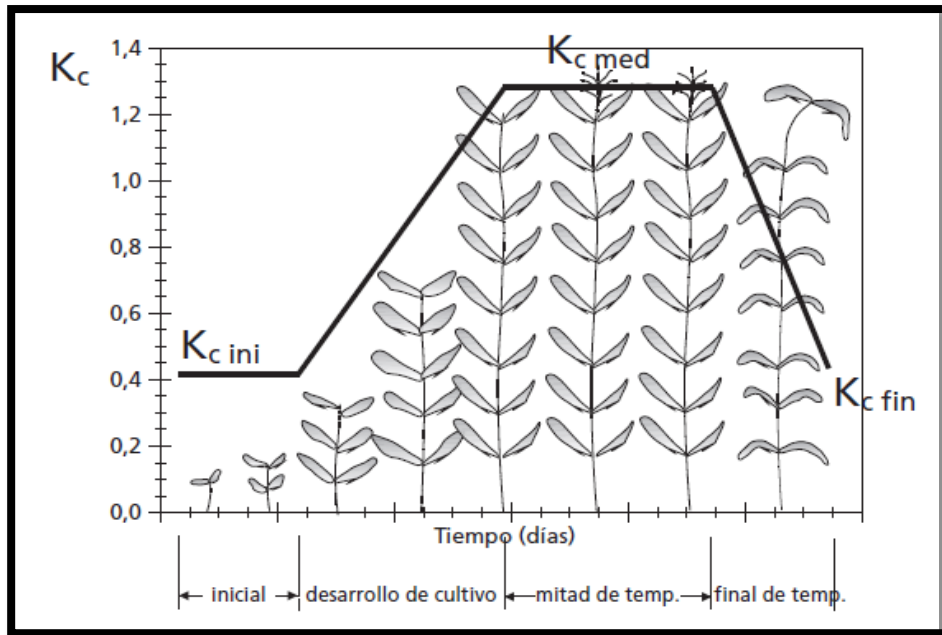


Figura 14. Curva generalizada del periodo de cultivo
Fuente: (FAO, 2006)

- **Uso consuntivo del cultivo, factor Kc ponderado**

Se calcula utilizando la siguiente expresión:

$$Kc\ pond = \frac{\sum(A * Kc)}{\sum A}$$

- **Evapotranspiración de referencia (ETO)**

Es importante contar con un método estándar para el cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETO) en base a información meteorológica (FAO, 2006).

El método de FAO Penman - Monteith recomienda como el único método para determinar la evapotranspiración de referencia ETO.

$$ET_o = \frac{0.48\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T + 273} \right) * \mu_2 - (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34\mu_2)}$$

Donde:

ETO: Evapotranspiración de referencia (mmdía-1)

Rn: radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m-2día-1)

G: Flujo del calor del suelo (MJ m⁻²día⁻¹)

T: Temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)

u₂: Velocidad de viento a 2 m de altura (m s⁻¹)

e_s: Presión de vapor de saturación (kPa)

e_a: Presión real del vapor (kPa)

e_s – e_a: Déficit de presión de vapor (kPa)

Δ: Pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C⁻¹)

γ: Constante psicométrica (kPa °C⁻¹)

- **Determinación de la evapotranspiración de cultivo (ETC)**

De acuerdo con el enfoque del coeficiente de cultivo, la evapotranspiración del cultivo ET_c se calcula como el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia ET_o y el coeficiente de cultivo

K_c:

$$ET_c = K_c * ET_o$$

Donde:

ET_c: Evapotranspiración del cultivo (mm/d-1)

K_c: Coeficiente de cultivo (adimensional)

ET_o: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/d-1)

- **Precipitación efectiva (mm)**

Cantidad de agua del total de la precipitación que aprovecha el cultivo para cubrir sus necesidades parcial o totalmente.

- **Requerimiento de agua (mm)**

Lámina adicional de agua que se debe aplicar a un cultivo para cubrir sus necesidades, se expresa como la diferencia entre la ETc y la precipitación efectiva.

$$\text{Requerimiento de agua} = ETc - P.Efectiva$$

- **Requerimiento volumétrico neto de agua (m3/ha/mes)**

Es el volumen de agua que requiere una hectárea de cultivo

$$\text{Requerimiento vol.neto} = \text{Requerimiento de agua}(mm) * 10$$

- **Eficiencia de riego**

Factor que indica la eficiencia del aprovechamiento del agua, en la siguiente tabla se muestran los valores de los diferentes tipos de riego.

Tabla 6. Eficiencia de riego según el sistema de riego

Método de riego	Rango de eficiencia de aplicación en porcentaje
Superficial	
Riego tradicional o tendido	10 – 30
Riego en curvas de nivel	30 – 60
Riego por bordes	40 – 80
Riego por surcos	40 – 85
Presurizado	
Riego por aspersión	50 – 90
Riego por microjet	60 – 95
Riego por goteo	65 – 95

Fuente: (DGIAR - Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego, 2015)

- **Requerimiento bruto del agua**

Se sugiere emplear la siguiente ecuación.

$$\text{Req.vol.bruto} = \frac{\text{Req.de volumen neto}}{\text{Ef.de riego proyecto}}$$

- **Área total de la parcela (Área total)**

Representa la cantidad de terreno de cultivo a irrigar con el proyecto.

- **Caudal de disponibilidad a la demanda (L/s)**

Caudal requerido por el sistema de riego, de manera que se pueda satisfacer las necesidades de todos los usuarios.

$$Q_{dem} = \text{Área total} * MR$$

2.3. Marco Conceptual

a) Canal alimentador

Es un acueducto que busca la recolección de agua proveniente de alguna fuente para su utilización en consumo humano, actividades de riego o ganadería.

b) Coeficiente de rugosidad

Es un valor que indica la resistencia de un flujo a la circulación de un canal, está en función al tipo de material (Araya, Gonzáles, & Jiménez, 2018).

c) Pendiente

Una pendiente es un cambio de elevación del perfil de un cauce, dependiendo de qué tan pronunciada sea puede afectar a la velocidad de la escorrentía superficial haciendo mayor o menor, este valor se puede expresar en grados y/o en porcentaje (Díaz & Alarcon, 2018).

d) Precipitación

Este término se refiere a todo tipo de agua meteórica ya sea de forma líquida, sólida o precipitación oculta como rocío o helada blanca, que cae en la superficie

de la tierra y es la principal fuente de entrada al sistema hidrológico (Ordoñez, 2011).

e) Evapotranspiración

La evapotranspiración es producto de la acción conjunta de los procesos de evaporación y transpiración, como resultado el agua es transferida a la atmósfera desde la fuente en la que se encuentre; se divide en evapotranspiración potencial (ETP), que es la máxima que se puede dar bajo condiciones óptimas con una abundante cobertura vegetal y una completa capacidad de campo; también existe la evapotranspiración real (ETR) que ocurre en condiciones reales; entonces la relación $ETR \leq ETP$ se cumple mientras no se encuentren en las temporadas lluviosas (Díaz & Alarcon, 2018).

f) Infiltración

Es la cantidad de agua que atraviesa la superficie de un terreno y ocupa de forma total o parcial los poros del suelo y del subsuelo, pues presenta características permeables produciendo líneas de flujo (Gallardo, 2016), se puede ver afectada por una superficie del suelo que se encuentre cerrada, la velocidad de transmisión a través del suelo, la capacidad de almacenamiento, tamaño de los poros del suelo y las características del fluido (Ordoñez, 2011).

g) Pluviómetro

Es un aparato de medida de lluvia que viene incorporado en las estaciones meteorológicas que mide todas las formas de precipitación en un tiempo determinado, los datos recolectados se organizan por meses y años; su unidad de medida es en milímetros (Portillo, s.f.).

h) Infiltrómetro

Son instrumentos que miden la velocidad de infiltración en un suelo, lo que quiere decir la capacidad que tiene su superficie para absorber la precipitación (Service S.A.C., s.f.).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La relación entre la eficiencia de conducción de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín; es directamente proporcional.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) La relación entre el caudal de entrada de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín; es directamente proporcional.
- b) La relación entre el caudal de salida de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín; es directamente proporcional.
- c) La relación entre el grado de deterioro de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Junín; es directamente proporcional

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual

Variable 1

Eficiencia de conducción de canal alimentador

Relación entre volumen de agua útil y entregado, en proyectos de riego se da prioridad al sistema de distribución interna por lo que se requiere mayor eficiencia en la conducción de canales (Valverde, 2007). Un canal es un conducto abierto por el cual el agua circula sin ningún tipo de presión, esto quiere decir que el agua fluye impulsada por su propio peso y el contacto con la atmósfera (Bustamante, 2019).

Variable 2

Demanda hídrica para uso agrícola

La demanda hídrica para uso de riego o también denominada demanda de agua por riego es la cantidad de agua necesaria para satisfacer los requerimientos durante todo un periodo vegetativo de los cultivos que se desarrollan dentro de un sistema de riego (Pizarro, 2010).

En la siguiente tabla, se muestra la operacionalización de variables.

Tabla 7. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS
Variable 1: Eficiencia de conducción de canal alimentador	Relación entre volumen de agua útil y entregado, en proyectos de riego se da prioridad al sistema de distribución interna por lo que se requiere mayor eficiencia en la conducción de canales (Valverde, 2007). Un canal es un conducto abierto por el cual el agua circula sin ningún tipo de presión, esto quiere decir que el agua fluye impulsada por su propio peso y el contacto con la atmósfera (Bustamante, 2019).	Caudal de entrada	Caudal de entrada en el tramo de estudio	m ³ /s	Método del flotador
		Caudal de salida	Caudal de salida en el tramo de estudio	m ³ /s	Método del flotador
		Grado de deterioro del canal	Grietas longitudinales	cm	Ficha de inspección visual
			Grietas transversales	cm	Ficha de inspección visual
			Grietas de esquina	cm	Ficha de inspección visual
Variable 2: Demanda hídrica para uso agrícola	La demanda hídrica para uso de riego o también denominada demanda de agua por riego es la cantidad de agua necesaria para satisfacer los requerimientos durante todo un periodo vegetativo de los cultivos que se desarrollan dentro de un sistema de riego (Pizarro, 2010).	Tipos de cultivo	Cultivos del área de estudio	-	Ficha de registro de cultivos
		Coeficiente de cultivo	Coeficiente de cultivo (Kc)	-	Ficha de registro de coeficiente de cultivo
		Cantidad de agua	Caudal de demanda hídrica por uso agrícola	m ³ /s	Hoja de cálculo de caudal de demanda hídrica por uso agrícola

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Según Espinoza (2014), la investigación científica tiene como objetivo estudiar y analizar un objeto o fenómeno haciendo uso de la determinación de sus elementos, las relaciones que tiene y sus límites, de esta manera se logra observar su estructura, así como su funcionamiento.

Para la investigación el método usado fue el científico, porque busca determinar la relación entre la eficiencia de conducción de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, mediante la recopilación de datos históricos y recolección de datos de campo.

3.2. Tipo de investigación

Para Grajales (2000), la investigación aplicada depende de los descubrimientos que tenga la investigación básica, los toma como base teórica para su aplicación y utilización para poner en práctica aquellos conocimientos o modificarlos.

En ese sentido se pretende determinar la eficiencia de conducción de un canal alimentador y su relación con la demanda hídrica para uso agrícola.

De acuerdo con las definiciones, el tipo de investigación es aplicada, porque busca dar solución a un problema existente aplicando teorías y fundamentos que avalan su proceso.

3.3. Nivel de investigación

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), el nivel de investigación de tipo correlacional busca examinar la relación estadística entre las variables, sin la necesidad de incluir variables externas se puede llegar a una conclusión; del tema de investigación se calculará la demanda hídrica en base a datos hidrometeorológicos de la zona de estudio y la información de los cultivos y su requerimiento de agua.

La correlación se desarrollará entre la eficiencia de conducción de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola.

3.4. Diseño de investigación

Según Aguirre (2020) en el diseño de investigación no experimental el investigador cumple el papel de observador del problema, sin la posibilidad de manipular u alterar ningún proceso o variable, entonces se desarrolla mediante el proceso de recolección de datos. También se puede diferenciar del tipo experimental si existió una manipulación intencional hacia las unidades de análisis, si existieron grupos de control o si solo se aplicó el instrumento, esto quiere decir que se analizan y estudian los fenómenos en la realidad tal como lo encuentran en su medio.

Por estas razones el diseño de la investigación es, no experimental de corte longitudinal, ya que se tomarán datos del caudal de entrada y salida durante un mes con la finalidad de determinar la eficiencia e conducción de un canal alimentador. Además de no manipular las dimensiones de las variables de la investigación.

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Bernal (2010), menciona que “La población es el conjunto de todos los elementos a los cuales se refiere la investigación. Se puede definir también como el conjunto de todas las unidades de muestreo”.

En la presente investigación, la población está compuesta por el canal de alimentación principal del distrito de Huachac, provincia de Chupaca en el departamento de Junín.

3.5.2. Muestra

Según Castro (2016), la muestra viene a ser un subgrupo estadísticamente representativo perteneciente a la población, es la que será la fuente de recolección de datos por lo que es necesario delimitarla de manera precisa.

Para la investigación, la muestra es no probabilística y elegida por conveniencia; está delimitada por 3 tramos pertenecientes al canal alimentador principal para el riego de parcelas del distrito de Huachac, cada uno de los tramos tuvo una extensión de 50 metros.

Así mismo, se debe resaltar que la selección de la muestra de estudio se debe a la accesibilidad y conocimiento del autor de la investigación. Ya que es el lugar donde se encontró el problema a estudiar y solucionar.

3.6. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Observación directa

Es una técnica que permite la recolección de datos mediante la percepción del investigador, tiene mayor uso cuando se realizan visitas a campo en la zona de estudio delimitada previamente y cuando sea necesario realizar comparaciones acerca de los resultados obtenidos.

Recolección de datos

Se refiere al proceso de obtención de datos mediante una recopilación de registros históricos de valores hidrometeorológicos pertenecientes a la zona de estudio o por visitas a campo, en las que haciendo uso de equipos o instrumentos de medida el investigador puede obtener información

Trabajo en gabinete

Comprende el procesamiento de datos recopilados en campo dentro de un gabinete. Los datos recopilados de campo fueron la sección del canal, caudal del canal, cultivos de la zona. Los cuales sirvieron para obtener el caudal de entrada y salida en el canal, así como la demanda hídrica para uso agrícola.

3.7. Validación e instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos son las fichas de registro y las hojas de cálculo para registrar el caudal de entrada y salida del canal

alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín.

3.8. Procesamiento

3.8.1. Caudal de canal alimentador

3.8.1.1. Canal alimentador

El canal alimentador de riesgo de las parcelas del distrito de Huachac, presenta una sección trapezoidal, cuyas dimensiones se pueden apreciar en la siguiente figura.

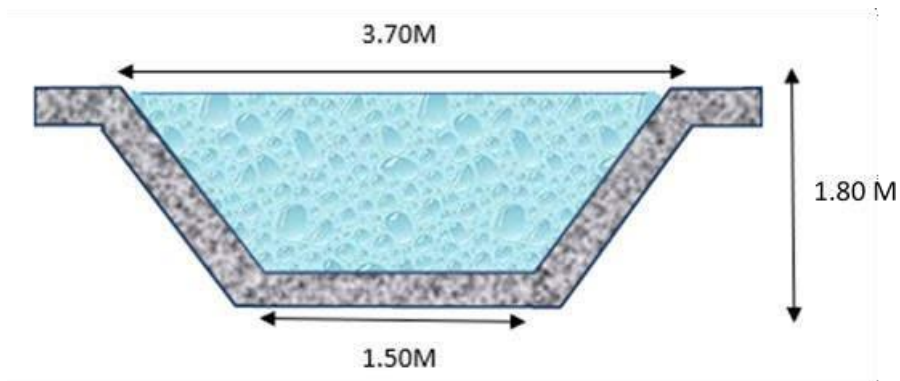


Figura 15. Sección de canal alimentador

Teniendo en cuenta la sección trapezoidal, se calculó el área del canal.

$$A = \left(\frac{B + b}{2} \right) * h$$

$$A = \left(\frac{3.70 + 1.50}{2} \right) * 1.80$$

$$A = 4.68 \text{ m}^2$$

Considerando la medición del tiempo de transporte del flotador de 7.28 seg en 10 m de distancia. La velocidad de transporte fue.

$$V_e = \frac{D}{T}$$

$$V_e = \frac{10}{7.28}$$

$$V_e = 1.37 \text{ m/s}$$

Finalmente, se calculó el caudal con el área de sección transversal, velocidad de transporte y el factor de corrección (Fc de 0.80) para canales con revestimiento de concreto y profundidad mayor a 15 cm. Tal como se muestra en las siguientes líneas.

$$Q = At * V_e * F_c$$

$$Q = 4.68 * 1.37 * 0.80$$

$$Q = 5.13 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 5130 \text{ l/s}$$

3.8.1.2. Caudal por el método del flotador

Para comprobar el caudal obtenido en el apartado anterior, se realizaron 3 mediciones por cada semana durante cuatro semanas. En las siguientes tablas, se puede apreciar el registro del tiempo en que se traslada el flotador en una distancia de 10 m dentro del canal.

Tabla 8. Registro de caudal, semana 1

FECHA	11/07/2022		13/07/2022		15/07/2022	
Día	Lunes		Miércoles		Viernes	
Distancia	10 m	Tiempo	10 m	Tiempo	10 m	Tiempo
Tiempo	7.27	s	7.29	s	7.25	s
	7.28	s	7.27	s	7.30	s
	7.29	s	7.29	s	7.28	s
	7.28	s	7.32	s	7.26	s
Promedio	7.28	s	7.29	s	7.27	s
Velocidad	1.37	m/s	1.37	m/s	1.38	m/s
AREA TOTAL DEL CANAL TRAPEZOIDAL					4.68	m
FACTOR DE CORRECCIÓN (Fc = 0.80)					0.8	
CALCULO DE CAUDAL Q=At*Ve*Fc						
CAUDAL	5.14	m ³ /s	5.13	m ³ /s	5.15	m ³ /s
	5143	L/s	5134	L/s	5148	L/s

Tabla 9. Registro de caudal, semana 2

FECHA	25/07/2022		27/07/2022		29/07/2022	
Día	Lunes		Miércoles		Viernes	
Distancia	10 m	Tiempo	10 m	Tiempo	10 m	Tiempo
Tiempo	7.32	s	7.28	s	7.27	s
	7.27	s	7.29	s	7.25	s
	7.29	s	7.29	s	7.24	s
	7.28	s	7.32	s	7.26	s
Promedio	7.29 s		7.30 s		7.26 s	
Velocidad	1.37 m/s		1.37 m/s		1.38 m/s	
AREA TOTAL DEL CANAL TRAPEZOIDAL					4.68 m	
FACTOR DE CORRECCIÓN (Fc = 0.80)					0.8	
CALCULO DE CAUDAL $Q=At*Ve*Fc$						
CAUDAL	5.14	m ³ /s	5.13	m ³ /s	5.16	m ³ /s
	5136	L/s	5132	L/s	5161	L/s

Tabla 10. Registro de caudal, semana 3

FECHA	18/07/2022		20/07/2022		22/07/2022	
Día	Lunes		Miércoles		Viernes	
Distancia	10 m	Tiempo	10 m	Tiempo	10 m	Tiempo
Tiempo	7.24	s	7.28	s	7.29	s
	7.30	s	7.27	s	7.31	s
	7.27	s	7.28	s	7.34	s
	7.29	s	7.29	s	7.27	s
Promedio	7.275 s		7.28 s		7.30 s	
Velocidad	1.37 m/s		1.37 m/s		1.37 m/s	
AREA TOTAL DEL CANAL TRAPEZOIDAL					4.68 m	
FACTOR DE CORRECCIÓN (Fc = 0.80)					0.8	
CALCULO DE CAUDAL $Q=At*Ve*Fc$						
CAUDAL	5.15	m ³ /s	5.14	m ³ /s	5.13	m ³ /s
	5146	L/s	5143	L/s	5127	L/s

Tabla 11. Registro de caudal, semana 4

FECHA	01/08/2022		03/08/2022		05/08/2022	
Día	Lunes		Miércoles		Viernes	
Distancia	10 m	Unidad	10 m	Tiempo	10 m	Tiempo
Tiempo	7.27	s	7.29	s	7.26	s
	7.24	s	7.27	s	7.30	s
	7.29	s	7.29	s	7.28	s
	7.26	s	7.32	s	7.26	s
Promedio	7.265 s		7.29 s		7.28 s	
Velocidad	1.38 m/s		1.37 m/s		1.37 m/s	
AREA TOTAL DEL CANAL TRAPEZOIDAL					4.68 m	
FACTOR DE CORRECCIÓN (Fc = 0.80)					0.8	
CALCULO DE CAUDAL $Q=At*Ve*Fc$						
CAUDAL	5.15	m ³ /s	5.13	m ³ /s	5.15	m ³ /s
	5153	L/s	5134	L/s	5146	L/s

La tabla de a continuación muestra el resumen de los caudales de entrada y salida del canal alimentador, de cada semana de registro.

Tabla 12. Resumen de caudal de entrada y salida en el canal

	Fecha	Qprom (m ³ /s)
Semana 1	Entrada	5.148
	Salida	5.142
Semana 2	Entrada	5.146
	Salida	5.139
Semana 3	Entrada	5.149
	Salida	5.143
Semana 4	Entrada	5.146
	Salida	5.145

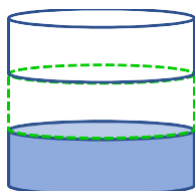
En el anexo 3, se adjunta las evidencias fotográficas del método del flotador para la obtención de caudales del canal alimentador.

- **Pérdida de caudales**

Para el cálculo de pérdida de caudales se consideró el cálculo del caudal por evaporación e infiltración, tal como se describe en las siguientes líneas.

- **Caudal de evaporación**

Para el cálculo del caudal de evaporación, se colocó un recipiente con agua a temperatura de ambiente de 19°C, tal como se muestra en la figura.



$$\Delta t = 1h$$

$$\Delta h = 0.001 m$$

Figura 16. Esquema para cálculo de evaporación

Así mismo, se desarrolló el cálculo del volumen de evaporación con el soporte de la siguiente figura.

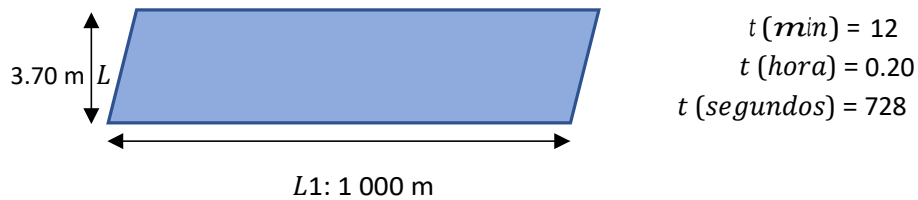


Figura 17. Esquema para cálculo de volumen de evaporación

$$Ve = \frac{L * L1 * \Delta h * t}{\Delta t}$$

$$Ve = \frac{3.70 * 1000 * 0.001 * 0.20}{1}$$

$$Ve = 0.748\ \text{m}^3$$

De esta forma, el caudal de evaporación sería de la siguiente forma.

$$Q_e = \frac{Ve}{t}$$

$$Q_e = \frac{0.748\ \text{m}^3}{728\ \text{seg}}$$

$$Q_e = 0.0010278\ \text{m}^3/\text{s}$$

$$Q_e = 1.0278\ \text{l/s}$$

○ **Caudal de infiltración**

El caudal de infiltración, se calcula con la siguiente fórmula.

$$Q_i = Q_p - Q_e$$

Donde:

Q_p , es el caudal perdido

Q_e , es el caudal evaporado

Con lo descrito anteriormente, se procedió a calcular el caudal perdido en el canal alimentador, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 13. Caudal perdido en el canal alimentador

Fechas	Qe (m ³ /s)	Qs (m ³ /s)	ΔQ (m ³ /s)	ΔQ (L/s)	Qe (L/s)	Qi (L/s)
Semana 1	5.148	5.142	0.006	6.313	1.0278	5.29
Semana 2	5.146	5.139	0.007	7.247	1.0278	6.22
Semana 3	5.149	5.143	0.006	6.112	1.0278	5.08
Semana 4	5.146	5.145	0.001	1.364	1.0278	0.34

3.8.2. Demanda hídrica para uso agrícola

3.8.2.1. Información del clima

Para el desarrollo de la demanda hídrica de los cultivos, se debe contar con la información climatológica del área de estudio. Por lo que, en la siguiente tabla se muestra la temperatura máxima y mínima, humedad, velocidad del viento, horas de sol y precipitación máxima mensual.

Tabla 14. Información climática de Huachac

Mes	T. mín. (°C)	T. máx. (°C)	Humedad (%)	Velocidad de viento (Km/día)	Horas de sol (h)	Precipitación
Enero	8	20	64	228	12	17
Febrero	8	20	63	233	10	14
Marzo	8	20	61	230	10	14
Abril	8	20	63	226	8	3
Mayo	7	20	62	211	7	0
Junio	6	19	60	216	8	0
Julio	6	19	67	233	7	0
Agosto	6	20	64	257	7	0
Setiembre	7	20	65	259	9.0	0
Octubre	8	20	63	250	12	2
Noviembre	8	20	62	230	12	2
Diciembre	8	20	59	226	12	7

Con la información climática de Huachac, se ingresaron los datos al programa Cropwat 8.0 para obtener la evapotranspiración y precipitación efectiva, tal como se adjuntan en las siguientes figuras.

Monthly ETo Penman-Monteith - untitled

Country: Perú Station: Huachac, Chupaca

Altitude: 3355 m. Latitude: 12.01 °S Longitude: 75.34 °W

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m ² /day	ETo mm/day
January	8.0	20.0	64	228	12.0	29.1	5.14
February	8.0	20.0	63	233	10.0	25.8	4.78
March	8.0	20.0	61	230	10.0	24.9	4.64
April	8.0	20.0	63	226	8.0	20.0	3.92
May	7.0	20.0	62	211	7.0	16.8	3.42
June	6.0	19.0	60	216	8.0	17.0	3.30
July	6.0	19.0	67	233	7.0	16.2	3.12
August	6.0	20.0	64	257	7.0	17.8	3.62
September	7.0	20.0	65	259	9.0	22.5	4.23
October	8.0	20.0	63	250	12.0	28.5	5.06
November	8.0	20.0	62	230	12.0	28.9	5.16
December	8.0	20.0	59	226	12.0	28.9	5.23
Average	7.3	19.8	63	233	9.5	23.0	4.30

Figura 18. Evapotranspiración en Huachac

Monthly rain - untitled

Station: Huachac, Chupaca Eff. rain method: USDA S.C. Method

	Rain mm	Eff rain mm
January	17.0	16.5
February	14.0	13.7
March	14.0	13.7
April	3.0	3.0
May	0.0	0.0
June	0.0	0.0
July	0.0	0.0
August	0.0	0.0
September	0.0	0.0
October	2.0	2.0
November	2.0	2.0
December	7.0	6.9
Total	59.0	57.8

Figura 19. Precipitación efectiva en Huachac

3.8.2.2. Cultivos de Huachac

La lista de los cultivos más representativos de Huachac, se obtuvo del informe de “Diversidad de las explotaciones agrícolas en los sistemas irrigados

del Valle del Mantaro y acceso de los productos de mercado” (SupAgro, 2018). En la cual, se encuentra con mayor frecuencia de producción la zanahoria, arvejas, maíz, papa y alfalfa.

En la tabla se muestra el área de cultivo de los productos agrícolas.

Tabla 15. Área de cultivo

Cultivo con lluvias	Has.	Cultivo con riego	Has.	Total
Papa	8	Maíz choclo	10	18
Maíz choclo	7	Arvejas	8	15
Arvejas	6	Zanahoria	8	14
Zanahoria	5	Papa	5	10
Alfalfa	7	Alfalfa	6	13
Total	33	Total	37	70

Del mismo modo, en la siguiente tabla se muestran los valores de Kc correspondiente a la cédula de cultivo

Tabla 16. Cédula de cultivo con valores Kc

Cultivo con lluvias	Ha.	MESES												Ha.	Cultivo con riego
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic		
Papa	8	0.70	1.01	1.04	0.50			0.35	0.62	0.91	1.02	0.80	0.30	10	Maíz choclo
Maíz choclo	7	0.91	1.02	0.80		0.50	0.90	1.09	1.08	0.51		0.35	0.62	8	Arvejas
Arvejas	6	0.71	0.92	0.97	0.77	0.50		0.35	0.62	0.91	1.02	0.80	0.40	8	Zanahoria
Zanahoria	5	1.03	1.09	0.80	0.50		0.30	0.70	1.01	1.04	0.50	0.51	0.81	5	Papa
Alfalfa	7	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.04	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	6	Alfalfa
Total	33	33	33	33	26	21	20	38	38	38	30	35	33	37	Total

Con dicha información, se procedió a calcular los valores Kc para cada cultivo correspondiente a cada mes.

Tabla 17. Valores Kc

Valores Kc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Papa	0.170	0.245	0.252	0.154	0.000	0.000	0.074	0.131	0.192	0.272	0.183	0.073
Maíz choclo	0.193	0.216	0.170	0.000	0.167	0.315	0.201	0.199	0.094	0.000	0.070	0.132
Arvejas	0.129	0.167	0.176	0.178	0.143	0.000	0.055	0.098	0.144	0.204	0.137	0.073
Zanahoria	0.156	0.165	0.121	0.096	0.000	0.075	0.092	0.133	0.137	0.083	0.073	0.123
Alfalfa	0.233	0.233	0.233	0.296	0.367	0.385	0.192	0.203	0.203	0.257	0.220	0.233

De forma consecutiva, se procedió a calcular la lámina de riego neta y bruta para cada tipo de cultivo, tal como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 18. Lámina de riego neta y bruta para cultivos

Cultivos	CC (%)	PM (%)	Da (gr/cm3)	CA (%)	PR (cm)	Lneto (mm)	Lbruta (mm)
Zanahori a	30	16	1.30	35	100	63.70	84.93
Arvejas	30	16	1.30	35	100	63.70	84.93
Maíz	30	16	1.30	55	170	170.17	226.89
Papa	30	16	1.30	35	60	38.22	50.96
Alfalfa	30	16	1.30	55	200	200.20	266.93

Las siguientes tablas, corresponden al diseño agronómico de los cultivos. En las cuales se encuentra el tiempo de riego e intervalos, así como el requerimiento de agua mensual.

Tabla 19. Diseño agronómico del cultivo zanahoria

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Eto (mm/día)	3.12	4.78	4.64	3.92	3.42	3.3	3.12	3.62	4.23	5.06	5.16	5.23
Precipitación efectiva (mm/día)	0.53	0.49	0.44	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.07	0.22
Kc	0.156	0.165	0.121	0.096	0.000	0.075	0.092	0.133	0.137	0.083	0.073	0.123
Etc (mm/día)	0.487	0.789	0.562	0.377	0.000	0.248	0.287	0.481	0.579	0.422	0.376	0.642
Velocidad de infiltración (mm/h)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Lámina neta (mm/día)	63.70	63.70	63.70	63.70	63.70	63.70	63.70	63.70	63.70	63.70	63.70	63.70
Eficiencia de aplicación	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Lámina bruta (mm/día)	84.93	84.93	84.93	84.93	84.93	84.93	84.93	84.93	84.93	84.93	84.93	84.93
Intervalo entre riegos (días)	0.008	0.012	0.009	0.006	0.000	0.004	0.005	0.008	0.009	0.007	0.006	0.010
Tiempo de riesgo (horas)	4.51	4.52	4.52	4.54	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.53
Déficit de humedad	-0.05	0.30	0.12	0.28	0.00	0.25	0.29	0.48	0.58	0.36	0.31	0.42
Requerimiento de agua (mm/día)	-0.06	0.40	0.16	0.37	0.00	0.33	0.38	0.64	0.77	0.48	0.41	0.56
Requerimiento de agua (mm/mes)	-1.87	11.21	4.98	11.08	0.00	9.90	11.88	19.88	23.15	14.76	12.37	17.33

Tabla 20. Diseño agronómico del cultivo arveja

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Eto (mm/día)	3.12	4.78	4.64	3.92	3.42	3.3	3.12	3.62	4.23	5.06	5.16	5.23
Precipitación efectiva (mm/día)	0.53	0.49	0.44	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.07	0.22
Kc	0.129	0.167	0.176	0.178	0.143	0.000	0.055	0.098	0.144	0.204	0.137	0.073
Etc (mm/día)	0.403	0.800	0.818	0.697	0.489	0.000	0.172	0.354	0.608	1.032	0.708	0.380
Velocidad de infiltración (mm/h)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Lámina neta (mm/día)	63.70	63.70	63.70	63.70	63.70	63.70	63.70	63.70	63.70	63.70	63.70	63.70
Eficiencia de aplicación	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Lámina bruta (mm/día)	84.93	84.93	84.93	84.93	84.93	84.93	84.93	84.93	84.93	84.93	84.93	84.93
Intervalo entre riegos (días)	0.006	0.013	0.013	0.011	0.008	0.000	0.003	0.006	0.010	0.016	0.011	0.006
Tiempo de riesgo (horas)	4.51	4.52	4.52	4.54	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.53
Déficit de humedad	-0.13	0.31	0.38	0.60	0.49	0.00	0.17	0.35	0.61	0.97	0.64	0.16
Requerimiento de agua (mm/día)	-0.17	0.41	0.50	0.80	0.65	0.00	0.23	0.47	0.81	1.29	0.85	0.21
Requerimiento de agua (mm/mes)	-5.35	11.58	15.56	23.86	20.19	0.00	7.13	14.65	24.31	40.00	25.64	6.52

Tabla 21. Diseño agronómico del cultivo maíz

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Eto (mm/día)	3.12	4.78	4.64	3.92	3.42	3.3	3.12	3.62	4.23	5.06	5.16	5.23
Precipitación efectiva (mm/día)	0.53	0.49	0.44	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.07	0.22
Kc	0.193	0.216	0.170	0.000	0.167	0.315	0.201	0.199	0.094	0.000	0.070	0.132
Etc (mm/día)	0.602	1.034	0.787	0.000	0.570	1.040	0.626	0.720	0.397	0.000	0.361	0.688
Velocidad de infiltración (mm/h)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Lámina neta (mm/día)	170.17	170.17	170.17	170.17	170.17	170.17	170.17	170.17	170.17	170.17	170.17	170.17
Eficiencia de aplicación	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Lámina bruta (mm/día)	226.89	226.89	226.89	226.89	226.89	226.89	226.89	226.89	226.89	226.89	226.89	226.89
Intervalo entre riegos (días)	0.004	0.006	0.005	0.000	0.003	0.006	0.004	0.004	0.002	0.000	0.002	0.004
Tiempo de riesgo (horas)	12.12	12.12	12.12	12.15	12.16	12.16	12.16	12.16	12.16	12.15	12.15	12.14
Déficit de humedad	0.07	0.54	0.35	-0.10	0.57	1.04	0.63	0.72	0.40	-0.06	0.29	0.47
Requerimiento de agua (mm/día)	0.09	0.73	0.46	-0.13	0.76	1.39	0.84	0.96	0.53	-0.09	0.39	0.62
Requerimiento de agua (mm/mes)	2.89	20.34	14.28	-4.00	23.56	41.58	25.89	29.77	15.90	-2.67	11.78	19.23

Tabla 22. Diseño agronómico del cultivo papa

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Eto (mm/día)	3.12	4.78	4.64	3.92	3.42	3.3	3.12	3.62	4.23	5.06	5.16	5.23
Precipitación efectiva (mm/día)	0.53	0.49	0.44	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.07	0.22
Kc	0.170	0.245	0.252	0.154	0.000	0.000	0.074	0.131	0.192	0.272	0.183	0.073
Etc (mm/día)	0.529	1.170	1.170	0.603	0.000	0.000	0.230	0.473	0.810	1.376	0.944	0.380
Velocidad de infiltración (mm/h)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Lámina neta (mm/día)	38.22	38.22	38.22	38.22	38.22	38.22	38.22	38.22	38.22	38.22	38.22	38.22
Eficiencia de aplicación	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Lámina bruta (mm/día)	50.96	50.96	50.96	50.96	50.96	50.96	50.96	50.96	50.96	50.96	50.96	50.96
Intervalo entre riegos (días)	0.014	0.031	0.031	0.016	0.000	0.000	0.006	0.012	0.021	0.036	0.025	0.010
Tiempo de riesgo (horas)	2.69	2.70	2.70	2.72	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.71
Déficit de humedad	0.00	0.68	0.73	0.50	0.00	0.00	0.23	0.47	0.81	1.31	0.88	0.16
Requerimiento de agua (mm/día)	0.00	0.91	0.97	0.67	0.00	0.00	0.31	0.63	1.08	1.75	1.17	0.21
Requerimiento de agua (mm/mes)	-0.12	25.43	30.09	20.12	0.00	0.00	9.50	19.53	32.42	54.22	35.08	6.52

Tabla 23. Diseño agronómico del cultivo alfalfa

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Eto (mm/día)	3.12	4.78	4.64	3.92	3.42	3.3	3.12	3.62	4.23	5.06	5.16	5.23
Precipitación efectiva (mm/día)	0.53	0.49	0.44	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.07	0.22
Kc	0.233	0.233	0.233	0.296	0.367	0.385	0.192	0.203	0.203	0.257	0.220	0.233
Etc (mm/día)	0.728	1.115	1.083	1.161	1.254	1.271	0.598	0.734	0.857	1.299	1.135	1.220
Velocidad de infiltración (mm/h)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Lámina neta (mm/día)	200.20	200.20	200.20	200.20	200.20	200.20	200.20	200.20	200.20	200.20	200.20	200.20
Eficiencia de aplicación	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Lámina bruta (mm/día)	266.93	266.93	266.93	266.93	266.93	266.93	266.93	266.93	266.93	266.93	266.93	266.93
Intervalo entre riegos (días)	0.004	0.006	0.005	0.006	0.006	0.006	0.003	0.004	0.004	0.006	0.006	0.006
Tiempo de riesgo (horas)	14.26	14.27	14.27	14.29	14.30	14.30	14.30	14.30	14.30	14.30	14.30	14.28
Déficit de humedad	0.20	0.63	0.64	1.06	1.25	1.27	0.60	0.73	0.86	1.23	1.07	1.00
Requerimiento de agua (mm/día)	0.26	0.83	0.85	1.41	1.67	1.69	0.80	0.98	1.14	1.65	1.42	1.33
Requerimiento de agua (mm/mes)	8.09	23.37	26.48	42.44	51.83	50.82	24.71	30.32	34.29	51.01	42.74	41.24

3.8.2.3. Demanda de agua

La tabla siguiente muestra la demanda de agua de los cultivos de Huachac. La cual se obtuvo con los valores máximos de requerimiento de agua de cada cultivo.

Tabla 24. Demanda de agua en Huachac

Cultivos	Demanda de agua		
	mm/día	m ³ /s	L/s
Zanahoria	0.58	0.00007	0.067
Arvejas	1.29	0.00015	0.149
Maíz	1.39	0.00016	0.160
Papa	1.75	0.00020	0.202
Alfalfa	1.69	0.00020	0.196

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados

4.1.1. Caudal de entrada de un canal alimentador y demanda hídrica

La tabla siguiente muestra el caudal de entrada y demanda agrícola mensual en el distrito de Huachac.

Tabla 25. Caudal de entrada y demanda agrícola

Meses	Caudal de entrada (m3/s)	Demanda agrícola (m3/s)
Enero	1.483	0.00001
Febrero	1.221	0.00038
Marzo	1.221	0.00034
Abril	0.262	0.00036
Mayo	0.000	0.00036
Junio	0.000	0.00039
Julio	0.000	0.00030
Agosto	0.000	0.00043
Setiembre	0.000	0.00050
Octubre	0.174	0.00059
Noviembre	0.174	0.00049
Diciembre	0.611	0.00034

De la misma forma, en la figura, se puede apreciar el gráfico con los resultados de la tabla anterior.

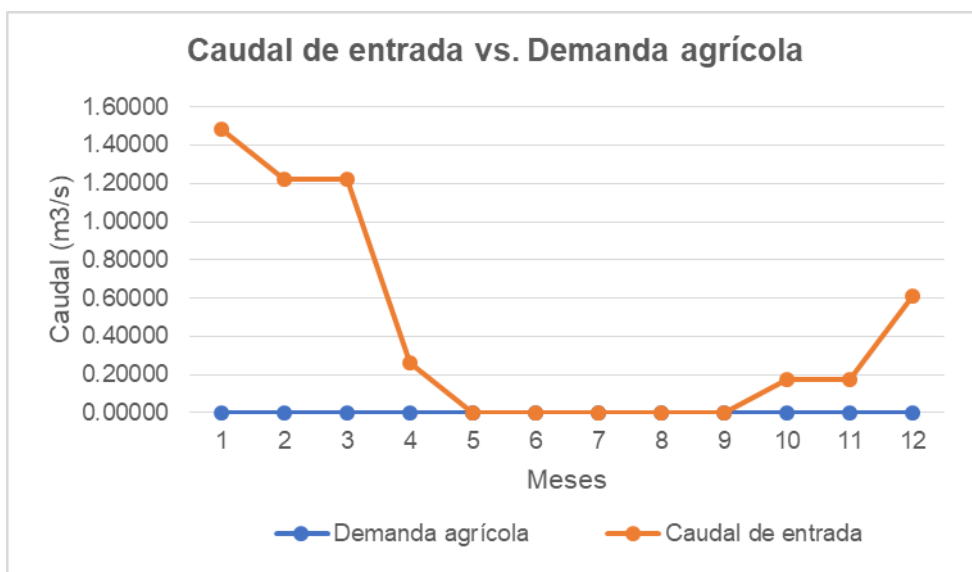


Figura 20. Caudal de entrada y demanda agrícola

De la figura mostrada, se puede deducir que la demanda agrícola es menor respecto al caudal de entrada en el canal alimentador. Del cual, se puede afirmar que el caudal del canal alimentador puede y cuenta con la capacidad de abastecer de agua a los cultivos con mayor demanda de producción y consumo del distrito de Huachac, como la zanahoria, arveja, maíz, papa y alfalfa.

4.1.2. Caudal de salida de un canal alimentador y demanda hídrica

De la misma forma que el ítem anterior, en la tabla se muestran los valores de caudal de salida del canal alimentador y de la demanda agrícola por meses en el distrito de Huachac.

Tabla 26. Caudal de salida y demanda agrícola

Meses	Caudal de salida (m3/s)	Demanda agrícola (m3/s)
Enero	1.482	0.00001
Febrero	1.220	0.00038
Marzo	1.220	0.00034
Abril	0.261	0.00036
Mayo	0.000	0.00036
Junio	0.000	0.00039
Julio	0.000	0.00030
Agosto	0.000	0.00043
Setiembre	0.000	0.00050
Octubre	0.174	0.00059
Noviembre	0.174	0.00049
Diciembre	0.610	0.00034

De la misma forma, en la figura, se puede apreciar el gráfico con los resultados de la tabla anterior.

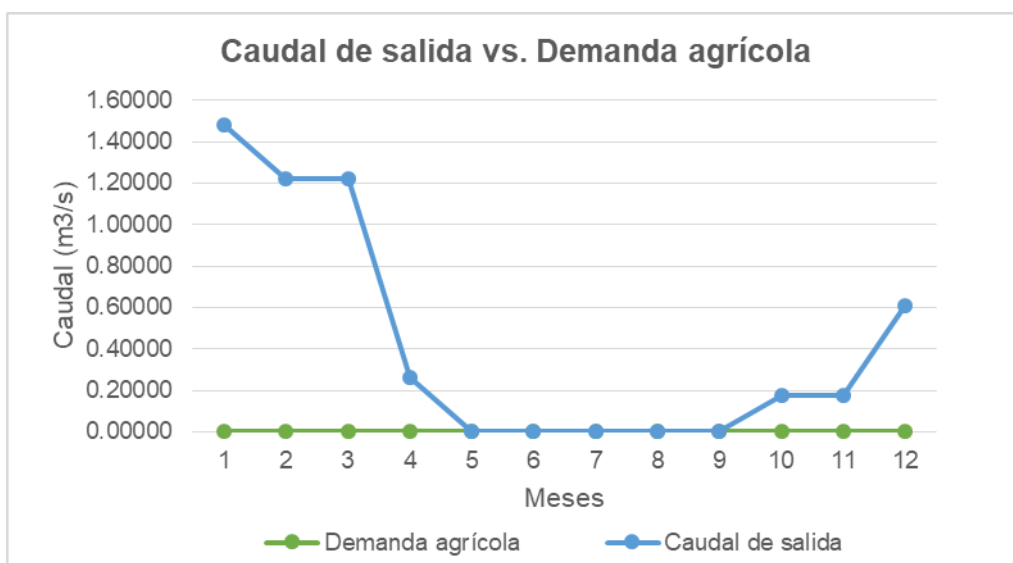


Figura 21. Caudal de salida y demanda agrícola

De acuerdo con la tabla y figura mostradas, se observa que la variación del caudal de salida y entrada es mínima ya que los valores de estos fueron cercanos. Del mismo modo, se puede afirmar que la demanda agrícola es menor considerablemente referente al caudal de salida del canal alimentador, debido a

que este es el que pasa directamente a los terrenos de cultivo del distrito de Huachac.

4.1.3. Grado de deterioro de un canal alimentador y demanda hídrica

Referente al apartado de grado de deterioro de un canal alimentador, se debe resaltar que no se realizó debido a que tras la inspección y recolección de información en campo no se observaron tipos de deterioro en el recorrido del canal.

4.1.4. Eficiencia de conducción del canal alimentador

La tabla muestra la eficiencia y conducción del canal alimentador principal del distrito de Huachac.

Tabla 27. Eficiencia de conducción del canal alimentador

Fechas	Qe (m ³ /s)	Qs (m ³ /s)	Eficiencia (%)
Semana 1	5.148	5.142	99.88
Semana 2	5.146	5.139	99.86
Semana 3	5.149	5.143	99.88
Semana 4	5.146	5.145	99.97

Del mismo modo, en la siguiente figura se muestra la distribución de los caudales de entrada y salida en el canal alimentador del distrito de Huachac.

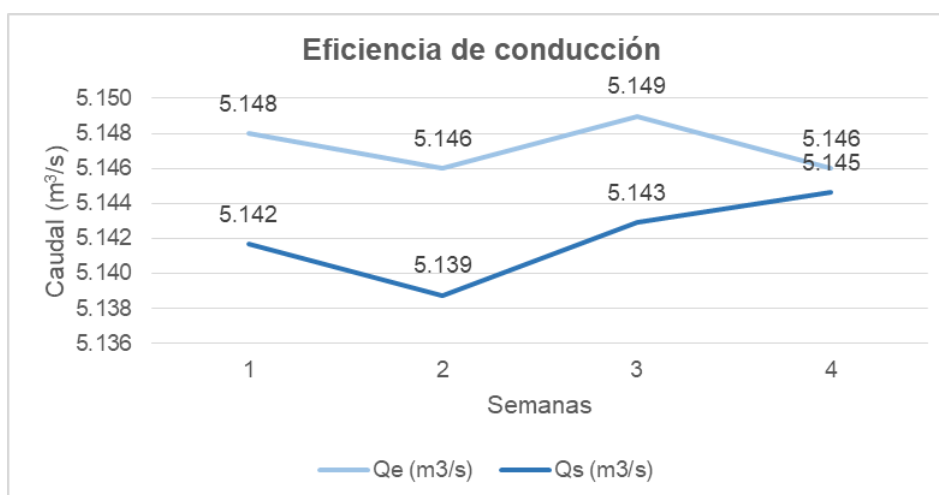


Figura 22. Caudal de entrada y salida del canal alimentador

4.2. Prueba de hipótesis

4.2.1. Caudal de entrada de un canal alimentador y demanda hídrica

Para comprobar la relación de caudal de entrada del canal alimentador y la demanda agrícola, se desarrolló la correlación de Pearson y cuyos resultados se muestran en las siguientes líneas.

Las hipótesis a comprobar fueron:

H0: La relación entre el caudal de entrada y demanda agrícola es directamente proporcional

Ha: La relación entre el caudal de entrada y demanda hídrica no es directamente proporcional

Tabla 28. Estadística de regresión – caudal de entrada y demanda agrícola

<u>Estadísticas de la regresión</u>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.614
Coefficiente de determinación R ²	0.377
R ² ajustado	0.315
Error típico	0.000
Observaciones	12.000

La estadística de regresión, permitió obtener el coeficiente de correlación múltiple (R) de 0.614 que señala una correlación positiva alta entre el caudal de entrada y la demanda agrícola en el distrito de Huachac. De la misma forma, se obtuvo el coeficiente de determinación (R²) de 0.377 el cual indica que el 37.7% de la demanda agrícola depende del caudal de entrada en el canal alimentador. Debido a que el valor de R² fue bajo y corresponde a la función lineal, se desarrollaron diferentes funciones, de las cuales fue la función polinómica la que mayor coeficiente de determinación evidenció. Siendo el 55.12% de la demanda agrícola que depende del caudal de entrada del canal principal de alimentación

en el distrito de Huachac. En la figura, se puede apreciar la función polinómica de la distribución de datos mencionada.

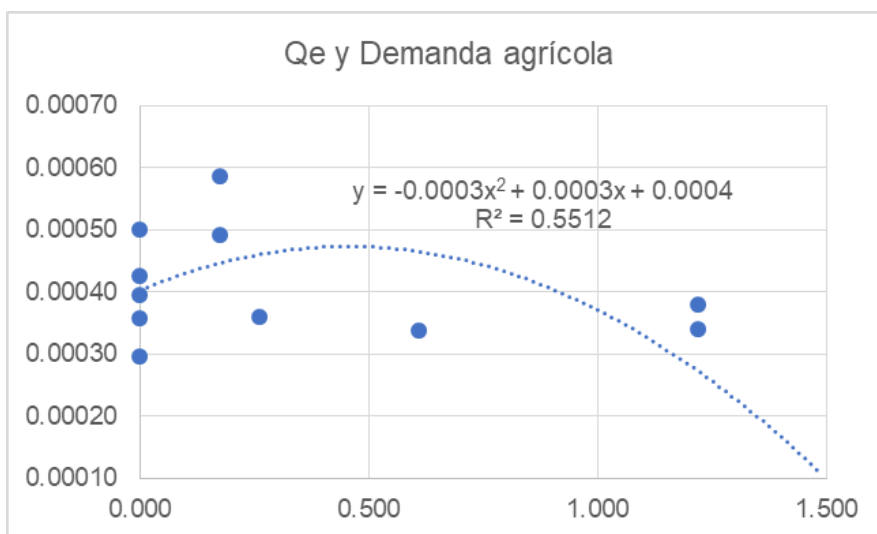


Figura 23. Función polinómica, caudal de entrada y demanda agrícola

Por otro lado, en la siguiente tabla se muestran los resultados de análisis de varianza para este objetivo específico.

Tabla 29. Análisis de varianza – caudal de entrada y demanda agrícola

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	8.22E-08	8.22E-08	6.058	0.034
Residuos	10	1.36E-07	1.36E-08		
Total	11	2.18E-07			

De la estadística de regresión, se obtuvo el valor de F crítico de 0.034 que es menor al valor de 0.05 del nivel de significancia, el cual señala aceptar la hipótesis nula de la investigación. La cual señala que la relación entre el caudal de entrada y demanda agrícola es directamente proporcional

4.2.2. Caudal de salida de un canal alimentador y demanda hídrica

Para comprobar la relación de caudal de salida del canal alimentador y la demanda agrícola, también se desarrolló la correlación de Pearson y cuyos resultados se muestran en las siguientes líneas.

Las hipótesis a comprobar fueron:

H0: La relación entre el caudal de salida y demanda agrícola es directamente proporcional

Ha: La relación entre el caudal de salida y demanda hídrica no es directamente proporcional

Tabla 30. Estadística de regresión – caudal de salida y demanda agrícola

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.614
Coefficiente de determinación R ²	0.377
R ² ajustado	0.315
Error típico	0.000
Observaciones	12.000

La estadística de regresión, permitió obtener el coeficiente de correlación múltiple (R) de 0.614 que señala una correlación positiva alta entre el caudal de salida y la demanda agrícola en el distrito de Huachac. De la misma forma, se obtuvo el coeficiente de determinación (R²) de 0.377 el cual indica que el 37.7% de la demanda agrícola depende del caudal de salida en el canal alimentador. Debido a que el valor de R² fue bajo y corresponde a la función lineal, se desarrollaron diferentes funciones, de las cuales fue la función polinómica la que mayor coeficiente de determinación evidenció. Siendo el 55.12% de la demanda agrícola que depende del caudal de salida del canal principal de alimentación en el distrito de Huachac. En la figura, se puede apreciar la función polinómica de la distribución de datos mencionada.

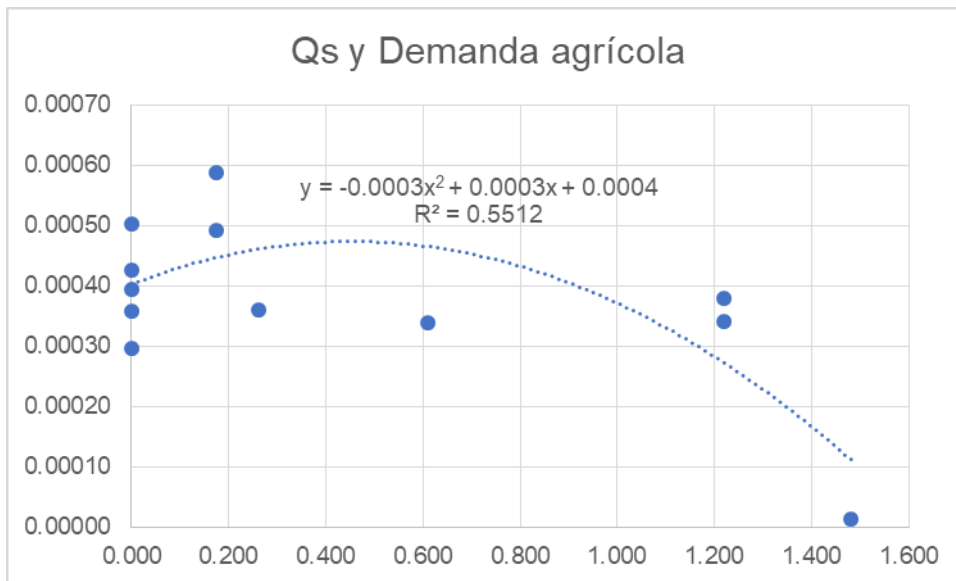


Figura 24. Función polinómica, caudal de salida y demanda agrícola

De otro lado, en la siguiente tabla se muestran los resultados de análisis de varianza para este objetivo específico.

Tabla 31. Análisis de varianza – caudal de salida y demanda agrícola

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	8.22E-08	8.22E-08	6.058	0.034
Residuos	10	1.36E-07	1.36E-08		
Total	11	2.18E-07			

De la estadística de regresión, se obtuvo el valor de F crítico de 0.034 que es menor al valor de 0.05 del nivel de significancia, el cual señala aceptar la hipótesis nula de la investigación. El cual señala que la relación entre el caudal de salida y demanda agrícola es directamente proporcional.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Discusión de resultados

Para el cálculo del caudal del canal alimentador, se ejecutó el método del flotador previo y posteriormente para obtener el caudal de entrada y salida dentro del canal de alimentación principal del distrito de Huachac. Cabe resaltar que el canal alimentador presenta una sección trapezoidal de 1.50 m de base menor, altura de 1.80 m y 3.70 m de base mayor, la misma que se encuentra contenida en su totalidad, con un área de sección transversal de 4.68 m², velocidad de 1.37 m/s y caudal de 5.13 m³/s.

Posteriormente se calculó el caudal de salida por el método del flotador, para el cual se realizaron mediciones por 4 semanas con 3 mediciones por semana, en un tramo de 10 m del canal. De las mediciones se obtuvo el caudal promedio de entrada y salida por semana; donde para la semana 1 los caudales de entrada y salida fueron 5.148 m³/s y 5.142 m³/s respectivamente, para la segunda semana el caudal de entrada y salida fue 5.146 m³/s y 5.139 m³/s respectivamente, en la tercera semana el caudal de entrada y salida en el canal

fue 5.149 m³/s y 5.143 m³/s respectivamente, y en la cuarta semana el caudal de entrada y salida en el canal fue 5.146 m³/s y 5.145 m³/s.

De la misma forma, se calculó el caudal de evaporación e infiltración para determinar la pérdida de caudal. En primer lugar se calculó el caudal de evaporación, para el cual se colocó un recipiente con agua a temperatura de ambiente de 19°C, del cual se obtuvo una pérdida de altura de agua de 0.001 m en un periodo de tiempo de 1 hora. Para calcular el volumen de evaporación, fue necesario calcular el tiempo de transporte del agua en una distancia de 1 000 m con 3.70 m de ancho, tal como la base mayor del canal, por lo cual se obtuvo el caudal de entrada de 0.748 m³ y el caudal de evaporación 0.0010278 m³/s equivalente a 1.0278 L/s. En cuanto al caudal de infiltración, este se obtuvo de la diferencia del caudal perdido y evaporado. En la tabla 13, se puede apreciar el caudal de entrada, de salida y la variación del caudal en unidades de m³/s y L/s, junto a los valores de caudal de evaporación y el caudal de infiltración. De la tabla mostrada se puede apreciar el caudal de salida difiere del caudal de entrada en menor proporción, tal como lo demuestra la columna de variación de caudal que presentó entre 1 a 7 milésimas de variación de caudal entre entrada y salida.

Así mismo, es necesario mencionar el proceso del cálculo de la demanda agrícola, para el cual fue necesario recopilar la información climática del distrito de Huachac como temperatura máxima y mínima, velocidad de viento, horas sol y precipitación; del mismo modo fue necesario recopilar los tipos de cultivo frecuentes de la zona, los cuales fueron zanahoria, arvejas, maíz, papa y alfalfa. Con la información recopilada se procedió a ingresar los datos en el programa Cropwat 8.0 del cual se pudo obtener la evapotranspiración y precipitación

efectiva para poder calcular el requerimiento de agua de los cultivos. Seguidamente se recopiló información del coeficiente de cultivo, punto de marchitez, profundidad radicular y coeficiente de agotamiento de los cultivos; también se recopiló información del tipo de suelo, como su densidad y velocidad de infiltración del agua en el suelo (FAO, 2006). Con la información recolectada, se pudo calcular la lámina neta y bruta de riego para cada cultivo, y así posteriormente se pudo obtener el requerimiento de agua, tiempo de riego e intervalo de días de riego, tal como se describen en las tablas 19 a 23. En la tabla 24, se puede apreciar la demanda de riego de los cultivos como zanahoria, arvejas, maíz, papa y alfalfa; para el cual se seleccionaron los valores máximos de cada cultivo, es así que obtuvo requerimientos de agua de $0.00007 \text{ m}^3/\text{s}$; $0.00015 \text{ m}^3/\text{s}$; $0.00016 \text{ m}^3/\text{s}$; $0.00020 \text{ m}^3/\text{s}$ y $0.00020 \text{ m}^3/\text{s}$ para cada cultivo respectivamente en el orden descrito.

De acuerdo con los resultados descritos y las cantidades mencionadas, es posible mencionar que el caudal de demanda hídrica para riego es menor respecto al caudal de entrada y salida del canal de alimentación principal, por lo que a la vez se puede afirmar que el caudal del canal alimentador puede abastecer a los cultivos de las zonas aledañas dentro del distrito de Huachac.

5.1.1. Caudal de entrada de un canal alimentador y demanda hídrica

En cuanto al caudal de entrada del canal alimentador y la demanda hídrica para cultivos, se organizó la tabla 25 en la cual se puede apreciar el caudal de entrada y demanda agrícola en unidades de m^3/s por cada mes. Para el caudal de entrada, estese obtuvo de una relación con el caudal de entrada en el canal alimentador y la precipitación que ocurre en la zona por cada mes. Para el caudal de demanda agrícola, se sumaron los caudales de los cultivos por cada mes.

Así mismo, en la figura 20 se puede apreciar las curvas de los caudales de entrada y demanda agrícola, donde la curva del caudal de entrada tiene una disminución considerable que llega hasta los 0 m³/s en los meses de mayo a setiembre. A diferencia del caudal de demanda agrícola que se incrementa en los meses de agosto a diciembre. Del cual, se puede deducir que tras un almacenamiento la demanda de agua en los meses de mayo a setiembre se puede satisfacer de forma eficiente o de lo contrario se puede efectuar el riego de cultivos con menor demanda de agua para alcanzar la edad de cultivo.

De otro lado, se debe mencionar que el caudal del canal alimentador puede abastecer de agua a los cultivos con mayor demanda de consumo y producción del distrito de Huachac que a la vez distribuye a ciertas partes del Valle del Mantaro e incluso la ciudad capital de Lima.

Con la finalidad de comprobar la relación entre el caudal de entrada del canal alimentador y demanda agrícola, se desarrolló la correlación de Pearson de la cual se obtuvo la estadística de regresión y análisis de varianza. De la estadística de regresión se obtuvo que la relación entre el caudal de entrada y la demanda agrícola es positiva y que el 55.12% de la demanda agrícola depende del caudal de entrada en el canal alimentador.

5.1.2. Caudal de salida de un canal alimentador y demanda hídrica

Referente al caudal de salida del canal alimentador y la demanda hídrica para cultivos, se presentó la tabla 26 en la cual se adjuntan los resultados del caudal de salida y demanda agrícola para cada mes. De igual forma en la figura 21, se puede apreciar las curvas de caudal de salida y demanda agrícola, en la que al igual que el caudal de entrada en este caso también se tuvo disminución

del caudal en los meses de mayo a setiembre. No obstante el caudal de demanda agrícola se mantuvo y tuvo algunas variaciones.

Por otro lado, se debe mencionar que el caudal de salida tiene una ligera disminución referente al caudal de entrada. Por lo que en la tabla 27, se puede apreciar el porcentaje de eficiencia de la conducción del canal alimentador principal, en donde la eficiencia se encuentra entre el 99.86 a 99.97%. Así mismo, se puede apreciar la distribución de los datos de caudales de entrada y salida en la figura 22. De acuerdo con lo mencionado, en cuanto a la tabla y figura se puede afirmar que la eficiencia del canal es alta, pues la relación se encuentra cercana al 100%.

En base a los resultados obtenidos de eficiencia de conducción, se cuenta con soporte de investigaciones anteriores a las que se denominan antecedentes. En primer lugar se tiene el antecedente de Pupiales (2019) en el cual se determinó la eficiencia de conducción en tres tramos del canal conocido como ramal El Pueblo, donde se obtuvo una eficiencia de conducción alta (99%) a diferencia de la eficiencia de distribución que fue baja debido a los tiempos de riego y operación de infraestructura. Con este antecedente, se puede corroborar la eficiencia de conducción del canal de alimentación principal en el distrito de Huachac. Del mismo modo, se recomienda verificar la eficiencia de conducción en otros tramos ya que el canal de riego es el principal y cuenta con una longitud mayor de trayecto.

También se tiene el antecedente de Yungán (2019) en el cual determinó la eficiencia de conducción de 4 tramos del ramal Churoloma, donde dos tramos fueron canales revestidos (tramo 3 y 4) y dos tramos fueron canales sin revestir (tramos 1 y 2). Los tramos 1; 2 y 4 presentaron buena eficiencia de conducción

a diferencia del tramo 3 que presentó baja eficiencia de conducción y distribución debido a la filtración en las compuertas y falta de actualización de superficies de riego. En cuanto a este antecedente, se puede respaldar que el revestimiento del canal principal de la investigación garantiza la eficiencia de conducción de los canales.

Por otro lado, se tiene el antecedente de Chiclote (2017) en el cual se determinó la eficiencia de conducción del canal de riego El Progreso Mayanal de 1 Km de recorrido que evidenció eficiencia de conducción baja (83.86%) debido al mal estado del recubrimiento del canal y deterioro de las juntas. De acuerdo con este antecedente, se puede afirmar que la conservación del recubrimiento del canal permite garantizar la eficiencia de conducción del canal. Así mismo, se debe mencionar que el canal no presentó algún deterioro en el revestimiento y juntas, por lo que la eficiencia de conducción del canal fue alta (99.86%). Debido a que el caudal de salida presentó una ligera disminución respecto al caudal de entrada.

También se cuenta con el antecedente de Cieza (2019) en el que analizaron los factores y criterios que influyen en la eficiencia de conducción de canales de irrigación en zonas altoandinas. Encontró que la eficiencia de conducción es baja (80%) debido a la presencia de grietas, roturas y juntas en mal estado en el recorrido de 5.766 Km del canal que ocasionan pérdidas significativas de agua. Del mismo modo, se debe mencionar que el canal presentó secciones rectangulares y trapezoidales que afectaron directamente la eficiencia de conducción del canal. En base a este antecedente, se puede confirmar que la continuidad de la sección trapezoidal del canal alimentador

principal, permite obtener una mayor eficiencia, así como la conservación de revestimientos y juntas.

Por último, se tiene el antecedente de Jiménez (2017) en la cual determinaron la eficiencia de conducción del canal de agua en el sector agrícola en Tumbes en un tramo de 500 m, del que se obtuvo valores de eficiencia de conducción para el tramo de canal revestido de 98% y para el tramo de canal no revestido la eficiencia fue 94%. Donde se afirma que existen menores pérdidas en un canal revestido que en un canal no revestido en el que ocurren pérdidas de evaporación e infiltración. De acuerdo con este antecedente, se comprueba la eficiencia de conducción de canales con revestimiento frente a los que no presentan revestimiento.

CONCLUSIONES

- De forma general, se concluye que la relación entre la eficiencia de conducción del canal alimentador y la demanda hídrica para consumo agrícola fue directamente proporcional. Debido a que la eficiencia de conducción fue alta y no se observaron deterioros en el tramo de estudio del canal principal, lo que garantiza la conducción de agua en el canal para abastecer a los cultivos del área de estudio.
- Referente al primer objetivo específico, se concluye que existe relación directa proporcional entre el caudal de entrada del canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac. Ya que se pudo comprobar que el 55.12% de la demanda hídrica agrícola depende del caudal de entrada en el canal alimentador.
- En cuanto al segundo objetivo específico, se concluye que existe relación directamente proporcional entre el caudal de salida del canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac. Ya que se pudo evidenciar que el caudal de demanda agrícola es menor respecto al caudal de salida del canal alimentador que deriva agua para los cultivos del área estudiada. No obstante se pudo apreciar la escasez de agua en los meses de mayo a setiembre, que se puede solucionar con el almacenamiento de agua y la siembra de cultivos con baja demanda hídrica.
- En cuanto al tercer objetivo específico, sobre el grado de deterioro de deterioro en el canal alimentador, se concluye que la relación es directa debido a que la eficiencia de conducción fue alta por las buenas conducciones en las que se encuentra el canal principal de alimentación.

RECOMENDACIONES

- De forma general se recomienda considerar más tramos de estudio para poder brindar una visión más amplia de la eficiencia de conducción en el canal alimentador, así como la identificación de deterioros en dichos tramos que pueden alterar y afectar la eficiencia de conducción del canal. También se recomienda incluir la evaluación de eficiencia de distribución para poder determinar la eficiencia de la distribución de agua a los cultivos del área de estudio.
- Referente al primer objetivo específico, se recomienda tener en cuenta la longitud de estudio para poder obtener de forma exacta y cercana el caudal de entrada en el canal alimentador, y así evitar la repetición de pruebas y las variaciones climáticas de la zona de estudio.
- En cuanto al segundo objetivo específico, se recomienda ser minucioso en la medición de tiempo para facilitar la obtención de la velocidad del agua y evitar la repetición de pruebas y agilizar la toma de datos. De la misma forma, se recomienda considerar otros métodos para la recolección de datos del caudal del canal alimentador para poder comparar las diferencias entre los métodos y ver cual se acerca más a la situación actual del canal.
- En cuanto al tercer objetivo específico, se recomienda considerar otros tramos de estudio, para poder evaluar la existencia de deterioros en otros tramos que pueden afectar la eficiencia de conducción del canal, debido a que en el tramo de estudio no se encontraron deterioros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu , R., & Lara , Á. (2015). *Análisis comparativo de canales tradicionales vs canales revestidos con geomembrana de polietileno en secciones trapezoidales*. Santo Domingo, República Dominicana: Universidad Nacional Pedro Henriquez Ureña.
- Aguilar, J. (2005). Justificación social de la investigación. *Ingenierías*, 3-6.
- Aguirre, W. (2020). *Pautas para confeccionar la metodología de investigación científica*. Piura, Perú: Universidad Nacional de Tumbes.
- Alam, M., & Bhutta, M. (2004). Agricultural Water Management . *Comparative evaluation of canal seepage investigation techniques* .
- Aparicio, F. (1997). *Fundamentos de hidrología de superficie* (11va ed.). México: Limusa SA.
- Araya, A., Gonzáles, V., & Jiménez, M. (2018). Análisis de la variación del coeficiente de rugosidad de Manning con respecto a la pendiente del canal en tubería de PVC de 315 mm de diámetro. *Ingeniería UC*.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Bogotá, Colombia: Pearson Educación.
- Bustamante, N. (2019). *Revestimiento del canal alimentador de las lagunas Boro, tramo: Bola de Oro hasta ingreso, que permita captar agua cruda en cantidad para abastecer a la planta de tratamiento de la ciudad de Chiclayo*. Lambayeque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- Chiclote, O. (2017). *Evaluación de la eficiencia de conducción del canal de riego El Progreso Mayanal – Jaén – Cajamarca, Tramo: Km 0+000 – 1+000*. Jaén, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Cieza, 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*. Lambayeque: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.
- CONGOPE. (2014). *Hablemos de riego*. Quito, Ecuador.
- Corporación Autónoma Regional de Nariño. (2009). Oferta y Demanda hídrica. *Plan de Ordenamiento del recurso hídrico de la quebrada Miraflores*, 98-108.

- Díaz, L., & Alarcon, J. (2018). *Estudio hidrológico y balance hídrico para determinar la oferta y la demanda de agua de la cuenca de la quebrada Niscota para un acueducto interveredal en Nunchía, Casanare*. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Duran, X. (12 de diciembre de 2017). *IAGUA*. Obtenido de Los canales de regadío, las pérdidas de agua y las soluciones para el futuro: <https://www.iagua.es/blogs/xavi-duran-ramirez/canales-regadio-perdidas-agua-y-soluciones-futuro>
- Espinoza, C. (2014). *Metodología de investigación tecnológica*. Huancayo, Perú: Ciro Espinoza Montes.
- FAO. (2012). *Diseño de métodos de riego*.
- FAO. (2013). *Afrontar la escasez de agua. Un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria*. Roma, Italia: FAO.
- Gallardo, E. (2016). *Diseño hidráulico de una captación superficial mediante toma convencional para el abastecimiento de agua potable al cantón Caluguro*. Machala, Ecuador: Universidad Técnica de Machala.
- Grajales, T. (2000). Tipos de Investigación. *Tipos de Investigación*, 1-4.
- Grassi, C. (2001). Operación y mantenimiento de sistemas de riego . Mérida, Venezuela.
- IAGUA. (9 de diciembre de 2018). *IAGUA*. Obtenido de La crisis del agua en México provoca que 12 millones de personas no tengan acceso a agua potable: <https://www.iagua.es/noticias/conacyt/crisis-agua-mexico-provoca-que-12-millones-personas-no-tengan-acceso-agua-potable>
- IngeCivil. (2016). *Civil Excel: Planillas para ingeniería civil*. Obtenido de <https://www.civilexcel.com/2012/02/disenio-de-canales.html>
- Jiménez, J. (2017). *La eficiencia de conducción en el canal troncal tramo no revestido progresiva 5+400 – 5+900; tramo revestido progresiva 17+006 – 17+506 – Caso comisión de usuarios margen izquierda del río Tumbes 2017*. Tumbes, Piura: Universidad Nacional de Tumbes.
- Ministerio de Agricultura y Riego. (Setiembre de 2015). *Manual N°5: Medición de agua*. Lima, Perú.
- Nastacuas, J. (2020). *Caracterización de la eficiencia de conducción y distribución del agua de riego en el ramal San Blas del sistema de riego Tumbaco*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

- OECD Library. (2021). *OECD Library*. Obtenido de Capítulo 1. Riesgos urgentes y emergentes del agua en Argentina: <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/f8509bda-es/index.html?itemId=/content/component/f8509bda-es>
- Ordoñez, J. (2011). Contribuyendo al desarrollo de una cultura del agua y la gestión integral de recurso hídrico. *Balance hídrico superficial*, 6-41.
- Portillo, G. (s.f.). *Meteorología en red*. Obtenido de Pluviómetro: <https://www.meteorologiaenred.com/pluviometro.html>
- Programa Subsectorial de Irrigaciones. (1 de Agosto de 2017). *Ministerio de Agricultura y Riego*. Obtenido de <http://www.psi.gob.pe/MiRiego/ES/49.pdf>
- Proyecto Subsectorial de Irrigación. (2004). Determinación de Eficiencias de Conducción y Distribución. En P. S. Irrigación, *Programa de Entrenamiento en Servicios - PES*. Lima, Perú: Ministerio de Agricultura.
- Pupiales, I. (2019). *Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal El Pueblo del sistema de riego Tumbaco*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Roco, L. (2015). *Observatodo*. Obtenido de Canal Pencas: El primer canal completamente revestido del valle del Elqui: <https://www.elobservatodo.cl/noticia/listado/canal-pencas-el-primer-canal-completamente-revestido-del-valle-del-elqui>
- Rodríguez, H. (2015). *Evaluación de las eficiencias de conducción en los canales de derivación de la comisión de usuarios de Sausal, su impacto en la dotación de agua en la distribución*. Trujillo, Perú: Universidad Nacional de Trujillo.
- Rosales, A. (2019). *Oferta hídrica para uso agrario en la microcuenca Huancallima utilizando ArcGis y el modelo de Lutz Scholtz*. Lima, Perú: Universidad Nacional Ffederico Villarreal.
- Ruiz, L., Rojas, J., Lambis, C., Ortigas, J., & Duque, J. (2021). *Hidráulica*. (U. d. CUC, Ed.) Obtenido de Flujo en Canales Abiertos: <https://hidraulica65.webnode.com.co/integrantes/>
- Service S.A.C. (s.f.). *High Tech Service*. Obtenido de <https://www.htsperu.com.pe/medidor-de-calidad-de-agua/instrumentos-para-monitoreo-de-suelos/infiltrometros>

- Tipantiza, L. (2020). *Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal Alangasí – La Merced del sistema de riego Tumbaco*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Universidad Nacional de Ingeniería. (2021). Flujo Uniforme. Lima, Perú. UNOPS. (2021). UNOPS. Obtenido de Lucha contra la escasez de agua en el Perú: <https://www.unops.org/es/news-and-stories/stories/combating-water-scarcity-in-peru>
- Valverde, J. (2007). *Riego y drenaje* . Costa Rica.
- Vargas, A. (2021). *Recuperación de la eficiencia hidráulica en estructuras de conducción abierta – Canal de Riego Apata, Región Junín en el 2019*. Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- WWF. (2021). Efectos del cambio climático en la Península Ibérica.
- Yungán, A. (2019). *Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal Churoloma del sistema de riego Tumbaco*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema general: ¿Qué relación existe entre la eficiencia de conducción de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachác, Junín?</p> <p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué relación existe entre el caudal de entrada de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de huacha, Junín? • ¿Qué relación existe entre el caudal de salida de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín? • ¿Qué relación existe entre el grado de deterioro de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín? 	<p>Objetivo general: Determinar la relación entre la eficiencia de conducción de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachác, Junín.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la relación entre el caudal de entrada de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachác, Junín. • Determinar la relación entre el caudal de salida de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín. • Determinar la relación entre el grado de deterioro de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Junín. 	<p>Antecedente internacional: Según Pupiales (2019) en la tesis titulada “Determinación de la eficiencia de conducción y distribución en el ramal El Pueblo del sistema de riego Tumbaco”. El objetivo general de la investigación fue, determinar la eficiencia de conducción en tres tramos del ramal El Pueblo del sistema de riego Tumbaco y la presencia de sub o sobre irrigación en el óvalo. La población estuvo delimitada por el sistema de riego Tumbaco que pertenece al Cantón Quito de la provincia de Pichincha y la muestra estuvo compuesta por tres tramos del ramal del sistema de riego. El método de investigación fue científico, con diseño no experimental. Llegó a la conclusión de que, la eficiencia de conducción en el canal secundario es alta y la eficiencia de distribución en el óvalo se encuentra afectada por los tiempos de riego y la operación de la infraestructura de riego.</p> <p>Antecedente nacional: Según Chiclote, (2017) en la tesis titulada “Evaluación de la eficiencia de conducción del canal de riego El Progreso Mayanal – Jaén – Cajamarca, Tramo: Km 0+000 – 1+000”. El objetivo general fue, determinar la eficiencia de la conducción de agua del canal de riego El Progreso Mayanal – Jaén – Cajamarca. El método de investigación fue científico con diseño no experimental. La población estuvo compuesta por el canal de riego El Progreso Mayanal de 5 Km y la muestra estuvo limitada por 1 Km del canal de riego. Llegó a la conclusión de que, la eficiencia de conducción es baja ($e=88.56\%$) debido al mal estado del recubrimiento del canal y el deterioro de las juntas.</p> <p>Marco teórico referencial:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Canales • Eficiencia de conducción de canales • Elementos geométricos de un canal • Tipos de revestimiento en canales • Demanda hídrica 	<p>Hipótesis general: La relación entre la eficiencia de conducción de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín; es directamente proporcional.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La relación entre el caudal de entrada de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín; es directamente proporcional. • La relación entre el caudal de salida de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Huachac, Junín; es directamente proporcional. • La relación entre el grado de deterioro de un canal alimentador y la demanda hídrica para uso agrícola en el distrito de Junín; es directamente proporcional. 	<p>Variable 1: Eficiencia de conducción de canal alimentador</p> <p><u>Dimensiones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Caudal de entrada • Caudal de salida • Grado de deterioro del canal <p>Variable 2: Demanda hídrica para uso agrícola</p> <p><u>Dimensiones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipos de cultivos • Coeficiente de cultivo • Cantidad de agua 	<p>Método: Científico Tipo: Aplicada Nivel: Correlacional Diseño: No experimental</p> <p>Población: Compuesta por el canal de alimentación principal de riego de 5km del distrito de Huachác, provincia de Chupaca en el departamento de Junín.</p> <p>Muestra: Delimitada por 3 tramos pertenecientes al canal alimentador principal para el riego de parcelas del distrito de Huachác, cada uno de los tramos tendrá una extensión de 175.33 metros.</p> <p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos: Observación directa, análisis de documentos y trabajo en gabinete.</p> <p>Técnicas de procesamiento de datos: Microsoft Excel y SPSS.:</p>

Anexo 2: Vistas aérea del distrito de Huachac

FOTOGRAFÍA N°01: Visualización aérea de las parcelas de cultivo del distrito de Huachac.



FUENTE: Google earth.

Anexo 2: Vista aérea del canal de riego del distrito de Huachác

FOTOGRAFÍA N°02: Visualización aérea del canal alimentador de riego de 526m.



FUENTE: Elaboración Propia.

Anexo 3: Método del flotador

IMAGEN N°03: Selección de un tramo recto, uniforme en el canal alimentador de riego de 10m en la progresiva 0+040 y se coloca el punto A o inicio.



FUENTE: Elaboración Propia.

IMAGEN N°04: Marcación del punto B o final de 10m en el canal alimentador.



FUENTE: Elaboración Propia.

IMAGEN N°05: Vista general del tramo de 10m en el canal alimentador del punto de inicio y final (a y b).



FUENTE: Elaboración Propia.

IMAGEN N°06: En el punto A o de inicio se coloca en la parte media del canal una esfera de Tecnopor para que realice el recorrido de 10m.



FUENTE: Elaboración Propia.

IMAGEN N°07: Con un cronometro se determina el tiempo que tarda en recorrer la esfera de Tecnopor en el tramo seleccionado de 10m.



FUENTE: Elaboración Propia.

IMAGEN N°08: Se anota en una libreta el tiempo de recorrido que realizo la esfera de Tecnopor en 10m de ahí se vuelve a realiza 4 repeticiones.



FUENTE: Elaboración Propia.

Anexo 3: Levantamiento topográfico

IMAGEN N°09: Se establece un punto de referencia. Se instala el equipo y se ajusta el trípode.



FUENTE: Elaboración Propia.

IMAGEN N°10: Se nivela el equipo de estación total para tomar los diferentes puntos.



FUENTE: Elaboración Propia.

IMAGEN N°11: Una vez nivelado y ajustado la estación total se comienza a tomar los datos de campo.



FUENTE: Elaboración Propia.

IMAGEN N°12: Con la nivelación de la estación total se empieza a tomar los puntos a dirección del prisma.



FUENTE: Elaboración Propia.

IMAGEN N°13: Se realiza el seccionamiento cada 20m.



FUENTE: Elaboración Propia.

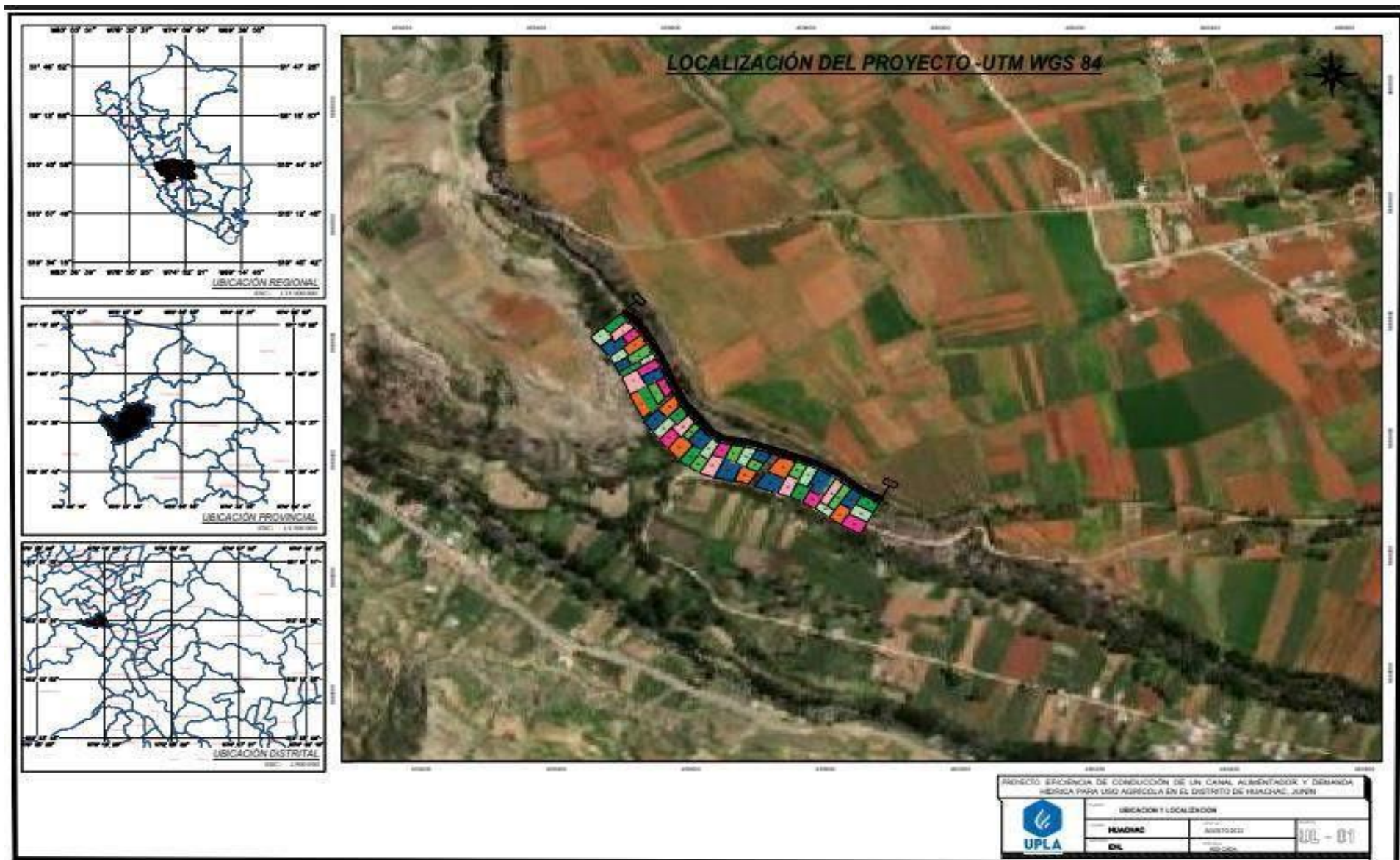
IMAGEN N°14: Se realiza el levantamiento topográfico en 526m con la estación total en el canal alimentador principal de riego del distrito de Huachác.

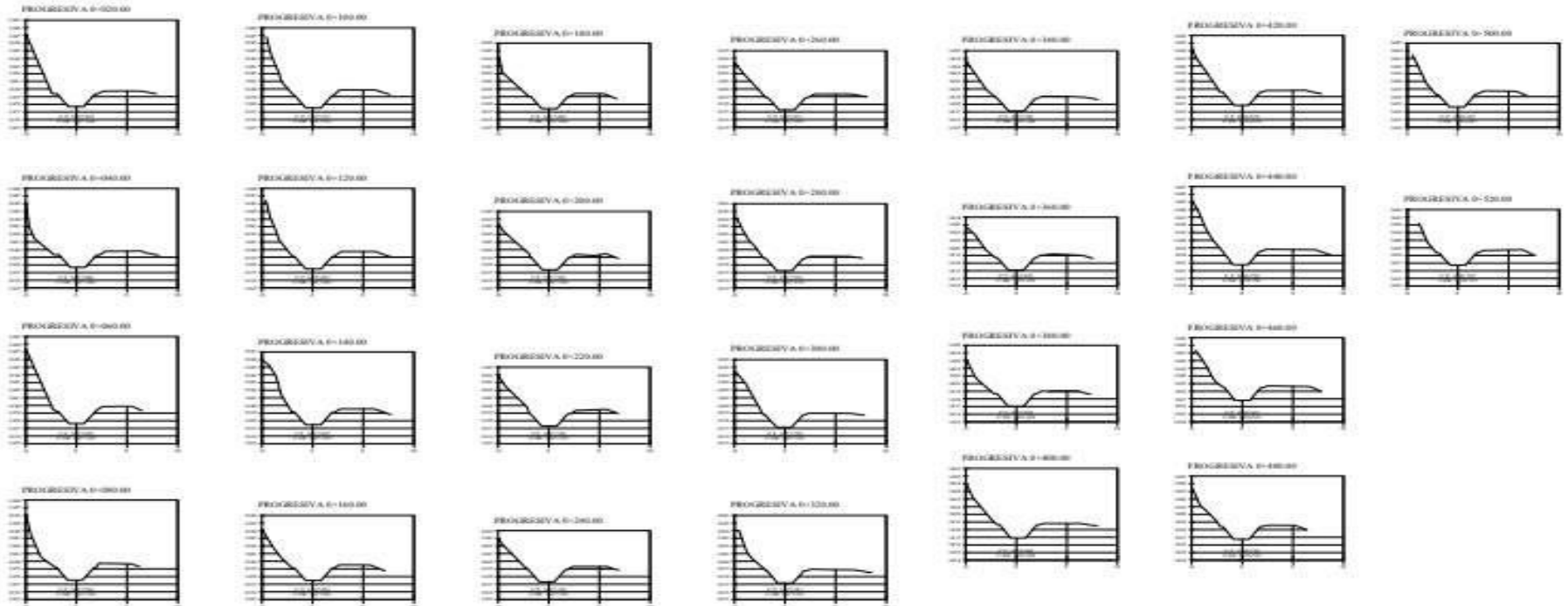


FUENTE: Elaboración Propia.

Anexo 4: Planos

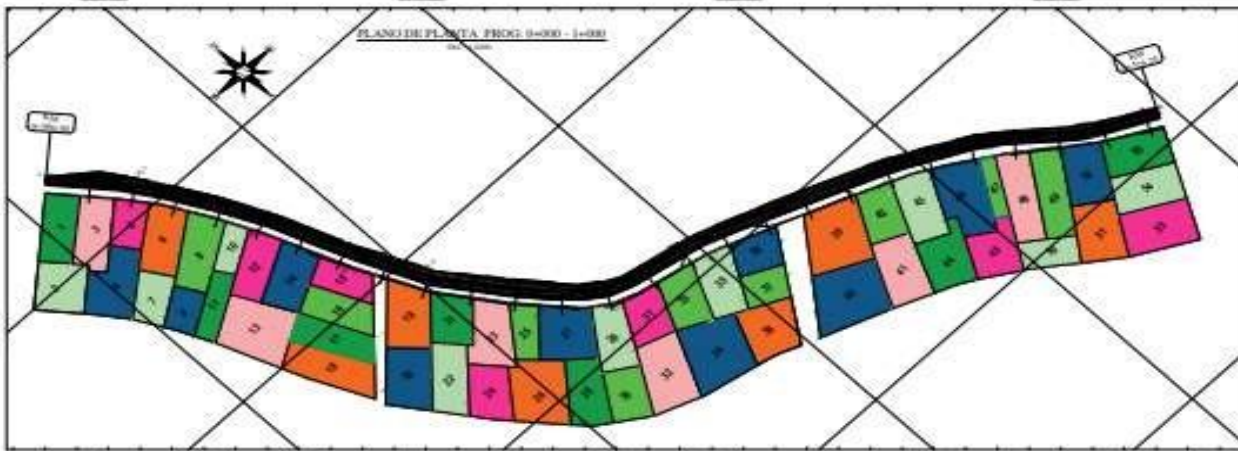
- LOCALIZACIÓN Y UBICACIÓN (UL-01)
- PARCELAS (PAR-01)
- PROGRESIVAS (PR-01)
- PLANTA PERFIL Y LONGITUDINAL (PL-01)





PROYECTO: EFICIENCIA DE CONDUCCIÓN DE UN CANAL ALIMENTADOR Y DEMANDA HÍDRICA PARA USO AGRÍCOLA EN EL DISTRITO DE HUACHAC, JUNÍN

	PLANO: PROGRESIVAS	
	LUGAR: HUACHAC	FECHA: AGOSTO-2022
	ORDEN: EHL	ESCALA: INDICADA
		LÁMINA: PR - 01



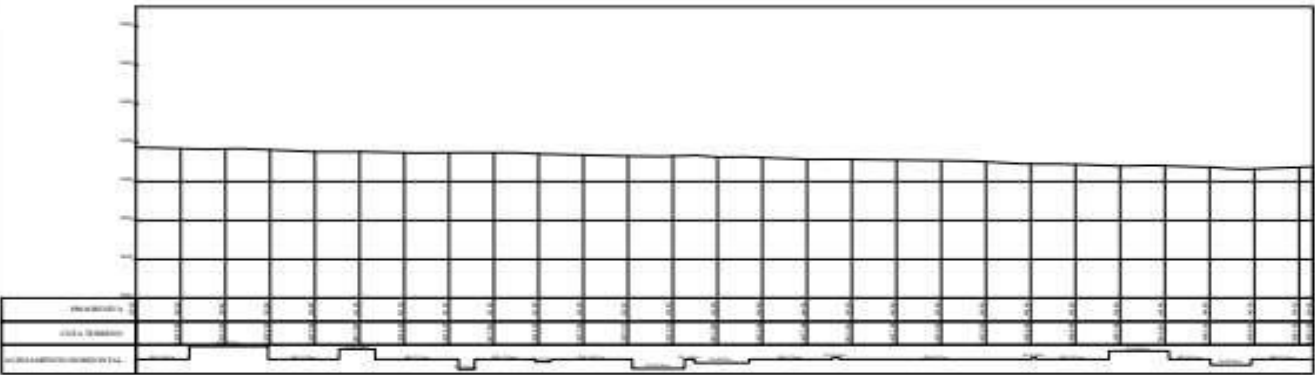
DATOS DE GEOREFERENCIACION

DATUM HORIZONTAL : WGS 84 - 1985
SISTEMA DE CUADRILATERO : UTM CADA 100 m

Tabla de coordenadas de los puntos de control

NO.	COORDENADAS UTM	DESCRIPCION
1	1000000.000 6200000.000	Estación de control 1
2	1000000.000 6200000.000	Estación de control 2
3	1000000.000 6200000.000	Estación de control 3
4	1000000.000 6200000.000	Estación de control 4
5	1000000.000 6200000.000	Estación de control 5
6	1000000.000 6200000.000	Estación de control 6
7	1000000.000 6200000.000	Estación de control 7
8	1000000.000 6200000.000	Estación de control 8
9	1000000.000 6200000.000	Estación de control 9
10	1000000.000 6200000.000	Estación de control 10
11	1000000.000 6200000.000	Estación de control 11
12	1000000.000 6200000.000	Estación de control 12
13	1000000.000 6200000.000	Estación de control 13
14	1000000.000 6200000.000	Estación de control 14
15	1000000.000 6200000.000	Estación de control 15
16	1000000.000 6200000.000	Estación de control 16
17	1000000.000 6200000.000	Estación de control 17
18	1000000.000 6200000.000	Estación de control 18
19	1000000.000 6200000.000	Estación de control 19
20	1000000.000 6200000.000	Estación de control 20
21	1000000.000 6200000.000	Estación de control 21
22	1000000.000 6200000.000	Estación de control 22
23	1000000.000 6200000.000	Estación de control 23
24	1000000.000 6200000.000	Estación de control 24
25	1000000.000 6200000.000	Estación de control 25
26	1000000.000 6200000.000	Estación de control 26
27	1000000.000 6200000.000	Estación de control 27
28	1000000.000 6200000.000	Estación de control 28
29	1000000.000 6200000.000	Estación de control 29
30	1000000.000 6200000.000	Estación de control 30
31	1000000.000 6200000.000	Estación de control 31
32	1000000.000 6200000.000	Estación de control 32
33	1000000.000 6200000.000	Estación de control 33
34	1000000.000 6200000.000	Estación de control 34
35	1000000.000 6200000.000	Estación de control 35
36	1000000.000 6200000.000	Estación de control 36
37	1000000.000 6200000.000	Estación de control 37
38	1000000.000 6200000.000	Estación de control 38
39	1000000.000 6200000.000	Estación de control 39
40	1000000.000 6200000.000	Estación de control 40
41	1000000.000 6200000.000	Estación de control 41
42	1000000.000 6200000.000	Estación de control 42
43	1000000.000 6200000.000	Estación de control 43
44	1000000.000 6200000.000	Estación de control 44
45	1000000.000 6200000.000	Estación de control 45
46	1000000.000 6200000.000	Estación de control 46
47	1000000.000 6200000.000	Estación de control 47
48	1000000.000 6200000.000	Estación de control 48
49	1000000.000 6200000.000	Estación de control 49
50	1000000.000 6200000.000	Estación de control 50

SECCION TRANSVERSAL DEL DISEÑO DEL CANAL



LEYENDA

	DIRECCION DEL NORTE
	ALINEACION DEL CANAL
	ALINEACION
	ALINEACION DEL ALIVIAMIENTO
	PROTECCION EN LA CUBIERTA
	CUBIERTA EN LA CUBIERTA
	CUBIERTA EN LA CUBIERTA

PROYECTO: EFICIENCIA DE CONDUCCION DE UN CANAL ALIMENTADOR Y DEMANDA HIDRICA PARA USO AGRICOLA EN EL DISTRITO DE HUACHAC, JUNIN.

UPLA

PLANTA:	PLANTA-PERFIL LONGITUDINAL	
UBICACION:	HUACHAC	FECHA: AGOSTO-2022
PROYECTO:	EHL	INDICADA: PL - 01