



UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y
ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TESIS

**DIAGNÓSTICO DE INFRAESTRUCTURA DE RIEGO MENOR
Y BALANCE HÍDRICO DEL BLOQUE HUAMPO ACOLA
COMITÉ DE USUARIOS “HUANCA” DISTRITO DE PAUZA
PROVINCIA PAUCAR DEL SARA SARA - AYACUCHO**

**PRESENTADA POR
BACHILLER RICHARD JORGE USCAMAYTA MONTALVO**

**ASESOR:
ING. ALEJANDRO FUENTES HUAMÁN**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

MOQUEGUA – PERÚ

2023

CONTENIDO

	Pág.
Página de jurado.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Contenido.....	iv
CONTENIDO DE TABLAS.....	viii
CONTENIDO DE FIGURAS.....	x
CONTENIDO DE APÉNDICES.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción de la realidad del problema.....	1
1.2 Definición del problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos.....	2
1.3. Objetivos de la investigación.....	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos.....	2
1.4. Justificación.....	3
1.4.1. En lo económico.....	3

1.4.2. En lo social.....	4
1.4.3. En lo ambiental.	4
1.5. Alcances y limitaciones.....	4
1.5.1. Alcances.	4
1.5.2. Limitaciones.....	5
1.6. Variables	5
1.6.1. Variables independientes. (X).....	5
1.6.2. Variables dependientes. (Y).....	5
1.6.3. Operacionalización de variables.	6
1.6.4. Definición conceptual de las variables.....	6
1.7. Hipótesis de la investigación.....	8
1.7.1. Hipótesis general.....	8
1.7.2. Hipótesis específicas.	8

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación	9
2.2. Bases teóricas	11
2.2.1. El riego de los cultivos.....	11
2.2.2. Administración de sistemas de riego.	15
2.3. Definición de términos.....	17
2.3.1. Infraestructura de riego	17
2.3.2. Balance hídrico.....	20

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1. Tipo de investigación	21
3.2. Diseño de la investigación	21
3.2.1. Observaciones proyectadas.	22
3.3. Población y muestra	22
3.3.1. Población.....	22
3.3.2. Muestra.....	22
3.4. Características del campo experimental.....	22
3.4.1. Lugar de ejecución.	22
3.4.2. Hidrografía del sector de estudio.	26
3.5. Descripción de instrumentos para recolección de datos	26
3.6. Proceso de investigación	27
3.6.1. Preparación de documentación.	27
3.6.2. Visita de campo.....	28
3.6.3. Entrevistas	28
3.6.4. Determinación de resultados	28

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación de resultados.....	29
4.2. Contrastación de hipótesis.....	53
4.3. Discusión de resultados.....	54

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones	56
5.2. Recomendaciones.....	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
APÉNDICES.....	63
MATRIZ DE CONSISTENCIA	78
INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	79

CONTENIDO DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de variables	6
Tabla 2. Ubicación geográfica del bloque de riego Huampo Acola.....	24
Tabla 3. Ubicación geográfica de las fuentes de agua captación.....	24
Tabla 4. Infraestructura hidráulica, canales de conducción.....	29
Tabla 5. Infraestructura hidráulica, canales de distribución primer orden.....	30
Tabla 6. Infraestructura de riego, canales de distribución segundo orden.....	30
Tabla 7. Eficiencia de conducción en la infraestructura de conducción.....	31
Tabla 8. Eficiencia de distribución, canales de distribución primer orden.....	32
Tabla 9. Infraestructura de riego, canales de distribución segundo orden.....	32
Tabla 10. Eficiencias y pérdidas en la infraestructura de riego.....	33
Tabla 11. Temperatura promedio mensual.....	35
Tabla 12. Evapotranspiración potencial	35
Tabla 13. Cédula de cultivo.....	37
Tabla 14. Cálculo de la evapotranspiración	38
Tabla 15. Resumen de eficiencia de riego del proyecto.....	40
Tabla 16. Demanda hídrica total expresada en m ³	42
Tabla 17. Caudales medios m ³ ·s ⁻¹ , al 75 % de persistencia (serie histórica).....	43
Tabla 18. Precipitación efectiva (mm).....	46
Tabla 19. Cálculos de oferta hídrica fuentes de agua río Mirmaca y quebrada Huaton.....	48
Tabla 20. Balance hídrico de las fuentes de agua río Mir.maca y quebrada Huaton.....	50

Tabla 21. Volumen de otorgamiento.....	50
Tabla 22. Volumen total de asignación.....	51
Tabla 23. Disponibilidad hídrica con derechos otorgados.....	53

CONTENIDO DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ilustración de tipos de pérdidas en un sistema tradicional de regadío...	13
Figura 2. Ubicación del bloque de riego	25
Figura 3. Mapa de ubicación del lugar de estudio	26
Figura 4. Representación gráfica de eficiencia de riego según canal	
de conducción/distribución.....	33
Figura 5. Representación gráfica de pérdidas ($l s^{-1}$) según canal de	
conducción/distribución.....	34
Figura 6. Variación de temperatura.....	35
Figura 7. Cálculos de coeficientes de variación para distribución.....	48
Figura 8. Oferta hídrica (m^3) del sector de estudio río Mirmaca y quebrada Huaton.....	49
Figura 9. Balance hídrico (m^3) del sector en estudio.....	49
Figura 10. Volumen de asignación mensual (m^3).....	52
Figura 11. Volumen de otorgamiento (m^3) del sector de estudio, según fuente ...	52
Figura 12. Volumen de otorgamiento total	54

CONTENIDO DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice A: Tablas	
Tabla A1. Datos climáticos obtenidos de estación meteorológica Pauza	63
Tabla A2. Coeficiente de cultivo (Kc) de algunos cultivos en base a la tabla propuesta.....	64
Tabla A3. Formulario de encuesta.....	65
Tabla A4. Resumen de encuesta, comité Huanca	66
Tabla A5. Relación de usuarios de agua, comité Huanca	67
Apéndice B: Figuras	
Figura B1. Radiación extraterrestre (Ra) expresada en equivalente de evaporación(mm/día).....	71
Apéndice C: Fotografía	
Fotografía C1. Instalación de trabajo de investigación	72
Fotografía C2. Vista de plantaciones en el sector de estudios.....	72
Fotografía C3 Sensibilización a usuarios del comité Huanca.....	73
Fotografía C4 Canales de distribución L1 a L2.....	73
Fotografía C5. Inventario de canales y determinación del diagnóstico.....	74
Fotografía C6 Aforo con correntómetro en canal lateral.....	74
Fotografía C7 Aforo con correntómetro en punto de captación.....	75
Fotografía C8 Estado situacional del canal principal Huaton.....	75
Fotografía C9 Filtración en canal de conducción.....	76
Fotografía C10 Falta de mantenimiento en canal lateral.....	76
Fotografía C11 Canal lateral con vegetación densa.....	77
Fotografía C12 Culminación del estudio en presencia de usuarios.....	77

RESUMEN

El “Diagnóstico de infraestructura de riego menor y balance hídrico del bloque Huampo Acola comité de usuarios “Huanca” distrito de Pauza provincia Paucar del Sara Sara – Ayacucho” identificó dos canales de conducción: Canal Mirmaca, 2 810 m (100 % revestido) y Huaton 522 m (100 % rústico); cuatro canales de distribución de 1er orden: canal Huampo 947 m (17 % rústico), Calvario 2 093 m (79 % rústico), Ccaccapata 1 998 m (rústico) y canal Alton 1 127 m (72 % revestido); cinco canales de distribución de 2do orden: Marcahuasi 830 m (rústico), Acola 1 202 m (rústico), San Luis 495 m (rústico), Chaupin 763 m (rústico) y Ccencco 910 m (rústico). Su eficiencia de conducción (%) y distribución (l/seg) es: canal Mirmaca 98 % (1,77 l/seg. de pérdidas), Huaton 87 % (7,2 l/seg. de pérdidas), Huampo 98 % (1,81 l/seg. de pérdidas), Calvario 82 % (17,55 l/seg. de pérdidas), Ccaccapata 80 % (19,54 l/seg. de pérdidas), Alton 96 % (2,03 l/seg. de pérdidas), Marcahuasi 93 % (5,19 l/seg. de pérdidas) y canal Acola 81 % (16,27 l/seg. de pérdidas); las mayores pérdidas están en los canales rústicos (sin revestir). Del balance hídrico (oferta/demanda), es suficiente todo el año, con superávit en todos los meses llegando a 199 843,0 m³ en setiembre, 73 628 m³ en octubre, 45 663 m³ en noviembre y 177 426 m³ en diciembre, considerado meses más críticos del año.

Palabras claves: Cédula de cultivo, déficit hídrico, superávit hídrico

ABSTRACT

The “Diagnosis of minor irrigation infrastructure and water balance of the Huampo Acola block “Huanca” user committee, district of Pauza, province of Paucar del Sara Sara – Ayacucho” identified two conduction channels: Canal Mirmaca, 2,810 m (100% lined) and Huaton 522 m (100% rustic); four 1st order distribution channels: Huampo canal 947 m (17% rustic), Calvario 2,093 m (79% rustic), Ccaccapata 1,998 m (rustic) and Alton canal 1,127 m (72% lined); five 2nd order distribution channels: Marcahuasi 830 m (rustic), Acola 1,202 m (rustic), San Luis 495 m (rustic), Chaupin 763 m (rustic) and Ccencco 910 m (rustic). Its conduction efficiency (%) and distribution (l/sec) is: Mirmaca channel 98% (1.77 l/sec. of losses), Huaton 87% (7.2 l/sec. of losses), Huampo 98% (1.81 l/sec. of losses), Calvario 82% (17.55 l/sec. of losses), Ccaccapata 80% (19.54 l/sec. of losses), Alton 96% (2.03 l/sec of losses), Marcahuasi 93% (5.19 l/sec of losses) and Acola canal 81% (16.27 l/sec of losses); The greatest losses are in the rustic (unlined) canals. The water balance (supply/demand) is sufficient throughout the year, with a surplus in all months reaching 199,843.0 m³ in September, 73,628 m³ in October, 45,663 m³ in November and 177,426 m³ in December, considered most critical months of the year.

Keywords: Crop certificate, water deficit, water surplus

INTRODUCCIÓN

La rica biodiversidad y abundancia de recursos naturales en el Perú, en particular el recurso hídrico, no es uniforme; así, mientras en la vertiente oriental abunda los ríos y agua, en la vertiente occidental o costa peruana, existen serias limitaciones de disponibilidad ya que sólo se cuenta con el recurso, producto de las precipitaciones estacionales de los primeros meses del año y, que aun albergando al 55 % de la población del país, solo dispone del 2 % del total de agua dulce (UNOPS, 2021). A ello se suma el deficiente manejo del recurso hídrico, producto de malas prácticas en distribución, deficiente conducción e incluso mal uso del mismo en su disposición final.

La problemática del riego en la costa sur de Perú, atraviesa serias limitaciones; dado que, además de contar con escasos recursos hídricos, todavía se mantienen hábitos de manejo deficientes en los diferentes componentes; así encontramos deficiencias en la conducción (pérdidas por infiltración y evaporación) deficiencias en la distribución y asignación, deficiencias en el uso final; que frecuentemente es dejado a coordinaciones locales de los usuarios que genera problemas de índole social y agronómico. Estas limitaciones obligan a los sectores involucrados, estado y academia, a identificar, experimentar y proponer alternativas de manejo eficiente que eleven la capacidad de uso del agua de riego; orientado fundamentalmente a la asignación de agua por bloques, contemplado en el Artículo 77 del reglamento de la ley de recursos hídricos (Ley N° 29338) que constituye una alternativa con grandes ventajas que favorecen el uso eficiente, de acuerdo a la oferta y la demanda según la cedula de cultivo .

El diagnóstico de la infraestructura de riego de un sector determinado, nos va a permitir identificar las deficiencias, limitaciones y malos hábitos del uso de agua a nivel de conducción, distribución y almacenamiento. Información que puede ser utilizada para mejorar el aprovechamiento del recurso hídrico, la asignación de agua a los bloques de riego, según la oferta y demanda, a través de un balance hídrico, técnicamente definido. De tal modo que se logre llevar eficientemente el recurso hídrico al lugar de utilización, reduciendo pérdidas por infiltración, evaporación y escorrentía; requiriendo para ello, contar con adecuada y eficiente infraestructura en el proceso de gestión del recurso. A lo que, los usuarios de Huanca no son ajenos.

El presente trabajo de investigación, propone desarrollar el diagnóstico de la infraestructura hidráulica menor para el buen aprovechamiento del recurso hídrico, y el balance hídrico con la determinación de la oferta y la demanda según la cédula de cultivo, en beneficio de los 437 usuarios que conforman el sector de Huampo Acola del comité de usuarios “Huanca” distrito de Pauza provincia Paucar del Sara Sara – Ayacucho. Material que pueda servir para identificar deficiencias y potencialidades, para la implementación de mejoras.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción de la realidad del problema

Al igual que diversos sectores agrícolas del país, los usuarios conformantes del comité Huanca presentan grandes deficiencias en su sistema de conducción y distribución, generando el déficit hídrico en la asignación de agua a nivel de predios, esto obedece a las condiciones desfavorables de sus canales principales y canales laterales, como consecuencia, el cambio en las condiciones de cultivo y pérdidas en la producción.

Dentro de las grandes limitaciones por la que atraviesa el comité de usuarios, se basa en el sistema de distribución del agua, por el incompleto conocimiento de la infraestructura hidráulica existente, la distribución desordenada del recurso hídrico obedece a la utilización del recurso según sus usos y costumbres desde años ancestrales, esto se refiere a la falta de un rol de riego, la misma que nos permite la asignación del recurso de manera ordenada, desde el primer predio hasta el último considerando una infraestructura en común. El conocimiento del diagnóstico de la infraestructura hidráulica, permitirá identificar la situación real del mismo y

posibilitará la identificación de potencialidades y limitantes en el sistema; además la optimización del recurso hídrico.

1.2 Definición del problema

1.2.1 Problema general.

¿Cuál es el diagnóstico de la infraestructura de riego menor y el balance hídrico del bloque Huampo Acola del comité de usuarios Huanca del distrito de Pauza, provincia Paucar del Sara Sara en la región Ayacucho?

1.2.2 Problemas específicos.

¿Cómo será el diagnóstico de la infraestructura de riego menor del bloque Huampo Acola del comité de usuarios Huanca del distrito de Pauza?

¿Cuál será el balance hídrico del bloque de riego Huampo Acola del comité de usuarios Huanca del distrito de Pauza?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general.

Ejecutar el diagnóstico de la infraestructura de riego menor y el balance hídrico del bloque Huampo Acola del comité de usuarios Huanca del distrito de Pauza, provincia Paucar del Sara Sara en la región Ayacucho

1.3.2 Objetivos específicos.

Definir el diagnóstico situacional de la infraestructura de riego menor del bloque Huampo Acola del comité de usuarios Huanca del distrito de Pauza.

- *Fuente de agua de riego:* Rio Mirmaca y quebrada Huaton

- *Canales de distribución:* Canal Mirmaca, canal Huaton, canal Ccaccapata (L1), canal Huampo (L1), canal calvario (L1), canal alto (L1), canal Marcahuasi (L2). Canal acola (L2), canal San Luis (L2), canal Chaupin (L2) y canal Ccencco (L2).
- *Obras de arte:* Puentes vehiculares, compuertas, desarenadores, puentes aéreos, partidores.

Determinar el balance hídrico del bloque de riego Huampo Acola del comité de usuarios Huanca del distrito de Pauza.

- *Balance hídrico*
- *Cédula de cultivo*
- *Déficit hídrico*
- *Superávit hídrico.*

1.4 Justificación

La eficiencia de uso del agua, contribuye a superar el déficit del recurso hídrico a nivel mundial y el particular en el distrito de Pauza específicamente en el comité de usuarios Huanca donde las condiciones ambientales favorece el desarrollo y la explotación de cultivos tradicionales.

1.4.1 Justificación económica.

El uso eficiente del recurso hídrico, conociendo la infraestructura hidráulica y adecuadas estrategias de distribución, favorece el desarrollo de la agricultura, mejorando los niveles de productividad y rentabilidad, con la consecuente mejora económica de los usuarios del distrito.

1.4.2 Justificación social.

Una distribución adecuada del recurso hídrico, utilizando eficientemente las infraestructuras existentes favorecerá las relaciones interpersonales y condiciones de convivencia de los ciudadanos agricultores, de sector involucrado.

1.4.3 Justificación ambiental.

Durante el estudio de la infraestructura hidráulica se debe evitar la disposición inadecuada de residuos sólidos y líquidos, los que pondrán en peligro las fuentes de agua, tierras de cultivo y otros.

Que durante el estudio no se interfiera las asignaciones de agua a los predios para evitar el deterioro de la ecología existente.

Los instrumentos, materiales y herramientas a utilizar no deben contener elementos contaminantes de alto riesgo para el ecosistema y para la salud, como esmalte (con alta concentración de plomo)

1.5 Alcances y limitaciones

1.5.1 Alcances.

La investigación busca identificar las condiciones de la infraestructura existente, para la adecuada distribución del recurso hídrico y la asignación de agua necesaria para el bloque de acuerdo a la disponibilidad y propone una alternativa eficiente de distribución en beneficio de los 437 usuarios integrantes del comité, además nos permitirá brindar la información a las comisiones de usuarios, técnicos, profesionales, autoridades y demás interesados a nivel de distrito provincias y departamentos.

1.5.2 Limitaciones.

La oposición de ciertos grupos de usuarios que se resisten al cambio y desean mantenerse con el sistema actual (distribución por usos y costumbres), es una limitante que se trabajó arduamente.

La falta de información requerida para el estudio como es el número de usuarios, número de predios y área bajo riego que comprende el bloque.

1.6 Variables

1.6.1 Variables independientes.

Infraestructura de riego

Balance hídrico

1.6.2 Variables dependientes.

Fuente de agua de riego

Canales de distribución

Obras de arte

Cédula de cultivo

Déficit hídrico

Superávit hídrico

1.6.3 Operacionalización de variables.

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicadores	U. medida	Instrumento
Independiente:				
Infraestructura de riego	Infraestructura	Tipo	km	Flexómetro, GPS
Balance hídrico	Oferta/Demanda	Volumen	m ³	Registro de datos
Dependientes:				
Fuente de agua de riego	Origen	Nombre de río		Bocatomas
Canales de distribución	Infraestructura	Cantidad	m	Longitud canal
Obras de arte	Infraestructura	Cantidad	Unidades	Identificación
Balance hídrico	Irrigación	Ratio	Cociente	Determinación
Cédula de cultivo	Agronómica	Especie		Identificación
Déficit hídrico	Irrigación	Volumen	m ³	Determinación
Superávit hídrico	Irrigación	Volumen	m ³	Determinación

1.6.4 Definición conceptual de las variables.

1.6.4.1 Variables independientes.

a. Infraestructura de riego: Principalmente cita a toda la red de canales de riego, canales de distribución, laterales de primero y segundo orden que cumplen con la función de abastecer el recurso hídrico a un área de cultivo, así como las obras de arte ubicadas a lo largo del tramo.

b. Balance Hídrico: El balance hídrico se realiza tomando datos reales o simulados de precipitaciones e información climatológica, con el fin de calcular el requerimiento hídrico de una zona en particular (Cleves et al., 2016)

1.6.4.2 Variables dependientes.

a. Fuente de agua de riego: Se considera fuente de agua a un afloramiento superficial de recurso hídrico o punto de captación (bocatoma) para ser conducido y distribuido de acuerdo al requerimiento de los cultivos en una determinada área.

b. Canales de distribución: Estructuras rústicas y/o de concreto que conducen el agua desde la bocatoma o punto de captación hacia otro u otros canales laterales utilizados para la distribución del agua o punto de entrega al usuario.

c. Obras de arte: Las obras en canales u obras de arte en canales son obras complementarias, necesaria en algún punto singular del desarrollo del canal como son: puente canal, sifón, partidor, compuertas, obras de aforo y otros.

d. Balance hídrico: El balance hídrico se realiza tomando datos reales o simulados de precipitaciones e información climatológica, con el fin de calcular el requerimiento hídrico de una zona en particular (Cleves, Toro y Martínez, 2016, p. 151).

e. Cédula de cultivo: Es la cuantificación de valores absolutos y porcentuales de la ocupación de la tierra por los cultivos en el ámbito de planificación.

f. Déficit hídrico: Es la falta o escases de agua por lo que el concepto está relacionado con la sequía o escases de agua, además está íntimamente ligado a la disponibilidad hídrica de oferta y demanda.

g. Superávit hídrico: El superávit hídrico hace referencia al exceso de agua, cubriendo los requerimientos de demanda en un área de cultivo. El superávit hídrico

se presenta generalmente en los periodos de precipitación entre los meses de diciembre a marzo.

1.7 Hipótesis de la investigación

1.7.1 Hipótesis general.

La realización del diagnóstico de la infraestructura de riego menor y la asignación del recurso hídrico en el sector de Pauza, se adecuan a las condiciones técnicas y normativas de distribución del agua.

1.7.2 Hipótesis específicas.

Es posible ejecutar el diagnóstico de la infraestructura hidráulica menor de riego para disminuir las pérdidas de conducción y distribución en el bloque de riego Huampo.

La determinación del balance hídrico en el comité Huanca, demuestra el equilibrio del uso de agua dentro del bloque de riego, relación oferta y demanda.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

Cortez (2017) trabajó la tesis denominada *“Inventario de la infraestructura hidráulica menor y los recursos hídricos en la comisión de usuarios de Paiján del valle de Chicama-Región La Libertad con cultivos alternativos”* orientado a realizar el inventario de la infraestructura menor y recursos hídricos en la comisión de usuarios de Paiján, evaluando íntegramente la situación del sistema existente: el trabajo fue realizado mediante observación de las instalaciones e información básica existente, para finalmente procesar la información en el programa Excel, AutoCAD y ArcMap. Concluyendo que se cuentan con un total de 69,605 km., de canales que sirven para irrigar cultivos alternativos; de los que tenemos un canal de derivación de 44,732 km., tres canales laterales de primer orden con un total de 18 412 km., y dos laterales de segundo orden con 6,461 k en total. Además, se identificaron la totalidad de bloques de riego y las obras de arte existentes en la conducción.

Álvarez (2020) en su trabajo de *“Conformación de bloques de riego para la asignación del recurso hídrico en los valles alto andinos del sector de riego Carumas, región Moquegua”* con el objetivo de conformar bloques de riego para la asignación del recurso hídrico, en las comisiones de usuarios del sector de riego Carumas, determinando para ello, la demanda hídrica de la cédula de cultivo identificado y conformando bloques de riego. El trabajo le permitió identificar 11 bloques de riego de los cuales, en los bloques de riego de Talavacas, Sotolojo y Ataspaya demuestra la existencia de un superávit durante todo el año; así mismo encontró un déficit hídrico en los meses críticos de setiembre a noviembre en los bloques de riego de Huataraquena, Cambrune, Sacuaya, Solajo, Saylapa, Carumas y Yojo; además identificó que existe un serio problema de déficit hídrico permanente, excepto los meses de lluvia (Diciembre-marzo) en el bloque de riego de Somoa; lo permitirá prever las estrategias de cultivo y distribución del recurso.

Delgado (2019) realizó su trabajo de tesis denominado *“Análisis de la infraestructura hidráulica del sistema Chancay-Lambayeque y su impacto en la ecoeficiencia y la huella hídrica de la producción agrícola”* realizado con el objetivo de analizar la importancia de la infraestructura hidráulica menor y su impacto sobre la huella hídrica y la ecoeficiencia de la producción agrícola; para ello identificó la estructura del sistema, comisiones de regantes de la junta de usuarios y superficies bajo riego y volúmenes de agua asignada; luego realizó el cálculo de pérdidas de agua por distribución y aplicación generadas a causa de la infraestructura hidráulica, calculando la cantidad de agua neta utilizada para los cultivos (definida en este estudio como huella hídrica). Con los resultados comparó el cálculo de la huella hídrica teórica (simulaciones CROPWAT 8.0) y determinó

diferencias entre ambas y sus posibles causas; calculando finalmente, indicadores económicos y estimación gráfica de la eficiencia ambiental entre comisiones. Finalmente concluye que la infraestructura hidráulica menor tiene un papel fundamental en la conservación de los recursos hídricos y, por cuanto su mejora e implementación permitirán un aumento en la productividad en el uso del agua y de los suelos, haciendo más eficiente la producción de los cultivos.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 El riego de los cultivos.

El riego, se practica desde hace más de 5 000 años, donde las primeras civilizaciones identificaron que para el crecimiento de las plantas se requerían el suelo, agua, nutrientes y la luz solar; introduciéndose desde entonces el riego, el cual fue extendiéndose y perfeccionándose hasta la actualidad (Vásquez, Vásquez, Vásquez y Cañamero, 2017, p. 9).

El riego supone completar la demanda hídrica de los cultivos, que el agua de lluvias no puede satisfacer; para ello existen diferentes formas de aplicarlo, y considerando diversos factores como: topografía y geometría del terreno, tipo de suelo, disponibilidad y calidad del agua, cultivo, aspectos económicos y medioambientales (Fernández, 2010, p. 22)

2.2.1.1 Estrategias de riego de los cultivos.

El riego no debe considerarse, en sí mismo, como un fin, sino como una herramienta para potenciar la capacidad productiva de los cultivos; y es una actividad cooperativa que involucra personas y que por tanto constituye una potencial fuente de conflictos (Carrazón, 2007, p. 15). Requiriendo estrategias de manejo y gestión

que puedan evitar problemas, explotando el sistema de riego de forma óptima y eficiente, con riegos uniformes y eficientes; incrementando la uniformidad de distribución, eficiencia en el uso, reducción de pérdidas, no malgastar el agua evitando su sobreexplotación (Fernández, 2010, p. 28).

El método de riego es el conjunto de aspectos que caracterizan la forma de aplicar agua a los cultivos; y el sistema de riego es el conjunto de equipos, y técnicas que facilitan la aplicación en base a un método determinado (Santos, Valero, Picornell, y Tarjuelo, 2010, p. 112). Para lograr las mejores condiciones de riego se han desarrollado diversas técnicas de riego, como las descritas por Periera y Trout (1999) citado por Santos et al. (2010):

a. Riego de superficie o por gravedad: Los más utilizados dentro del primer grupo son el riego por inundación, que consiste en inundar toda el área donde hay presencia de cultivos, siendo la más antigua costumbre sin requerir ningún trabajo o inversión, lo cual el riego se realiza a través de surcos o canales que se adaptan a los cultivos formando hileras.

b. Riego por aspersión: Estáticos fijos o móviles dispuestos en cuadrícula: de cañón con lateral móvil, pivotante o desplazamiento lineal.

c. Riego localizado: Micro riego por goteo, con difusores o borboteadores, micro tubos, tubos perforados o mangueras porosas, incluyendo la micro aspersión y el riego subsuperficial con tubos perforados y tubos porosos.

d. Riego subterráneo: Realizado por control de profundidad de la capa freática en el suelo.

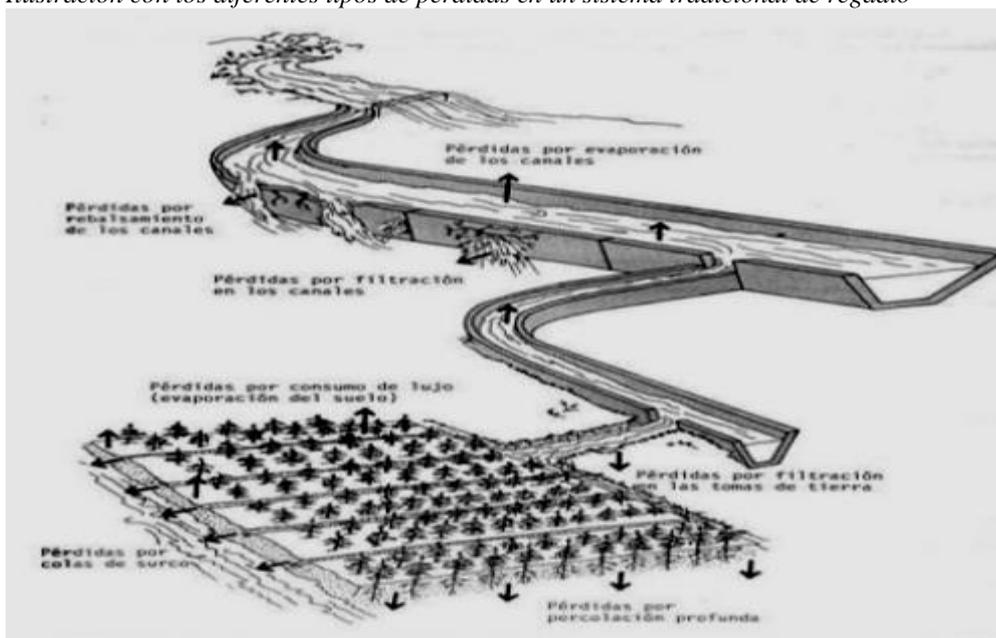
2.2.1.2 Eficiencia del riego.

En la práctica del riego, deben buscarse reducir las pérdidas de agua, utilizándolo eficientemente. Esta eficiencia del riego se representa como la cantidad de agua disponible para el cultivo que queda en el suelo después de un riego, en relación al total del agua que se aplicó (Demin, 2014, p. 3). Sin embargo, la eficiencia en el uso del agua en el riego integra principalmente los siguientes tres componentes: eficiencia de almacenamiento, eficiencia de conducción y eficiencia de aplicación en las parcelas (Palacios, 1991, citado por Goicochea, 2015). Goicochea (2015) recomienda que, para mejorar la eficiencia del riego en las irrigaciones se debe:

- Inventariar las estructuras de riego; considerando daños y fugas,
- Manejar canales con caudales adecuados;
- Mejorar el plan de distribución;
- Programar y respetar turnos y ajustarse a reglamentación.

Figura 1

Ilustración con los diferentes tipos de pérdidas en un sistema tradicional de regadío



Nota: MINAGRI (2015).

2.2.1.3 Eficiencia de conducción.

La eficiencia de conducción (E_{fc}) permite evaluar la pérdida de agua en el canal principal (CP), desde la bocatoma hasta su punto más lejano. Si existiera la presencia de canales laterales (CL) que no pueden aislarse mediante compuertas, deben incluirse en el cálculo (Manrique, 2016).

$$E_{fc} = \frac{Q_{final_{CP}} + \sum Q_{CL}}{Q_{inicial_{CP}}} * 100$$

Donde.

E_{fc} : Eficiencia de conducción

Q_{final} : Caudal al final del conducto

$\sum Q_{cl}$: Sumatoria de caudales de distribución

$Q_{inicial}$: Caudal al inicio del conducto

2.2.1.4 Eficiencia de distribución.

La eficiencia de distribución (E_{fd}) se obtiene de todos los canales de distribución (CD) de 1er, 2do y enésimo orden, que sirven para distribuir el agua hacia los predios y/o parcelas. Mide las pérdidas que se producen desde la captación de la toma principal hacia la toma lateral hasta el ingreso a la parcela o entrega a los usuarios.

$$E_{fd/n} = \frac{Q_{final_{CD}} + \sum Q_{CL}}{Q_{inicial_{CD}}} * 100$$

Por lo tanto, la eficiencia del sistema se calcula como:

$$E_{fd} = \frac{\sum E_{fd/n}}{\# \text{ total de CD}}$$

2.2.1.5 Eficiencia de aplicación.

Se define a la eficiencia de aplicación (Ef_A) como la cantidad de agua útil que se encuentra en el terreno de cultivo después de haberse hecho un riego, en relación del total de agua aplicada, por tanto, es necesario realizar una relación de proporcionalidad para su cálculo. Se emplea la siguiente ecuación para obtener la eficiencia de aplicación a través de una ponderación.

$$Ef_A = \frac{A_1 * E_{R1} + 2 * E_{R2} + \dots A_n * E_{Rn}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

2.2.2 Administración de sistemas de riego.

La multiculturalidad, los climas, actividades políticas y financieras, en cada país provoca que se busquen nuevos y mejores procedimientos para correcta gestión integrada de los recursos hídricos; afinándose detalles para estudios que logren una correcta administración a nivel de cuencas, como consecuencia de los procesos de globalización y regionalización hidrológica (Aparicio et al., 2006).

En el Perú la administración del riego se rige de acuerdo a la **Ley de recursos hídricos** (Ley N° 29338) y su reglamento cuyo objetivo es: “Regular el uso y gestión de los recursos hídricos que comprenden al agua continental: superficial y subterránea, y los bienes asociados a ésta; asimismo, la actuación del estado y los particulares en dicha gestión, todo ello con arreglo a las disposiciones contenidas en la ley” (MINAGRI, 2019, p. 54)

La Autoridad Nacional del Agua es el órgano encargado de ejercer la rectoría técnica - normativa y establecer procedimientos para la gestión integrada,

sostenible y multisectorial de los recursos hídricos en beneficio de los usuarios de agua y población en general, de manera oportuna y eficaz; siendo representada en el interior del país por las AAA (Autoridades Administrativas del Agua) y las ALA (Administraciones Locales de Agua), (Autoridad Nacional del Agua, 2021).

A nivel de usuarios, estos se organizan en: comités (Nivel mínimo) que se integran a las comisiones de usuarios y estas a su vez a la junta de usuarios (Autoridad Nacional del Agua, 2021).

2.2.2.1 Distribución del recurso hídrico.

Quienes utilizan el agua de un origen común, tienen la necesidad de establecer procedimientos que garanticen un buen reparto de las aguas. Considerando el conjunto de infraestructura; es fundamental definir reglas para regular la distribución uniforme para todos los usuarios (Guzmán, 2010, p. 167).

a. Asignación por usos y costumbres: En el Perú aún se mantiene este sistema de distribución, así, Schaeffer (2013) afirma que las comunidades campesinas tienen derecho prevalente sobre el agua, prevaleciendo sus usos y costumbres sobre los demás usuarios, en tanto se entiende que es un derecho que ejercitan desde hace muchos años; esto está contemplado en la constitución política del Perú, leyes y tratados internacionales como el convenio 169 de la OIT.

b. Asignación por bloques de riego: Ley N° 29338, en su artículo 51°, expresa que se puede otorgar licencias de uso de agua en bloque para una organización de usuarios de agua reconocida, integrada por personas naturales o jurídicas que usen una fuente de agua con punto de captación común. Además, que las organizaciones

titulares de licencias de uso de agua en bloque emiten certificados nominativos de licencia a cada uno de sus integrantes (MINAGRI, 2019)

2.2.2.2 Determinación de la demanda hídrica.

El balance hídrico se obtiene de la diferencia entre las entradas o aporte hídrico al sistema de cultivo (Precipitación, reserva del suelo, agua capilar del subsuelo), y las salidas o agotamiento de la humedad del suelo (Evapotranspiración, percolación y escorrentía de ser el caso) (Santos et al., 2012, p. 12).

En el cálculo de la demanda, se considera las pérdidas del sistema en conducción (eficiencia de conducción: E_c), en distribución (eficiencia de distribución: E_d) y por aplicación (eficiencia de aplicación: E_a); luego la demanda del proyecto (D_p) es el factor resultante entre la necesidad de riego del cultivo (D_a) y la eficiencia de riego del proyecto ($E_r: E_c.E_d.E_a$) (Vásquez et al., 2017, p. 227).

2.3 Definición de términos

2.3.1 Infraestructura de riego.

Según el Minagri, el inventario de infraestructura de riego es el listado de todas las obras hidráulicas que la constituyen y cuenta un distrito de riego, tanto mayor como menor, así como de la infraestructura auxiliar como: red de caminos, incluyendo los caminos de vigilancia de la red de canales, puentes y las edificaciones, estaciones hidrométricas y meteorológicas, entre otros (Actualidad ambiental, 2020).

El uso adecuado y eficiente de la infraestructura hidráulica genera beneficios: en “La ley de recursos hídricos” artículo 49 establece que “*Los usuarios*

u operadores de infraestructura hidráulica que generen excedentes de recursos hídricos y que cuenten con un certificado de eficiencia tienen preferencia en el otorgamiento de nuevos derechos de uso de agua que se otorguen sobre los recursos excedentes” requiriendo para ello contar con un “Certificación de aprovechamiento eficiente” (Ley N°29338, Artículo 85). Y constituye una infracción el mantener en malas condiciones la infraestructura hidráulica, los dispositivos de control y medición necesarios para el uso del agua o incumplir con instalar dichos dispositivos. (Artículo 277, del Reglamento de la Ley N°29338).

La formulación y actualización del inventario de la infraestructura hidráulica pública y privada se rige por la Resolución Jefatural N° 155-2022-ANA; que norma los procedimientos y responsabilidades para la formulación y actualización del inventario de la infraestructura hidráulica, a cargo de operadores y usuarios (Autoridad Local del Agua, 2013)

La infraestructura hidráulica está constituida, según PSI Sierra (2012):

a. Infraestructuras de captación:

- *Bocatomas:* Permanente, rústica, semi rústica
- *Estructuras de limpia:* Desempedrador, desarenador.
- *Estación de bombeo:* Cuando corresponda

b. Infraestructuras de distribución:

- *Canal de derivación:* Primer, segundo, tercer ... n orden
- *Toma a nivel predial*
- *Sifones*

- *Rápidas o caídas*
- *Disipadores de energía*
- *Partidores*
- *Túneles*
- *Conducto cubierto*
- *Acueducto*
- *Alcantarillas*
- *Canoas*
- *Transiciones*
- *Salidas de fondo a botador*
- *Vertedero de demasías*

c. Infraestructuras de medición:

- *Parshall con Limnímetro P*
- *Parshall con Limnígrafo*
- *Vertederos: Cipolleti VC, Rectangular VR, Triangular VTi o Trapezoidal*
- *Compuertas Aforadoras*

d. Infraestructuras de control:

- *Válvulas antirretornos: Madera, metálico, pantalla de concreto*
- *Compuertas de tomas de laterales: Metálicos, de madera y muros sin compuerta*

e. Sistemas de drenaje:

- *Dren colector*
- *Dren Primario*
- *Dren secundario*

- *Desembocadura de dren*

f. Sistemas de comunicación: Intercambio de comunicación

g. Vías de comunicación: Terrestres, aéreas o acuáticas

2.3.2 Balance hídrico.

La UNESCO (1982) citado por Ministerio de medio ambiente y agua (2016) define el balance hídrico superficial de la oferta y demanda de agua, como una herramienta para evaluar cuantitativamente, las dimensiones espacial y temporal, los recursos hídricos en una unidad geográfica.

Busca determinar el equilibrio entre los ingresos (precipitaciones y otros) y egresos (evapotranspiración y flujo superficial) así, si los ingresos superan los gastos se tendría una reserva de agua (superávit), asemejándose a un balance financiero (Silva, 2005, citado por Cajamarca, 2017).

CAPÍTULO III

MÉTODO

3.1 Tipo de la investigación

La investigación propuesta es de tipo no experimental que busca observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 152). Investigación de campo, que consiste en recolectar datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes (Arias, 2012, p. 31).

3.2 Diseño de la investigación

Diseño transeccional exploratorio donde el deseo es comenzar a conocer una variable o un conjunto de variables, una comunidad, un contexto, un evento, una situación, tratándose de una exploración inicial en un momento específico (Hernández et al., 2014, p. 155).

Se utilizó el método observacional, sin intervención, consistente en el registro del comportamiento en el entorno habitual del sujeto.

3.2.1 Observaciones proyectadas.

El trabajo consistió en obtener la información necesaria de la infraestructura hidráulica existente en el sector de estudio, para determinar el diagnóstico; además se identificó las fuentes de agua que abastecen al bloque de riego y determinar el balance hídrico.

3.3 Población y muestra

3.3.1 Población.

La población en estudio comprende las 145,5 hectáreas bajo riego, que benefician a 437 usuarios, conformantes del bloque de riego y son abastecidos por dos fuentes de agua a través de la infraestructura hidráulica menor de riego.

3.3.2 Muestra.

La muestra estuvo constituida por 02 canales de conducción, 04 canales de distribución de primer orden y 05 canales de distribución de segundo orden, además de dos fuentes superficiales de agua: Río Mirmaca y quebrada Huaton.

3.4 Características del campo de estudio

3.4.1 Lugar de ejecución.

La investigación se ejecutó en área de influencia del bloque Huampo Acola del comité de usuarios Huanca, la misma que refiere:

3.4.1.1 Ubicación Política.

Región : Ayacucho
Provincia : Paucar del Sara Sara
Distrito : Pauza

3.4.1.2 Ubicación Administrativa.

Autoridad Administrativa	: Caplina Ocoña
ALA	: Ocoña – Pauza
Junta de Usuarios	: Sector Hidráulico Menor Clase C Pauza
Comisión de Usuarios	: Sub Sector Hidráulico Pauza
Comité de Usuarios	: Huanca

a. Autoridad Administrativa Caplina – Ocoña.

Conformada por siete Administraciones Locales de Agua, Caplina – Locumba, Moquegua, Tambo alto Tambo, Chili, Colca Sigvas Chivay y Ocoña – Pauza.

b. Administración Local de Agua Ocoña-Pauza.

Aprobado por Resolución Jefatural N° 414-2013-ANA, situada en el sur del territorio nacional, abarca dos regiones naturales: Costa (parte baja) y sierra (parte media alta), con una superficie de 22 445,17 km², está conformada por dos oficinas de enlace, Cotahuasi y Pauza, las juntas de usuarios que forman parte de la ALA Ocoña-Pauza son: Junta de usuarios Ocoña, junta de usuarios Caraveli, junta de usuarios Coropuna Solimana, junta de usuarios Cotahuasi y junta de usuarios Pauza.

c. Junta de usuarios Pauza.

También denominada Junta de usuarios del sector hidráulico menor clase C Pauza, ámbito de aplicación sub cuenca Marán, microcuenca Mirmaca, microcuenca Huanca Huanca y microcuenca Oyolo, Está conformado por 22 comisiones de usuarios, de las cuales integra la Comisión de Usuarios del sub sector hidráulico Pauza, la misma que está integrado por 09 comités de usuarios: comité de usuarios

Huayllas, Renco, Casire, Toncio, Acoquipa, Marán, Cruz Misionero, Ccaraspampa y Huanca, este último comité en la que se realizó el estudio.

Tabla 2

Ubicación Geográfica del Bloque de Riego Huampo Acola (Coordenadas UTM)

Extremos	Este	Norte	Altitud
P01 – Norte	676103	8311259	2698
P02 – Este	675565	8309724	2700
P03 – Sur	676791	8308929	2673
P04 – Oeste	677464	8310237	2505
Centroide	676514	8309861	2596

Nota: Determinado in situ

Tabla 3

Ubicación Geográfica de las Fuentes de Agua Coordenadas UTM Captación

Fuente de agua	Este	Norte	Altitud	Material
Bocatoma Huaton	675559	8309294	2733	Rústico
Rio Mirmaca	676256	8310989	2697	Concreto

Nota: Determinado in situ

Figura 2

Ubicación del Bloque de Riego

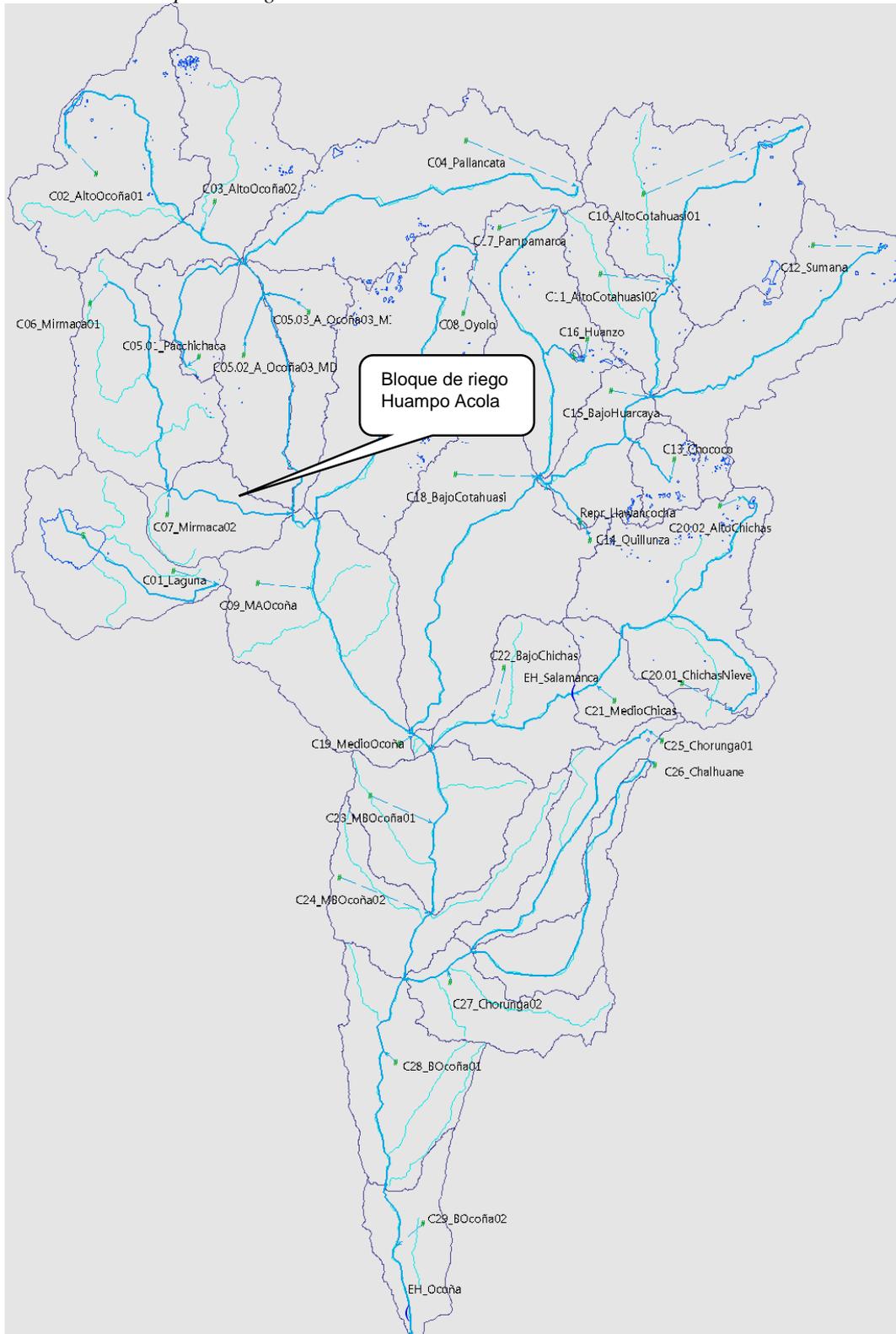
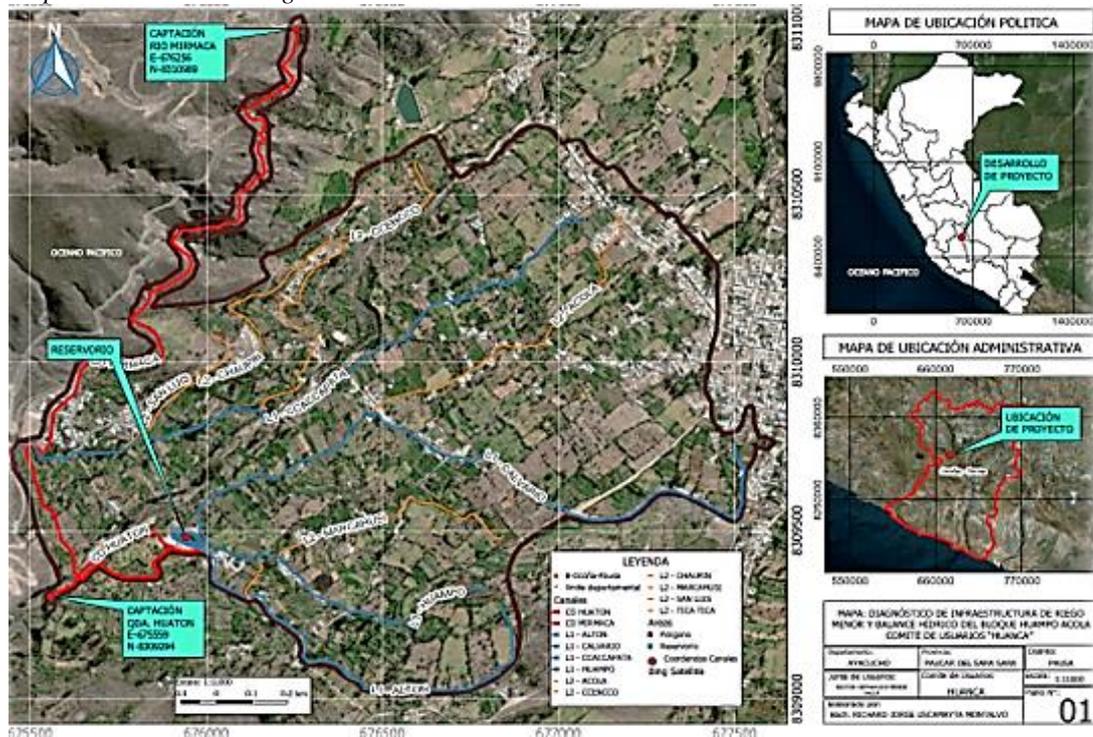


Figura 3

Mapa de ubicación del lugar de estudio



Nota: Google (2020)

3.4.2 Hidrografía del sector de estudio.

El bloque de riego Huampo Acola del comité de usuarios Huanca es abastecido por dos fuentes superficiales de agua, captación Huaton, proveniente de los manantes Sacarana, Quishuarniyoc y Cedrohuaycco los mismos que confluyen en la quebrada Huaton lugar donde es captado por la organización, la segunda fuente de agua superficial es captada del río Mirmaca fuente en común compartida con los comités de Huayllas, Ccaraspampa y Cruz Misionero (tiempo atrás, por usos y costumbres).

3.5 Descripción de instrumentos para recolección de datos

3.5.1 Técnicas de recolección de datos.

La técnica consistió en realizar el diagnóstico a través de la toma de datos de información en campo de la infraestructura hidráulica menor para poder determinar

el estado situacional de la misma, las fuentes de agua superficial, área bajo riego y padrón de usuarios.

3.5.2 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Para el procesamiento de datos de las variables se utilizó el programa Microsoft Excel y el software SIG con QGIS.

3.6 Proceso de investigación

3.6.1 Preparación de documentación.

Para la obtención de la información recurrimos a documentos bibliográficos y a la información brindada las instituciones públicas y privadas como son: el comité de usuarios, la comisión de usuarios y la Junta de usuarios, además la información brindada por la Municipalidad Provincial Paucar del Sara Sara y el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Las informaciones a recolectar fueron:

- *Reconocimiento de la organización de usuarios:* Resolución Administrativa N° 042-2005-GRA/PR-DRAG-ATDRO-P
- *Padrón de usuarios:* 437 usuarios
- *Área bajo riego:* 145,5 hectáreas
- *Fuentes de agua:* Fuente de agua superficial quebrada Huaton, fuente de agua superficial río Mirmaca
- *Distribución de agua a nivel de canales y tomas principales:* Ninguno

3.6.2 Visita de campo.

Para determinar el diagnóstico de la infraestructura hidráulica menor se tuvo que realizar una observación visual directa, recorrido de los canales de conducción y canales de distribución, toda vez que esta información no tenía la Junta de Usuarios, se tomó como referencia los puntos de captación de las fuentes de agua, haciendo un recorrido por el canal de conducción, laterales de primer orden y laterales de segundo orden, además se tomó en consideración los cultivos más relevantes para identificar la cédula de cultivo y la estimación de la demanda hídrica.

3.6.3 Entrevistas.

Durante la visita de campo se tuvo reuniones con los usuarios quienes nos brindaron con certeza la información del estado situacional de la infraestructura existente, intensiones de siembra campaña grande y campaña chica y su sistema de distribución, ver (Apéndices: Tablas: Tabla A3, A4 y A5).

3.6.4 Determinación de resultados.

Basado en la información obtenida en campo, se procedió a determinar el diagnóstico del estado situacional de la infraestructura hidráulica menor y balance hídrico dentro del bloque de riego y determinar los indicadores; el cálculo para la evapotranspiración se realizó mediante el método de Hargreaves.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Presentación de resultados

4.1.1 Infraestructura hidráulica.

4.1.1.1 Infraestructura hidráulica existente.

Conforme a la metodología planteada por la Autoridad Nacional de Agua, se considera el esquema hidráulico del bloque Huampo Acola del comité de usuarios “Huanca”., conformado por dos canales de conducción, 04 canales de distribución de primer orden y 05 canales de distribución de segundo orden.

Tabla 4

Infraestructura hidráulica, canales de conducción

Nº	Fuente de agua	Nombre de canal	Bajo riego(ha)	Nº de usuarios	Longitud (km)
1	Rio	Mirmaca	131,4358	395	2,810
2	Quebrada	Huaton	14,0642	42	0,522
TOTAL			145,500	437	3,332

En la tabla 4, se aprecia un total de 3,332 km de conducción en dos canales principales, canal Mirmaca con 2,81 km y el canal Huaton con 0,52 km conducen el agua para irrigar una extensión de 145,5 ha

En la tabla 5 apreciamos que se cuenta con cuatro canales de primer orden que en conjunto hacen un total de 6,17 km de infraestructura de distribución, que irrigan un total de 145,5 ha., para 437 usuarios

Tabla 5

Infraestructura hidráulica, canales de distribución primer orden

N°	Nombre Canal Conducción	Nombre de canal (L1)	Bajo riego(ha)	N° de usuarios	Longitud (km)
1	Mirmaca	Huampo (L1)	23,4738	74	0,947
2	Mirmaca	Calvario (L1)	61,2437	168	2,093
3	Mirmaca	Ccaccapata (L1)	46,7183	153	1,998
4	Huatón	Alton (L1)	14,0642	42	1,127
TOTAL			145,500	437	6,165

En la tabla 6 apreciamos que se cuentan, además, con 4,2 km de conducción en cuatro canales de segundo orden, los que asisten con recurso hídrico a una extensión de 42,92 ha., para 163 usuarios.

Tabla 6

Infraestructura de riego, canales de distribución segundo orden

N°	Nombre de canal (L1)	Nombre de canal (L2)	Bajo riego(ha)	N° de usuarios	Longitud (km)
1	Huampo (L1)	Marcahuasi (L2)	10,1387	30	0,830
2	Calvario (L1)	Acola (L2)	19,2129	74	1,202
3	Ccaccapata (L1)	San Luis (L2)	1,3075	13	0,495
4	Ccaccapata (L1)	Chaupin (L2)	5,5529	23	0,763
	Ccaccapata (L1)	Ccencco (L2)	6,7134	23	0,910
TOTAL			42,9254	163	4,200

4.1.1.2 Estado situacional de infraestructura de riego menor.

Para determinar el estado de la infraestructura hidráulica menor, se procedió a determinar la eficiencia de conducción, considerando la siguiente fórmula de MINAGRI (2015).

$$Efc = \frac{Q_{final_{CP}} + \sum Q_{CL}}{Q_{inicial_{CP}}} * 100$$

Efc: Eficiencia de conducción

$Q_{final_{cp}}$: Caudal al final del conducto

$\sum Q_{cl}$: Sumatoria de caudales de distribución

$Q_{inicial_{cp}}$: Caudal al inicio del conducto

En la tabla 7 se presenta los resultados de la evaluación, de la eficiencia de conducción en la infraestructura correspondiente. Encontramos que la infraestructura de conducción presenta una eficiencia de conducción promedio de 94,19 % y sufriría una pérdida de 8,97 l s⁻¹, durante la conducción.

Tabla 7

Eficiencia de conducción en la infraestructura de conducción

N°	Fuente	Canal	Q Inicial (l.s ⁻¹)	Q Final (l.s ⁻¹)	E. C (%)	Pérdidas (l.s ⁻¹)
1	Rio	Mirmaca	100,00	98,23	98,23	1,77
2	Quebrada	Huaton	55,00	47,80	86,90	7,20
Total			155,00	146,03	94,19	8,97

Luego para para determinar la eficiencia de distribución se utilizó la fórmula propuesta por MINAGRI (2015).

$$Ef_{(D/n)} = \frac{Q_{final_{CD}} + \sum Q_{CL}}{Q_{inicial_{CD}}} * 100$$

Donde.

$Ef_{(D/n)}$: Eficiencia de distribución de agua

$Q_{final_{CD}}$: Caudal que llega al final del Canal de Distribución

$\sum Q_{CL}$: Sumatoria de caudales de los laterales x

$Q_{inicial_{CD}}$: Caudal de agua que entra al canal lateral

De este modo se encontró que en la infraestructura de distribución (Canales de primer orden) se alcanza en promedio un 88,06 % de eficiencia de distribución con una pérdida de 40,93 l.s⁻¹, en los cuatro canales (Tabla 8).

Tabla 8

Eficiencia de distribución, canales de distribución primer orden

N°	Fuente	Canal	Q Inicial (l.s ⁻¹)	Q Final (l.s ⁻¹)	E D (%)	Pérdidas (l.s ⁻¹)
1	Mirmaca	Huampo (L1)	98,23	96,42	98,16	1,81
2	Mirmaca	Calvario (L1)	98,23	80,68	82,12	17,55
3	Mirmaca	Ccaccapata (L1)	98,81	79,27*	80,22	19,54
4	Huaton	Alton (L1)	47,80	45,77	95,75	2,03
TOTAL			343,07	302,14	88,06	40,93

Nota: En el canal Ccaccapata se considera el aforo al final del propio (47,8 l.s⁻¹) y derivaciones de tercer orden (L2): Ccencco (12,32 l.s⁻¹), Chaupin (10,68 l.s⁻¹) y San Luis (8.47 l.s⁻¹).

En la tabla 9 encontramos que existe en promedio, una eficiencia de distribución de 86,87 % en la infraestructura de segundo orden y se obtiene una pérdida de 21,46 l.s⁻¹; 5,19 en el canal Huampo y 16,27 en el canal Calvario

Tabla 9

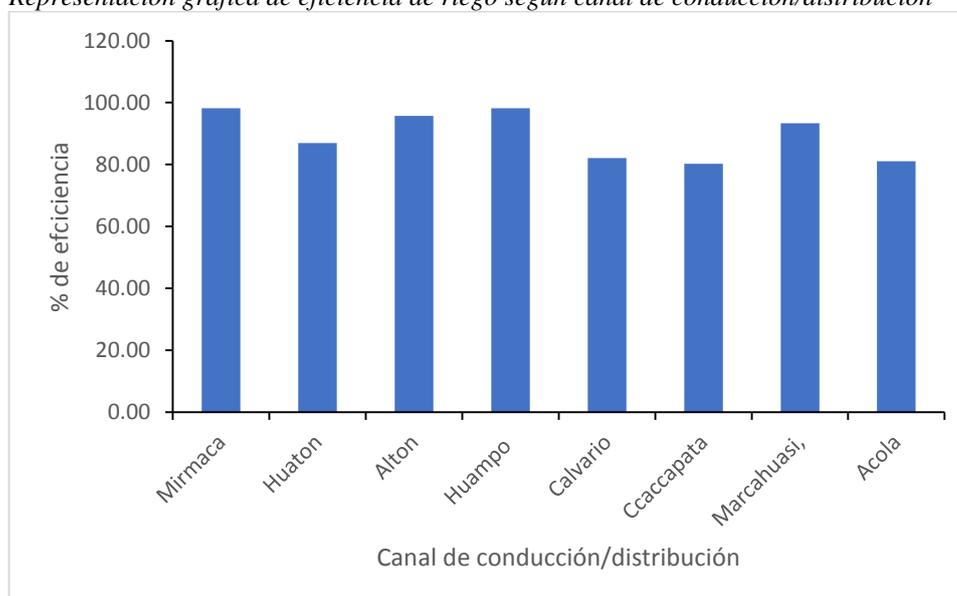
Infraestructura de riego, canales de distribución segundo orden

N°	Fuente	Canal	Q Inicial (l.s ⁻¹)	Q Final (l.s ⁻¹)	E D (%)	Pérdidas (l.s ⁻¹)
1	Huampo (L1)	Marchahuasi	77,79	72,60	93,30	5,19
2	Calvario (L1)	Acola (L2)	85,87	69,60	81,05	16,27
TOTAL			163,66	142,20	86,87	21,46

En resumen, las condiciones de eficiencia de conducción y distribución, se presentan en la tabla 10; donde se aprecia que existen canales cuya infraestructura es una combinación de material de construcción un sector revestido con concreto y otro es de tierra, y es el caso de los canales: Alton, Huampo y Calvario.

Tabla 10*Eficiencias y perdidas en la infraestructura de riego*

Canal	Longitud	Q inicial (l s ⁻¹)	Q final (l s ⁻¹)	Eficiencia (%)	Pérdidas (l s ⁻¹)	Material
Mirmaca	2810	100	98,23	0,98	1,77	Revestido
Huaton	522	55	47,8	0,87	7,2	Rústico
Alton	810	47,8	45,77	0,96	2,03	Revestido
	317					Rústico
Huampo	785	98,23	96,42	0,98	1,81	Revestido
	162					Rústico
Calvario	442	98,23	80,68	0,82	17,55	Revestido
	1651					Rústico
Ccaccapata	1998	98,81	79,27	0,80	19,54	Rústico
Marchahuasi,	830	77,79	72,6	0,93	5,19	Rústico
Acola	1202	85,87	69,6	0,81	16,27	Rústico

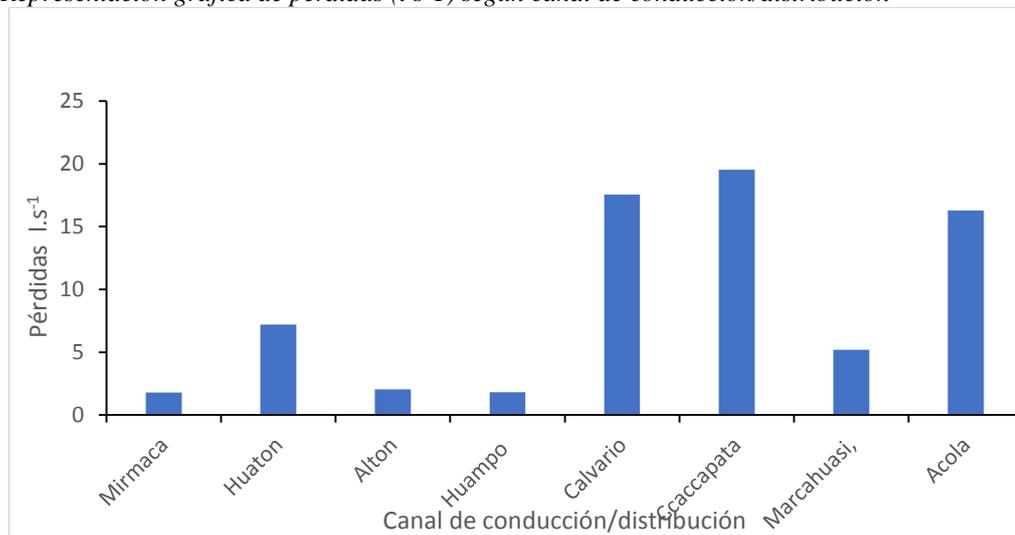
Figura 4*Representación gráfica de eficiencia de riego según canal de conducción/distribución*

En La figura 4, se observa gráficamente, los niveles de eficiencia de conducción en los canales de Mirmaca y Huaton; y las eficiencias de distribución en los canales de Alton, Huampo, Calvario, Ccaccapata, Marchahuasi y Acola).

Por otro lado, en la figura 5, se representa gráficamente, las pérdidas de recurso hídrico en cada canal de conducción (Mirmaca y Huaton) y en los canales de distribución (Alton, Huampo, Calvario, Ccaccapata, Marcahuasi y Acola). Y puede verse, que los que mayores pérdidas representan, son los canales Calvario, Ccaccapata y Acola.

Figura 5

Representación gráfica de pérdidas (l s⁻¹) según canal de conducción/distribución



4.1.2 Determinación del balance hídrico.

4.1.2.1 Demanda hídrica de los cultivos.

El cálculo de la necesidad de agua para un cultivo se realiza en base a información que se obtiene con la experiencia local o métodos empíricos, en general los factores como la evapotranspiración a partir de registros climáticos, es la más deseable. Para la determinación de los parámetros de temperatura, precipitación, velocidad del viento, humedad relativa y radiación solar, nos basamos en el “Estudio de evaluación de recursos hídricos en la cuenca de Ocoña” (Autoridad Nacional del Agua, 2015)

Tabla 11

Temperatura promedio mensual

Rango	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Prom
Media	16,4	16,4	16,2	16,0	15,2	14,5	14,7	14,9	15,5	15,9	16,2	16,4	15,7
Máxima	22,8	22,1	22,5	22,9	22,9	22,5	22,6	23,0	23,2	23,6	23,7	23,5	22,9
Mínima	10,1	10,4	9,8	9,0	7,3	6,3	6,3	6,6	7,4	8,1	8,4	9,2	8,2

Figura 6

Variación de temperatura

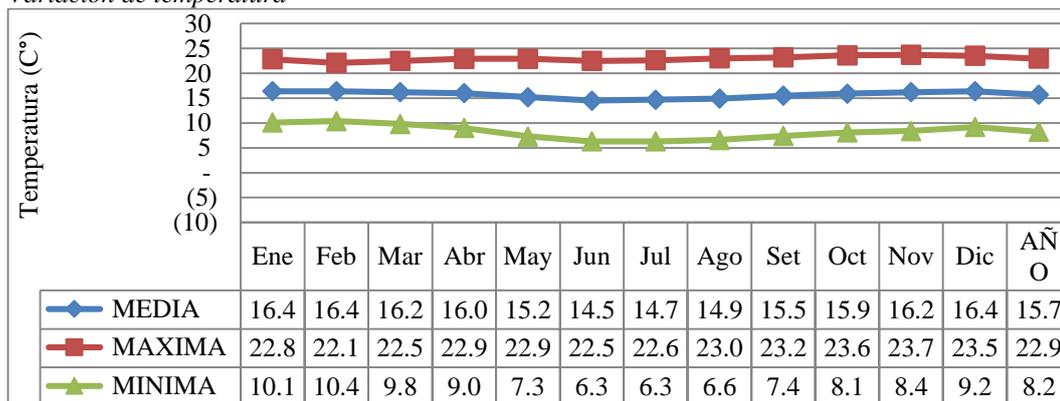


Tabla 12

Evapotranspiración potencial

EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm/mes) MÉTODO DE HARGREAVES													
Días	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	AÑO
Media	156	121	120	156	106	91	99	115	134	159	167	178	1,603
Prom.	5,0	4,3	3,9	5,2	3,4	3,0	3,2	3,7	4,5	5,1	5,6	5,7	4,4
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL (mm/día) (Hargreaves y Samani, 1985)													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	AÑO
Media	145	122	131	117	109	97	104	119	132	149	151	154	1,532
Prom.	4,7	4,4	4,2	3,9	3,5	3,2	3,4	3,8	4,4	4,8	5,0	5,0	4,2
EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL CROWATP 8 (mm/día)													
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	AÑO
Media	113	96	99	90	90	83	90	98	109	122	122	125	1,236
Prom.	3,6	3,4	3,2	3,0	2,9	2,8	2,9	3,2	3,6	3,9	4,1	4,0	3,4

Para la evapotranspiración de referencia utilizamos la formula empírica de Hargreaves, simplificada (Hargreaves y Allen, 2003 y Trezza, 2008, citados por Santiago et al., 2012) cuyos datos básicos para el cálculo son: temperaturas y radiación solar.

4.1.2.2 Cédula de cultivo.

La cédula de cultivo se define como la distribución de los cultivos en el transcurso del año, campaña grande y campaña chica o de remplazo, dependiendo de los factores climatológicos cantidad de área agrícola, economía del agricultor, demanda del mercado local o nacional, disponibilidad de agua, incidencias de plagas y enfermedades, y otros. Los cultivos de acuerdo a su estructuración se tienen que definir fechas de siembra, cosecha y su periodo vegetativo. La demanda de los productos en el mercado tiene un rol fundamental en la elección del cultivo a sembrar, es así que el agricultor tiene que tener su intención de siembra para la campaña siguiente.

Según el calendario de siembra de los cultivos, en la zona de influencia del proyecto, se realizan en los meses de octubre a marzo, sin embargo, el cultivo de remplazo se realiza en los meses de abril a setiembre, según los factores. Los valores de Kc mensuales para cada cultivo y Kc ponderado, de acuerdo a la distribución de áreas, presentamos en la tabla 13.

Tabla 13

Cédula de cultivo

Cultivos	Periodo	Camp Grande		Camp Chica		Meses											
		Ha	%	Ha	%	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
ALFALFA	12,0	109,1	75,0			109,1	109,1	109,1	109,1	109,1	109,1	109,1	109,1	109,1	109,1	109,1	109,1
PALTA	12,0	7,3	5,0			7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3
MAIZ	6,0	14,6	10,0			14,6	14,6	14,6							14,6	14,6	14,6
PAPA	6,0	7,3	5,0			7,3	7,3	7,3							7,3	7,3	7,3
HABAS	6,0	0,0	5,0	7,3	5,0				7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3			
CEBADA	6,0	0,0		0,0					0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0			
		0,0				0,0	0,0	0,0								0,0	0,0
		0,0				0,0	0,0	0,0	0,0	0,0							0,0
Total Bajo Riego		138,2	100,0	7,3	5,0	138,2	138,2	138,2	123,7	123,7	123,7	123,7	123,7	123,7	138,2	138,2	138,2

Tabla 14

Cálculo de la Evapotranspiración

FACTORES METEOROLÓGICOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.		
1. Temperatura media mensual (TM°F)														
(°C)	16,4	16,4	16,2	16,0	15,2	14,5	14,7	14,9	15,5	15,9	16,2	16,4		
°F = 9/5 * °C + 32 =	61,5	61,5	61,2	60,8	59,4	58,1	58,5	58,8	59,9	60,6	61,2	61,5		
2. Factor de energía solar (MF) en mm/mes														
Latitud Sur	2,7	2,3	2,3	2,9	1,7	1,5	1,6	1,9	2,1	2,5	2,6	2,7		
Latitud Sur	2,7	2,3	2,3	1,9	1,7	1,5	1,6	1,8	2,1	2,5	2,6	2,8		
Latitud Sur del lugar interpolado	2,7	2,3	2,3	2,6	1,7	1,5	1,6	1,9	2,1	2,5	2,6	2,7		
3. Número de días del mes (DM)	31,0	28,0	31,0	30,0	31,0	30,0	31,0	31,0	30,0	31,0	30,0	31,0		
4. Humedad relativa (HR)	71,4	76,7	76,7	69,1	59,4	56,8	56,4	56,6	56,4	56,0	57,3	59,0		
5. Fact. correc.H° R° CH=0.166*(100-HR)^0.5	0,9	0,8	0,8	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0		
6. Factor de altitud CE=1+ 0.04*h/2000	1,1													
7. ETP corregido ETP = MF*TMF*CH*CE = mm/mes	113,1	95,5	98,8	90,4	90,0	82,6	89,8	98,3	108,5	122,4	121,7	125,3		
Kc DE LOS CULTIVOS	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.		
CULTIVOS BASE														
(ha)														
% Área														
Alfalfa	109,1	75,0	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B		
Palto	7,3	5,0	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B		
Maíz	14,6	10,0	B	B	B					B	B	B		
Papa	7,3	5,0	B	B	B					B	B	B		
Habas	7,3	5,0		R	R	R	R	R	R					
Cebada	0,0	0,0		R	R	R	R	R	R					
Total	145,5	100,0												
Área de cultivos base " B " (1ª campaña)	138,2	138,2	138,2	116,4	116,4	116,4	116,4	116,4	116,4	138,2	138,2	138,2		
Área de cultivos en rotación " R " (2ª campaña)	0,0	0,0	0,0	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	7,3	0,0	0,0	0,0		
AREA TOTAL CULTIVADO POR MES (Has)	138,2	138,2	138,2	123,7	123,7	123,7	123,7	123,7	123,7	138,2	138,2	138,2		
<i>Kc x DESARR. CULT</i>														
<i>PER. VEG</i>														
ALFALFA		12,0	0,1	1,00	0,97	0,89	0,93	1,00	0,97	0,89	0,93	1,00	0,97	0,89
MAIZ		6,0	0,97	0,80	0,33							0,28	0,72	0,95
PAPA		6,0	0,97	0,80	0,65							0,55	0,72	0,95

Tabla 14

Cálculo de la Evapotranspiración (continuación)

DEMANDA DE AGUA PARA RIEGO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	
Coefficiente Kc ponderado:	0,79	0,92	0,83	0,79	0,84	0,91	0,90	0,83	0,84	0,85	0,88	0,85	
ETP (mm/mes)	113,1	95,5	98,8	90,4	90,0	82,6	89,8	98,3	108,5	122,4	121,7	125,3	
Evapotranspiración real (ETR=Kc*ETP) mm/mes	89,6	87,4	82,0	7,6	75,2	75,5	80,4	82,0	91,2	103,7	106,6	106,7	
Evapotranspiración real (ETR=Kc*ETP) mm/día	2,9	3,1	2,6	2,4	2,4	2,5	2,6	2,6	3,0	3,3	3,6	3,4	
Precipitación efectiva (PE) mm/mes													
Precipitación en mm (Estación pluviom. + cercana)													
Precipitación promedio en mm	67,6	73,9	39,6	4,5	2,4	1,2	0,3	1,6	2,3	3,8	2,3	8,2	
Precipitación efectiva en mm 75 % de la precipitación	22,7	36,5	10,2	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	
Demanda neta (Dn = ETR - Pe) mm/mes	66,9	50,8	71,8	71,6	74,2	75,5	80,4	82,0	91,2	103,7	106,6	106,2	
Demanda neta (Dn) mm/día	2,2	1,8	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6	2,6	3,0	3,3	3,6	3,4	
Eficiencia de riego	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45	
Demanda bruta (Db = Dn/Ef.) mm/mes	148,7	113,0	159,6	159,1	164,9	167,8	178,7	182,3	202,7	230,5	236,8	235,9	
Demanda bruta (Db) mm/día	4,8	4,0	5,1	5,3	5,3	5,6	5,8	5,9	6,8	7,4	7,9	7,6	
Módulo de riego (Mr = Q/Ha) l/s/ha	0,56	0,47	0,60	0,61	0,62	0,65	0,67	0,68	0,78	0,86	0,91	0,88	
Caudal requerido (Q = Mr/Ha) l/s	76,7	64,6	82,4	75,9	76,1	80,1	82,5	84,2	96,7	118,9	126,3	121,8	
	Q (m ³ /s)	0,077	0,065	0,082	0,076	0,076	0,080	0,082	0,084	0,097	0,119	0,126	0,122
Demanda		20553	15619	22057	19671	20393	20758	22095	22542	25065	31858	32729	32611
	Q (m ³ /Mes)	5	2	6	3	4	3	9	6	9	7	1	6
		1487	1130	1596	1591	1649	1678	1787	1823	2027	2305	2368	2359

4.1.2.3 Evapotranspiración real de cultivo.

Es la cantidad de agua que requieren los cultivos en toda su etapa fisiológica para cumplir con su ciclo, se expresa en mm día⁻¹ y su cálculo se efectúa mediante la relación:

$$ETR = ETo * Kc$$

4.1.2.4 Eficiencia de riego.

En la práctica del riego, deben buscarse reducir las pérdidas de agua, utilizándolo eficientemente. Esta eficiencia del riego se representa como la cantidad de agua disponible para el cultivo que queda en el suelo después de un riego, en relación al total del agua que se aplicó (Demin, 2014, p. 3).

Tabla 15

Resumen de eficiencia de riego del proyecto

Descripción	Con Proyecto
Eficiencia de conducción de canal	92,56%
Eficiencia de distribución	89,40%
Eficiencia de riego	45,00%

Nota: Demin (2014)

La demanda hídrica total se presenta en la tabla 16, y es ascendente a dos millones ochocientos cincuenta y nueve mil quinientos setenta metros cúbicos anuales de agua de riego (2 859 570,4 m³)

4.1.2.5 Determinación de la oferta hídrica.

Es aquella porción de agua que después de haberse precipitado sobre la cuenca y satisfecho las cuotas de evapotranspiración e infiltración del sistema suelo – cobertura vegetal, escurre por los ríos y demás corrientes y llega directa o indirectamente al mar.

La oferta hídrica de una cuenca, corresponde también a un volumen disponible de agua para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre, al cuantificar la escorrentía superficial a partir del balance hídrico de la cuenca (CORPONARIÑO, 2009).

La unidad hidrográfica SC 07 medio bajo Ocoña, comprende los afluentes de la microcuenca Mirmaca y microcuenca Sacarana con un área de 297,10 km² categorizado, Cuencas N5 13681 y 13682 de Pfafstetter. (ALA OCOÑA-PAUSA). Las fuentes de agua que son abastecidos los usuarios del bloque de riego Huampo Acola del comité de usuarios Huanca son de las fuentes del Río Mirmaca y Quebrada Huaton.

Para determinar la oferta hídrica de las fuentes de agua se realizó los aforos puntuales en los puntos de captación, respetando los volúmenes otorgados a terceros, derechos con fines agrarios, poblacionales u otros.

Para determinar la persistencia y el coeficiente de variabilidad nos basamos en los caudales medios mensuales generados (m³/s) – serie histórica, que lo presentamos en la Tabla 16

Tabla 16*Demanda hídrica total expresada en m³*

	DEMANDA HÍDRICA												Total	
	Meses													
	Set.	Oct.	Nov	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.		
	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30	31	31	365	DIAS
Uso Agrario	250,659	318,587	327,291	326,116	205,535	156,192	220,576	196,713	203,934	207,583	220,959	225,426	2 859,570	m3
TOTAL	250,659	318,587	327,291	326,116	205,535	156,192	220,576	196,713	203,934	207,583	220,959	225,426	2 859,570	m3

Tabla 17*Caudales medios mensuales m³/s, al 75 % de persistencia (Serie histórica)*

AÑO	MESES												PROM ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1965	248,7	337,5	221,7	137,4	80,7	63,1	52,9	45,2	50,6	40,7	35,3	35,6	112,4
1966	38,4	58,4	68,8	45,3	40,9	31,5	27,6	26,4	23,5	25,0	29,2	38,3	37,8
1967	107,4	516,2	600,8	325,0	147,8	102,3	82,4	69,2	58,6	48,5	42,4	38,8	178,3
1968	224,9	209,0	255,6	111,3	77,3	63,3	49,8	45,0	42,5	37,2	51,5	60,0	102,3
1969	68,6	243,7	340,0	181,2	101,4	73,1	63,2	53,8	51,5	43,2	50,5	59,7	110,8
1970	373,3	340,0	324,3	153,6	103,2	76,2	59,3	53,3	51,8	60,5	49,3	51,0	141,3
1971	283,6	343,7	335,0	201,1	109,3	84,5	66,4	55,9	49,0	42,4	39,0	90,8	141,7
1972	476,4	664,4	1017,6	405,9	194,6	137,3	107,3	86,8	89,1	111,4	81,4	119,9	291,0
1973	285,9	510,9	816,0	407,1	189,8	134,7	105,9	91,9	97,0	73,6	88,3	121,5	243,5
1974	357,5	465,6	309,7	203,0	121,5	101,0	77,2	138,5	91,1	67,8	58,9	69,0	171,7
1975	145,8	432,7	517,6	266,7	147,1	105,2	82,5	69,0	60,4	51,2	46,1	71,0	166,3
1976	21,5	395,5	340,1	170,6	111,9	83,1	71,4	62,4	94,5	61,4	51,3	53,4	142,7
1977	47,5	213,4	217,6	104,2	68,4	54,4	45,9	39,3	38,4	32,3	36,6	49,6	79,0
1978	84,1	69,7	48,6	52,4	33,4	28,4	25,7	22,4	20,7	19,2	25,9	31,9	38,5
1979	38,0	72,8	200,2	87,1	53,3	40,8	32,4	28,0	24,4	46,4	31,8	28,9	57,0
1980	56,3	82,8	158,1	71,4	45,9	35,5	29,7	25,0	23,3	40,7	31,8	40,0	53,4
1981	134,3	641,2	327,1	293,6	125,5	87,7	66,9	87,6	61,9	51,4	53,7	188,5	176,6
1982	167,3	330,7	215,2	134,4	80,5	64,1	51,9	44,8	61,4	46,6	75,8	52,6	110,4

Tabla 17*Caudales medios mensuales m³/s, al 75 % de persistencia (Serie histórica) (continuación)*

AÑO	MESES												PROM ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
1983	56,8	54,5	128,5	103,1	58,6	46,1	38,1	33,1	35,0	27,7	25,1	35,3	53,5
1984	138,6	700,2	544,8	229,8	125,4	94,2	72,3	64,8	60,4	64,7	102,7	130,1	194,0
1985	70,4	266,7	306,8	184,6	105,3	82,5	62,5	51,9	45,2	37,8	35,7	58,3	109,0
1986	180,8	375,6	267,7	141,8	90,3	68,0	54,9	51,4	43,0	35,3	34,0	127,0	122,5
1987	247,5	162,4	95,3	65,5	47,2	40,3	39,1	33,3	30,4	30,1	27,9	2,0	70,2
1988	154,5	195,3	166,2	112,4	68,9	51,7	42,0	35,9	32,1	27,2	24,5	64,3	81,3
1989	129,6	364,6	520,1	223,5	119,0	87,0	67,2	55,3	48,3	39,2	36,0	35,7	143,8
1990	39,1	61,1	77,9	51,5	36,2	36,4	28,6	25,4	24,1	24,5	29,1	75,9	42,5
1991	182,7	154,3	336,8	152,1	80,0	85,2	55,9	45,6	39,0	31,8	35,1	27,2	102,1
1992	26,9	29,2	24,5	20,8	17,7	16,8	15,3	15,7	15,1	13,9	13,6	22,7	19,3
1993	109,9	122,3	381,2	147,2	85,0	61,2	46,9	47,6	38,3	35,1	31,7	52,1	96,5
1994	210,7	423,0	249,5	149,8	84,9	64,0	51,2	43,3	38,2	31,7	28,9	31,6	117,2
1995	129,8	98,4	232,6	100,0	64,8	50,8	41,6	35,9	33,5	27,6	44,9	42,1	75,2
1996	103,6	189,0	161,9	94,3	69,5	49,2	39,7	38,8	38,7	29,4	81,3	109,5	83,7
1997	221,5	412,9	513,2	206,1	115,9	85,3	67,3	104,3	87,4	61,4	51,0	128,5	171,2
1998	606,2	733,0	543,6	244,1	142,8	112,6	88,0	74,3	65,3	55,0	83,9	111,6	238,4
1999	219,9	754,8	849,7	476,2	218,1	151,0	115,7	94,4	82,0	183,8	131,6	166,8	287,0
2000	399,5	398,7	346,4	202,1	125,9	96,4	78,0	67,2	60,3	78,1	64,7	102,3	168,3
2001	171,2	622,8	654,1	319,4	163,6	118,5	91,9	77,6	68,3	58,3	52,2	46,1	203,7
2002	65,5	240,3	314,1	190,2	102,4	77,2	82,0	59,7	51,6	45,3	51,8	57,5	111,5
2003	80,5	174,7	155,2	105,8	67,7	52,2	43,2	37,4	33,6	28,3	26,0	34,0	69,9
2004	89,1	199,2	179,8	113,2	65,5	50,7	48,9	37,6	35,4	30,1	26,2	40,0	76,3

Tabla 17

Caudales medios mensuales m³/s, al 75 % de persistencia (Serie histórica) (continuación)

AÑO	MESES												PROM ANUAL
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2005	73,3	141,6	171,8	86,1	54,6	42,9	35,0	30,1	38,1	27,7	25,3	48,1	64,5
2006	116,0	284,2	351,5	201,5	101,8	73,3	56,8	46,8	43,1	37,6	50,9	41,5	117,1
2007	108,9	264,3	354,1	185,0	97,3	71,5	56,3	47,2	41,3	33,7	32,3	42,6	111,2
2008	323,5	346,9	231,3	122,5	78,7	62,5	50,5	44,0	38,8	32,9	29,7	37,6	116,6
2009	102,5	355,6	314,5	191,0	100,7	74,2	65,6	51,2	45,8	37,4	36,5	32,5	117,3
2010	58,7	144,0	115,7	84,0	53,3	42,4	35,0	30,5	27,8	26,3	23,7	47,8	57,4
2011	129,7	426,3	194,8	151,9	82,5	61,0	48,4	40,9	35,8	30,1	32,0	55,3	107,4
2012	157,4	446,7	370,3	264,2	121,2	86,9	66,9	57,5	53,5	43,0	38,6	88,6	149,6
2013	140,6	333,6	286,5	134,2	90,9	73,9	59,6	55,2	46,4	51,3	41,6	84,8	116,6
Nº datos	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49
Prom.	167,33	314,37	321,52	171,53	95,27	72,08	58,01	52,62	48,27	45,22	45,45	65,34	121,417
D esvest.	121	192	208	97	42	29	22	24	20	27	23	39	61,697
Máxima	606,2	754,8	1 017,6	476,2	218,1	151,0	115,7	138,5	97,0	183,8	131,6	188,5	291,000
Mínima	26,9	29,2	24,5	20,8	17,7	16,8	15,3	15,7	15,1	13,9	13,6	23	19,340
Mínima	26,860	29,150	24,500	20,770	17,720	16,810	15,310	15,740	15,130	13,850	13,560	22,700	19,340
75% Pers	80,47	162,44	179,79	104,19	67,70	50,78	42,02	37,36	35,39	30,07	29,66	38,29	76,30
C. V	0,45	0,90	1,00	0,58	0,38	0,28	0,23	0,21	0,20	0,17	0,16	0,21	

Nota: Código de la estación: 204504, Cuenca: Ocoña, Región Hidrográfica: Pacífico, Área (km²): 15 998,13, País: Perú, Dpto.: Arequipa, Provincia: Camaná, Distrito: Ocoña, Latitud Sur: 16° 26' 01" Longitud Oeste: 73° 06' 01", ALA: Ocoña – Pausa, Altitud (msnm): 270,0 Propiedad: Zona Geográfica: 18

Tabla 18*Precipitación efectiva (mm)*

AÑO	m	FREC(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1965	1	0,03	274,5	175,0	204,2	22,0	18,1	3,2	5,2	14,5	23,3	20,9	11,2	33,4
1966	2	0,05	260,6	169,0	97,2	20,0	16	3,0	2,8	8,7	17,6	16,7	9,8	23,6
1967	3	0,08	142,6	133,2	94,6	18,9	5,4	2,6	1,6	6,7	8,6	16,3	8,6	23,1
1968	4	0,10	142,4	130,9	93,6	16,6	5	2,5	1,2	6,3	5,3	13,4	8,37	21,7
1969	5	0,13	123,3	128,4	89,8	13,8	4,5	2,3	0,8	5,0	4,7	11,1	6,4	19,8
1970	6	0,15	120,7	119,0	84,4	11,7	4,1	2,2	0,3	4,3	4,2	8,2	5,58	16,0
1971	7	0,18	117,2	115,1	70,5	11,3	3,4	2,1	0,3	3,6	4,1	6,8	5,2	14,9
1972	8	0,21	115,1	114,9	63,1	9,4	2,3	2,0	0,1	2,2	3,8	6,4	4,9	14,5
1973	9	0,23	98,9	108,4	60,6	8,1	2,2	2,0	0,1	1,7	3,4	5,9	4,6	14,2
1974	10	0,26	90,4	102,0	57,1	7,6	2,2	1,9	0,1	1,7	3,2	3,8	3,2	13,4
1975	11	0,28	89,4	101,5	55,8	7,0	2,1	1,8	0,1	1,7	2,3	3,7	3	13,2
1976	12	0,31	83,9	92,7	53,0	6,3	2,1	1,7	0	1,1	2,1	3,4	3	12,0
1977	13	0,33	81,8	88,7	51,3	3,6	2,1	1,7	0	1,0	2	3,4	2,9	11,5
1978	14	0,36	79,2	88,7	46,7	2,6	2	1,6	0	0,5	1,3	3,3	2,6	10,5
1979	15	0,38	77,6	88,6	36,1	2,2	1,6	1,5	0	0,4	1,3	3,0	1,5	9,2
1980	16	0,41	74,3	87,8	30,5	2,0	1,58	1,5	0	0,4	0,4	3,0	1,38	8,2
1981	17	0,44	62,4	86,3	28,9	2,0	1,57	1,4	0	0,3	0,1	2,9	0,9	7,5
1982	18	0,46	58,9	77,5	27,0	1,8	1,5	1,4	0	0,2	0	2,0	0,7	7,1
1983	19	0,49	57,9	70,7	26,4	1,5	1,5	1,3	0	0,2	0	2,0	0,7	7,1
1984	20	0,51	53,2	66,8	25,5	1,4	1,5	1,2	0	0,1	0	1,8	0,5	6,3
1985	21	0,54	45,9	64,2	24,4	0,7	1,5	1,2	0	0,1	0	1,8	0,4	5,8
1986	22	0,56	44,2	60,4	24,2	0,6	1,4	0,9	0	0,1	0	1,4	0,2	3,7
1987	23	0,59	43,3	54,0	23,7	0,4	1,4	0,7	0	0,1	0	1,3	0,2	3,6

Tabla 18

Precipitación efectiva (mm) (continuación)

AÑO	m	FREC(%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1988	24	0,62	38,9	51,6	22,9	0,3	1,3	0,7	0	0	0	1,3	0,1	3,4
1989	25	0,64	25,7	45,0	20,7	0	1,1	0,7	0	0	0	0,9	0	2,6
1990	26	0,67	25,2	42,4	19,9	0	1	0,7	0	0	0	0,8	0	1,6
1991	27	0,69	23,4	41,9	19,8	0	1	0,7	0	0	0	0,6	0	1,3
1992	28	0,72	23,4	38,3	10,8	0	1	0,7	0	0	0	0	0	0,8
1993	29	0,74	23,4	37,6	10,5	0	1	0	0	0	0	0	0	0,8
1994	30	0,77	21,4	34,4	9,7	0	1	0	0	0	0	0	0	0,1
1995	31	0,79	15,2	34,3	7,4	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0
1996	32	0,82	15,0	32,2	5,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1997	33	0,85	6,2	27,5	5,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1998	34	0,87	5,7	26,4	5,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1999	35	0,90	5,5	25,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	36	0,92	2,4	19,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2001	37	0,95	0	18,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2002	38	0,97	0	8,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PROMEDIO AL 75 %			22,7	36,5	10,2	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
DESCRIPCIÓN			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Promedio estación			67,6	73,9	39,6	4,5	2,4	1,2	0,3	1,6	2,3	3,8	2,3	8,2
Promedio estación 75%			22,7	36,5	10,2	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6
Increment. P.E.														
Interpolado			0,7	0,9	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Precip.efectiva (mm)			22,7	36,5	10,2	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6

Figura 7

Cálculos de coeficientes de variación para distribución

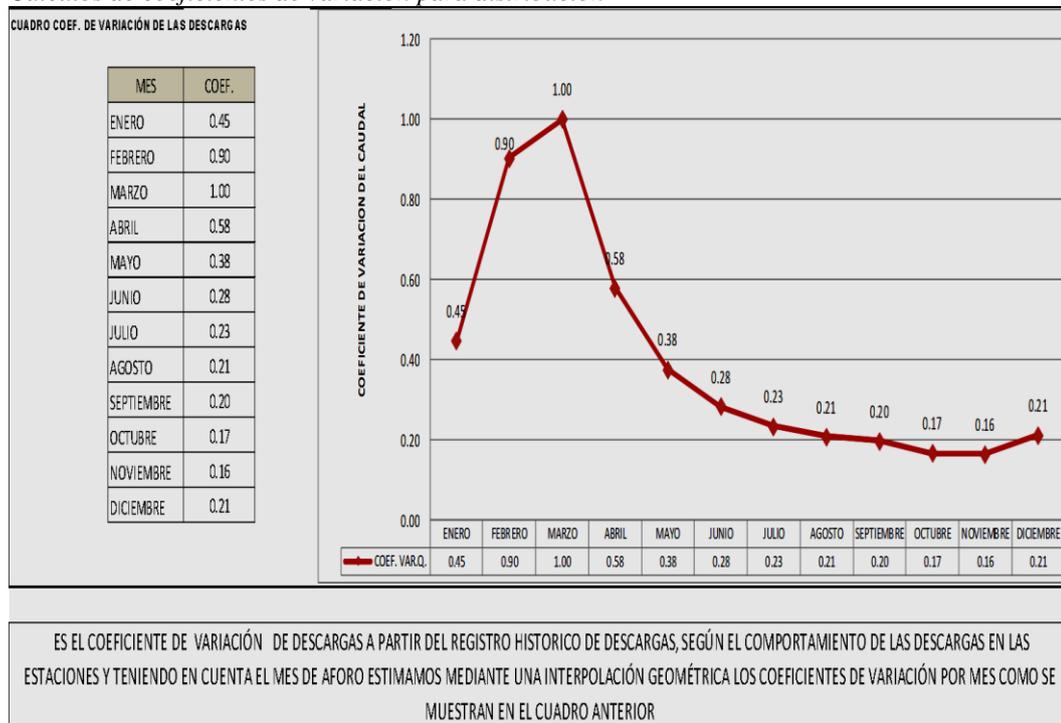


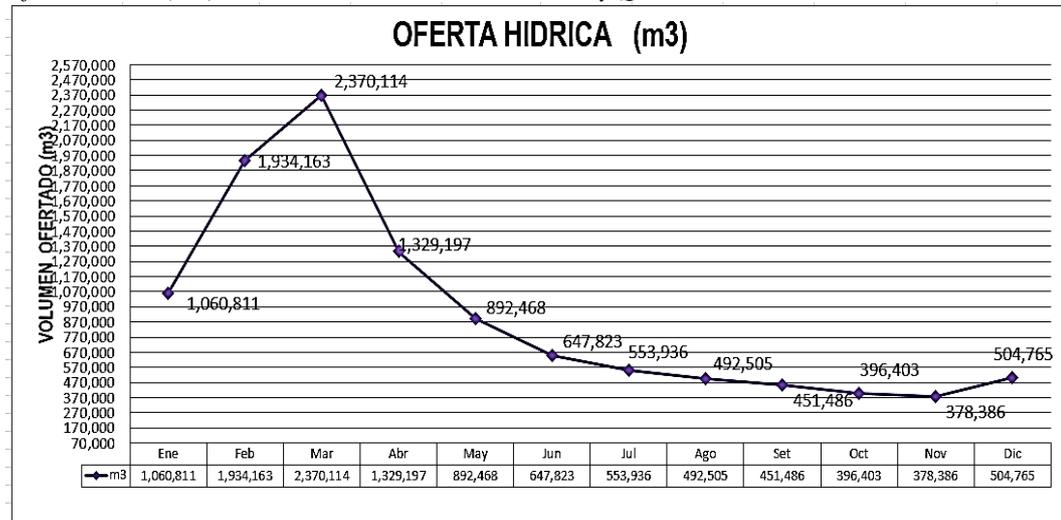
Tabla 19

Cálculos de Oferta Hídrica Fuentes de agua Rio Mirmaca y Quebrada Huaton

FUENTE DE AGUA	MESES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	
		31	28	31	30	31	30	
	COF. VAR	0.45	0.90	1.00	0.58	0.38	0.28	
Rio Mirmaca	Q (l/s)	268	540	598	346	225	169	
	V (m3)	716,764	1306,867	1601,428	898,106	603,019	437,718	
Queb Huaton	Q (l/s)	147	297	329	191	124	93	
	V (m3)	394,220	718,777	880,786	493,958	331,660	240,745	
TOTAL	Q (l/s)	415	837	927	537	349	262	
	V (m ³)	1110,984	2025,644	2482,214	1392,064	934,679	678,463	
FUENTE DE AGUA	MESES	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	VOLUMEN ANUAL (m ³)
		31	31	30	31	30	31	
	C. VAR	0.23	0.21	0.20	0.17	0.16	0.21	
Rio	Q (l/s)	140	124	118	100	99	127	
Mirmaca	V (m3)	374,281	332,774	305,058	267,840	255,666	341,057	7 440,578
Quebrada	Q (l/s)	77	68	65	55	54	70	
Huaton	V (m3)	205,855	183,025	167,782	147,312	140,616	187,582	4 092,318
TOTAL	Q (l/s)	217	193	182	155	153	197	
	V (m ³)	580,136	515,799	472,840	415,152	396,282	528,639	11 532,896

Figura 8

Oferta hídrica (m3) del sector de estudio Rio Mirmaca y Quebrada Huaton



4.1.3 Balance hídrico.

Efectuado el cálculo de la demanda hídrica de acuerdo al área bajo riego, considerando el cálculo de oferta hídrica en las fuentes de agua de Rio Mirmaca y Quebrada Huaton, se presenta el balance hídrico en la tabla 21.

Figura 9

Balance hídrico (M3) del sector en estudio

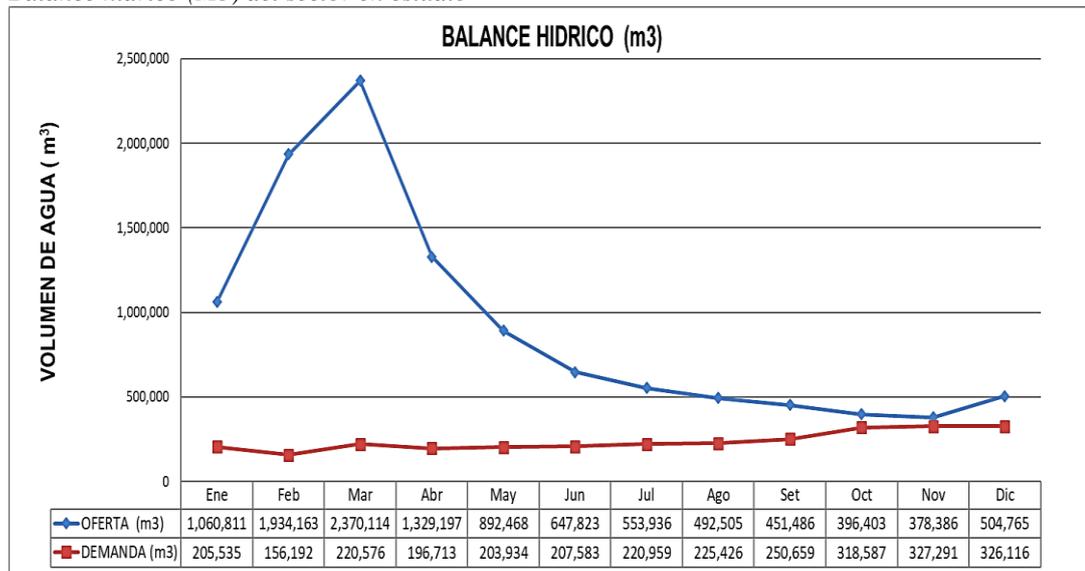


Tabla 20*Balance hídrico de las fuentes de agua río Mirmaca y Quebrada Huaton*

Volumen Agua	BALANCE ACTUAL (m3)												Volumen anual (m3)
	Ene 31	Feb 28	Mar 31	Abr 30	May 31	Jun 30	Jul 31	Ago 31	Set 30	Oct 31	Nov 30	Dic 31	
Oferta (m ³)	1 110,984	2 025,644	2 482,214	1 392,064	934,679	678,463	580,136	515,799	472,840	415,152	396,282	528,639	11 532,896
Demanda (m ³)	205,535	156,192	220,576	196,713	203,934	207,583	220,959	225,426	250,659	318,587	327,291	326,116	2 859,570
Superávit (m ³)	905,449	1 869,452	2 261,638	1 195,351	730,745	470,880	359,177	290,373	222,181	96,565	68,991	202,523	8 673,326
Déficit (m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 21*Volumen de Otorgamiento*

MESES	Volumen mensual (m ³)												VOLUMEN ANUAL (m ³)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Volumen (m3)	205,535	156,192	220,576	196,713	203,934	207,583	220,959	225,426	250,659	318,587	327,291	326,116	2 859,570

Tabla 22*Volumen total de asignación de agua*

Fuente de agua	VOLÚMEN MENSUAL (m³)												Volumen anual (m³)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Rio Mirmaca	178,815	135,887	191,901	171,140	177,423	180,597	192,234	196,121	218,073	277,171	284,743	283,721	2487,826
Quebrada Huaton	26,720	20,305	28,675	25,573	26,511	26,986	28,725	29,305	32,586	41,416	42,548	42,395	371,744
Total, asignación	205,535	156,192	220,576	196,713	203,934	207,583	220,959	225,426	250,659	318,587	327,291	326,116	2859,570

Figura 10

Volumen de asignación mensual (m3)

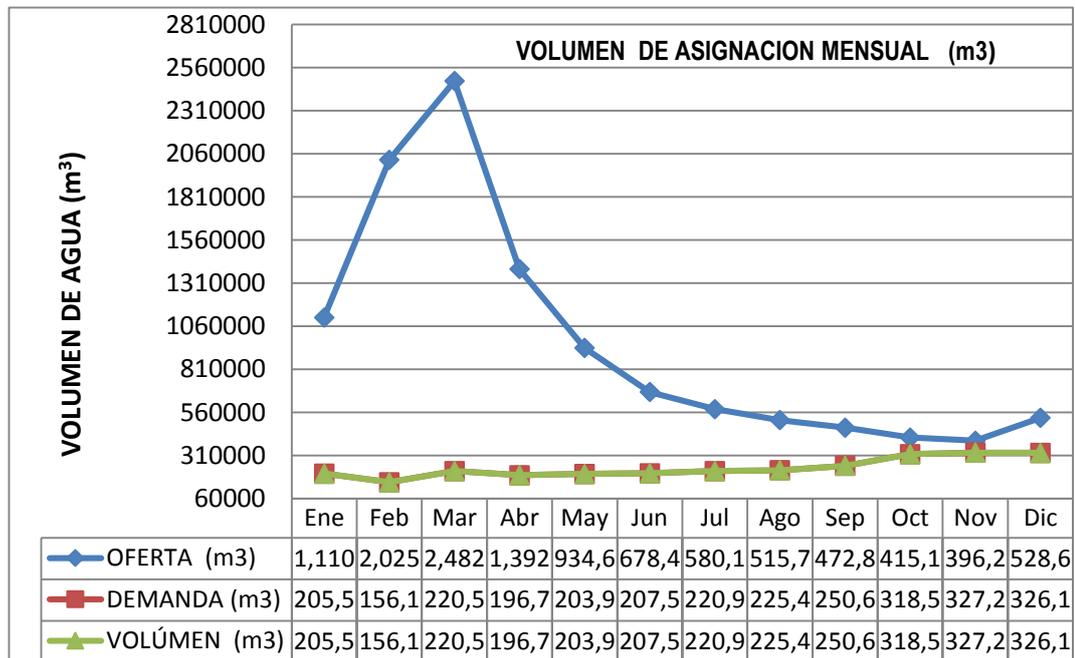


Figura 11

Volumen de otorgamiento (m3) del sector de estudio, según fuente

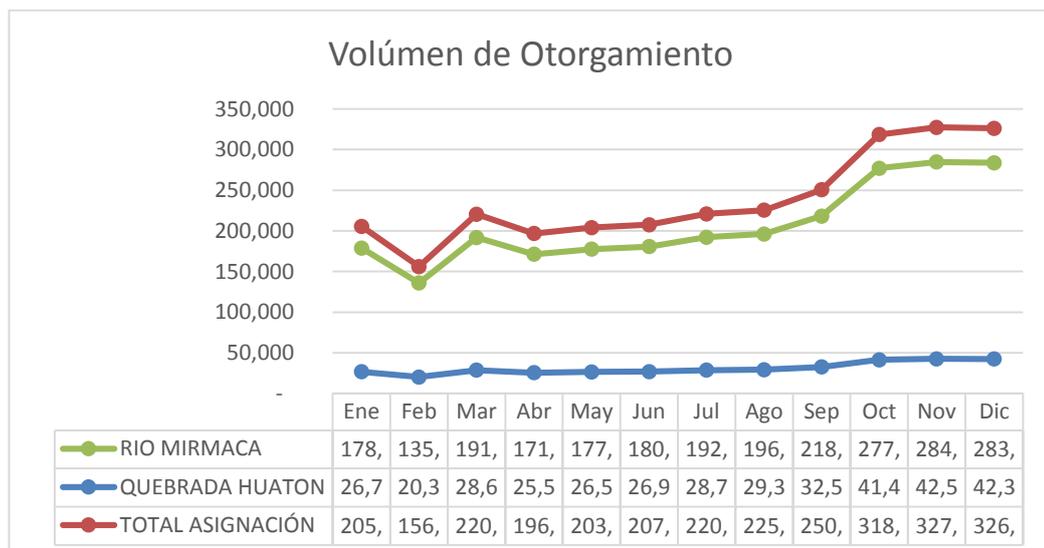


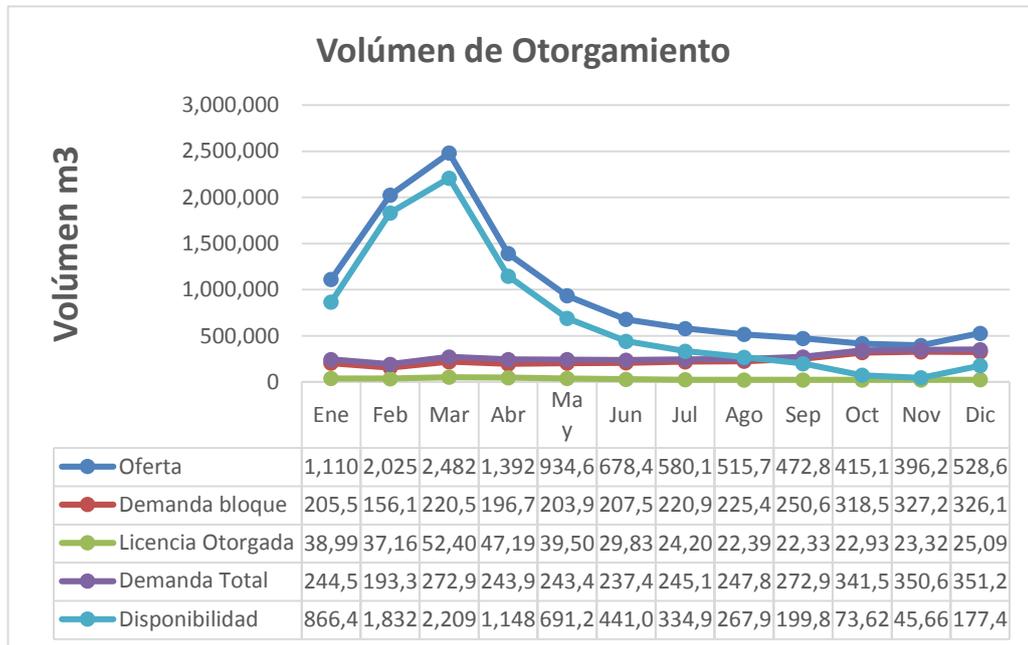
Tabla 23

Disponibilidad hídrica con derechos Otorgados

MESES	Volumen mensual (m ³)												VOL ANUAL (m ³)
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
Oferta	110,984	2 025,644	2 482,214	1 392,064	934,679	678,463	580,136	515,799	472,840	415,152	396,282	528,639	11 532,896
Demanda de Bloque	205,535	156,192	220,576	196,713	203,934	207,583	220,959	225,426	250,659	318,587	327,291	326,116	2 859,570
Lic. Bloque Buena vista	38,996	37,160	52,409	47,199	39,509	29,833	24,202	22,393	22,338	22,937	23,328	25,097	385,401
Demanda Bloque riego	244,531	193,352	272,985	243,912	243,443	237,416	245,161	247,819	272,997	341,524	350,619	351,213	3 244,971
Disponibilidad Hídrica	866,453	1 832,292	2 209,229	1 148,152	691,236	441,047	334,975	267,980	199,843	73,628	45,663	177,426	8 287,925

Figura 12

Volumen de otorgamiento total



4.2 Contrastación de hipótesis

Se identificó una infraestructura hídrica consistente en dos canales de conducción: canal Mirmaca (100 % revestido) con 2 810 m y el canal Huaton con 522 m (100 % rústico); además, cuenta con 04 canales de distribución de primer orden: canal Huampo con 947 m (83 % revestido, 17 % rústico) canal Calvario con 2 093 m (21 % revestido y 79 % rústico), canal Ccaccapata con 1998 m (rústico) y el canal Alton con 1 127 m (72 % revestido 28 % rústico); así mismo, se cuenta con 5 canales de distribución de segundo orden: Marcahuasi con 830 m (rústico), Acola de 1 202 m (rústico), San Luis con 495 m, Chaupin con 763 m y el canal Ccenco con 910 m). El estado situacional basado en la eficiencia de conducción y distribución encontramos en el canal Mirmaca 0,98 % (1,77 ls-1 de pérdidas) canal Huaton 87 % (7,2 ls-1 de pérdidas) el canal Huampo con 98 % de eficiencia (1,81 ls-1 de

pérdidas) canal Calvario con 82 % (17,55 ls-1 de pérdidas) canal Ccaccapata con 80 % (19,54 ls-1 de pérdidas) canal Alton con 96 % (2,03 ls-1 de pérdidas) el canal Marcahuasi con 93 % (5,19 ls-1 de pérdidas) y el canal Acola con 81 % (16,27 ls-1 de pérdidas); encontrando que las mayores pérdidas se encuentran en los canales rústicos (sin revestir).

Respecto al balance hídrico oferta/demanda encontramos que existe suficiencia del recurso durante todo el año, con superávit en todos los meses llegando a 199 843,0 m³ en el mes de setiembre, 73,628 m³ en el mes de octubre, 45,663 m³ en el mes de noviembre y 177,426 m³ en el mes de diciembre, siendo estos los meses más críticos del año, esto nos permitiría incrementar el área agrícola en beneficio de los agricultores.

4.3 Discusión de resultados

La eficiencia de conducción y distribución encontrada está en niveles de 93 a 98 % en canales que cuentan con revestimiento completo o parcialmente revestidos lo que se considera como adecuado; también encontramos canales con eficiencias de conducción cercanos al 80 % considerado como bajo ya que provocaría pérdidas de 7,2 (canal de conducción Huaton) y 16,27; 17, 55 y 19,54 l s⁻¹ (en los canales de distribución Acola, Calvario y Ccaccapata, respectivamente). Coincide con estos resultados con Cieza (2019), cuando realizó sus estudio sobre el canal Turuco, del distrito de Bellavista, en la provincia de Jaén - Cajamarca; quien encontró eficiencias de conducción cercanas a 80 %, en canales rústicos y aquellos revestidos y que ello estaría ocasionado por la presencia de grietas, roturas y juntas en mal estado en los canales evaluados y que provocan las pérdidas; y también encuentra

que en los canales revestidos en buen estado la eficiencia de conducción es igual o superior al 95 %. Similarmente Polo (2021) encontró variación en la eficiencia de conducción de 78,6 %; 94,5 % y 95,7 % en canales de riego del puerto el Cura en Tumbes; donde la mayor eficiencia se logra en canales revestidos y con mantenimiento adecuado. Por otra parte, Jiménez (2017) comparando canales revestido y sin revestimiento encontró que los primeros alcanzaron un 80 % de eficiencia de conducción, mientras que en aquellos canales sin revestir (rústicos) sólo se alcanza un 55 % y ello estaría ocasionado por las pérdidas previsibles en canales sin revestimiento.

Referido a la encuesta realizada: Se procedió a encuestar 185 usuarios de agua (muestra que representa el 95 % de confiabilidad), del total de 437 usuarios que conforman el comité “Huanca”, se puede apreciar que todos los encuestados, en su gran mayoría son hombres y que tiene una edad que sobrepasa los 30 años, todos los encuestados fueron elegidos al azar.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Primera. Se logró realizar el diagnóstico en su integridad de la infraestructura de riego menor y el balance hídrico del bloque Huampo Acola del comité de usuarios Huanca del distrito de Pauza, provincia Paucar del Sara Sara en la región Ayacucho

Segunda. El diagnóstico del comité de usuarios Huanca, permitió identificar 02 canales de conducción, 04 canales de distribución (L1) y 05 canales de distribución (L2), con una longitud de 4,987 km de canal revestido y 8,710 km de canal rustico haciendo un total de 13,697 km de infraestructura de riego en todo el bloque, con una deficiencia del 9,8 % que equivale a 71,36 lt/seg. Todo esto a consecuencia de filtraciones, falta de compuertas en puntos de distribución y prediales, deficiencia en la operación y falta de mantenimiento.

Tercera. En el balance hídrico del bloque de riego Huampo Acola encontramos un superávit hídrico, durante todos los meses del año, llegando a 199 843,0

m³ en el mes de setiembre, 73 628 m³ en el mes de octubre, 45 663 m³ en el mes de noviembre y 177 426 m³ en el mes de diciembre, siendo estos los meses más críticos del año.

5.2 Recomendaciones

Primera. Socializar la propuesta de mejoramiento en la operación, mantenimiento y cambio de tipo de estructura de los canales de conducción y distribución, con el objetivo de hacer más eficiente el uso del recurso hídrico.

Segunda. Identificar estrategias de cultivo a través de la intensión de siembra para incrementar el área agrícola o ampliación de la frontera agrícola, en base a la determinación del balance hídrico, toda vez que existe superávit hídrico durante todo el año en las fuentes de agua que son abastecidas al bloque de riego y de igual forma dentro del bloque de riego.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Actualidad Ambiental. (03 de noviembre de 2020). *Cusco: Actualizan inventario de infraestructura hidráulica en Urubamba. Sociedad peruana de derecho ambiental (SPDA)*. Plataforma digital [En línea]. Recuperado de <https://www.actualidadambiental.pe/cusco-actualizan-inventario-de-infraestructura-hidraulica-en-urubamba/>
- Álvarez, L. (2020). *Conformación de bloques de riego para la asignación del recurso hídrico en los valles alto andinos del sector de riego Carumas, región Moquegua* (Tesis de pregrado). Universidad José Carlos Mariátegui -Moquegua.
- Aparicio, J., Lafragua, J., Gutiérrez, A., Mejía, R. y Aguilar, E. (2006). *Evaluación de los recursos hídricos: Elaboración del balance hídrico integrado por cuencas hidrográficas*. Montevideo: UNESCO-Documento Técnico del PHI-LAC, N° 4.
- Apollin, F. y Eberthard, C. (1998). *Metodologías de análisis y diagnóstico de sistemas de riego campesino*. Quito, Ecuador: Unidad Coordinadora CAMAREN.
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica* (6ta ed.). Caracas: EPISTEME.
- Autoridad Local del Agua. (2013). *Reglamento para la formulación y actualización del inventario e infraestructura hidráulica pública y privada*. Resolución Jefatural N° 030-2013-ANA.
- Autoridad Nacional del Agua. (2015). *Evaluación de recursos hídricos en la cuenca de Ocoña*. INCLAM Perú- ANA.

- Autoridad Nacional del Agua. (2021). *Nosotros Autoridad del Agua*. [Página web en línea]. Recuperado de: <https://www.ana.gob.pe/nosotros/la-autoridad/nosotros>
- Cajamarca, R. (2017). *Estudio del balance hídrico superficial de las cuencas hidrográficas. Sector Jadán y Zhidmad en el área de interceptación con el bosque y vegetación protectora Aguarongo (BVPA)* (Tesis de grado) Universidad politécnica Salesiana -Sede Cauca. Colombia
- 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 Jjaén- Cajamarca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque-Perú
- CORPONARIÑO. (2009). *Índice de Escasez para aguas superficiales del río Guaitara*. Corporación autónoma regional de Nariño. Recuperado de: <https://corponarino.gov.co/expedientes/indiceescasez/resolucion1049de2009guaitara.pdf>
- Cortez, M. (2017). *Inventario de la infraestructura hidráulica menor y los recursos hídricos en la comisión de usuarios de Paiján del valle de Chicama-Región La Libertad con cultivos alternativos* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo.
- Delgado, J. (2019). *Análisis de la infraestructura hidráulica del sistema Chancay-Lambayeque y su impacto en la ecoeficiencia y la huella hídrica de la producción agrícola* (Tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Perú-Lima

- Demin, P. (2014). *Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego*. Catamarca-Argentina: San Fernando del valle de Catamarca, Ediciones INTA
- Fernández, R. (2010). *Manual de riego para agricultores: Módulo 1. Fundamentos del riego*. Sevilla: Consejería de agricultura y pesca - Servicio de publicaciones y divulgación.
- Fuentes, Y. y García, G. (2003). *Técnicas de Riego*. 4ta Ed, Ministerio de Agricultura y Pesca. Madrid: Mundi-prensa.
- García, M., Guerrero, A. y Cabrera, C. (2019). Evapotranspiración y requerimientos de agua para la programación de riego de los cultivos *Saccharum officinarum* L. (Poaceae) “caña de azúcar”, *Zea mays* L. (Poaceae) “maíz” y *Asparagus officinalis* L. (Asparagaceae) “espárrago” en el valle Chicama, Perú. *Revista Arnaldoa*, 26(2), 793-814. Recuperado de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2413-32992019000200018&script=sci_arttext
- Goicochea, J. (2015). *Eficiencia de riego*. Universidad Católica Santa María de Arequipa: Segunda especialidad en nutrición vegetal y fertiirrigación.
- Google. (2020). *El globo terráqueo más detallado del mundo*. Image 2020. CNES/Airbus. [En línea] <https://www.google.com/intl/es-419/earth/>
- Guzmán, J. (2010). Usos y costumbres para el reparto del agua (166-189), En Guzmán, J y García, J, *Hombre y agua: los regadíos históricos en la montaña mediterránea*. Agencia Andaluza del Agua, Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.

- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGRAW-HILL/Interamericana Editores S.A.
- 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* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Tumbes.
- Manrique, M. (2016). *Determinación de Eficiencias de Conducción y Distribución*. Lima: Programa de Entrenamiento en Servicios.
- MINAGRI. (2015). *Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego*. Lima: Dirección general de infraestructura agraria y riego – DGIAR.
- MINAGRI. (2019). *Ley de recursos hídricos: Ley N°29338*. Lima: Autoridad Nacional del Agua (ANA).
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua. (2016). *Guía metodológica para la elaboración de balances hídricos superficiales - análisis de variabilidad climática se oferta y demanda hídrica*. La Paz -Bolivia. Viceministerio de recursos hídricos y riego, 2016.
- Polo, E. (2021). *Determinación de la eficiencia de conducción de canales de riego - caso puerto el Cura - margen derecha del río Tumbes – 2020* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Tumbes
- Prats, R. (2000). *Abastecimiento de agua en cuencos deficitarios. Actuaciones posibles y problemas asociados. Memoria del Congreso nacional gestión del agua en cuencas deficitarias* (pp. 301-309) Murcia: Centro de Investigación del Bajo Segura «Alquibla».

- PSI Sierra. (2012). *Elaboración y actualización del inventario de la infraestructura de riego: Guía de capacitación en entrenamiento a las OUsAs*. Lima: Sub Componente C1: Capacitación de las organizaciones de agua de riego.
- Red de Especialistas en Agricultura. (15 de febrero de 2015). *Opinión: Particularidades del riego por goteo*. Recuperado de: <http://agriculturers.com/particularidades-del-riego-por-aspersion>
- Santiago, S., Arteaga, R., Sangerman, D., Cervantes, R. y Navarro, A. (2012). Evapotranspiración de referencia estimada con Fao-Penman-Monteith, Priestley-Taylor, Hargreaves y RNA. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 3(8), 1535-1549.
- Santos, L., Valero, J., Picornell, M. y Tarjuelo, J. (2010). *El riego y sus tecnologías*, Centro Regional de Estudios del Agua. Albacete-España: Universidad de Castilla La Mancha,
- Schaeffer, V. (2013). *Comunidades campesinas y gestión del agua*, Lima: CooperAcción.
- UNOPS. (2021). *Lucha contra la escasez de agua en el Perú*. Recurso de las Naciones Unidas para la prestación de servicios y soluciones en el ámbito de la asistencia humanitaria, el desarrollo y la consolidación de la paz y la seguridad [En línea]. Recuperado de: <https://www.unops.org/es/news-and-stories/stories/combating-water-scarcity-in-peru>.
- Vásquez, A., Vásquez, I., Vásquez, C. y Cañamero, M. (2017). *Fundamentos de la ingeniería de riegos*. Lima: Universidad nacional agraria La Molina.