



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO EN EL SECTOR AUCORA DE
LA LOCALIDAD DE SAYHUA - AYACUCHO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. JHONNY ESTEBAN YANQUE CONDORI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO - PERÚ

2015



Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO EN EL S
ECTOR AUCORA DE LA LOCALIDAD DE S
AYHUA - AYACUCHO**

AUTOR

JHONNY ESTEBAN YANQUE CONDORI

RECuento DE PALABRAS

32958 Words

RECuento DE CARACTERES

133553 Characters

RECuento DE PÁGINAS

125 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

5.7MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 24, 2023 12:22 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 24, 2023 12:24 PM GMT-5

● **18% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 18% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 7% Base de datos de trabajos entregados
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cross

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)


M. Sc. Percy Asturo Guínez Choque
Esp. Gestión de Ciencias Hidrográficas
CIP N° 54418



Resumen



DEDICATORIA

A DIOS por darme la vida, por ser mi guía, Fortaleza e Iluminar mi camino, sobre todo por permitirme disfrutar mis logros cerca de mis seres amados.

Con mucho cariño a mi Mamita: Prudencia Condori y mis Hermanos: Margarita, Luis, Alex y Carlos que me brindaron Su apoyo moral y económica en mi formación de Mi carrera profesional.

A la memoria de mi Padre GABINO YANQUE que me guían desde el cielo.

JHONNY ESTEBAN YANQUE CONDORI



AGRADECIMIENTOS

A nuestra Alma Mater la “Universidad Nacional del Altiplano - Puno”, por brindarnos la oportunidad de formarnos profesionalmente en ésta primera casa superior de estudios.

A la Facultad de Ingeniería Agrícola “Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola”, al decano, director de estudios y cuerpo de docentes que impartieron sus conocimientos y experiencias en bien de nuestra formación profesional, de igual manera al cuerpo administrativo por su apoyo incondicional.

A los miembros del jurado calificador, al Presidente M.Sc. Oscar Raúl Mamani Luque y Jurados M.Sc Roberto Alfaro Alejo y M.Sc Bernardo Coloma Paxi, por su comprensión, aporte y colaboración que hicieron posible la culminación de la presente investigación.

JHONNY ESTEBAN YANQUE CONDORI



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ACRONIMOS	
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	16
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	17
1.3. OBJETIVOS.	20
1.3.1. Objetivo general.	20
1.3.2. Objetivo específicos.	20
CAPÍTULO II	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES.....	21
2.2. MARCO TEÓRICO.....	23
2.2.1. Planificación de los recursos hídricos.	23
2.2.2. Conceptos básicos de riego.	26
2.2.3. Diseño agronómico.	28



2.2.4. Sistema de riego por aspersión.....	30
2.2.5. Redes a presión.....	32
2.2.6. Eficiencia de riego.....	34
2.2.7. Módulo de riego.	36
2.2.8. Diseño hidráulico	37
2.2.9. Fundamentos de hidráulica de tuberías.	38
2.2.10. Parámetros de diseño de tuberías.	38
2.2.11. Resistencia mecánica del material.....	39
2.2.12. Diámetros y velocidades.	40
2.2.13. Efectos de la temperatura.	41
2.2.14. Efecto de los esfuerzos internos.	42
2.2.15. Deflexión.....	42
2.2.16. Estructuras complementarias.....	43

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO.	44
3.2. METODOLOGÍA.....	46
3.2.1. Levantamiento topográfico.	46
3.2.2. Trabajo de gabinete.	47
3.3. ESTUDIO HIDROLOGICO.	48
3.3.1. Parámetros geomorfológicos de la cuenca.	48
3.3.2. Climatología.	54
3.3.3. Precipitación.....	55
3.3.4. Caudales	56
3.4. DISEÑO AGRONÓMICO.....	58



3.4.1. Evapotranspiración potencial	58
3.4.2. Cedula de cultivo.....	59
3.4.3. Coeficiente de cultivo Kc.....	59
3.4.4. Evapotranspiración actual o real de los cultivos	61
3.4.5. Precipitación efectiva (Pe)	61
3.5. DISEÑO HIDRAULICO	63

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.....	65
4.2. ESTUDIO HIDROLÓGICO.	67
4.2.1. Parámetros geomorfológicos de la cuenca.....	67
4.2.2. Precipitación.....	69
4.2.3. Caudales.....	78
4.3. DEL DISEÑO AGRONÓMICO.	86
4.3.1. Calculo de la evapotranspiración potencial.....	87
4.3.2. Necesidad de agua de los cultivos	88
4.3.3. Demanda de agua del proyecto	89
4.4. DEL DISEÑO HIDRÁULICO.	90
4.4.1. Consideraciones y criterios de diseño	90
4.4.2. Descripción de las obras a ejecutar	93
4.4.2.1. Diseño de canales.....	93
4.4.2.2. Captación Uchccurumi (Aucora)	94
4.4.2.3. Desarenador	98
4.4.2.4. Poza de inspección.....	99
4.4.2.5. Transición y cambio de gravedad a presión y viceversa.....	101



4.4.2.6. Canoas.....	102
4.4.2.7. Pase aéreo.....	102
4.4.2.8. Sifón invertido.....	103
4.4.2.9. Acueducto	105
4.4.2.10. Aforador tipo RBC.....	105
4.4.3. Metrados y presupuestos de las obras proyectadas	106
4.5. DISCUSIÓN	107
V. CONCLUSIONES.....	108
VI. RECOMENDACIONES	109
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111
ANEXOS.....	115

Área : Recursos Hídricos.

Tema : Diseño de sistemas de riego.

Línea : Diseño de infraestructura rural

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 31 de diciembre del 2015



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Métodos de riego y su eficiencia de aplicación	36
Tabla 2. Características Técnicas de la tubería para presión NTP-ISO-1452	40
Tabla 3. Diámetros y velocidades óptimas.	41
Tabla 4. Características del acceso.....	45
Tabla 5. Distribución de la precipitación efectiva	62
Tabla 6. Coordenadas fijadas en el levantamiento topográfico.....	66
Tabla 7. Características fisiográficas de la microcuenca Qda. Uchccurumi.	67
Tabla 8. Características fisiográficas de la microcuenca Qda. Actahuaycco	68
Tabla 9. Características Fisiográficas de la Microcuenca Qda. Huanacoyacu	68
Tabla 10. Características fisiográficas de la microcuenca Qda. Aucora 2	69
Tabla 11. Variación de la altitud y precipitación anual de 05 estaciones.....	70
Tabla 12. Precipitación generada para la microcuenca Qda. Ucchurumi (Qda. Aucora) 72	
Tabla 13. Precipitación generada para la microcuenca Qda. Actahuaycco.....	73
Tabla 14. Precipitación generada para la microcuenca Qda. Huanacoyacu.....	74
Tabla 15. Precipitación generada para la microcuenca Qda. Aucora 2 (presa)	76
Tabla 16. Precipitación generada para las áreas de riego.....	77
Tabla 17. Descargas medias mensuales generados – Microcuenca Qda. Uchccurumi (m ³ /s).....	79
Tabla 18. Descargas medias mensuales generados – Microcuenca Qda. Actahuaycco (m ³ /s)	80



Tabla 19. Descargas medias mensuales generados – Microcuenca Qda. Huanacoyacu (m ³ /s).	81
Tabla 20. Descargas Medias Mensuales Generados – Microcuenca Qda. Aucora 2 (m ³ /s).....	82
Tabla 21. Caudal Ecológico – Micro cuenca Qda. Uchccurumi (m ³ /s).....	83
Tabla 22. Caudal e cológico – Microcuenca Qda. Actahuaycco (m ³ /s).....	84
Tabla 23. Caudal Ecológico – Microcuenca Qda. Huanacoyacu (m ³ /s)	85
Tabla 24. Caudal Ecológico – Microcuenca Qda. Aucora 2 (m ³ /s).....	85
Tabla 25. Resultados de los aforos de las quebradas.....	86
Tabla 26. Resultados de la evapotranspiración potencial mensual (mm/d).	87
Tabla 27. Cédula y coeficientes de cultivo.	88
Tabla 28. Resultados de demanda de agua.....	89
Tabla 29. Características hidráulicas del canal de conducción Sayhua (Gravedad).....	96
Tabla 30. Características hidráulicas del canal de derivación Aucora (Gravedad).	97
Tabla 31. Ubicación de las pozas de inspección en el canal Aucora.....	100
Tabla 32. Ubicación de las pozas de inspección en el canal Sayhua.....	100
Tabla 33. Ubicación de las transiciones en el canal Aucora.....	101
Tabla 34. Ubicación de las transiciones en el canal Sayhua.....	101
Tabla 35. Ubicación de las canoas en el canal de derivación.	102



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación política y geográfica de la zona en estudio.	46
Figura 2. Relación precipitación media – altitud.	70



ÍNDICE DE ACRONIMOS

- PSI** : Proyecto Sub sectorial de Irrigaciones Sierra.
- ANA** : Autoridad Nacional del Agua.
- DGASI** : Dirección General de Aguas, Suelos e Irrigaciones.
- ET_o** : Evapotranspiración de referencia o potencial
- ET_c** : Evapotranspiración real del cultivo
- K_c** : Coeficiente de cultivo
- Er** : Eficiencia de riego
- MR** : Modulo de riego.



RESUMEN

La limitada disponibilidad de agua para fines agrícolas, hace que solo se pueda sembrar durante las épocas de lluvias (meses de septiembre a marzo) observándose que las precipitaciones pluviales no satisfacen la demanda de agua en la zona generando bajos rendimientos en la producción agrícola. El trabajo de investigación tiene como objetivo diseñar un sistema de riego a presión en el sector Aucora de la localidad de Sayhua, distrito de HuacHuas – Lucanas – Ayacucho con la finalidad de mejorar el uso del recurso hídrico e incrementar la productividad de los cultivos. La metodología utilizada es realizar un levantamiento topográfico de toda el área en estudio, realizar el estudio hidrológico para conocer la disponibilidad de agua, realizar el estudio agronómico para conocer las necesidades hídricas de los cultivos y realizar el diseño hidráulico para el sistema de riego en el sector Aucora. Los resultados obtenidos en la investigación son: área del proyecto 305.5 has, la evapotranspiración potencial promedio anual es de 3.23 mm/día, caudal disponible de 16.50 litros por segundo de cuatro fuentes de agua, la demanda de agua considerando una cedula de cultivo de trigo, maíz, papa, haba, cebada, quinua y una área de siembra de 305.50 has, es de 1'288,484 m³ por campaña agrícola, para el buen funcionamiento del sistema de riego se deben construir una captación tipo tirolesa, 03 desarenadores, 16 pozas de inspección, 10 transiciones, 03 pases aéreos, 01 sifón invertido, 01 acueducto y un aforador RBC; se concluye que el sistema de riego planteado es adecuado para la zona en estudio y se incrementará los rendimientos de los cultivos, la eficiencia en el uso del agua y el nivel de vida de los pobladores.

Palabras clave: Aucora, estudio hidrológico, recursos hídricos, Sayhua, Sistema de riego.



ABSTRACT

The limited availability of water for agricultural purposes means that it can only be sown during the rainy seasons (September to March), observing that rainfall does not satisfy the demand for water in the area, generating low yields in agricultural production. The objective of the research work is to design a pressure irrigation system in the Aucora sector of the town of Sayhua, district of HuacHuas - Lucanas - Ayacucho in order to improve the use of water resources and increase the productivity of crops. The methodology used is to carry out a topographic survey of the entire area in, carry out the hydrological study to know the availability of water, carry out the agronomic study to know the water needs of the crops and carry out the hydraulic design for the irrigation system in the sector Aucora. The results obtained in the research are: Project area 305.5 ha, the annual average potential evapotranspiration is 3.23 mm / day, available flow of 16.50 liters per second from four water sources, the water demand considering a wheat crop ID , corn, potato, broad bean, barley, quinoa and a sowing area of 305.50 hectares, is 1'288,484 m³ per agricultural season, for the proper functioning of the irrigation system a zip-line catchment must be built, 03 grit traps, 16 pools inspection, 10 transitions, 03 air passes, 01 inverted siphon, 01 aqueduct and a RBC gauge; It is concluded that the proposed irrigation system is adequate for the area under study and increases crop yields, water use efficiency and the living standards of the inhabitants.

Keywords: Aucora, hydrological study, water resources, Sayhua, irrigation system.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La economía y el desarrollo de muchos países con potencial o tradición agrícola dependen en gran medida de la eficiencia de los sistemas de riego y de las políticas de distribución y soberanía del agua. Por ejemplo, una publicación en el 2007 en *The Economist* afirma que Perú es la economía de más rápido crecimiento en América del Sur, crecimiento que se debe principalmente a las exportaciones de nuevos productos, como mangos o alcachofas. En el Perú se han tomado políticas para impulsar una agricultura de regadío, lo que ha mejorado la eficiencia en cultivos. Este fenómeno no solo se refleja en la producción agrícola, sino que también influye directamente en la oferta de empleo, mejora de salarios, mejora de infraestructura en lugares rurales, es decir influye en el desarrollo y bienestar de los peruanos.

La investigación está estructurada de la siguiente manera: I Introducción, que contiene, el enunciado del problema, la justificación y finalmente los objetivos de la investigación; II Marco teórico, en el cual se dan a conocer los antecedentes de la investigación, seguido al sustento teórico para ello se desarrolla el análisis documental de los temas y contenidos basados a la investigación, por último se toma en cuenta la definición de términos básicos y teóricos que permite el desarrollo transparente de la investigación, y finalmente se determina la hipótesis y variables de estudio; III Materiales y métodos, se presenta la metodología a emplear para cada uno de los objetivos planteados, es decir para realizar el levantamiento topográfico, estudio hidrológico, diseño agronómico y diseño hidráulico del sistema de riego planteado; IV Resultados y discusión, se sistematiza los resultados de investigación a través del análisis de datos e interpretación de resultados obtenidos a través de la aplicación de la



metodología propuesta en el capítulo anterior; finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones y las referencias bibliográficas.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

El riego en el Perú ha sido un factor determinante en el incremento de la seguridad alimentaria, crecimiento agrícola, productivo, desarrollo humano y de la calidad de vida, de los habitantes de las zonas rurales del país. Los recursos hídricos y la infraestructura hidráulica para riego están distribuidos de manera desigual por el país, lo que crea realidades muy diferentes. La costa, de tierra fértil pero seca, posee grandes infraestructuras hidráulicas fruto de inversiones destinadas al desarrollo de regadíos para fomentar exportaciones (PLANGRACC-A, 2012)

La sierra y la región Amazónica, con abundantes recursos hídricos pero poca o rudimentaria infraestructura para riego, poseen minifundios con cultivos destinados a mercados locales o subsistencia. Una gran parte de su población es pobre.

El Gobierno peruano está llevando a cabo varios programas que tienen como objetivo hacer frente a los desafíos clave del sector riego, incluyendo: (i) el deterioro de la calidad del agua, (ii) poca eficiencia de los sistemas de riego y drenaje, (iii) marcos institucionales y jurídicos débiles, (iv) costes de operación y mantenimiento por encima de la recaudación tarifaria, (v) vulnerabilidad frente a la variabilidad y cambio climático, incluidas condiciones climáticas extremas y retroceso de los glaciares.

El año 2010, el Gobierno Peruano aprobó el endeudamiento externo con el Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento (BIRF), para el financiamiento del Programa Sub sectorial de Irrigaciones Sierra (PSI Sierra), siendo la Unidad Ejecutora del Programa el PSI.



En razón de lo expuesto, se plantea la problemática a través de las siguientes preguntas:

Problema general:

¿Con el diseño de un sistema de riego en el sector Aucora de la localidad de Sayhua, distrito de Huac Huas – Lucanas – Ayacucho se optimizara el uso del recurso hídrico e incrementará la productividad de los cultivos?

Problemas específicos:

¿El estudio topográfico determinara la superficie del sistema de riego en el sector Aucora de la localidad de Sayhua, distrito de Huac Huas – Lucanas – Ayacucho?

¿El estudio hidrológico permitirá determinar la disponibilidad de los recursos hídricos para el sistema de riego en el sector Aucora de la localidad de Sayhua, distrito de Huac Huas – Lucanas – Ayacucho?

¿El diseño agronómico determinara las necesidades hidricas de los cultivos y demanda de agua para el sistema de riego del sector Aucora de la localidad de Sayhua, distrito de Huac Huas – Lucanas – Ayacucho?

¿Cuál es el adecuado diseño hidráulico para la conducción del agua al sistema de riego en el sector Aucora de la localidad de Sayhua, distrito de Huac Huas – Lucanas – Ayacucho?.

1.2. JUSTIFICACIÓN.

Las actividades agrícolas del país enfrentan cambios acelerados que están alterando el contexto de los mercados de insumos, de servicios a la producción y de consumo, con mercados agropecuarios más erráticos y vulnerables a los impactos de los



mercados internacionales, a lo que se agrega el redimensionamiento de aparato público que atiende al sector. Ante las nuevas condiciones de competencia, la producción agrícola requiere contar con capacidad de respuesta para producir con altos rendimientos, calidad y oportunidad, así como con bajos costos, que tenga como base un cambio tecnológico, basado en la inversión para modernizar las áreas de riego y en el aprovechamiento racional del agua.

Cuando no se cuenta con la infraestructura de riego adecuada, la pérdida de agua es de un considerable volumen por infiltración y evaporación y por la falta de reservorios es evidente, y si a ello le sumamos el mal manejo del riego tradicional por gravedad (Surco, tendido y bordes), con el que se satura innecesariamente el terreno, e incluso se desperdicia el agua cuando se desborda hacia las carreteras por descuido e irresponsabilidad de los regantes, entenderemos que, tenemos que adoptar sistemas más modernos como son los sistemas presurizados, que nos permitan ahorrar este preciado recurso, que es el agua.

Realizar el presente estudio es de vital importancia para el centro poblado de Aucora de la localidad de Sayhua, distrito de Huac Huas – Lucanas – Ayacucho, por cuanto facilitará la ejecución de una obra que trata de incrementar los rendimientos de los cultivos en el ámbito del Comité de Usuarios Sayhua.

La limitada disponibilidad de agua para fines agrícolas, hace que solo se pueda sembrar una campaña al año aprovechando la estación de lluvias (meses de septiembre a marzo) observándose que las precipitaciones pluviales no satisfacen la demanda de agua en la zona generando bajos rendimientos en la producción agrícola.



Desde el punto de vista físico, existen riesgos de destrucción de los cultivos en la zona, así como sembríos menores, vías de comunicación y obras adyacentes al centro poblado, situación que coloca a los pobladores en un estado crítico y grave debido a las consecuencias económicas.

Desde el punto de vista humano, los habitantes del centro poblado Aucora de la localidad de Sayhua, distrito de Huac Huas – Lucanas – Ayacucho están poniendo en riesgo sus vidas, dado a que la erosión de la margen derecha del río ha llegado al filo de las viviendas por no contar con una protección adecuada.

La estrategia también tiene como objetivo aumentar la eficiencia en el uso del agua a través de la rehabilitación y modernización de la infraestructura de riego y la mejora de su operación y mantenimiento; promover el uso equitativo y sostenible del agua mediante el mejoramiento técnico de las infraestructuras de riego y drenaje; desarrollar juntas de usuarios de riego que sean técnica y financieramente independientes y responsables de la operación y mantenimiento de la infraestructura de riego; y aumentar la inversión de los agricultores en infraestructura de riego al regularizar los derechos sobre el agua, teniendo en cuenta la disponibilidad del agua y el uso eficiente de ésta zona, centro poblado de Aucora de la localidad de Sayhua, distrito de Huac Huas – Lucanas – Ayacucho. Además podemos agregar que la presente investigación cuenta con los recursos suficientes para su realización y el acceso a los datos en la ejecución de los análisis necesarios.



1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. Objetivo general.

Diseñar un sistema de riego en el sector Aucora de la localidad de Sayhua, distrito de Huac Huas – Lucanas – Ayacucho con fines de optimizar el uso del recurso hídrico e incrementar la productividad de los cultivos.

1.3.2. Objetivo específicos.

1. Realizar el estudio topográfico para determinar la superficie del sistema de riego en el sector Aucora de la localidad de Sayhua, distrito de Huac Huas – Lucanas – Ayacucho.
2. Realizar estudio hidrológico para determinar la disponibilidad de los recursos hídricos para el sistema de riego en el sector Aucora de la localidad de Sayhua, distrito de Huac Huas – Lucanas – Ayacucho.
3. Realizar el diseño agronómico con fines de determinar las necesidades hídricas de los cultivos y demanda de agua para el sistema de riego del sector Aucora de la localidad de Sayhua, distrito de Huac Huas – Lucanas – Ayacucho?
4. Realizar el adecuado diseño hidráulico para la conducción del agua al sistema de riego en el sector Aucora de la localidad de Sayhua, distrito de Huac Huas – Lucanas – Ayacucho?



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES.

Valipour (2012) indican que el cálculo preciso de la cantidad de pérdida de carga hidráulica es muy importante en el diseño de sistemas de riego por goteo y aspersión. Un ajuste correcto de la pérdida de presión es la causa de la falta de rendimiento adecuado o la falla del sistema de riego por aspersión y goteo.

Tarjuelo et al., (2015) enfatizan que los beneficios de la modernización del riego incluyen una mayor eficiencia y productividad del agua, una mejor operación y gestión de los sistemas de riego y condiciones de trabajo de los agricultores, pero una mayor demanda de energía y monto de inversión. Es necesario analizar la viabilidad económica, social y ambiental del proceso de modernización del riego en cada caso. Asimismo, Fernandez Garcia et al., (2013) pregonan que la sectorización del riego donde los agricultores se organizan por turnos es una de las medidas más efectivas para reducir el uso de energía en las redes de distribución de agua de riego.

Diaz y Pretel (2014) mencionan que en el valle Chicama, al igual que la mayoría de los valles de la región La Libertad, se caracteriza por tener un riego no regulado; la infraestructura de distribución tanto mayor y menor está en mal estado (canales principales, secundarios y laterales no están revestidos), careciendo el valle de infraestructura de almacenamiento (reservorio) y escasa infraestructura de captación y regulación (compuertas). En los últimos años, la oferta de agua para riego ha venido cayendo progresivamente debido a la disminución constante de precipitaciones pluviales para el diseño agronómico se ha considerado las siguientes características



físicas de la zona, del suelo y calidad de agua. Considerando que el área de estudio tiene un suelo con poca capacidad de retención de la humedad, es apropiado para instalar el sistema de riego por goteo, siendo apto para el cultivo propuesto, Para el diseño hidráulico se ha considerado dos sectores con un total de área de riego es 28.58 ha y considerando como cultivo el esparrago verde. El agua demandada por el sistema de riego será dotada por un pozo a tajo abierto (Pozo IRHS 764), cuya oferta hídrica, acorde a la prueba de rendimiento realizada puede brindar un caudal de 16.0 l/s.

Lapo (2012), egresado de la Universidad Politécnica de Valencia Ecuador, para optar el grado de Máster desarrolló la tesis “Diseño Óptimo de Sistemas de Riego a Presión y su Eficiencia Hidro-Energética. Aplicación en el Caso Loja (Ecuador)”, la misma que resulta muy importante en emprender la resolución de los problemas en gestión de las redes de riego presurizadas.

Cruz (2009), menciona que la escasez y la inadecuada utilización de los recursos hídricos en el proceso de riego de los cultivos en general y específicamente el método de riego por inundación utilizado para las plantaciones de uva, generan mayores costos de producción a los medianos y pequeños agricultores del país. La cantidad de agua utilizada se puede reducir gracias a técnicas de riego tecnificado que nos permiten obtener control sobre la utilización de este recurso. Se propone la solución mediante el diseño de un sistema de riego por goteo controlado y automatizado en base a un algoritmo de control desarrollado en un microcontrolador.

Según Arroyo (2000), afirma que las técnicas heurísticas no logran garantizar la obtención de la solución óptima, ya que son técnicas basadas en reglas simples y, generalmente, dependen del buen criterio del operador. La programación dinámica no modela de forma adecuada restricciones temporales para problemas de tamaño realista



debido a que el número de estados que debe considerar aumenta exponencialmente, dando lugar a un tiempo de cálculo excesivo, la programación lineal entera-mixta proporciona una aproximación a la solución óptima, ya que no puede modelar con exactitud la función objetivo no lineal. Sin embargo, para producir soluciones factibles requiere el uso de procedimientos heurísticos que pueden deteriorar la calidad de la solución encontrada

En lo que concierne a las técnicas de optimización para diseñar sistemas hidráulicos, en nuestro país también se han desarrollado modelos de programación lineal, tales como el elaborado por Aguilar (1990), en el tema “Optimización de la Explotación de Aguas Subterráneas del Acuífero de Villacurí-Ica”, tesis para optar el Grado de Magíster Scientiae en Ingeniería de Recursos de Agua y Tierra en la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Perú.

Asimismo podemos citar el trabajo desarrollado por Picón (1990), denominado “Modelo Óptimo Económico de un Sistema de Riego por Aspersión con Aplicación al Proyecto Lomas de Sama”, Tesis para optar el Grado de Magíster Scientiae en Ingeniería de Recursos de Agua y Tierra en la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima Perú.

2.2. MARCO TEÓRICO.

2.2.1. Planificación de los recursos hídricos.

Reyes. (1992), refiriéndose al caudal de avenidas o de crecidas, indica que si el periodo observado es de un año, el caudal de avenida de ese año es el máximo caudal ordinario presentando en el cauce durante un año, y si el periodo es de varios años, entonces es un caudal de Avenida Extraordinario. El valor de



un caudal de avenidas extraordinario es necesario conocerlo a fin de diseñar las obras de captación, los aliviaderos de las presas, los muros de contención para protección de riberas, la cota de las plataformas de maniobras de compuertas de barraje en los ríos, etc.

Santayana (1990) menciona que el aprovechamiento eficiente de los recursos hídricos implica el conocimiento de los lugares de las fuentes de agua. La cantidad existente y su calidad; la estimación de las demandas para los diversos usos del agua, tanto en el tiempo como en el espacio y establecer las normas para los usos del agua.

La planificación para el aprovechamiento de los recursos hídricos no puede circunscribirse a los perímetros de las cuencas, en efecto al analizar la utilización del agua debe realizarse en todo el ámbito de la cuenca. Para la planificación del uso de agua se debe tener una visión y considerar un tiempo suficientemente grande (30 a 50 años), para vislumbrar los problemas y sus necesidades.

El plan de aprovechamiento de los recursos hídricos constituye el resultado del proceso de planificación nacional hidráulica. El plan puede ser definido como el conjunto de estrategias y directrices que dentro de la política general de desarrollo y del ordenamiento legal e institucional, permite el logro de los siguientes objetivos:

- a. Precisar la cantidad, calidad y ubicación de los recursos hidráulicos del país o de una cuenca.
- b. Satisfacer oportunamente las demandas de aguas poblacionales, industriales y agropecuarias.



- c. Asegurar la defensa contra la acción destructiva de las aguas, especialmente de las inundaciones.
- d. Proteger las aguas contra la contaminación.
- e. Garantizar los caudales requeridos para la generación de energía, la piscicultura, la navegación, la recreación y otros usos.

La Dirección General de Aguas, Suelos e Irrigaciones (1983), indica que al realizar los diagnósticos de los recursos hídricos en una cuenca hidrográfica, nos determina el potencial del recurso hídrico, considerando también el estudio hidrológico a base del análisis de las precipitaciones medias y máximas en 24 horas, obtenidos en las estaciones pluviométricas dentro de la cuenca.

ONERN (1980), Indica que, la sequía viene a ser un conflicto creado por el déficit del recurso agua; este conflicto es casi permanente en las zonas áridas del país y temporal en aquellas zonas de variación significativa de las disponibilidades de agua en el tiempo. El diagnóstico de los problemas de sequía se puede efectuar tomando como base los resultados del análisis del régimen mensual de descargas y de la comparación con las demandas. Se debe identificar los orígenes y las causas del problema, la zonificación de los problemas, la magnitud y el análisis de las posibles soluciones para cubrir el déficit.

El balance hídrico puede entenderse como el principio físico de conservación de masa, en el cual se evalúa la entrada y salida de agua a un sistema, con la finalidad de poder conocer su disponibilidad. El sistema puede estar constituido por un lago, un reservorio o represa, una columna de suelo, bosques, praderas, campos de cultivo, etc. el aporte de agua al sistema puede



estar constituido por la escorrentía de entrada, precipitación y aplicación de riego; mientras que la salida de agua del sistema puede ocurrir por escorrentía de salida, infiltración y evapotranspiración.

Molina (1975) hace mención en relación a los recursos hídricos, a la medición de caudales e indica que la escorrentía superficial es el único parámetro que se puede medir directamente con una precisión; esto se consigue mediante el aforo de los ríos en un punto de control. El método que se emplea para aforar un curso de agua depende fundamentalmente de las características de este, en cuanto a su naturaleza de su lecho, su pendiente y el caudal principalmente

2.2.2. Conceptos básicos de riego.

Según Israelsen y Hansen (1962) definen el riego como la aplicación artificial de agua a la tierra, con el fin de suministrar a las especies vegetales la humedad necesaria para su desarrollo.

- a. Riego agrícola.- Es la aplicación oportuna y uniforme de agua a un perfil del suelo para reponer en este el agua consumida por los cultivos (Gurovich, 1985).
- b. Riego por aspersión.- El agua se aplica al suelo asperjada, o sea, fraccionando el caudal en innumerable cantidad de gotas que se infiltran en el terreno al tiempo que alcanza la superficie del mismo (Grassi, 1996).
- c. Diseño de riego.- El diseño de un riego consiste básicamente en la forma en que se dispondrá dicho riego, y este va a estar en función de muchos factores los cuales deben ser considerados para la elaboración del mismo, por



mencionar algunos de ellos están; el tipo de riego, el cultivo, la pendiente del terreno, la textura del terreno, entre otras. Cabe mencionar que el diseño se divide en dos partes, el diseño agronómico y el diseño hidráulico, este último para determinar los requerimientos en cuanto a caudales y potencia (Colombo, 2007).

- d. Riego por inundación o gravedad.- Este método como su nombre lo indica se basa en la inundación del área en cuestión y está en función de la altura, es decir de las pendientes del terreno, este método es el más barato ya que no requiere de mayor tecnología, aunque su uso implica si no se sabe utilizar de la manera más eficiente la pérdida de suelo, es decir dar lugar a la erosión, por lo que se recomienda en terrenos de poca pendiente, que no sobrepasen el uno por ciento (Bustamante, 1996).
- e. Riego por goteo.- Se lo conoce también como riego localizado ya que como su nombre lo indica cada gotero corresponde a una planta, Este sistema de riego es muy eficiente, pero por otra parte los costos del mismo aumentan con respecto al anterior. La eficiencia de este radica en que no existen mayores pérdidas por evaporación o por el viento, como ocurre en el sistema de riego por aspersión (Bustamante, 1996).
- f. Riego por microaspersión.- Este tipo de riego no es muy común en Guatemala, sin embargo ha venido tomando auge más en plantaciones de mango, y consiste básicamente entre una combinación de riego por goteo y riego por aspersión, ya que los microaspersores van colocados al pie de la planta. es un sistema de buena eficiencia aunque su costo es mayor a los mencionados anteriormente (Arumíri, 2000).



2.2.3. Diseño agronómico.

a. El agua en el suelo.

El agua es la fase líquida del suelo que llena total o parcialmente los espacios libres entre las partículas de suelo, la que varía en la composición química y en su facilidad de movimiento (Gurovich, 1985).

La estructura del suelo, es la que determina la distribución de sus poros, que presentan una gran variación de acuerdo al tipo y manejo de suelo, lo que determina su capacidad de retención de agua (Shaxson, 2005).

El agua del suelo es absorbida por las raíces presentes en la zona radicular, requerida para la disipación del calor latente, además del agua es evaporada desde la superficie del suelo, lo que representa la evapotranspiración real (Bustamante, 1996).

b. Requerimiento de agua.

Gurovich (1985) y Grassi (1968), citado por Luchsinger (1988), coinciden al afirmar que la evapotranspiración de las plantas depende de la disponibilidad de agua en el suelo. El rango de humedad del suelo en el cual se mantiene un valor potencial, depende de la demanda evaporativa impuesta por la atmósfera y de las características conductoras del suelo.

c. Evapotranspiración potencial o de referencia (ET).

Se define como la máxima cantidad de agua que puede evaporarse desde un suelo completamente cubierto de vegetación, que se desarrolla en óptimas condiciones y en el supuesto caso de no existir limitaciones en la disponibilidad



de agua. Este concepto determina la demanda de evapotranspiración de la atmósfera, independiente de las prácticas de manejo, por lo que los factores del suelo no tienen ningún efecto sobre ésta (Aroni et al., 2021).

Para determinar la evapotranspiración potencial existen métodos indirectos como por ejemplo las fórmulas de Penman-Monteih y Hargreaves, mapas agroclimáticos y métodos directos como la bandeja Clase A (Anderson, 1985).

d. Demanda de agua de cultivo.

La demanda de agua de un cultivo o Evapotranspiración del cultivo (ETc), depende del estado de desarrollo en que se encuentre el vegetal, por ejemplo, brotación, desarrollo de frutos, cosecha; de las condiciones climáticas - temperatura, humedad relativa, viento; de las características del suelo profundidad, textura, infiltración, pedregosidad, y de la disponibilidad de agua que se tenga (Allen, 2006).

Una forma práctica de determinar la demanda de agua es a través de la bandeja de Evaporación clase A.

De esta forma la evapotranspiración del cultivo se calcula con la siguiente ecuación:

$$ETc = EB \times Kp \times Kc \text{ (mm/día)}$$

Donde:

ETc = Evapotranspiración del cultivo en mm/día



EB = Evaporación desde la bandeja en mm/día

Kp = Coeficiente de la bandeja

Kc = Coeficiente del cultivo

El coeficiente de la bandeja (Kp) es un factor característico del evaporímetro (o bandeja Clase A) y depende de las condiciones donde está instalado. Varía normalmente entre valores de 0,6 y 0,8.

El coeficiente del cultivo (Kc) es un factor que varía según el tipo de cultivo y según las distintas etapas de su desarrollo.

2.2.4. Sistema de riego por aspersión.

Este es un método de riego presurizado, el cual consiste en aplicar el agua en forma de lluvia, lo que se consigue mediante la presión con que fluye el agua dentro de un sistema de tuberías, la que es expulsada al exterior a través de las boquillas de un aspersor (Chile, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 1994).

a. Sistema de riego por aspersión semi-fijo.

Estos equipos se caracterizan porque parte de la red de riego permanece inmóvil dentro del área regada. La parte fija corresponde a las tuberías de la red de conducción, mientras que la otra parte del sistema, las tuberías que disponen de aspersores, que son trasladadas para cumplir el ciclo de riego (Bustamante, 1996).

b. Acople rápido:



La red fija de tuberías finaliza en los hidrantes, que son válvulas para conectar a tuberías portátiles rígidas, que son trasladadas manualmente o con ayudas de un coloso, para completar el ciclo de riego de la superficie total

c. K-Line:

En la tubería matriz presenta hidrantes los cuales pueden girar en 360°. A estos se conectan las laterales, que son mangueras de polietileno flexibles de alta resistencia, en la que se encuentran los aspersores de baja presión. Estos últimos se encuentran dentro de pots de polietileno, los que les proporcionan una protección física y mantienen la verticalidad de los aspersores. (K-Line Irrigation, 2001).

d. Sistemas de riego de desplazamiento continuo.

Estos sistemas están constituidos por equipos de riego cuyo desplazamiento se realiza en forma permanente y automática mientras riega (Fuentes, 1996).

e. Carrete automático o de riego.

En este sistema el agua se aplica por medio de un cañón de riego, colocado sobre un carro con ruedas, el cual es alimentado con agua a presión por medio de una manguera. Esta manguera al inicio del riego es extendida en su totalidad y durante el funcionamiento del carrete el carrito con el aspersor es recogido por el enrollamiento de la manguera en el tambor (Chile, INIA, 1994).

f. Pivote central.



Consiste en una tubería de gran longitud instalada en una estructura sobre ruedas y que gira describiendo un círculo sobre un eje fijo. Sobre la tubería van instalados aspersores de baja presión que van aplicando caudales que van en aumento desde el eje hasta el extremo del brazo (Waller & Yitayew, 2015).

2.2.5. Redes a presión.

Según Martínez (2009), las redes de distribución es un conjunto de elementos que se conectan entre sí para transportar agua desde los puntos de producción (captación, reservorio, pozo, etc.) a los de consumo (bocas de hidrante, edificios, etc.). Una red de distribución está formada por nudos y líneas que dependiendo de cómo se encuentren conectadas se definirán como ramificadas, malladas y mixtas. Estas redes están constituidas por tuberías y elementos especiales como válvulas, accesorios, hidrantes, elementos de unión, elementos de medición; que deben cumplir con el suministro de las demandas adecuadas y mantener las presiones mínimas para el correcto funcionamiento de la red.

Definir los parámetros y elementos que forman parte de las redes de riego presurizadas:

- a. Altura piezométrica H (m.c.a.) es la suma de la cota topográfica y la altura de presión.
- b. Altura total (m.c.a.) es la energía mecánica total por unidad de peso de agua e igual a la suma de la altura de presión de altura cinética.
- c. Energía total disponible, (m.c.a.) es la diferencia de cotas entre los niveles de agua del nivel depósito aguas arriba y del depósito aguas debajo de una conducción por gravedad.



- d. Altura geométrica de elevación, H (m.c.a.) es el desnivel entre las cotas de los niveles de agua del depósito aguas arriba y del depósito aguas debajo de una impulsión.
- e. Altura total de elevación de una bomba, H_b (m.c.a.) Incremento de energía total por unidad de peso que experimenta el flujo al pasar a través de la bomba. La topología de una red está definida por la configuración de las conexiones entre las tuberías y los nudos, estudiaremos a continuación estos elementos constituyentes.
- f. Línea. Fragmento de la red que conduce un gasto constante y no tiene ramificaciones.
- g. Tubería. Segmento de línea que posee características físicas constantes (refiriéndonos al diámetro interno).
- h. Nudo. Elemento de la red que se encuentra ubicado al extremo final de una línea, o en el punto de intersección de dos o más líneas. Se distinguen: los nudos fuente que son aquellos que reciben un aporte externo de caudal, los nudos de consumo que son los que aportan caudal al exterior y los nudos de conexión que son aquellos que no aportan ni reciben caudal exterior.
- i. Grado de conectividad. Constituye una característica de la red y es igual al número de líneas conectadas directamente al nudo menos uno. Si nos referimos a un nudo dentro de un proceso matemático, se denomina nudos de caudal a aquellos nudos en donde es posible conocer los datos de caudal aportados o consumidos.
- j. Malla. Se define como un trayecto cerrado, que tiene su origen y fin en el mismo nudo.



2.2.6. Eficiencia de riego.

El riego tiene como objetivo restituir la humedad del suelo consumida por los cultivos. Existen pérdidas de agua de riego que se producen tanto durante su aplicación a las parcelas de riego como en su distribución a las mismas a través de las conducciones y durante su almacenamiento en los embalses.

Se define la eficiencia de riego como la relación entre el volumen de agua transpirado (V_t) por las plantas, más el volumen evaporado por la superficie del suelo (V_e), más el volumen necesario para regular la concentración de sales en el suelo (V_L) menos la precipitación efectiva (P_e) dividido entre el volumen de agua derivado de una toma o embalse para el riego de la parcela (V_r), expresada en % . Según esta definición, la fórmula se expresa así:

$$E_r = (V_t + V_e + V_L - P_e) \times 100 / (V_r)$$

Donde:

E_r = Eficiencia del Riego (%)

V_t = Volumen transpirado

V_e = Volumen evaporado

V_L = Volumen para lavado de sales

P_e = Precipitación efectiva

V_r = Volumen derivado de la toma o embalse para el riego de la parcela.



La eficiencia de riego (E_r) se define también como el producto de los siguientes factores: eficiencia de conducción (E_c), eficiencia de distribución (E_d) y eficiencia de aplicación (E_a). La eficiencia de conducción y distribución se refiere a canales principales y secundarios, respectivamente o sistema de tuberías, mientras que la eficiencia de aplicación también incluyen los métodos de riego presurizado. La ecuación para determinar la eficiencia de riego es el siguiente:

$$E_r = E_c \times E_d \times E_a$$

Eficiencia de Conducción y Distribución.- Esta eficiencia incluye las pérdidas que puedan producirse en la red de transporte del agua, para éste parámetro son valores normales entre 0.7 y 0.95, si se trata de canales revestidos y debe ser igual a 1 en caso de tratarse de una red de tuberías de PVC o polietileno (Martinez, 1987).

Eficiencia de Aplicación.- Se define como la relación entre el volumen de agua evapotranspirada (V_{et}) más el volumen de agua para el lavado de sales (V_L) dividido entre el volumen de agua aplicado durante el riego a la parcela (V_a). Su valor dependerá del diseño, estado de los componentes de la instalación y del manejo del riego. La ecuación a utilizar es el siguiente:

$$E_a = (V_{et} + V_L) \times 100 / V_a$$

Donde:

E_a = Eficiencia de aplicación (%)

V_{et} = Volumen evapotranspirado

VL = Volumen para lavado de sales

Va = Volumen aplicado durante el riego en la parcela.

En la siguiente tabla se presenta valores de la eficiencia de aplicación de diferentes métodos de riego:

Tabla 1

Métodos de riego y su eficiencia de aplicación

Método de riego	Eficiencia de aplicación (%)
Tendido	30
Surco	45
Bordes rectos	50
Bordes en contorno	60
Pretilos	60
Tazas	65
Californiano	65
Aspersión	75
Microjet	85
goteo	90

Fuente: FAO, 1994.

2.2.7. Módulo de riego.

Según Hernández, (2000), se llama módulo de riego o tasa de riego a la demanda unitaria de agua por hectárea de riego (l/seg/ha) del proyecto puede expresarse dividiendo la evapotranspiración de cultivo (ETc) entre la eficiencia de riego ponderado (Efr pond.), cuya ecuación es el siguiente:



$$MR = ETc / Efr \text{ pond.}$$

A esta demanda unitaria también se le denomina caudal ficticio continuo. Al mayor de los caudales ficticios continuos durante un periodo determinado (meses) se le denomina caudal característico. Teniendo este caudal se le compara con el caudal disponible (balance hídrico) y de esta manera se determina la disponibilidad de agua a tener en un proyecto.

2.2.8. Diseño hidráulico

Según Gurovich (1985), los conductos por gravedad y a presión son conductos cerrados que funcionan llenos, aunque su sección transversal no es siempre circular se conocen usualmente como tuberías. El movimiento del líquido se produce por diferencias de energía hidráulica a lo largo del conducto.

La Energía Hidráulica (H) tiene tres componentes que son: Energía potencial (Z), Presión Interna (h) y la energía cinética (hv) del líquido en movimiento. La relación entre ellas se analiza por medio de la ecuación de Bernoulli:

$$H = Z + h + hv$$

Cuando la energía hidráulica de que se dispone en un conducto a presión no es suficiente para cumplir con los requerimientos del diseño se instalan estaciones de bombeo en las cuales se incrementa la energía existente mediante la aplicación de una energía externa. La estación de bombeo consta de una o varias bombas con sus correspondientes pozos de bombeo, tuberías de succión y descarga, y de las instalaciones civiles y electromecánicas adecuadas para su operación.



2.2.9. Fundamentos de hidráulica de tuberías.

Flujo laminar.- Bustamante (1996) indica que durante el movimiento, las partículas del fluido se desplazan según trayectorias paralelas bajo la acción de la viscosidad. En la práctica, el flujo laminar se produce cuando el número de Reynolds no excede los valores de 1.500 a 2.000.

Flujo turbulento.- Las partículas del fluido tienen movimiento rápido y continua agitación. En la práctica el flujo turbulento se produce para números de Reynolds por encima de 4000.

Pérdida de energía.- También es llamada pérdida de carga, y es la pérdida de energía que experimentan los líquidos que fluyen en tuberías y canales abiertos. La energía necesaria para vencer los efectos del rozamiento en el flujo turbulento es la pérdida de carga. Las pérdidas de energía localizadas en las turbulencias incluidas por las piezas especiales y los accesorios que se utilizan en tuberías y canales son también pérdidas de carga (Ponce, 2014).

Flujo permanente.- El flujo permanente se produce cuando la descarga o caudal en cualquier sección transversal permanece constante.

2.2.10. Parámetros de diseño de tuberías.

Carga disponible.- Diferencia de elevación entre el reservorio y el punto de emisión (hidrantes).

Caudal de diseño.- Determinado el balance hídrico de oferta y demanda y de haber obtenido el módulo de riego (l/seg/ha), se aplica este módulo al área a irrigar, obteniéndose el caudal de diseño de las tuberías (Allen, 2006).



Vida útil.- Las tuberías de PVC son cada vez más usadas. Estas tuberías tienen la ventaja con respecto a otras en que el material es más económico, flexible, durable, anticorrosivo, de poco peso y fácil transporte e instalación. Estas tuberías se diseñan para una vida útil de 50 años.

Normalización.- Para Tuberías y Accesorios de PVC "POLICLORURO DE VINILO" está de acuerdo a la Norma Técnica Nacional ISO 1452 que reemplaza a ISO 4422 fundamentado en la Norma Técnica Internacional ISO, aprobada con resolución N° 021-97-INDECOPI/CRT, que reemplazó a la Norma ITINTEC No.399.002 para la conducción de Fluidos a Presión - Clase Pesada SAP (Standard Americano Pesado).

Norma técnica Peruana.- NTP-ISO 1452: Tubos y conexiones de policloruro de vinilo no plastificado (PVC-U), para abastecimiento de agua. De acuerdo a las Normas ISO 1452 antes 4422, la tubería se clasifica en series, las cuales están en función a las presiones de trabajo máxima continuas a la temperatura de 20° C.

Normas internacionales.- La nueva Norma Nacional ISO para Fluidos a presión toma como base las siguientes Normas Internacionales: ISO1452; 1990. ISO 3606. ISO 3126; 1974. ISO/DIS 1167; 1983. ISO 580; 1990. (Hernandez, 2002).

2.2.11. Resistencia mecánica del material

La resistencia de la tubería a la presión del fluido se denomina clase de la tubería. Las distintas clases de tuberías a seleccionar son función de la máxima presión que puede presentarse en ellas: mayormente la presión máxima no ocurre en condiciones de operación, sino cuando se presenta una carga estática,



al estar cerrada la válvula de control de la tubería; en la tabla 02 se presentan algunas características técnicas de tuberías. (Jara, 2002).

Tabla 2

Características Técnicas de la tubería para presión NTP-ISO-1452

Clase	Presión máx. de prueba (m)	Presión max .de trabajo(m)	Factor de seguridad
5	50	35	1.4
7.5	75	50	1.5
10	105	70	1.5
15	150	100	1.5

Fuente: ficha técnica de tuberías PAVCO

2.2.12. Diámetros y velocidades.

El caudal de diseño con velocidades mínimas varían entre 0.5 y 0.6 m/s (para evitar la sedimentación de las partículas en suspensión) y velocidades máximas entre 2.5 y 3 m/s (para evitar problemas de sobrepresiones y depresiones o golpe de ariete). Como norma general se pueden dar las siguientes recomendaciones para tramos sin derivaciones (Hernandez, 2001).



Tabla 3

Diámetros y velocidades óptimas.

Diámetros (mm)	Velocidades óptimas (m/s)
< 150	1
150 – 350	1 – 1.5
> 350	≤ 2

2.2.13. Efectos de la temperatura.

En la presión de la tubería; las condiciones de utilización dependen de la presión máxima de servicio, de la temperatura máxima de servicio y la finalidad del conducto (Martinez & Garcia, 1987).

Como la resistencia del PVC disminuye a medida que aumenta la temperatura de trabajo, es necesario disminuir la presión de diseño a temperaturas mayores. Los valores de presión máxima de servicio son válidos para la conducción de fluidos que no provocan corrosión y para temperaturas de servicio inferiores a 25° C.

En la variación de la pérdida de carga del agua dentro de las conducciones también depende de la temperatura de la misma, de este modo, en función de la temperatura se pueden establecer algunos valores de factor de corrección de temperatura (K_t),



2.2.14. Efecto de los esfuerzos internos.

El escurrimiento por una tubería sometida a presión interna tiende a seguir en línea recta, generándose empujes o esfuerzos en los cambios de dirección en accesorios tales como válvulas, codos, tees, tapones, etc. Estos empujes tienden a desacoplar las tuberías, por lo que es necesario resistirlos mediante dados de anclaje (concreto simple) que por su peso propio adosado al terreno, resistan estos empujes (Pino, 2005).

En las tuberías sometidas a presión interna, se generan empujes o esfuerzos que tienden a desacoplarlas, los que revisten especial importancia en los accesorios como válvulas, curvas, codos, tees, tapones, etc. Las dimensiones de los dados de anclaje dependen de la presión interna, del diámetro del tubo y de la capacidad de soporte del terreno natural.

2.2.15. Deflexión.

Según Lopez, (1997), denomina tubo flexible, aquel que permite deflexiones de más de un 3% sin que haya fractura, y tubo rígido, aquel que no permite deflexiones mayores a 0.1 % sin que haya fractura. Las principales diferencias de las tuberías rígidas, semi-flexible y flexible.

Uno de los principales parámetros para conocer el comportamiento del tubo ante dichas fuerzas es la rigidez; un tubo rígido (como concreto) tenderá a soportar las cargas del suelo, mientras un tubo flexible tenderá a deformarse ante dichas cargas cambiando su forma original circular a una forma elíptica.

Las normas ASTM Y UNIBELL recomiendan que la máxima deflexión permisible en la tubería sea de 7.5 % , esto no quiere decir que el tubo falle al



7.5 % de deflexión sino que es un valor tomado para evitar una disminución significativa de la capacidad de conducción de la tubería.

2.2.16. Estructuras complementarias.

Válvulas de aire o ventosas.- Son para evitar la acumulación de aire en los puntos altos, que provoca la reducción del área de flujo de agua y un aumento de pérdida de carga y una disminución del caudal. Pueden ser manuales (con válvula de compuerta) y automáticas. La norma de saneamiento captación y conducción de agua menciona que se colocarán cada 2.5 Km. como máximo y en los puntos más altos.

Hidrantes automáticos.- Se instala hidrantes automáticos en la cabecera de cada parcela, el mismo que tendrá componentes hidráulicos de regulación de presión y medición de volumen de agua. Su diseño obedece al caudal de demanda; En tal sentido estos hidrantes estarán compuestos de 01 válvula esférica, 01 válvula hidráulica reguladora de presión, 02 válvulas de aire, 02 manómetros y 01 válvula volumétrica o contador.

Sistema de alivio.- Se instala con el fin de disipar las sobrepresiones que se generen en la red troncal, por lo que estará equipada básicamente con 01 válvula hidráulica de alivio con su respectivo piloto, 01 ventosa bifuncional y manómetro de glicerina. Este sistema será instalado en interior de una caja de protección de concreto armado con su respectiva tapa metálica y candado de seguridad.



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ZONA DE ESTUDIO.

El anexo Sayhua, distrito de Huac Huas está localizado en la parte alta del distrito. La ubicación de proyecto es el siguiente:

Ubicación política:

Distrito : Huac - Huas

Provincia : Lucanas

Región : Ayacucho.

Ubicación geográfica:

En coordenadas UTM:

N 8433630.00 ; E 506430.00 y

N 8430050.00 ; E 507075.00

Accesos:

La carretera Panamericana Sur constituye la más importante vía de comunicación que atraviesa el Valle Chicama de Norte a Sur. En la tabla N° 04 se presentan las características de acceso.

Tabla 4

Características del acceso

De	A	Distancia	Tiempo	Tipo de vía	Frecuencia	Transporte
Lima	Palpa	390 km	4.50hrs.	Carretera Asfaltada	Diario	Buses - Camiones
Palpa	Sayhua	65 km	2.00 hrs.	Carretera Asfaltada	Diario	Autos - Camionetas
		25 km	0.50 hrs.	Carretera Afirmada	Diario	Buses - Camiones

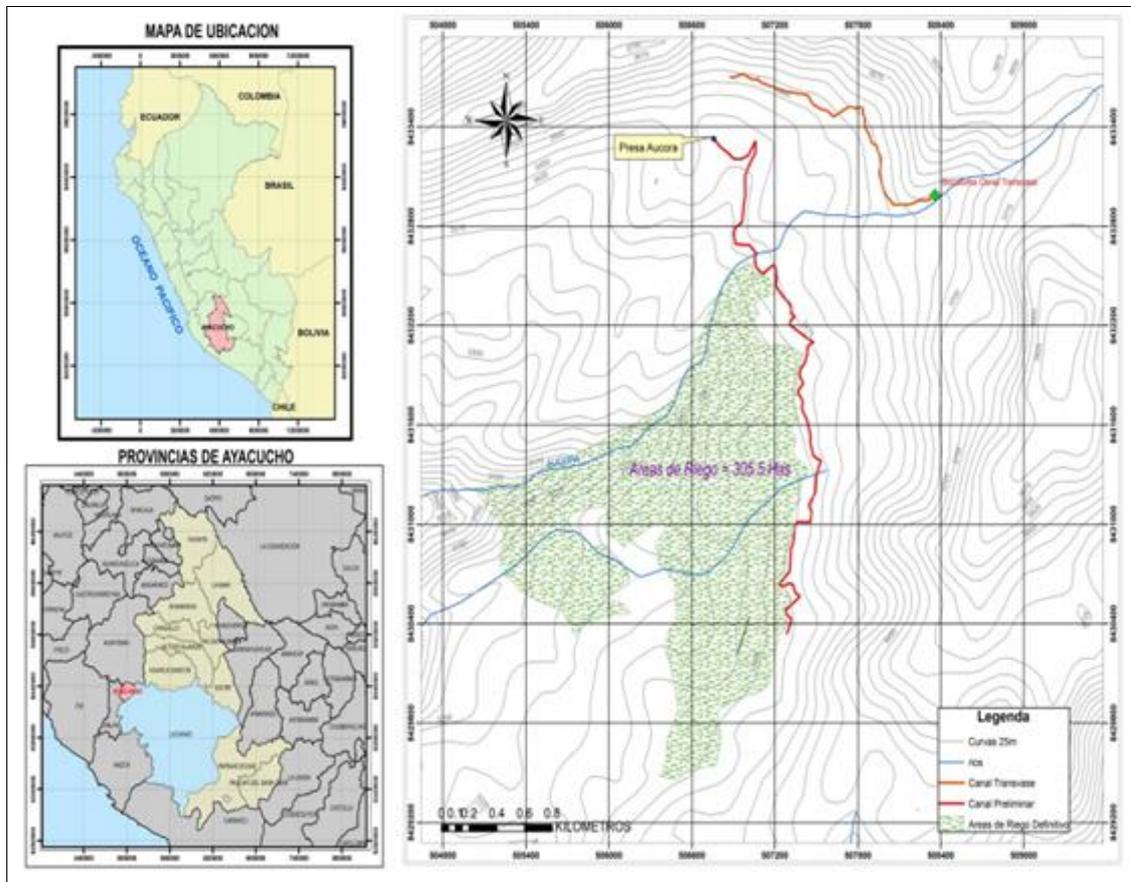
Se accede a la zona por la Panamericana Sur a la altura del km 390, hacia la Margen Izquierda se encuentra el Tramo Palpa – Ayacucho, a la altura del km 65 de este tramo, se abre paso la carretera afirmada hacia el anexo de Sayhua; el viaje desde el distrito de Palpa dura aproximadamente 2.50 horas

Existe comunicación vía terrestre mediante empresas de transportes a la ciudad de Palpa con salidas cada 15 min de Lima y viceversa, y para el anexo de Sayhua de desde la ciudad de Ica y Palpa.

En la figura N° 01, se presenta la ubicación política y geográfica de la zona en estudio.

Figura 1

Ubicación política y geográfica de la zona en estudio.



3.2. METODOLOGÍA.

3.2.1. Levantamiento topográfico.

El levantamiento topográfico se realiza con la finalidad de:

- a. Establecer en toda su extensión de la superficie de interés, las redes de apoyo horizontal y vertical, constituidas por puntos específicos, relacionados entre sí por mediciones cuya precisión está directamente relacionada con los objetivos del determinado proyecto.
- b. Identificar todos los detalles del terreno que interesen, mediante



mediciones de precisión apoyadas en las estaciones principales de la red de apoyo.

- c. Tener una representación clara del lugar de emplazamiento donde se construirán las estructuras del proyecto.
- d. Contar con un plano georeferenciado horizontalmente a Coordenadas Absolutas y referencia vertical con niveles, con cotas referidas al nivel medio del mar de los puntos de interés.

El levantamiento topográfico consiste en determinar datos en el campo para construir un plano con la finalidad de que muestre la configuración de la superficie de la tierra y la situación de los objetos naturales y artificiales, ósea es la operación de representar todas las características existentes en el terreno en un plano topográfico.

El método utilizado para nuestro levantamiento topográfico fue Poligonal Abierta con Triangulación ya que nuestro objetivo era determinar curvas de nivel y área de nuestro Proyecto.

3.2.2. Trabajo de gabinete.

Los trabajos de gabinete consisten básicamente en:

- a. Ordenamiento de datos
- b. Cálculo de Coordenadas Topográficas.
- c. Procesamiento de los datos de campo, se utilizó el software “CivilCad”
- d. Elaboración de Planos Topográficos del tramo levantado del canal.
- e. Obtención de planos topográficos.



3.3. ESTUDIO HIDROLÓGICO.

El estudio hidrológico para el diseño del presente proyecto, tiene los siguientes objetivos principales:

- a. La evaluación y análisis de los aspectos vinculados a la oferta de los recursos hídricos superficiales tales como: escurrimiento superficial natural, generación de precipitación en las zonas de estudio, etc.
- b. Evaluación y análisis de los aspectos orientados a las demandas de agua para riego del proyecto tales como: climatología agrícola, cedula de cultivos, uso consuntivo, demandas unitarias de agua para riego, etc.
- c. Determinar el balance hidrológico de tal forma que permita dimensionar los alcances del proyecto de irrigación en lo referente a la magnitud de la infraestructura hidráulica planteada para abastecer la superficie agrícola de la zona del proyecto.

3.3.1. Parámetros geomorfológicos de la cuenca.

Las Microcuencas de interés para el proyecto lo constituyen las Microcuencas de las quebradas Uchccurumi (Quebrada Aucora), Actahuaycco, Huanacoyacu y Aucora 2, perteneciente a la Cuenca de río Grande.

- a. Área y perímetro de cuenca.

El área y perímetro de las Microcuencas se determinara empleando la Carta Topográfica a escala 1/25,000,



b. Altura media de la cuenca (Hm)

Se define la altura media de la cuenca como la ordenada media de la curva hipsométrica, a este parámetro se le conoce también con el nombre de elevación de la cuenca. Se calcula utilizando la siguiente formula.

$$Hm = \frac{\sum A_i * H_i}{\sum A_i}$$

Donde:

Hm : Altura media de la cuenca

H_i : Altura media de cada área parcial

A_i : Área parcial.

c. Tiempo de concentración.

La fórmula para obtener el tiempo de concentración recomendada es una modificación de la del US Army Corps of Engineers, cuya expresión es la siguiente:

$$t_c = 0.3 * (L/S^{0.25})^{0.76}$$

Dónde:

T_c = tiempo de concentración.(hr)

L = Longitud del curso principal. (Km).

S = Pendiente (m/m)

d. Factor de forma

La forma superficial de una cuenca hidrográfica es importante debido a que influye en el valor del tiempo de concentración, definido como el tiempo necesario para que toda la cuenca contribuya al flujo en la sección en



estudio, a partir del inicio de la lluvia o, en otras palabras, tiempo que tarda el agua, desde los límites de la cuenca, para llegar a la salida de la misma.

El factor de forma (Kf) es la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la cuenca. La longitud axial de la cuenca (L) se mide siguiendo el curso del agua más largo desde la desembocadura hasta la cabecera más distante en la cuenca. El ancho medio (L) se obtiene dividiendo el área de la cuenca por la longitud de la cuenca:

$$Kf = A / L^2$$

Donde:

Kf = factor de forma

A = Área de la cuenca (Km²)

L = Longitud del máximo recorrido de la cuenca (Km.)

e. Coeficiente de compacidad

Conocida también como el índice de Gravelius (Kc), Parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que el de la cuenca. Este parámetro, al igual que el anterior, describe la geometría de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico.

$$Kc = 0.28 * P / A^{1/2}$$

Donde:

Kc=coeficiente de compacidad

P =perímetro de la cuenca (Km)



$A = \text{área de la cuenca (Km}^2\text{)}$

f. Relieve de la cuenca

Las características morfológicas del relieve y la cuantificación morfométrica de sus magnitudes son elementos esenciales para la interpretación de la influencia de este en la dinámica hidrogeomorfológica de cuencas de drenaje en ambientes montañosos (Mendez, 2016).

g. Elevación media de la cuenca

La variación de la altitud y la elevación media de una cuenca son importantes por la influencia que ejercen sobre la precipitación, sobre las pérdidas de agua por evaporación, transpiración y consecuentemente, sobre el caudal medio. Variaciones grandes de altitud conllevan diferencias significativas en la precipitación y la temperatura media, la cual, a su vez causan variaciones en la evapotranspiración. Para su cálculo se ha utilizado la siguiente ecuación:

$$E_m = \sum c * e / A$$

Donde:

E_m = elevación media (msnm)

E = elevación media entre dos curvas de nivel consecutivo
 a = área entre las curvas de nivel (Km^2)

A = área total de la cuenca (Km^2)

h. Pendiente del cauce principal



La metodología más recomendada para determinar la pendiente promedio del cauce principal está basada en el uso del perfil longitudinal y mediante la expresión siguiente:

$$S = H / L$$

Donde:

S = Pendiente del cauce principal

H = Diferencias de cotas entre los extremos del cauce, en Km

L= Longitud del cauce, en Km

i. Longitud de máximo recorrido

Es la medida de la mayor trayectoria de las partículas del flujo comprendida entre el punto más bajo del colector común, conocido como punto emisor, y el punto más alto o inicio del recorrido sobre la línea de divortio aquarum. Este parámetro tiene relación directa con el tiempo de concentración de la cuenca, el mismo que depende de la geometría de la cuenca, de la pendiente del recorrido y de la cobertura vegetal.

j. Grado de ramificación

Determina el orden, la longitud y la frecuencia de los cauces que conforman el sistema hidrográfico, una forma muy utilizada para establecer el orden de las corrientes es teniendo en cuenta su grado de bifurcación. De esta manera se puede considerar como corriente de orden 1 a aquella que no tiene ninguna corriente tributaria; de orden 2 a la que tiene solo tributarios de orden 1; de orden 3 a la corriente con 2 o más tributarios de orden 2.



k. Densidad de drenaje (Dd)

Este índice está expresado por la relación entre la longitud total (L), de los cursos de agua (sean estas efímeras, intermitentes o perennes) de la microcuencas y el área total (A):

$$Dd = L / A$$

Donde:

Dd = Densidad de drenaje (Km/Km²)

L = Longitud total de la red de drenaje (Km).

A = Área de la cuenca (Km²)

l. Extensión media del escurrimiento superficial (Es)

Es la distancia media en línea recta que el agua precipitada tendrá que recurrir para llegar al lecho de un curso de agua. Se obtiene de la siguiente relación.

$$Es = A / 4 * Li$$

Donde;

Es = Extensión de escurrimiento Superficial

Li = Suma de la longitud de los ríos de 1er , 2do y 3 er orden (Km).

A = Área de la microcuenca (km²)



3.3.2. Climatología.

Con el objeto de caracterizar la zona se ha empleado el Mapa Ecológico del Perú. Al respecto, se ha podido identificar las siguientes Zonas de Vida en el área del proyecto. El método se apoya principalmente en la información proporcionada por el “Mapa Ecológico del Perú” elaborado por la ONERN en el año 1,976, el mismo que define de acuerdo al sistema establecido por la L.R. Holdridge, la distribución geográfica de las zonas de vida existentes en el territorio nacional. Las zonas de vida existentes en el ámbito de estudio son:

Estepa - Montano Subtropical (e-MS)

El promedio de precipitación total anual en esta zona de vida, varía entre 350 mm y 500 mm. La biotemperatura media anual tiene una máxima de 11,3 °C y una media anual mínima de 7,1 °C. Esta zona se ubica entre 3 000 y 3 400 msnm. Sin embargo, en esta zona de vida, las condiciones para la agricultura de secano son relativamente favorables en lo que respecta a la temperatura promedio anual, aunque sean desfavorables por las sequías frecuentes de esta zona. La vegetación natural es de tipo herbácea y estacional.

Según el Diagrama de Holdridge esta zona de vida tiene una evapotranspiración potencial total anual que supera entre una y dos veces la precipitación total por año, hecho que ubica esta zona de vida en la provincia de humedad subhúmedo.

Páramo Húmedo – Subalpino Subtropical (ph-SaS)

Se circunscribe a la región alto andina sobre los 4,000 m de altitud. Su configuración topográfica está caracterizada por laderas inclinadas así como por



áreas colinadas y suaves.

La vegetación natural está constituida predominantemente por manojos dispersos de gramíneas que llevan el nombre de “ichu”, conformando los pajonales de puna. Entre las plantas de carácter leñoso destacan el “quinhual” y especies de *Gynoxis*.

La Zona de Vida es un ámbito homogéneo desde el punto de vista geográfico, topográfico, climático, edáfico, de vegetación natural, etc., perfectamente identificable con el nivel actual de conocimientos, por lo tanto desde un punto de vista hidrológico, puede considerársele también como ámbito homogéneo, en el que es posible definir una precipitación media anual y un coeficiente de escurrimiento.

En el plano N° 4 se muestra las zonas de vida donde se encuentran ubicadas los sectores de riego y las microcuencas en estudio.

3.3.3. Precipitación

El objetivo del presente ítem, es la estimación de la precipitación total anual y mensual en las micro cuencas y puntos específicos de interés con la finalidad de tener valores que permitan caracterizar la climatología del área del proyecto, calcular los valores del coeficiente de esorrentía, efectuar el balance hídrico del proyecto y otros cálculos hidrológicos usuales.

Se emplearan datos de las estaciones climatológicas ordinarias de SENAMHI correspondientes a las estaciones pluviométricas Huac-Huas, Córdova, Llauta, Tunel Cero y Huancasancos las cuales se encuentran ubicadas aledañas al proyecto. La información mensualizada por año se muestra en el



Anexo N° 01. También se ha realizado la completación de la data a través del software HEC-4 como se puede ver en el anexo N° 02 y para el análisis de consistencia y homogeneidad se realizó la curva de doble masa.

3.3.4. Caudales

Dado que en la zona del proyecto no existen estaciones hidrométricas que nos den una aproximación del volumen de agua descargado por la Microcuenca de interés, se han realizado la generación de caudal para las Microcuencas. Para el cálculo de los caudales en las Microcuencas de interés del proyecto se empleó el Modelo Determinístico - Estocástico de Lutz Scholz.

Este modelo hidrológico, es combinado por que cuenta con una estructura determinística para el cálculo de los caudales mensuales para el año promedio (Balance Hídrico - Modelo determinístico); y una estructura estocástica para la generación de series extendidas de caudal (Proceso markoviano - Modelo Estocástico). Fue desarrollado por el experto Lutz Scholz para cuencas de la sierra peruana, entre los años 1979-1980, en el marco de Cooperación Técnica de la República de Alemania a través del Plan Meris II.

Determinado el hecho de la ausencia de registros de caudal en la sierra peruana, el modelo se desarrolló tomando en consideración parámetros físicos y meteorológicos de las cuencas, que puedan ser obtenidos a través de mediciones cartográficas y de campo. Los parámetros más importantes del modelo son los coeficientes para la determinación de la Precipitación Efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento de las cuencas.

Los procedimientos para la implementación del modelo son:



- a. Cálculo de los parámetros necesarios para la descripción de los fenómenos de escorrentía promedio.
- b. Establecimiento de un conjunto de modelos parciales de los parámetros
- c. para el cálculo de caudales en cuencas sin información hidrométrica. En base a lo anterior se realiza el cálculo de los caudales necesarios.
- d. Calibración del modelo y generación de caudales extendidos por un proceso markoviano combinado de precipitación efectiva del mes con el caudal del mes anterior.

Generación de caudal promedio mensual en la subcuenca. Para la generación de caudal en las microcuencas Qdas. Uchccurumi, Actahuaycco, Huanacoyacu, Aucora 2 se empleó el modelo de Lutz Scholz.

En los ríos donde se construyen estructuras hidráulicas de captación (bocatomas), o regulación (embalses), se considera como caudal ecológico, el flujo aguas abajo de dichas estructuras, cuya cantidad debe permitir la vida acuática en el río, en condiciones adecuadas, así como también satisfacer las necesidades de las poblaciones, animales y vegetales si fuera el caso. Este caudal también debe permitir la dilución de efluentes, la conducción de sólidos y el mantenimiento de las características estéticas y paisajistas del medio. Para el presente estudio se ha empleado la presente propuesta del ANA, el cual considera como periodo de avenida entre los meses de Diciembre a Abril y el periodo de estiaje desde mayo a noviembre. En el cual se define el siguiente criterio: Para cursos con caudales medio anuales menores o iguales a $20 \text{ m}^3/\text{s}$, el caudal ecológico será como mínimo el 10% del caudal medio mensual



para la época de avenida y para la época de estiaje será de un 15% del caudal medio mensual.

3.4. DISEÑO AGRONÓMICO

3.4.1. Evapotranspiración potencial

Para determinar la evapotranspiración potencial para el presente trabajo de investigación se ha utilizado el método Hargreaves en base a la temperatura.

La ecuación matemática para determinar la evapotranspiración potencial mediante éste método es el siguiente:

$$\mathbf{ETP} = \mathbf{MF * TMF * CH * CE}$$

$$TMF = (5/9) * ^\circ C + 32$$

$$CH = 0.166*(100 - Hr)^{1/2}; \text{ para } Hr > 64\%$$

$$CH = 1 ; \text{ para } Hr < 64\%$$

$$CE = 1.00 + \frac{0.04 * E}{2000}$$

Donde:

ETP : Evapotranspiración potencial (mm/mes).

MF : Factor mensual de latitud

TMF : Temperatura media mensual ($^{\circ}F$).

CH : Factor de corrección por la humedad relativa.

Hr : Humedad relativa media mensual (%).

CE : Coeficiente de corrección para la elevación del lugar.



E : Altitud de la zona en estudio (m.s.n.m.).

3.4.2. Cedula de cultivo.

El calendario de siembra y cosecha de los cultivos esta determinado por las condiciones climáticas de la zona en estudio, el ciclo vegetativo y las épocas de lluvia; variando ligeramente el inicio de la época de siembra de acuerdo al cultivo y variedad. La época de siembra de todos los cultivos coincide por lo general con la época previa al inicio de las lluvias, los meses de septiembre, octubre y noviembre

3.4.3. Coeficiente de cultivo Kc.

En primer lugar debe establecerse el período que abarca todo el ciclo del cultivo, determinado según la zona, el momento de siembra o plantación y la finalización del período de cosecha. El ciclo total se dividirá en cuatro fases

Fase inicial: va desde la aparición de las plantas en el suelo hasta aproximadamente un 10 % de cobertura del suelo (en plantas perennes comienza con la aparición de las nuevas hojas). Debido a la baja cobertura del suelo, en esta etapa la evaporación predomina sobre la transpiración, provocando que los valores de coeficiente de cultivo (Kc) sean altos cuando el suelo está húmedo y bajos cuando está seco.

Fase de desarrollo del cultivo: va desde el 10% de cobertura del suelo por el cultivo, hasta alcanzar la cobertura completa, aunque en ciertos cultivos como cereales de invierno y primavera se torna difícil determinar cuando alcanzan el 100% de cobertura, por lo que para estos cultivos se toma la etapa de floración como fin de la fase de desarrollo. A medida que el cultivo va cubriendo la



superficie, la transpiración se vuelve más importante, dado que la evaporación disminuye.

Fase media: va desde que se obtiene la cobertura vegetal completa, hasta el momento de iniciarse la maduración, que generalmente coincide con el comienzo del amarillamiento y caída de las hojas. En esta etapa el coeficiente de cultivo toma su máximo valor.

Fase final: desde el final de la fase anterior hasta que se llega a plena maduración o a la recolección de los frutos. El coeficiente de cultivo en esta fase disminuye porque es la fase final del ciclo vegetativo.

Para los cultivos en estudio, los coeficientes de cultivo (K_c) para todo el ciclo vegetativo se obtendrá de la Publicación N° 24 de la Serie de Riego y Drenaje de la FAO.

Para hallar el coeficiente de cultivo ponderado mensual (K_{cp}), se emplea la siguiente ecuación:

$$K_{cp} = \sum [(A_1 * K_{c1}) + (A_2 * K_{c2}) + \dots + (A_n * K_{cn})] / A_t$$

Donde:

K_{cp} : Coeficiente de cultivo mensual ponderado.

$K_{c1}, K_{c2}, \dots, K_{cn}$: Coeficientes del cultivo 1, 2, ..., n

A_1, A_2, \dots, A_n : Área del cultivo 1, 2, ..., n.

A_t : Area total



3.4.4. Evapotranspiración actual o real de los cultivos

La evapotranspiración actual o real, llamada también uso consuntivo, es la cantidad de agua que realmente vuelve a la atmósfera por evaporación y transpiración. Ésta es la suma de las cantidades de vapor de agua evaporada por el suelo y transpiradas por las plantas durante un período determinado, bajo las condiciones meteorológicas y de humedad de suelo existentes.

Para calcular la evapotranspiración real o actual se utiliza la siguiente ecuación matemática:

$$ETR = K_{cp} * ETP$$

Donde:

ETR = Evapotranspiración real (mm/mes)

K_{cp} = Coeficiente de cultivo ponderado.

ETP = Evapotranspiración potencial (mm/mes).

3.4.5. Precipitación efectiva (Pe)

Desde el punto de la producción agrícola, la precipitación efectiva es el volumen de lluvia parcial que es utilizado por las plantas para satisfacer sus necesidades hídricas para su normal desarrollo. Esto significa que no toda la precipitación está a disposición de los cultivos, ya que una parte se pierde a través de la Escorrentía Superficial y de la Percolación Profunda.



Para el cálculo de la precipitación efectiva, se emplea el método de Water Power Resources Service (WPRS-USA), que considera la precipitación efectiva de acuerdo al siguiente cuadro:

Tabla 5

Distribución de la precipitación efectiva

Incremento de la precipitación (mm)	% de la precipitación efectiva
5	0
30	95
55	90
80	82
105	65
130	45
155	25
> 155	5

Fuente: Vásquez, A. (2001)

Considerando que la precipitación es una variable aleatoria, conviene analizar la lluvia total, con el objeto de determinar el valor probable que cae. Para determinar la frecuencia o probabilidad de ocurrencia de la precipitación media mensual, se utilizó la fórmula de Weibull, cuya ecuación matemática es:

$$f = (m / N+1) * 100$$

Donde:

f : Frecuencia o probabilidad de ocurrencia.



m : Valor de posición de la lluvia ordenada en forma creciente

N : Número total de valores de precipitación mensual (mm).

La probabilidad de ocurrencia de la lluvia que se adopta, dependerá del valor económico del cultivo, considerándose por lo general un valor del 75 % de probabilidad de ocurrencia como el más adecuado.

3.5. DISEÑO HIDRAULICO

Para el diseño del sistema de riego, el diseño hidráulico tiene por objetivo proporcionar un estudio que permita mejorar el sistema de riego, cuyas características puedan irrigar 306 has. de tierras disponibles y con aptitud de riego, haciendo un uso eficiente y racional del recurso hídrico.

Las metas físicas del proyecto son:

Canal de derivación:

- Construcción de 01 canal de derivación (trasvase) de 2.016 km de longitud para un caudal comprendido entre 130 y 165 l/s, del cual 1.249 km es de tubería PVC y 0.767 km es de tubería HDPE con un diámetro constante de 12 “.
- Construcción de 01 captación tipo tirolesa de 130 l/s en la quebrada Uchccurumi (Aucora)
- Construcción de 02 captaciones en las quebradas Actahuaycco y Huanacoyacu con ventana de captación y compuerta tipo tarjeta con sistema de izaje de 20 y 15 l/s respectivamente.
- Construcción de 02 canales de unión entre captación y canal de derivación de 20 y 15 l/s de tubería PVC de 6 “ de diámetro.



- Construcción de 01 Aforador Tipo RBC para 130 l/s para la medición del caudal captado de la quebrada Uchccurumi.
- Construcción de 03 desarenadores en las captaciones Uchccurumi (Aucora), Actahuaycco y Huanacoyacu.
- Construcción de 07 pozas de inspección tipo de concreto armado.
- Construcción de 05 estructuras de transición de cambio de tubería de gravedad a presión.
- Construcción de 05 estructuras de transición de cambio de tubería de presión a gravedad.
- Construcción de 05 canoas.
- Construcción de 02 pases aéreos de 13 y 15 m de longitud.

Canal de conducción:

- Construcción de 01 canal de conducción de 1.200 km de longitud para un caudal de 135 l/s, del cual 1.024 km es de tubería PVC y 0.176 km es de tubería HDPE con diámetros variables entre 12 y 16“.
- Construcción de 09 pozas de inspección tipo.
- Construcción de 01 acueducto de concreto armado de 10.80 m de largo.
- Construcción de 01 sifón invertido de tubería HDPE de 176 m de longitud.
- Construcción de 01 pase aéreo de 50 m. de lago.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

El levantamiento de puntos se hizo mediante el empleo de una estación total, por el método radial, se inició con la materialización del primer BM y la estación de partida. La coordenada de este punto se determinó mediante un GPS navegador con precisión de a metro. Los otros BMs fueron colocados a partir de la primera y levantados haciendo uso de la estación total. Cabe resaltar que el levantamiento topográfico se realizó en coordenadas absolutas, como primer trabajo se estableció la materialización de cada punto de poligonal y/o BM, en lugares inamovibles para usarlo en el replanteo posterior, luego se tomaron las coordenadas con respecto al este, norte y la cota correspondiente. Se ha considerado el sistema de coordenadas UTM - Datum WGS 84 para la zona 18 Sur. En la tabla N° 06, se presentan los resultados de los BMs fijados para el levantamiento topográfico.



Tabla 6

Coordenadas fijadas en el levantamiento topográfico.

N°	ESTE	NORTE	COTA	BM
01	506633	8433316	3521	E-1
02	506814.043	8433330.15	3506.937	E-2
03	506939.229	8433234.57	3516.109	E-3
04	506891.624	8433597.44	3532.235	E-4
05	506768.687	8433194.32	3496.398	E-5
06	506646.727	8433106.34	3525.064	E-6
07	506839.436	8432577.63	3456.452	E-7
08	507065.936	8432611.66	3485.429	E-8
09	507277.116	8432448.24	3497.382	E-9
10	507417.581	8431918.28	3482.972	E-10
11	507443.764	8432078.54	3478.324	E-11
12	507469.100	8431804.55	3485.931	E-12
13	507232.786	8431529.510	3470.089	E-13
14	507130.608	8430423.76	3415.492	E-14
15	508286.107	8432838.84	3669.133	E-15
16	508323.524	8432976.86	3648.288	E-16
17	507165.603	8433063.08	3544.949	E-17
18	507076.959	8433250.86	3503.019	E-18

4.2. ESTUDIO HIDROLÓGICO.

4.2.1. Parámetros geomorfológicos de la cuenca.

Los resultados de la estimación de los parámetros geomorfológicos para las microcuencas de las quebradas Uchccurumi-Aucora 1, Actahuaycco, Huanacoyacu y Aucora 2, se muestran en las tablas N° 07 al 10.

Tabla 7

Características fisiográficas de la microcuenca Qda. Uchccurumi.

Parámetros	Resultados	Unidades
Área	3.55	Km ²
Perímetro	8.78	Km
Coefficiente de compacidad Kc	1.30	
Factor de forma Ff	0.35	
Grado de ramificación	1.00	
Densidad de drenaje Dd	0.8973	Km/Km ²
Frecuencia rios	0.28156	Rios/Km ²
Altura media Hm	3838.31	m.s.n.m
Pendiente media	0.17	m/m
Longitud del Río principal	3.19	Km
Tiempo de concentración Tc	1.02	Hrs.
Curva Numero CN	69.00	

Tabla 8*Características fisiográficas de la microcuenca Qda. Actahuaycco*

Parámetros	Resultados	Unidades
Área	0.49	Km ²
Perímetro	2.75	Km
Coefficiente de compacidad Kc	1.10	
Factor de forma Ff	0.44	
Grado de ramificación	1.00	
Densidad de drenaje Dd	2.15	Km/Km ²
Frecuencia rios	2.02	Rios/Km ²
Altura media Hm	3810.97	m.s.n.m
Pendiente media	0.29	m/m
Longitud del Río principal	1.06	Km
Tiempo de concentración Tc	0.40	Hrs.
Curva Numero CN	69.00	

Tabla 9*Características Fisiográficas de la Microcuenca Qda. Huanacoyacu*

Parámetros	Resultados	Unidades
Área	0.31	Km ²
Perímetro	2.13	Km
Coefficiente de compacidad Kc	1.07	
Factor de forma Ff	0.53	
Grado de ramificación	1.00	
Densidad de drenaje Dd	2.48	Km/Km ²
Frecuencia rios	3.24	Rios/Km ²
Altura media Hm	3751.34	m.s.n.m
Pendiente media	0.34	m/m
Longitud del Río principal	0.77	Km
Tiempo de concentración Tc	0.30	Hrs.
Curva Numero CN	69.00	

Tabla 10*Características fisiográficas de la microcuenca Qda. Aucora 2*

Parámetros	Resultados	Unidades
Área	0.25	Km ²
Perímetro	2.10	Km
Coefficiente de compacidad Kc	1.17	
Factor de forma Ff	0.48	
Grado de ramificación	1.00	
Densidad de drenaje Dd	2.85	Km/Km ²
Frecuencia rios	3.93	Rios/Km ²
Altura media Hm	3549.82	m.s.n.m
Pendiente media	0.28	m/m
Longitud del Río principal	0.73	Km
Tiempo de concentración Tc	0.30	Hrs.
Curva Numero CN	69.00	

4.2.2. Precipitación.

Se han empleado los datos de las estaciones climatológicas ordinarias de SENAMHI correspondientes a las estaciones pluviométricas Huac-Huas, Córdova, Llauta, Tunel Cero y Huancasancos las cuales se encuentran ubicadas aledañas a la zona en estudio. La información mensualizada por año se muestra en el Anexo 1. También se ha realizado la completación de la data a través del software HEC-4 y para el análisis de consistencia y homogeneidad se realizó la curva de doble masa.

Es conocida la variación directa de la precipitación total con la altitud de la cual se desprende el denominado gradiente pluviométrico. En la tabla N° 11 se observa el resumen de la altura media de las micro cuencas con su respectiva precipitación promedio anual y en la figura N° 02 se observa la tendencia de las

estaciones pluviométricas.

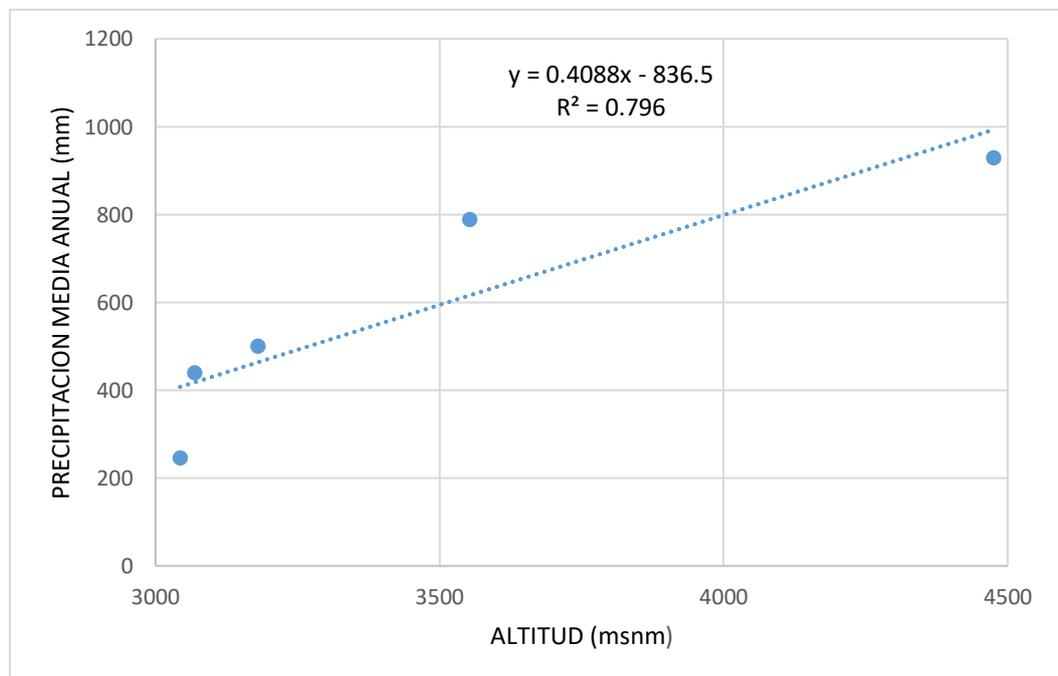
Tabla 11

Variación de la altitud y precipitación anual de 05 estaciones.

Estación	Altitud (msnm)	Precipitación media anual (mm).
Huac-Huas	3180	499.10
Córdova	3069	438.89
Llauta	3043	244.60
Tunel Cero	4475	928.10
Huancasancos	3553	787.50

Figura 2

Relación precipitación media – altitud.



En la figura N° 02 nos muestra un coeficiente de correlación de



$r^2=0.796$, resultante de la correlación lineal, entre las estaciones pluviométricas de Huac-Huas, Córdova, Llauta, Tunel Cero y Huancasancos, lo cual nos demuestra que existe una correlación alta entre la precipitación y la altitud. La ecuación de regresión resultante es:

$$\text{Precipitación} = 0.4088 * \text{Altitud} - 836.5$$

Donde los valores de $a=0.4088$ y $b= 836.5$, son los parámetros de la ecuación de regresión.

La precipitación media anual en los puntos de interés, teniendo como dato la altitud media de las micro cuencas de interés, se empleó la ecuación generada sobre la base de la relación altitud vs. Precipitación y se ha obtenido la precipitación media anual para la micro cuencas de interés y las zonas de riego, los resultados se detallan en las tablas N° 12 al 16.



Tabla 12

Precipitación generada para la microcuenca Qda. Ucchurumi (Qda. Aucora)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
1966	234.9	371	350.9	57.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	32.3	108.6	1162.7
1967	104.2	365.	320.0	63.1	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	1.5	32.3	891.1
1968	27.9	8.0	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	8.8	0.0	58.7
1969	0.0	179.	324.4	29.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.5	41.1	576.9
1970	452.1	54.3	32.3	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.5	63.1	609.2
1971	0.0	284.	86.6	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	89.5	468.3
1972	312.7	450.	292.1	19.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	1099.5
1973	120.4	350.9	290.7	49.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.7	823.5
1974	0.0	392.0	323.0	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	0.0	64.6	785.4
1975	94.0	264.2	262.8	38.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	2.9	23.5	687.0
1976	334.7	409.6	177.6	11.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	935.1
1977	19.1	371.4	221.7	14.7	0.0	0.0	0.0	5.9	2.9	14.7	201.1	129.2	980.6
1978	245.2	177.6	229.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	653.3
1979	41.1	113.0	267.2	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	7.3	23.5	468.3
1980	23.5	10.3	80.7	0.0	0.0	0.0	7.3	0.0	5.9	16.1	0.0	0.0	143.9
1981	96.9	208.5	117.4	82.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	88.1	593.1
1982	274.5	368.5	102.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.8	45.5	5.9	805.9
1983	212.9	264.2	349.4	36.7	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	29.4	895.5
1984	315.6	397.8	350.9	52.8	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	33.8	154.1	33.8	1340.3
1985	11.7	289.2	116.0	26.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.2	102.8	559.3
1986	309.7	295.1	99.8	16.1	0.0	0.0	0.0	25.0	1.5	2.9	13.2	66.1	829.4
1987	218.7	69.0	95.4	49.9	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	437.5
1988	236.3	190.8	217.3	29.4	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	1.5	133.6	816.2
1989	173.2	356.7	541.7	52.8	16.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	1.5	49.9	1196.4
1990	20.6	48.4	25.0	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	80.7	180.6
1991	118.9	57.3	230.5	99.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	510.9
1992	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	2.9	13.2	66.1	83.7
1993	201.1	256.9	346.4	16.1	1.5	0.0	0.0	1.5	0.0	4.4	13.2	49.9	891.1
1994	298.0	377.3	98.4	39.6	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	5.9	54.3	879.3
1995	277.5	32.3	267.2	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	52.8	33.8	678.2
1996	118.9	265.7	102.8	108.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.5	619.5
1997	143.9	121.8	63.1	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	5.9	4.4	5.9	95.4	444.8
1998	506.5	359.7	312.7	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.2	71.9	1272.8
1999	212.9	386.1	292.1	10.3	0.0	0.0	0.0	1.5	1.5	2.9	13.2	80.7	1001.2
2000	418.4	306.8	277.5	51.4	2.9	0.0	0.0	0.0	0.0	10.3	11.7	151.2	1230.2
2001	215.8	568.1	342.0	61.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	7.3	0.0	1196.4
2002	64.6	187.9	195.2	51.4	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	4.4	42.6	17.6	565.2
2003	60.2	176.2	158.5	4.4	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.7	96.9	509.4
2004	154.1	198.2	155.6	38.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	4.4	110.1	662.1
2005	152.7	151.2	99.8	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	110.1	522.6
2006	252.5	346.4	339.1	14.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	1.5	38.2	27.9	1023.2
2007	42.6	77.8	123.3	11.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	36.7	295.1
2008	449.2	506.5	256.9	91.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	63.1	1368.2
2009	236.3	208.5	190.8	39.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.3	33.8	16.1	732.5
2010	60.2	205.5	120.4	29.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.1	478.6
2011	27.9	66.1	145.3	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	132.1	381.7
2012	488.8	453.6	207.0	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	143.9	1300.6
2013	211.4	27.9	91.0	116.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	73.4	522.6



Tabla 13

Precipitación generada para la microcuenca Qda. Actahuaycco

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
1966	226.7	358.5	338.6	55.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	31.2	104.8	1122.2
1967	100.6	352.8	308.9	60.9	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	1.4	31.2	860.0
1968	26.9	8.5	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	8.5	0.0	56.7
1969	0.0	172.9	313.1	28.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	39.7	556.8
1970	436.4	52.4	31.2	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	60.9	588.0
1971	0.0	274.9	83.6	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	86.4	452.0
1972	301.8	435.0	282.0	18.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.1	1061.2
1973	116.2	338.6	280.5	48.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.3	794.9
1974	0.0	378.3	311.7	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	62.3	758.0
1975	90.7	255.0	253.6	36.8	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	2.8	22.7	663.1
1976	323.0	395.3	171.4	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	902.6
1977	18.4	358.5	213.9	14.2	0.0	0.0	0.0	5.7	2.8	14.2	194.1	124.7	946.5
1978	236.6	171.4	221.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	630.5
1979	39.7	109.1	257.9	14.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	7.1	22.7	452.0
1980	22.7	9.9	77.9	0.0	0.0	0.0	7.1	0.0	5.7	15.6	0.0	0.0	138.9
1981	93.5	201.2	113.4	79.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	85.0	572.4
1982	265.0	355.6	99.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	43.9	5.7	777.9
1983	205.4	255.0	337.2	35.4	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	28.3	864.3
1984	304.6	384.0	338.6	51.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	32.6	148.8	32.6	1293.6
1985	11.3	279.1	111.9	25.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8	99.2	539.8
1986	299.0	284.8	96.3	15.6	0.0	0.0	0.0	24.1	1.4	2.8	12.8	63.8	800.5
1987	211.1	66.6	92.1	48.2	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	422.2
1988	228.1	184.2	209.7	28.3	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	128.9	787.8
1989	167.2	344.3	522.8	51.0	15.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	1.4	48.2	1154.8
1990	19.8	46.8	24.1	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	77.9	174.3
1991	114.8	55.3	222.5	96.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	493.1
1992	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	2.8	12.8	63.8	80.8
1993	194.1	248.0	334.4	15.6	1.4	0.0	0.0	1.4	0.0	4.3	12.8	48.2	860.0
1994	287.6	364.1	94.9	38.3	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	5.7	52.4	848.7
1995	267.8	31.2	257.9	14.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	51.0	32.6	654.6
1996	114.8	256.5	99.2	104.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.7	597.9
1997	138.9	117.6	60.9	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	5.7	4.3	5.7	92.1	429.3
1998	488.8	347.1	301.8	8.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.8	69.4	1228.4
1999	205.4	372.6	282.0	9.9	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	2.8	12.8	77.9	966.3



2000	403.8	296.1	267.8	49.6	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9	11.3	145.9	1187.3
2001	208.3	548.3	330.1	59.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	7.1	0.0	1154.8
2002	62.3	181.4	188.4	49.6	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	41.1	17.0	545.5
2003	58.1	170.0	153.0	4.3	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.3	93.5	491.7
2004	148.8	191.3	150.2	36.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	4.3	106.3	639.0
2005	147.4	145.9	96.3	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	106.3	504.4
2006	243.7	334.4	327.3	14.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	1.4	36.8	26.9	987.6
2007	41.1	75.1	119.0	11.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	35.4	284.8
2008	433.6	488.8	248.0	87.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	60.9	1320.5
2009	228.1	201.2	184.2	38.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	32.6	15.6	707.0
2010	58.1	198.4	116.2	28.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.9	461.9
2011	26.9	63.8	140.3	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	127.5	368.4
2012	471.8	437.8	199.8	5.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	138.9	1255.4
2013	204.0	26.9	87.8	111.9	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	70.8	504.4

Tabla 14

Precipitación generada para la microcuenca Qda. Huanacoyacu

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
1966	222.1	351.3	331.8	54.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	30.5	102.7	1099.6
1967	98.6	345.7	302.7	59.7	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	1.4	30.5	842.8
1968	26.4	8.3	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	8.3	0.0	55.5
1969	0.0	169.4	306.8	27.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	38.9	545.6
1970	427.6	51.4	30.5	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	59.7	576.2
1971	0.0	269.3	81.9	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	84.7	442.9
1972	295.7	426.2	276.3	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.6	1039.9
1973	113.8	331.8	274.9	47.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	778.9
1974	0.0	370.7	305.4	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	61.1	742.8
1975	88.9	249.9	248.5	36.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	2.8	22.2	649.8
1976	316.6	387.4	168.0	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	884.4
1977	18.0	351.3	209.6	13.9	0.0	0.0	0.0	5.6	2.8	13.9	190.2	122.2	927.5
1978	231.9	168.0	216.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	617.8
1979	38.9	106.9	252.7	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	6.9	22.2	442.9
1980	22.2	9.7	76.4	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	5.6	15.3	0.0	0.0	136.1
1981	91.6	197.2	111.1	77.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	83.3	560.9
1982	259.6	348.5	97.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	43.0	5.6	762.2
1983	201.3	249.9	330.4	34.7	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	27.8	846.9
1984	298.5	376.3	331.8	50.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	31.9	145.8	31.9	1267.6
1985	11.1	273.5	109.7	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	97.2	529.0



1986	293.0	279.1	94.4	15.3	0.0	0.0	0.0	23.6	1.4	2.8	12.5	62.5	784.4
1987	206.9	65.3	90.2	47.2	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	413.7
1988	223.5	180.5	205.5	27.8	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	126.3	771.9
1989	163.8	337.4	512.3	50.0	15.3	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	1.4	47.2	1131.5
1990	19.4	45.8	23.6	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	76.4	170.8
1991	112.5	54.1	218.0	94.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	483.2
1992	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	2.8	12.5	62.5	79.1
1993	190.2	243.0	327.7	15.3	1.4	0.0	0.0	1.4	0.0	4.2	12.5	47.2	842.8
1994	281.8	356.8	93.0	37.5	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	5.6	51.4	831.7
1995	262.4	30.5	252.7	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	31.9	641.4
1996	112.5	251.3	97.2	102.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.2	585.9
1997	136.1	115.2	59.7	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	5.6	4.2	5.6	90.2	420.7
1998	479.0	340.2	295.7	8.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	68.0	1203.7
1999	201.3	365.1	276.3	9.7	0.0	0.0	0.0	1.4	1.4	2.8	12.5	76.4	946.9
2000	395.7	290.2	262.4	48.6	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	9.7	11.1	143.0	1163.5
2001	204.1	537.3	323.5	58.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	6.9	0.0	1131.5
2002	61.1	177.7	184.7	48.6	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	40.3	16.7	534.5
2003	56.9	166.6	149.9	4.2	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	91.6	481.8
2004	145.8	187.4	147.2	36.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	4.2	104.1	626.2
2005	144.4	143.0	94.4	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	104.1	494.3
2006	238.8	327.7	320.7	13.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	1.4	36.1	26.4	967.7
2007	40.3	73.6	116.6	11.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.8	34.7	279.1
2008	424.9	479.0	243.0	86.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	59.7	1294.0
2009	223.5	197.2	180.5	37.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	31.9	15.3	692.8
2010	56.9	194.4	113.8	27.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	59.7	452.6
2011	26.4	62.5	137.5	9.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	125.0	361.0
2012	462.3	429.0	195.8	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0	136.1	1230.1
2013	199.9	26.4	86.1	109.7	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	69.4	494.3



Tabla 15

Precipitación generada para la microcuenca Qda. Aucora 2 (presa)

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
1966	197.1	311.6	294.4	48.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	27.1	91.1	975.5
1967	87.5	306.7	268.5	53.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	1.2	27.1	747.6
1968	23.4	7.4	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	7.4	0.0	49.3
1969	0.0	150.3	272.2	24.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.2	34.5	484.1
1970	379.4	45.6	27.1	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.2	53.0	511.2
1971	0.0	238.9	72.7	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	75.1	392.9
1972	262.4	378.1	245.1	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	20.9	922.5
1973	101.0	294.4	243.9	41.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9	691.0
1974	0.0	328.9	271.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	0.0	54.2	659.0
1975	78.8	221.7	220.5	32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	2.5	19.7	576.4
1976	280.8	343.6	149.0	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	784.6
1977	16.0	311.6	186.0	12.3	0.0	0.0	0.0	4.9	2.5	12.3	168.7	108.4	822.8
1978	205.7	149.0	192.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	548.1
1979	34.5	94.8	224.2	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	6.2	19.7	392.9
1980	19.7	8.6	67.7	0.0	0.0	0.0	6.2	0.0	4.9	13.5	0.0	0.0	120.7
1981	81.3	174.9	98.5	69.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	73.9	497.6
1982	230.3	309.2	86.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.4	38.2	4.9	676.2
1983	178.6	221.7	293.1	30.8	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	24.6	751.3
1984	264.8	333.8	294.4	44.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	28.3	129.3	28.3	1124.5
1985	9.9	242.6	97.3	22.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	86.2	469.3
1986	259.9	247.6	83.8	13.5	0.0	0.0	0.0	20.9	1.2	2.5	11.1	55.4	695.9
1987	183.5	57.9	80.1	41.9	0.0	0.0	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	367.0
1988	198.3	160.1	182.3	24.6	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	1.2	112.1	684.8
1989	145.3	299.3	454.5	44.3	13.5	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	1.2	41.9	1003.8
1990	17.2	40.6	20.9	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	67.7	151.5
1991	99.8	48.0	193.4	83.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	428.6
1992	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	2.5	11.1	55.4	70.2
1993	168.7	215.5	290.7	13.5	1.2	0.0	0.0	1.2	0.0	3.7	11.1	41.9	747.6
1994	250.0	316.5	82.5	33.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	4.9	45.6	737.8
1995	232.8	27.1	224.2	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	44.3	28.3	569.0
1996	99.8	222.9	86.2	91.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	19.7	519.8
1997	120.7	102.2	53.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	4.9	3.7	4.9	80.1	373.2
1998	424.9	301.8	262.4	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.1	60.4	1067.9
1999	178.6	323.9	245.1	8.6	0.0	0.0	0.0	1.2	1.2	2.5	11.1	67.7	840.0
2000	351.0	257.4	232.8	43.1	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	8.6	9.9	126.9	1032.2
2001	181.1	476.7	287.0	51.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	6.2	0.0	1003.8
2002	54.2	157.7	163.8	43.1	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	3.7	35.7	14.8	474.2
2003	50.5	147.8	133.0	3.7	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.9	81.3	427.4
2004	129.3	166.3	130.6	32.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	3.7	92.4	555.5
2005	128.1	126.9	83.8	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	92.4	438.5
2006	211.9	290.7	284.5	12.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	1.2	32.0	23.4	858.5
2007	35.7	65.3	103.5	9.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	30.8	247.6
2008	376.9	424.9	215.5	76.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	53.0	1147.9
2009	198.3	174.9	160.1	33.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.2	28.3	13.5	614.6
2010	50.5	172.4	101.0	24.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	53.0	401.5
2011	23.4	55.4	121.9	8.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	110.9	320.2



2012	410.2	380.6	173.7	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	120.7	1091.3
2013	177.4	23.4	76.4	97.3	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	61.6	438.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16

Precipitación generada para las áreas de riego

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
1966	160.0	253.0	239.0	39.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	22.0	74.0	792.0
1967	71.0	249.0	218.0	43.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	22.0	607.0
1968	19.0	6.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	6.0	0.0	40.0
1969	0.0	122.0	221.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	28.0	393.0
1970	308.0	37.0	22.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	43.0	415.0
1971	0.0	194.0	59.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	61.0	319.0
1972	213.0	307.0	199.0	13.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	17.0	749.0
1973	82.0	239.0	198.0	34.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	561.0
1974	0.0	267.0	220.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	44.0	535.0
1975	64.0	180.0	179.0	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	2.0	16.0	468.0
1976	228.0	279.0	121.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	637.0
1977	13.0	253.0	151.0	10.0	0.0	0.0	0.0	4.0	2.0	10.0	137.0	88.0	668.0
1978	167.0	121.0	156.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	445.0
1979	28.0	77.0	182.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	5.0	16.0	319.0
1980	16.0	7.0	55.0	0.0	0.0	0.0	5.0	0.0	4.0	11.0	0.0	0.0	98.0
1981	66.0	142.0	80.0	56.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	60.0	404.0
1982	187.0	251.0	70.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	31.0	4.0	549.0
1983	145.0	180.0	238.0	25.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	20.0	610.0
1984	215.0	271.0	239.0	36.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	23.0	105.0	23.0	913.0
1985	8.0	197.0	79.0	18.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	70.0	381.0
1986	211.0	201.0	68.0	11.0	0.0	0.0	0.0	17.0	1.0	2.0	9.0	45.0	565.0
1987	149.0	47.0	65.0	34.0	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	298.0
1988	161.0	130.0	148.0	20.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	91.0	556.0
1989	118.0	243.0	369.0	36.0	11.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	1.0	34.0	815.0
1990	14.0	33.0	17.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	55.0	123.0
1991	81.0	39.0	157.0	68.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	348.0
1992	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	2.0	9.0	45.0	57.0
1993	137.0	175.0	236.0	11.0	1.0	0.0	0.0	1.0	0.0	3.0	9.0	34.0	607.0
1994	203.0	257.0	67.0	27.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	4.0	37.0	599.0
1995	189.0	22.0	182.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.0	23.0	462.0
1996	81.0	181.0	70.0	74.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	16.0	422.0
1997	98.0	83.0	43.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	4.0	3.0	4.0	65.0	303.0
1998	345.0	245.0	213.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.0	49.0	867.0
1999	145.0	263.0	199.0	7.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.0	2.0	9.0	55.0	682.0
2000	285.0	209.0	189.0	35.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	8.0	103.0	838.0
2001	147.0	387.0	233.0	42.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	5.0	0.0	815.0
2002	44.0	128.0	133.0	35.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	29.0	12.0	385.0
2003	41.0	120.0	108.0	3.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	66.0	347.0
2004	105.0	135.0	106.0	26.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	3.0	75.0	451.0
2005	104.0	103.0	68.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	75.0	356.0
2006	172.0	236.0	231.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	1.0	26.0	19.0	697.0
2007	29.0	53.0	84.0	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	25.0	201.0



2008	306.0	345.0	175.0	62.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	43.0	932.0
2009	161.0	142.0	130.0	27.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	23.0	11.0	499.0
2010	41.0	140.0	82.0	20.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	43.0	326.0
2011	19.0	45.0	99.0	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.0	260.0
2012	333.0	309.0	141.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	98.0	886.0
2013	144.0	19.0	62.0	79.0	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	50.0	356.0

Fuente: Elaboración propia

4.2.3. Caudales.

Dado que en la zona del proyecto no existen estaciones hidrométricas, se ha realizado la generación de caudal para las microcuencas en estudio mediante el modelo determinístico - estocástico de Lutz Scholz; los parámetros más importantes del modelo son los coeficientes para la determinación de la precipitación efectiva, déficit de escurrimiento, retención y agotamiento de las cuencas. Los resultados de la generación de caudales en las micro cuencas de las quebradas Uchccurumi, Actahuaycco, Huanacoyacu, Aucora 2 se presentan en las tablas N° 17 al 20 en donde se puede observar que el caudal promedio anual para cada micro cuenca.

Caudal ecológico, en los ríos donde se construyen estructuras hidráulicas de captación (bocatomas), o regulación (embalses), se considera como caudal ecológico, el flujo aguas abajo de dichas estructuras, cuya cantidad debe permitir la vida acuática en el río, en condiciones adecuadas, así como también satisfacer las necesidades de las poblaciones, animales y vegetales si fuera el caso. Para el estudio se ha empleado la propuesta de la Autoridad Nacional del Agua, el cual considera como periodo de avenida entre los meses de diciembre a abril y el periodo de estiaje desde mayo a noviembre. Para cursos con caudales medio anuales menores o iguales a $20 \text{ m}^3/\text{s}$, el caudal ecológico será como mínimo el 10% del caudal medio mensual para la época de avenida y para la época de

estiaje será de un 15% del caudal medio mensual. Los resultados del caudal ecológico en las micro cuencas en estudio se presentan en las tablas N° 21 al 24.

Tabla 17

Descargas medias mensuales generados – Microcuenca Qda. Uchccurumi (m³/s).

Año	Ene .	Fe b.	M ar.	Abr.	M ay.	Jun.	Jul.	Ago.	Se t.	Oct.	Nov.	Dic.	ANUAL
	30	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	(m ³ /s)
1966	0.20	0.36	0.33	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07	0.09
1967	0.08	0.34	0.30	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07
1968	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1969	0.00	0.15	0.28	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04
1970	0.39	0.09	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.05
1971	0.01	0.25	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.04
1972	0.27	0.45	0.29	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.09
1973	0.08	0.33	0.27	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07
1974	0.00	0.36	0.30	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.06
1975	0.06	0.24	0.24	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05
1976	0.28	0.41	0.18	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08
1977	0.00	0.34	0.21	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.11	0.07
1978	0.21	0.18	0.20	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05
1979	0.02	0.09	0.22	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.03
1980	0.01	0.01	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1981	0.06	0.18	0.10	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.04
1982	0.23	0.37	0.11	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.06
1983	0.17	0.25	0.32	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07
1984	0.26	0.40	0.33	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.12	0.03	0.10
1985	0.01	0.26	0.11	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.06	0.04
1986	0.27	0.30	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.04	0.06
1987	0.18	0.07	0.07	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03
1988	0.19	0.19	0.19	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.06
1989	0.14	0.34	0.50	0.10	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.09
1990	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.01
1991	0.09	0.04	0.18	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.01
1993	0.16	0.25	0.31	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.07
1994	0.25	0.38	0.11	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.07
1995	0.23	0.05	0.22	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02	0.05
1996	0.09	0.24	0.09	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.05
1997	0.11	0.11	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.03
1998	0.44	0.39	0.30	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.10
1999	0.17	0.38	0.28	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.08
2000	0.36	0.32	0.26	0.06	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.11	0.10
2001	0.19	0.56	0.35	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10
2002	0.04	0.16	0.17	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.04
2003	0.03	0.15	0.13	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.04
2004	0.12	0.18	0.13	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.05
2005	0.12	0.14	0.08	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.04
2006	0.21	0.34	0.32	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.08
2007	0.02	0.05	0.09	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.02
2008	0.39	0.52	0.27	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.11



2009	0.19	0.20	0.17	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.05
2010	0.03	0.18	0.10	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.03
2011	0.01	0.04	0.11	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.02
2012	0.43	0.48	0.22	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.11
2013	0.18	0.04	0.06	0.09	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.04	0.04

Tabla 18

Descargas medias mensuales generados – Microcuenca Qda. Actahuaycco (m³/s)

Año	Ene .	Fe b.	M ar.	Abr.	M ay.	Jun.	Jul.	Ago.	Se t.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom . (m ³ /s)
	30	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
1966	0.03	0.05	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
1967	0.01	0.04	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1968	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1969	0.00	0.02	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1970	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1971	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
1972	0.03	0.06	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1973	0.01	0.04	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1974	0.00	0.05	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1975	0.01	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1976	0.04	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1977	0.00	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.01
1978	0.03	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1979	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1980	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1981	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
1982	0.03	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1983	0.02	0.03	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1984	0.03	0.05	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
1985	0.00	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
1986	0.03	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1987	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1988	0.02	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
1989	0.02	0.05	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1990	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1991	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1993	0.02	0.03	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1994	0.03	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1995	0.03	0.01	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1996	0.01	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1997	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
1998	0.06	0.05	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1999	0.02	0.05	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
2000	0.05	0.04	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
2001	0.02	0.07	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
2002	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
2003	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
2004	0.02	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
2005	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
2006	0.03	0.05	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01



2007	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2008	0.05	0.07	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02
2009	0.03	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
2010	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2012	0.06	0.06	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
2013	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01

Tabla 19

Descargas medias mensuales generados – Microcuenca Qda. Huanacoyacu (m³/s).

Año	Ene .	Fe b.	M ar.	Abr.	M ay.	Jun.	Jul.	Ago.	Se t.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom . (m ³ /s)
	30	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
1966	0.02	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
1967	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1968	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1969	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1970	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1971	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1972	0.02	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1973	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1974	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1975	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1976	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1977	0.00	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
1978	0.02	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1979	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1980	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1981	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1982	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1983	0.01	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1984	0.02	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01
1985	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1986	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1987	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1988	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
1989	0.01	0.03	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1990	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1991	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1993	0.01	0.02	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1994	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1995	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1996	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1997	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1998	0.04	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
1999	0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
2000	0.03	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
2001	0.01	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
2002	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2003	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2004	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00



2005	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2006	0.02	0.03	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
2007	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2008	0.03	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
2009	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2010	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2011	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00
2012	0.03	0.04	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01
2013	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabla 20

Descargas Medias Mensuales Generados – Microcuenca Qda. Aucora 2 (m³/s)

Año	Ene .	Fe b.	M ar.	Abr.	M ay.	Jun.	Jul.	Ago.	Se t.	Oct.	Nov.	Dic.	Prom . (m ³ /s)
	30	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
1966	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.005
1967	0.00	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.004
1968	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
1969	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002
1970	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.003
1971	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002
1972	0.01	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.005
1973	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.004
1974	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.004
1975	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.003
1976	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.005
1977	0.00	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.004
1978	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.003
1979	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002
1980	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
1981	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002
1982	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.004
1983	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.004
1984	0.01	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.006
1985	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002
1986	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.004
1987	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002
1988	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.003
1989	0.01	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.006
1990	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
1991	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002
1992	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000
1993	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.004
1994	0.01	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.004
1995	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.003
1996	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.003
1997	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002
1998	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.006
1999	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.005
2000	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.006



2001	0.01	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.006
2002	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002
2003	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002
2004	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.003
2005	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002
2006	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.005
2007	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001
2008	0.02	0.03	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.007
2009	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.003
2010	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002
2011	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.001
2012	0.02	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.006
2013	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.002

Tabla 21

Caudal Ecológico – Micro cuenca Qda. Uchccurumi (m³/s)

MES	Caudal ecológico (m3/s)	volumen ecológico (m3)
Enero	0.0146	50618.27
Febrero.	0.0233	65657.56
Marzo	0.0183	63421.86
Abril	0.0042	13705.61
Mayo	0.0011	3914.44
Junio	0.0004	1449.57
Julio	0.0004	1222.36
Agosto	0.0004	1262.52
Setiembre	0.0004	1201.71
Octubre	0.0004	1387.57
Noviembre	0.0011	3414.09
Diciembre	0.0034	11790.07



Tabla 22

Caudal ecológico – Microcuenca Qda. Actahuaycco (m^3/s)

MES	Caudal ecológico (m^3/s)	Volumen ecológico (m^3)
Enero	0.00191	6610.57
Febrero.	0.00309	8720.57
Marzo	0.00247	8545.15
Abril	0.00062	2020.71
Mayo	0.00017	597.85
Junio	0.00005	147.26
Julio	0.00004	135.97
Agosto	0.00003	117.73
Setiembre	0.00004	127.08
Octubre	0.00004	146.02
Noviembre	0.00013	405.96
Diciembre	0.00043	1474.06



Tabla 23

Caudal Ecológico – Microcuenca Qda. Huanacoyacu (m^3/s)

MES	Caudal ecológico (m^3/s)	Volumen ecológico (m^3)
Enero	0.00116	3998.16
Febrero.	0.00188	5308.51
Marzo	0.00151	5229.73
Abril	0.00039	1278.08
Mayo	0.00011	388.69
Junio	0.00003	89.88
Julio	0.00002	73.58
Agosto	0.00002	62.69
Setiembre	0.00002	64.83
Octubre	0.00002	75.56
Noviembre	0.00008	244.46
Diciembre	0.00026	887.39

Tabla 24

Caudal Ecológico – Microcuenca Qda. Aucora 2 (m^3/s)

MES	Caudal ecológico (m^3/s)	Volumen ecológico (m^3)
Enero	0.00080	2771.04
Febrero.	0.00133	3752.63
Marzo	0.00109	3754.54
Abril	0.00031	1009.71
Mayo	0.00010	350.61
Junio	0.00003	90.17
Julio	0.00001	42.27
Agosto	0.00001	34.66
Setiembre	0.00001	31.84
Octubre	0.00001	38.71
Noviembre	0.00005	157.94
Diciembre	0.00017	596.11



Se han realizado aforos en las quebradas el mes de mayo del 2014, cuyos resultados se presenta en la tabla N° 25, en ella se puede apreciar que los caudales aforados varían de 1.50 a 8.0 litros por segundo que corresponden a las quebradas Aucora 2 y Uchccurumi, respectivamente.

Tabla 25

Resultados de los aforos de las quebradas.

Quebrada	Caudal de aforo (l/s)	Coordenadas UTM	
	Mayo (10/05/14)	ESTE	NORTE
Uchccurumi (Aucora)	8.0	508,442	8,433,031
Actahuaycco	4.2	507,854	8,433,539
Huanacoyacu	2.8	507,468	8,433,624
Aucora 2	1.5	506,748	8,433,354

4.3. DEL DISEÑO AGRONÓMICO.

El diseño agronómico, tiene como objetivo principal, determinar las necesidades hídricas de los cultivos y dimensionar los alcances del proyecto de riego, basados en la disponibilidad de los recursos hídricos que permitan garantizar un nivel adecuado para satisfacer las demandas de agua para el riego de las áreas agrícolas.

La disponibilidad de agua para irrigar las áreas agrícolas de los sectores de riego, involucra las micro cuencas de las Qdas. Uchccurumi, Actahuaycco, Huanacoyacu y Aucora 2 en donde se construirá la presa. Asimismo se dispondrá de agua procedente de las lluvias en el área de riego que serán considerados en el balance hidrológico.

4.3.1. Cálculo de la evapotranspiración potencial.

Para el cálculo de la evapotranspiración potencial se empleó el método empírico de Penman Monteith, se han tomado datos de la estación de Huac-huas, para el cálculo se ha utilizado el software Cropwat, que considera los parámetros de humedad relativa, temperatura máxima y mínima, velocidad del viento y horas sol.

En la tabla N° 26 se muestran los resultados de los valores de la evapotranspiración potencial mensual de las áreas a ser irrigadas, en ella se puede apreciar que la evapotranspiración potencial varía de 3.29 a 3.91 mm/día, que corresponden a los meses de enero y julio, respectivamente; en promedio para los doce meses del año se tiene el valor de 3.23 mm/día.

Tabla 26

Resultados de la evapotranspiración potencial mensual (mm/d).

Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m ² /día	ETo mm/día
Enero	7.2	16.7	85	213	5.4	14.7	2.39
Febrero	7.3	15.7	86	212	5.8	16.5	2.57
Marzo	7.4	15.8	87	214	5.2	16.9	2.67
Abril	7.3	17.1	83	225	6.4	19.4	3.17
Mayo	7.0	19.1	75	237	7.1	20.3	3.68
Junio	7.1	19.3	75	232	7.5	20.7	3.74
Julio	6.7	19.2	68	250	7.3	20.4	3.91
Agosto	7.1	19.6	69	230	6.8	19.8	3.81
Septiembre	7.3	19.8	69	239	6.5	19.0	3.73
Octubre	6.7	19.4	71	232	6.8	18.2	3.44
Noviembre	7.0	19.1	73	239	7.0	17.1	3.14
Diciembre	6.8	17.5	80	217	6.0	15.0	2.56
Promedio	7.1	18.2	77	228	6.5	18.2	3.23



4.3.2. Necesidad de agua de los cultivos

En la tabla N° 27 se muestra la cedula y los coeficientes de los cultivos considerados en el proyecto.

La cedula de cultivo está compuesto por los cultivos trigo, papa, haba, maíz y cebada, considerando una área total de riego de 305.50 has y el coeficiente de cultivo en promedio es de 0.97.

La evapotranspiración del cultivo se calcula multiplicando el factor de cultivo K_c por la evapotranspiración potencial. Para el presente estudio los cálculos se han realizado mensualmente. Las necesidades efectivas de riego se obtienen por las diferencias de la evapotranspiración real del cultivo menos la precipitación efectiva.

Tabla 27

Cédula y coeficientes de cultivo.

Cultivo	Área (Ha)	Meses											
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Trigo	75.00	1.07	1.10	0.75								0.57	0.79
Papa	75.00	0.95	0.98	0.81	0.33							0.51	0.55
Haba	47.50	0.89	0.98	1.00								0.55	0.70
Maíz	38.00	0.69	1.02	1.05	0.94							0.45	0.47
Cebada	70.00	1.07	1.10	1.00	0.75							0.57	0.79
K_c		0.93	1.04	0.92	0.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53	0.66
promedio													
Área Irrigada	305.50	305.50	305.50	305.50	183.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	305.50	305.50
(Ha)													

4.3.3. Demanda de agua del proyecto

Para el cálculo de la demanda de agua del proyecto, se ha considerado la eficiencia de riego: 45%, teniendo en cuenta que existe otro componente capacitación donde llevara a cabo talleres a los beneficiarios para el buen manejo del recurso hídrico que deberá tomar en cuenta en el desarrollo del presente proyecto. En la tabla N° 28 se puede apreciar la demanda de agua de los sectores de riego.

Tabla 28

Resultados de demanda de agua.

Mes	ETP (mm/día)	ETP (mm)	Kc prom	ETA (mm)	Área (Has)	Precipitación Efectiva (mm)	Demanda Neta de Agua (mm/ha/mes)	DEMANDA DE AGUA	
								(m3)	lt/seg.
Ene.	2.39	74.10	0.97	71.50	305.50	35.7	35.8	243,165	90.8
Feb.	2.57	72.00	1.04	75.00	305.50	70.9	4.1	27,681	11.4
Mar	2.67	82.80	0.90	74.30	305.50	61.8	12.5	85,160	31.8
Abr	3.17	95.10	0.62	58.70	183.00	4.7	54.0	219,630	84.7
May	3.68	114.10	0.56	63.80	10.00	0	63.8	14,171	5.3
Jun	3.74	112.20	0.72	80.60	10.00	0	80.6	17,902	6.9
Jul	3.91	121.20	0.91	110.30	10.00	0	110.3	24,506	9.1
Ago	3.81	118.10	0.97	115.10	10.00	0	115.1	25,580	9.6
Sep	3.73	111.90	0.98	109.90	10.00	0	109.9	24,419	9.4
Oct	3.44	106.60	0.87	92.80	1.80	0	92.8	3,711	1.4
Nov	3.14	94.20	0.54	50.60	305.50	0	50.6	343,568	132
Dic	2.56	79.40	0.68	53.70	305.50	15.6	38.1	258,991	96.7
TOTAL								1,288,484	



4.4. DEL DISEÑO HIDRÁULICO.

En lo que se refiere a la construcción de infraestructura de riego se ha previsto la ejecución de diversas obras para llevar el agua desde la toma hasta las parcelas de riego, que permita irrigar 305.5 has. de tierras disponibles y un uso eficiente y racional del recurso hídrico.

4.4.1. Consideraciones y criterios de diseño

Para la planificación de la construcción de los canales de derivación y conducción se considera las longitudes de 2.016 km y 1.20 km respectivamente los cuales tienen tramos diseñados a gravedad y presión, de acuerdo a las siguientes características:

- a. El trazo de los canales de conducción y derivación están en función al punto de partida y llegada, pendiente y tipos de suelos existentes.
- b. El caudal de diseño para el canal de derivación Aucora es resultado del estudio hidrológico elaborado, considera el aporte de 03 fuentes de agua la primera de la quebrada principal Uchccurumi (Aucora) con un caudal de 130 l/s, la segunda es de la quebrada Actahuaycco con un caudal de diseño de 20 l/seg y la tercera fuente de la quebrada Huanacoyacu con un caudal de diseño de 15 l/seg.
- c. El caudal de diseño del canal de conducción Sayhua es también resultado del estudio hidrológico elaborado que capta las aguas directamente de la presa Aucora siendo el caudal de diseño 135 l/s.



Diseño a Gravedad:

- La sección del canal es circular revestido con tubería PVC, se ha optado ésta sección por ser la sección de máxima eficiencia hidráulica.
- El canal de derivación tiene 02 tipos de secciones circulares de 0.30 y 0.35 metros de diámetro dependiendo del tipo de pendiente que cruza.
- El canal de conducción también tiene 02 tipos de secciones de 0.35 y 0.40 metros de diámetro dependiendo del tipo de pendiente que cruza.
- En ambos canales se ha mantenido un borde libre de mínimo el 25 % del diámetro de la tubería ó un tirante máximo del 75 % del diámetro de la tubería.
- La velocidad máxima permisible en ambos canales revestidos con tuberías es de 4.0 m/s, a fin de evitar que la carga de velocidad se transforme en altura de presión y pueda ocurrir la rotura de las tuberías.
- La Velocidad mínima de diseño será de 1 m/s, a fin de asegurar el no producir sedimentación en el canal.
- La pendiente del canal ha sido definida en función de la velocidad máxima permisible, las cotas de ingresos de las obras de artes proyectadas como sifón, pase aéreo, acueductos y otros. Siendo la pendiente del terreno superior a las pendientes máximas adoptadas, en los tramos donde la pendiente es muy elevada y la velocidad máxima supera las permitidas se ha planteado el diseño a presión.



- El cálculo hidráulico del canal ha sido realizado en aplicación de la fórmula de Manning, habiéndose adoptado para el revestimiento de concreto un coeficiente de rugosidad $n=0.014$.
- Se ha adoptado un coeficiente de rugosidad de $n= 0.009$ para la tubería.
- El borde libre del canal se estableció en función del caudal, de acuerdo con las recomendaciones del Bureau of Reclamation, estimándose un valor mínimo del 25 % del diámetro de la tubería.
- No se ha considerado la construcción de un camino de servicio porque la tubería está enterrada.

Diseño a Presión:

- El diseño hidráulico de la tubería se realiza con base en el coeficiente de rugosidad de Hazen – Williams, (C), que es función principalmente de la tubería y del estado de las paredes del tubo.
- Teniendo en cuenta la posibilidad de transportar sólidos suspendidos en una conducción a presión, se recomienda una velocidad mínima de 0,6 m/s. La velocidad máxima depende del tipo de material de la tubería, que la suministra el fabricante. Como criterio general se recomienda una velocidad máxima de 6 m/s, pero debe verificarse la magnitud de la sobrepresión por golpe de ariete, la cual puede influenciar la selección de la clase de tubería.



- Con el caudal de diseño conocido se realizan los cálculos con la fórmula de Hazen & Williams para el cálculo del diámetro correspondiente usando como coeficiente de flujo 150.
- La velocidad máxima permisible en ambos canales revestidos con tuberías es de 2.50 m/s, a fin de evitar que la carga de velocidad se transforme en altura de presión y pueda ocurrir la rotura de las tuberías.
- La Velocidad mínima de diseño será de 1 m/s, a fin de asegurar el no producir sedimentación en el canal.

4.4.2. Descripción de las obras a ejecutar

Comprende la construcción de los canales de derivación con sus 03 captaciones y conducción, ambos con sus respectivas obras de arte.

4.4.2.1. Diseño de canales.

Con la finalidad de que los sistemas de conducción en proyectos de riego, cumplan los estándares mínimos para una adecuada operación, es necesaria la aplicación de tecnologías de impermeabilización y estabilización de canales. Con este fin, es necesario efectuar un diseño hidráulico adecuado que permita la optimización en la aplicación de estas tecnologías.

Los canales proyectados de derivación y conducción se han planteado tramos cuyo funcionamiento es por gravedad (presión atmosférica), debido principalmente a la pendiente adecuada para ello.



Un criterio necesario en todo diseño de canales, es que se tenga que adecuar a la topografía de la zona, en caso de canales nuevos, y de mantener en lo posible los emplazamientos en el caso de canales existentes.

Con el apoyo del software H Canales se diseñó las condiciones hidráulicas para las condiciones de flujo a gravedad. Los resultados de los cálculos hidráulicos se presentan en el Anexo A.

El canal de conducción Sayhua tiene una longitud de 1.024 km de canal a gravedad revestido con tubería y distribuidos en 03 tramos, cuyas características hidráulicas se presenta en la tabla N° 29.

El canal de derivación Aucora tiene una longitud de 1.249 km de canal a gravedad revestido con tubería, en la tabla N° 30 se presentan los resultados de las características hidráulicas y en la figura A-2 del Anexo A, se presentan los cálculos respectivos con el software H canales.

4.4.2.2. Captación Uchccurumi (Aucora)

Permite la captación de las aguas de la quebrada Uchccurumi (Aucora) de un caudal de 130 l/s que serán conducidas por el canal de derivación del mismo nombre. El diseño de la captación es de tipo Tirolesa, tipo de estructura que permite tomar el agua del río, garantizando que la captación de agua será una cantidad constante, a la vez impide el ingreso de materiales sólidos y flotantes; además, debe proteger el resto del sistema hidráulico del ingreso de avenidas o embalses que pudieran producirse en las épocas lluviosas y/o de crecientes extraordinarias.



La captación se efectúa por medio de una rejilla de fondo cuyos barrotes se disponen en la dirección de la corriente, tal como se observa en la figura 05. La rejilla debe tener una fuerte pendiente, mayor que la del río. Los barrotes deben tener un perfil apropiado de modo que las piedras no se atraquen entre ellos.

Inmediatamente debajo de la rejilla se dispone una cámara decantadora en la que el material sólido captado deposita y es luego eliminada accionando una compuerta, llamada de purga, especialmente dispuesta para el efecto.



Tabla 29

Características hidráulicas del canal de conducción Sayhua (Gravedad)

Tramo	Sección	Funcionamiento	Hidráulico	Tipo Tubería	PROGRESIVA		L	Q((m3/seg)	D	Y	BL	Ymax :	S	n	A	R	V	No
					De	Al												
1	I	Gravedad	PVC SDR 51 SN 2	0+000.0000+307.820	307.82	0.1350	0.3500	0.2191	0.1309	62.60%	0.0080	0.0090	0.0634	0.0992	2.1296	1.5716		
2	I	Gravedad	PVC SDR 51 SN 2	0+307.8200+323.000	15.18	0.1350	0.3500	0.2261	0.1239	64.60%	0.0073	0.0090	0.0657	0.1006	2.0534	1.4793		
3	II	Gravedad	PVC SDR 51 SN 2	0+323.0000+907.000	584.00	0.1350	0.4000	0.2380	0.1620	59.50%	0.0046	0.0090	0.0780	0.1106	1.7318	1.2410		
4	Quebrada Presión (Sifon)	PVC PN 5 Serie 20	0+907.0001+083.000	176.00	0.1350			0.0250			0.0032							
5	II	Gravedad	PVC SDR 51 SN 2	1+083.0001+200.000	117.00	0.1350	0.4000	0.2755	0.1245	68.88%	0.0030	0.0090	0.0923	0.1178	1.4629	0.9357		
Total					1200.00													



Tabla 30

Características hidráulicas del canal de derivación Aucora (Gravedad).

Tramo	Sección	Funcionamiento	Tipo Tubería	PROGRESIVA		L (m)	Q (m ³ /seg)	D (m)	Y (m)	BL (m)	Ymax : 75%D	S (m/m)	n	A (m ²)	R (m)	V (m/s)	No	Froude	
				De	Al														
1	I	Gravedad	PVC SDR 51 SN 2	0+000.000	0+500.000	500.00	0.1300	0.3000	0.1893	0.1107	63.10%	0.0165	0.0090	0.0470	0.0853	2.7663	2.1922	0	
2	I	Gravedad	PVC SDR 51 SN 2	0+500.000	0+620.000	120.00	0.1300	0.3000	0.1674	0.1326	55.80%	0.0241	0.0090	0.0406	0.0801	3.2058	2.7745	0	
3	I	Gravedad	PVC SDR 51 SN 2	0+620.000	0+694.330	74.33	0.1300	0.3000	0.1493	0.1507	49.77%	0.0352	0.0090	0.0351	0.0748	3.7000	3.4500	0	
6	I	Gravedad	PVC SDR 51 SN 2	0+760.000	0+957.100	197.10	0.1300	0.3000	0.1956	0.1044	65.20%	0.0150	0.0090	0.0488	0.0866	2.6629	2.0570	0	
7	III	Gravedad	HDPE SDR 41 PN 3.20	0+957.100	0+980.000	22.90	0.1300	0.3000	0.1587	0.1413	52.90%	0.0287	0.0090	0.0379	0.0777	3.4263	3.0734	0	
8	I	Gravedad	PVC SDR 51 SN 2	0+980.000	1+000.000	20.00	0.1500	0.3000	0.1536	0.1464	51.20%	0.0320	0.0090	0.0406	0.0802	3.6952	3.1963	0	
9	I	Gravedad	PVC SDR 51 SN 2	1+000.000	1+071.670	71.67	0.1500	0.3000	0.1631	0.1369	54.37%	0.0349	0.0090	0.0393	0.0789	3.8197	3.3642	0	
12	I	Gravedad	PVC PN 5 Serie 20	1+187.401	1+220.000	32.60	0.1500	0.3000	0.1781	0.1219	59.37%	0.0264	0.0090	0.0437	0.0828	3.4308	2.8438	0	
15	II	Gravedad	PVC SDR 51 SN 2	1+291.578	1+413.684	122.11	0.1500	0.3500	0.2289	0.1211	65.40%	0.0087	0.0090	0.0667	0.1011	2.2494	1.6048	0	
23	II	Gravedad	PVC SDR 51 SN 2	1+817.009	1+905.308	88.30	0.1650	0.3500	0.2338	0.1162	66.80%	0.0082	0.0090	0.0683	0.1020	2.1962	1.5404	0	
Total						1249.00													



4.4.2.3. Desarenador

Se han proyectado 03 desarenadores en el sistema del canal de derivación Uchccurumi (Aucora), éstos se ubican después de las captaciones de Uchccurumi (Aucora) de 130 l/s, Actahuaycco de 20 l/seg y Huanacoyacu de 15 l/seg.

Son obras hidráulicas que sirven para decantar y después evacuar el material sólido suspendido en el agua, el desarenador principal empalma directamente con el canal de derivación los otros 02 desarenadores están ubicados a 28 metros antes de ingresar al canal de derivación.

En el desarenador principal la velocidad crítica de sedimentación es de 0.31 m/s para un diámetro de partícula de 0.5 mm, en los desarenadores de las captaciones pequeñas la velocidad crítica de sedimentación es de 0.278 m/s para un diámetro de partícula de 0.4 mm.

El desarenador principal Uchccurumi (Aucora) se construirá de concreto armado con un $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, de muros perimetrales y el espesor de 15 cm, cuyas dimensiones son del principal de 2.85 ml largo x 1.30 ml ancho y 1.00 m de altura, tiene un aliviadero de 1.95 m de largo y 0.20 m de alto, así mismo tiene una ventana de evacuación de 0.30 m de alto con 0.40 m de ancho, en los desarenadores de las captaciones pequeñas las medidas son de 2.85 ml largo x 1.30 ml ancho y 1.00 m de altura, tiene un aliviadero de 0.50 m de largo y 0.20 m de alto, así mismo tiene una ventana de evacuación de 0.30 m de alto con 0.40 m de ancho.



4.4.2.4. Poza de inspección.

Se han proyectado 07 pozas de inspecciones a lo largo de la tubería de derivación Aucora y de 09 pozas de inspección en el canal de conducción Sayhua.

Para el diseño del registro se han tenido en cuenta los siguientes criterios hidráulicos:

- Los buzones, debido a sus dimensiones, se encuentran debidamente reforzados, cuentan con una tapa de concreto para el mantenimiento de la estructura.
- Las dimensiones de los registros considerados consideran la magnitud del caudal que transporta el canal principal y el requerido para atender la conducción para abastecer el sector agrícola.
- Consisten en buzones cuadrados de concreto armado de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ de lados 1.20m x 1.00m, de 1.40 m de altura y 0.20m de espesor, además presentan una tapa metálica con plancha de acero estriada de $\frac{1}{4}$ " de espesor con sus respectivos refuerzos y detalles.

La ubicación de las pozas de inspección en el canal de derivación Aucora se presenta en la tabla N° 31, mientras que la ubicación de las pozas de inspección en el canal de conducción Sayhua, se presenta en la tabla N° 32.

Tabla 31

Ubicación de las pozas de inspección en el canal Aucora.

N°	Progres	Condición	Diseño
01	0+150	proyectada	tipo
02	0+295	proyectada	tipo
03	0+515	proyectada	tipo
04	0+602	proyectada	tipo
05	0+915	proyectada	tipo
06	1+360	proyectada	tipo
07	1+877	proyectada	tipo

Tabla 32

Ubicación de las pozas de inspección en el canal Sayhua.

N°	Progresiva	Condición	Diseño
01	0+100	proyectada	tipo
02	0+200	proyectada	tipo
03	0+305	proyectada	tipo
04	0+330	proyectada	tipo
05	0+425	proyectada	tipo
06	0+540	proyectada	tipo
07	0+743	proyectada	tipo
08	1+160	proyectada	tipo
09	1+200	proyectada	tipo

4.4.2.5. Transición y cambio de gravedad a presión y viceversa

Los canales de derivación y conducción tienen tramos que funcionan a gravedad y a presión, para pasar de un tipo a otro se ha proyectado estructuras que permiten dicho cambio sin alterar las condiciones hidráulicas del canal. En el canal de derivación se ha proyectado 05 estructuras para dichos cambios, en la tabla N° 33 se presentan las progresivas; mientras que en la tabla N° 34 se presenta la ubicación de las progresivas de las transiciones en el canal Sayhua.

Tabla 33

Ubicación de las transiciones en el canal Aucora.

N°	Progresiva	Condición	Diseño
01	0+694	proyectada	tipo
02	1+072	proyectada	tipo
03	1+220	proyectada	tipo
04	1+414	proyectada	tipo
05	1+905	proyectada	tipo

Tabla 34

Ubicación de las transiciones en el canal Sayhua.

N°	Progresiva	Condición	Diseño
01	0+760	proyectada	tipo
02	1+187	proyectada	tipo
03	1+292	proyectada	tipo
04	1+817	proyectada	tipo
05	2+016	proyectada	tipo

4.4.2.6. Canoas

En el canal de derivación se han proyectado 05 canoas tipo, ésta estructura consiste en proteger el canal con una estructura que encauza las aguas de lluvias por encima del canal y lo deriva a la misma quebrada. Su construcción es de concreto armado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ con $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$, se ha previsto una protección de concreto ciclópeo ladera arriba y abajo del canal para evitar la erosión y deterioro del canal entubado, en la tabla N° 35 se reporta la ubicación de estas estructuras.

Tabla 35

Ubicación de las canoas en el canal de derivación.

N°	Progresiva	Condición	Diseño
01	0+601	proyectada	tipo
02	0+695	proyectada	tipo
03	1+050	proyectada	tipo
04	1+818	proyectada	tipo
05	1+910	proyectada	tipo

4.4.2.7. Pase aéreo

Son estructuras que sirven para cruzar depresiones mayores a 10 metros, se han proyectado 01 pase aéreo de 50 m. en el canal de conducción Sayhua, ubicada en la progresiva 0+971 y 02 pases aéreos de 13 y 15 m en el canal de derivación Aucora, ubicadas en las progresivas 0+959 y 1+414.



Estas estructuras constan del pase aéreo propiamente dicho que contiene un cable principal de 1 1/4", así mismo el número de péndolas dependerá de la longitud del pase aéreo usa cables de 3/8". Estructuralmente consta de 02 cámaras de anclajes de concreto ciclópeo $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con 30 % de piedra mediana que servirá para sujetar el cable mediante tensores, fiadores y grapas, como seguridad se realizó el análisis al volteo y deslizamiento.

También tiene 01 torre con su zapata a cada lado del cable, es de concreto armado $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$, el diseño tiene el análisis por viento y sismo.

4.4.2.8. Sifón invertido

Estructura que sirve para cruzar una fuerte depresión, se escogió la solución más conveniente para tener un funcionamiento hidráulico correcto, la menor pérdida de carga posible y la mayor economía factible. Está formado por un puente colgante y un conducto, el conducto es de tubería HDPE el agua es conducida a presión, la pendiente de la tubería doblada, no es mayor a 2:1 y la pendiente mínima del tubo horizontal a sido mayor a 5 o/oo. Las transiciones son de concreto a la entrada y salida, con la finalidad de evitar desbordes agua arriba del sifón debido a la ocurrencia fortuita de caudales mayores al de diseño, se aumentó en un 50% el borde libre, La velocidad del conducto es de 1.90 m/s el cual está dentro de lo recomendado para conductos largos que se puede entre 1.5 y 3 m/s en sifones largos con transiciones de concreto.

A fin de evitar remansos aguas arriba, las pérdidas totales computadas se incrementan en 10%. En el diseño de la transición de entrada la parte



superior de la abertura del sifón, está ligeramente debajo de la superficie normal del agua, esta profundidad de sumergencia es conocida como sello de agua y en el diseño se toma 1.5 veces la carga de velocidad del sifón o 1.1 como mínimo o también 3", en la salida la sumergencia no excedió al valor $H_{te}/6$.

Se ha proyectado estructuras de alivio para permitir un drenaje del tubo para su inspección y mantenimiento; con la finalidad de evitar la cavitación se a ubicado ventanas de aireación en lugares donde el aire podría acumularse.

Con respecto a las pérdidas de carga totales, estas sean iguales o menores a 0.30 m.

La rejilla de entrada se acostumbra hacerla con varillas de 3/8" de diámetro o varillas cuadradas de 0.95 x 0.95 cm² (3/8" x 3/8") colocados a cada 10 cm, y soldadas a un marco de 2.54 x 1.27cm². El objeto de la rejilla de entrada es el impedir o disminuir la entrada al conducto de basuras y objetos extraños que impidan el funcionamiento correcto del conducto y la rejilla de salida para evitar el ingreso de objetos extraños o personas.

Tuberías de presión, son tuberías que transportan agua bajo presión, para que los costos de mantenimiento sean bajos hay que colocar soportes y los anclajes de la tubería en pendientes estables y encontrar buenos cimientos. No deber haber peligro de erosión por desprendimiento de laderas, pero si acceso seguro para hacer mantenimiento y reparación.



Las velocidades de diseño en sifones grandes es de 2.5 - 3.5 m/s, mientras que en sifones pequeños es de 1.6 m/s. Un sifón se considera largo, cuando su longitud es mayor que 500 veces el diámetro.

La válvula de purga de agua y lodos se coloca en la parte más baja de los barriles, permite evacuar el agua que se quede almacenada en el conducto cuando se para el sifón o para desalojar lodos.

4.4.2.9. Acueducto

Se ha proyectado esta estructura en la progresiva 0+306 del canal de conducción con una longitud de 10.80 metros, el canal elevado es de concreto armado $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$, sus estribos es de concreto ciclópeo $f_c = 175 \text{ kg/cm}^2$ con 30 % de piedra mediana, dentro de la caja del canal se colocará la tubería HHDPE.

El acueducto es un conducto, que fluye como canal encima de un puente diseñado, para resistir la carga de agua y su propio peso para cruzar una depresión o curso de agua no muy profundo. Es una construcción para la conducción de agua a fin de salvar un desnivel.

4.4.2.10. Aforador tipo RBC

Esta estructura se ubica en las progresivas 0 + 030.00 a 0 + 045.5, del canal de derivación Aucora.

El medidor es de tipo RBC, éste consta de un tramo convergente, en donde el agua que llega en régimen subcrítico, se acelera y conduce hacia una contracción o garganta, en la que alcanza una velocidad supercrítica, a partir de



la cual esta velocidad se va reduciendo gradualmente, hasta llegar, de nuevo, a un régimen sub crítico, en el que se recupera la energía potencial.

Debido a que el flujo en la sección crítica es muy inestable, el tirante debe medirse en una sección aguas arriba del aforador, donde el flujo es sub crítico, y la superficie libre es estable. La sección de medición se ubica aguas arriba de la transición de entrada a la garganta del aforador.

4.4.3. Metrados y presupuestos de las obras proyectadas

Se calcularon los metrados de los elementos principales de las diferentes obras que conforman el proyecto, según las formas y consideraciones de los diseños. El criterio a seguir para la determinación de las cantidades correspondientes a cada una de las estructuras planteadas, se basa principalmente en la información obtenida como resultados de los estudios básicos realizados como: topografía, hidrología, geología y geotecnia, especialidades que nos permitirán ubicar y evaluar a nivel del estudio, los suelos de la fundación, materiales, canteras y en función de las formas indicadas en los planos elaborados para el nivel de estudio.

Para el presente proyecto se elaboraron los presupuestos en nuevos soles con precios a julio del 2014, los cuales incluyen costos de obras preliminares necesarias para el desarrollo físico de las obras, además del costo de las obras civiles y equipamiento mecánico. El costo directo del proyecto es de 5'670,255.92 nuevos soles; mientras que el costo total es de 7'426,901.20 nuevos soles. El presupuesto por componentes de las obras proyectadas se presenta en la Tabla 1 del anexo B.



4.5. DISCUSIÓN

La presente tesis de diseño de proyecto de riego considerando parámetros como hidrología, el diseño agronómico y el diseño hidráulico. Por otro lado, diseños de proyectos de riego, deben guardar especial cuidado, debido que es un aspecto muy importante en el manejo o gestión de recurso hídrico en la agricultura, lo que también repercutirá en la seguridad alimentaria y en la sostenibilidad del agua a nivel de cuenca o de juntas de usuarios, lo cual también influye directamente en el desarrollo local de una comunidad o finca, como lo refieren (Waller & Yitayew, 2015).

El diseño hidrológico se consideró los parámetros geomorfológicos de la cuenca, precipitación y estimación de caudales. Estos parámetros, están en base a las variables meteorológicas como la precipitación, temperatura, humedad relativa, radiación, para conocer tanto la oferta hídrica, por lo que es primordial su cálculo (Ertek, 2011). Del mismo modo la hidrología es también para obtener las máximas avenidas para diseño hidráulico (Ponce, 1989). Otra etapa importante es el diseño es el balance hídrico, considerando la demanda hídrica, que corresponde al diseño agronómico, lo que contribuirá con el sostenible balance hídrico (Waller & Yitayew, 2015).

El diseño hidráulico, toma en cuenta la oferta para el dimensionamiento hidráulico, y de esta manera con el uso de herramientas informáticas, para tal fin, se logra optimizar las dimensiones y por ende los materiales y finalmente los costos se minimizan (Ponce, 2014). Los resultados obtenidos están relacionados en base a las consideraciones y criterios de diseño, descripción de obras a ejecutar, metrados y presupuestos de las obras de ejecución.



V. CONCLUSIONES

- El estudio topográfico es de vital importancia para el diseño de proyectos de ingeniería y para el diseño de un sistema de riego en el sector Aucora de la localidad de Sayhua, distrito de Huac Huas – Lucanas – Ayacucho, obteniéndose un plano topográfico para 305.5 has.
- El estudio hidrológico es para conocer la disponibilidad de los recursos hídricos y realizar un adecuado diseño sin sobredimensionar ni subdimensionar la estructura hidráulica, se ha obtenido un caudal de 16.50 litros por segundo de cuatro fuentes de agua.
- La evapotranspiración potencial promedio anual estimado mediante el método empírico Penman Montheit, para la zona en estudio es de 3.23 mm/día.
- La demanda de agua considerando una cedula de cultivo de trigo, maíz, papa, haba, cebada, quinua y una área de siembra de 305.50 has, es de 1'288,484 m³ por campaña agrícola.
- El canal de derivación Aucora conduce un caudal que varía de 0.130 a 0.165 m³/seg. Y el canal de conducción Sayhua conduce un caudal de 0.135 m³/seg., cuyas características hidráulicas son adecuados.
- Para el buen funcionamiento del sistema de riego y sus elementos en el sector Aucora de la localidad de Sayhua, se deben construir una captación tipo tiroliza, 03 desarenadores, 16 pozas de inspección, 10 transiciones, 03 pases aéreos, 01 sifon invertido, 01 acueducto y un aforador RBC.



VI. RECOMENDACIONES

- Considerando que el canal de conducción va ser entubado, es conveniente que se instale sobre terreno en corte y en el caso del cruce de la quebrada Aucora se recomienda una obra de arte de tipo sifón invertido, considerando que la capacidad admisible del terreno en ambas márgenes es de 1,156 kg/cm² a la profundidad de 2.00 m.
- El uso los suelos deberán limitarse a los cultivos recomendados en el presente proyecto de tal manera que se obtengan los rendimientos que generen utilidades a los pequeños productores.
- Como los niveles de fertilidad de suelos son bajos, se deberá hacer aplicaciones de materia orgánica, de tal manera que nos permita mejorar las calidades físicas y químicas del suelo.
- En las áreas con problemas de moderada alcalinidad, se recomienda realizar aplicaciones de productos químicos, para una mayor eficiencia en la utilización de los nutrientes por las plantas.
- Los cultivos recomendados en las áreas del proyecto son: papa, trigo, maíz, cebada, alfalfa y quinua.
- Deben considerarse medidas de protección y conservación de suelos a fin de minimizar los efectos de la erosión hídrica y la escorrentía superficial que pueden causar pérdidas de nutrientes y empobrecimiento de la capa arable.
- Para el incremento de la producción de las tierras agrícolas de uso intensivo se debe de establecer programas de fertilización con los nutrientes necesarios,



especialmente nitrogenados y fosforados, a fin de incrementar la producción.

- Se recomienda el uso del manejo integrado de plagas y enfermedades, para evitar cualquier problema de índole sanitario y de plagas; evitando en lo posible el uso del control químico.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alcántara J. (1986). Calculo de la demanda de agua de un proyecto de riego. Asociación de Ingenieros Agrícolas del Perú. Curso de Hidrología Aplicada. Lima –Perú.
- Alcántara, J. (2001). Principios y tipos de riego localizado. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Facultad de Ingeniería Agrícola.
- Allen R. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Ed. FAO. Serie Riego y Drenaje. Roma. Italia. 298 p.
- ANA. (2010). Plan de Prevención ante la presencia de fenómenos naturales por inundaciones, deslizamientos, huaycos y sequías. Lima: Autoridad Nacional del Agua.
- Anderson R. (1985). Un modelo de simulación para sistemas de regadío: Los efectos del suministro y de los procedimientos operativos de distribución de agua en la producción y en las rentas de las explotaciones de regadío. Ed. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. España. 190 p.
- Aroni, D. X., Alfaro, R., Huaman, H. A., & Belizario, G. (2021). Comparative analysis of evapotranspiration using the SEBAL model and the evaporimeter pan method in the Huancane basin of Puno, Peru. *Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology XXIII* (Vol. 11856, pp. 74-84). SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2600821>
- Benítez, C. (1998). Sistemas hidráulicos de riego. Editorial UNSA Arequipa – Perú. 699 Pág.
- Bustamante J. (1996). Manual de obras menores de riego. Ed. Antártico. Santiago. Chile. 346 p.



- Chereque W. (1989). Hidrología. CONCYTEC. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima – Perú. Pág 146.
- Colombo J. (2000). Curso formulación de proyectos de aspersión para la ley N° 18.450. Ed. INIA Carillanca. Temuco. Chile.
- Comisión Nacional de Riego (1999). Elementos de riego tecnificado. Instituto de Investigaciones Agropecuaria. Santiago-Chile.
- Comisión Nacional de Riego (CNR). (1997). Calculo y cartografía de la evapotranspiración potencial de Chile. Santiago. Chile.
- Condori, V., Mamani, O. R., Alfaro, R., Laqui, W., & Condori, W. F. (2021). Analysis and impact of meteorological droughts in the agriculture of Puno region, Peru. *E3S Web of Conferences* (Vol. 304, p. 03002). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202130403002>
- Ertek, Ahmet (2011). Importance of pan evaporation for irrigation scheduling and proper use of crop-pan coefficient (Kcp), crop coefficient (Kc) and pan coefficient (Kp). *African Journal of Agricultural Research*, 6(32), 6706-6718. <https://doi.org/10.5897/AJAR11.1522>
- Faustino J. (2006). Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas. Universidad Nacional Agraria la Molina. Escuela de Post Grado. Lima Peru. 365 p.
- Ferreyra R. & Selles G. (1997). Diseño, manejo y mantención de equipos de riego localizado de alta frecuencia. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chile
- Food and Agriculture Organization (FAO). (1994). Irrigation. Ed. FAO. Roma. 184 p.
- Fuentes J. (1996). Curso de riego para regantes. Ed. Ministerio de Agricultura, pesca y alimento. Madrid. España. 159 p.
- Gurovich L. (1985). Fundamento y diseño de sistemas de riego. Ed. IICA. San José. 433 p.



- Gurovich, L. (1999). Riego Superficial Tecnificado. Ediciones Universidad Católica de Chile, Segunda Edición, Chile 610 Pág.
- Israelsen O. y Hansen V. (1981). Principios y Aplicaciones del riego. Ed. Reverte. España. 610 p.
- Jara, L. (2002). Alternativas de inversión para la puesta en riego de los predios del sistema Laja Diguillin en Yungay. Tesis de Ingeniero Civil Agrícola. Concepción. Universidad de Concepción, Facultad de Ingeniería Agrícola. 123 p.
- K-Line Irrigation. (2001). Sistema de riego K-Line. (On line). http://www.k-linena.com/new_page_2.htm. (23-11-2007)
- López J. & Hernández A. (1997). Riego Localizado. 2da Ed. Ediciones Mundi Prensa. Madrid-España.
- Martínez F., Sanz F., García, Serra J. & Cerrillo, L. (1987). Dimensionado óptimo de redes ramificada de distribución de agua por aspersion lineal. Tecnología del agua, N° 40. 73 – 90 p.
- Olarte, W. (1978). Manual de Riego por Gravedad. Serie Manuales Técnico N°1 CCTA-PERU.
- OMM. (2012). El tiempo, el clima y el agua, motores de nuestro futuro. *OMM-N° 1084*, 40.
- PERAT. (2002). Instalación de tubo PVC para riego. Programa de extensión en riego y asistencia técnica en prácticas culturales en valles de la costa peruana. 1ra. edición. Lima-Perú.
- Pilares-Hualpa, I., Alfaro-Alejo, R. (2019). Application of an optimization model for the water management under climate scenarios of the Lagunillas integral system



- of the peruvian Altiplano. *38th IAHR World Congress*, 5847-5856.
<https://doi.org/10.3850/38WC092019-0504>
- Pino, E. (2005). Uso de modelos de programación lineal para optimizar la distribución de agua para riego en el centro de formación agrícola Tacna – CFAT. Tesis UPT.
- Ponce V. (1989). *Engineering Hydrology – Principles and Practices*. Prentice Hall. San Diego State University. EE. UU.
- Ponce, V. M. (2014). *Fundamentals of open-channel hydraulics*. Online edition. San Diego State University, USA.
- Santayana S. (1990). *Ingeniería de Recursos Hídricos* Departamento de Recursos Agua y Tierra, UNALM. Lima – Perú.
- Scholz, L. (1980), *Generación de Caudales Mensuales en la Sierra Peruana*. Plan Meris II. Cusco
- Snellen B. (1997). *Operación y mantención de los sistemas de riego*. Ed. FAO. Roma. 48 p.
- Tarjuelo, J. M., Rodriguez-Diaz, J. A., Abadía, R., Camacho, E., Rocamora, C., & Moreno, M. A. (2015). Efficient water and energy use in irrigation modernization: Lessons from Spanish case studies. *Agricultural Water Management*, 162, 67-77. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.08.009>
- Valipour, M. (2012). Sprinkle and trickle irrigation system design using tapered pipes for pressure loss adjusting. *Journal of Agricultural Science*, 4(12), 125.
- Vásquez, A. (2000). *Manejo de Cuencas Alto andinas*. Tomo I. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 512 p.
- Villon M. (2002). *Hidrología*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Ediciones Villon. Lima-Perú. 435 p.



ANEXOS

ANEXO A

Figura A-1: Calculo hidráulico del canal de conducción Sahuá.

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **Huac Huas** Proyecto: **Canal Conducción**
 Tramo: **0+000 al 0+307** Revestimiento: **Tubería - Gravedad**

Datos:

Caudal (Q):	0.135	m ³ /s
Diámetro (d):	0.35	m
Rugosidad (n):	0.009	
Pendiente (S):	0.008	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.2191	m	Perímetro mojado (p):	0.6390	m
Área hidráulica (A):	0.0634	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0992	m
Espejo de agua (T):	0.3387	m	Velocidad (v):	2.1296	m/s
Número de Froude (F):	1.5716		Energía específica (E):	0.4503	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Efectuar cálculos Ejecuta las operaciones 10:27 a.m. 06/06/2014

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **Huac Huas** Proyecto: **Canal Conducción**
 Tramo: **0+307 al 0+322** Revestimiento: **Tubería - Gravedad**

Datos:

Caudal (Q):	0.135	m ³ /s
Diámetro (d):	0.35	m
Rugosidad (n):	0.009	
Pendiente (S):	0.0073	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.2261	m	Perímetro mojado (p):	0.6536	m
Área hidráulica (A):	0.0657	m ²	Radio hidráulico (R):	0.1006	m
Espejo de agua (T):	0.3347	m	Velocidad (v):	2.0534	m/s
Número de Froude (F):	1.4793		Energía específica (E):	0.4410	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Ingresar el tipo de material del canal 10:44 a.m. 06/06/2014

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **Huac Huas** Proyecto: **Canal Conduccion**
Tramo: **0+322 al 0+906** Revestimiento: **Tuberia - Gravedad**

Datos:

Caudal (Q):	0.135	m ³ /s
Diámetro (d):	0.40	m
Rugosidad (n):	0.009	
Pendiente (S):	0.004576	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.2380	m	Perímetro mojado (p):	0.7049	m
Area hidráulica (A):	0.0780	m ²	Radio hidráulico (R):	0.1106	m
Espejo de agua (T):	0.3927	m	Velocidad (v):	1.7318	m/s
Número de Froude (F):	1.2410		Energía específica (E):	0.3909	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ingresar el nombre del Proyecto 10:13 a.m. 12/06/2014

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **Huac Huas** Proyecto: **Canal Conduccion**
Tramo: **1+083 al 1+200** Revestimiento: **Tuberia - Gravedad**

Datos:

Caudal (Q):	0.135	m ³ /s
Diámetro (d):	0.40	m
Rugosidad (n):	0.009	
Pendiente (S):	0.003	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.2755	m	Perímetro mojado (p):	0.7831	m
Area hidráulica (A):	0.0923	m ²	Radio hidráulico (R):	0.1178	m
Espejo de agua (T):	0.3704	m	Velocidad (v):	1.4629	m/s
Número de Froude (F):	0.9357		Energía específica (E):	0.3845	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico				

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ingresar el nombre del tramo del canal 07:56 p.m. 10/08/2014

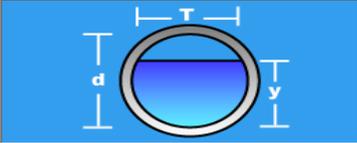
Figura A-2: Calculo hidráulico del canal de derivación Aucora.

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **Huac Huas** Proyecto: **Canal Derivacion - Trasvase**
 Tramo: **0+000 al 0+500** Revestimiento: **Tubería - Gravedad**

Datos:

Caudal (Q):	0.130	m ³ /s
Diámetro (d):	0.30	m
Rugosidad (n):	0.009	
Pendiente (S):	0.0165	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.1893	m	Perímetro mojado (p):	0.5508	m
Área hidráulica (A):	0.0470	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0853	m
Espejo de agua (T):	0.2895	m	Velocidad (v):	2.7663	m/s
Número de Froude (F):	2.1922		Energía específica (E):	0.5793	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Calculador Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ejecuta las operaciones 08:23 p.m. 10/08/2014

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **Huac Huas** Proyecto: **Canal Derivacion - Trasvase**
 Tramo: **0+500 al 0+620** Revestimiento: **Tubería - Gravedad**

Datos:

Caudal (Q):	0.130	m ³ /s
Diámetro (d):	0.30	m
Rugosidad (n):	0.009	
Pendiente (S):	0.0241	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.1674	m	Perímetro mojado (p):	0.5061	m
Área hidráulica (A):	0.0406	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0801	m
Espejo de agua (T):	0.2980	m	Velocidad (v):	3.2058	m/s
Número de Froude (F):	2.7745		Energía específica (E):	0.6912	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Calculador Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Ingresar el tipo de material del canal 08:25 p.m. 10/08/2014

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **Huac Huas** Proyecto: **Canal Derivacion - Trasvase**
 Tramo: **0+620 al 0+694** Revestimiento: **Tuberia - Gravedad**

Datos:

Caudal (Q):	0.130	m ³ /s
Diámetro (d):	0.30	m
Rugosidad (n):	0.009	
Pendiente (S):	0.0352	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.1493	m	Perímetro mojado (p):	0.4698	m
Area hidráulica (A):	0.0351	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0748	m
Espejo de agua (T):	0.3000	m	Velocidad (v):	3.7001	m/s
Número de Froude (F):	3.4520		Energía específica (E):	0.8471	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Ejecuta las operaciones 08:31 p.m. 10/08/2014

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **Huac Huas** Proyecto: **Canal Derivacion - Trasvase**
 Tramo: **0+760 al 0+957** Revestimiento: **Tuberia - Gravedad**

Datos:

Caudal (Q):	0.130	m ³ /s
Diámetro (d):	0.30	m
Rugosidad (n):	0.009	
Pendiente (S):	0.015	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.1956	m	Perímetro mojado (p):	0.5640	m
Area hidráulica (A):	0.0488	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0866	m
Espejo de agua (T):	0.2858	m	Velocidad (v):	2.6629	m/s
Número de Froude (F):	2.0570		Energía específica (E):	0.5571	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

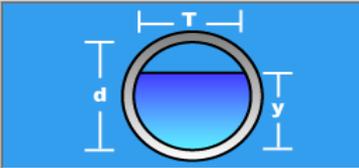
Ingresar el tipo de material del canal 08:32 p.m. 10/08/2014

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **Huac Huas** Proyecto: **Canal Derivacion - Trasvase**
Tramo: **0+957 al 0+980** Revestimiento: **Tubería - Gravedad**

Datos:

Caudal (Q):	0.130	m ³ /s
Diámetro (d):	0.30	m
Rugosidad (n):	0.009	
Pendiente (S):	0.0287	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.1587	m	Perímetro mojado (p):	0.4886	m
Area hidráulica (A):	0.0379	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0777	m
Espejo de agua (T):	0.2995	m	Velocidad (v):	3.4263	m/s
Número de Froude (F):	3.0734		Energía específica (E):	0.7570	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos 08:33 p.m. 10/08/2014

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **Huac Huas** Proyecto: **Canal Derivacion - Trasvase**
Tramo: **0+980 al 1+000** Revestimiento: **Tubería - Gravedad**

Datos:

Caudal (Q):	0.150	m ³ /s
Diámetro (d):	0.30	m
Rugosidad (n):	0.009	
Pendiente (S):	0.0320	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.1675	m	Perímetro mojado (p):	0.5064	m
Area hidráulica (A):	0.0406	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0802	m
Espejo de agua (T):	0.2979	m	Velocidad (v):	3.6952	m/s
Número de Froude (F):	3.1963		Energía específica (E):	0.8635	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Calcular Limpiar Pantalla Imprimir Menú Principal Calculadora

Activa la calculadora 08:34 p.m. 10/08/2014

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **Huac Huas** Proyecto: **Canal Derivacion - Traslase**
 Tramo: **1+000 al 1+071** Revestimiento: **Tuberia - Gravedad**

Datos:

Caudal (Q):	0.150	m ³ /s
Diámetro (d):	0.30	m
Rugosidad (n):	0.009	
Pendiente (S):	0.0349	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.1631	m	Perímetro mojado (p):	0.4975	m
Area hidráulica (A):	0.0393	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0789	m
Espejo de agua (T):	0.2989	m	Velocidad (v):	3.8197	m/s
Número de Froude (F):	3.3642		Energía específica (E):	0.9067	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

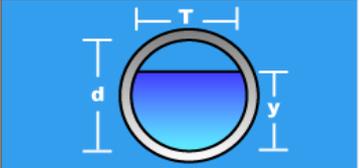
Limpia la pantalla para realizar nuevos cálculos 08:35 p.m. 10/08/2014

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **Huac Huas** Proyecto: **Canal Derivacion - Traslase**
 Tramo: **1+187 al 1+220** Revestimiento: **Tuberia - Gravedad**

Datos:

Caudal (Q):	0.150	m ³ /s
Diámetro (d):	0.30	m
Rugosidad (n):	0.009	
Pendiente (S):	0.0264	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.1781	m	Perímetro mojado (p):	0.5278	m
Area hidráulica (A):	0.0437	m ²	Radio hidráulico (R):	0.0828	m
Espejo de agua (T):	0.2947	m	Velocidad (v):	3.4308	m/s
Número de Froude (F):	2.8438		Energía específica (E):	0.7780	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Ejecuta las operaciones 08:40 p.m. 10/08/2014

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **Huac Huas** Proyecto: **Canal Derivacion - Trasvase**
 Tramo: **1+291 al 1+413** Revestimiento: **Tuberia - Gravedad**

Datos:

Caudal (Q):	0.150	m ³ /s
Diámetro (d):	0.35	m
Rugosidad (n):	0.009	
Pendiente (S):	0.0087	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.2289	m	Perímetro mojado (p):	0.6595	m
Area hidráulica (A):	0.0667	m ²	Radio hidráulico (R):	0.1011	m
Espejo de agua (T):	0.3330	m	Velocidad (v):	2.2494	m/s
Número de Froude (F):	1.6048		Energía específica (E):	0.4868	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Retorna al Menú principal 08:42 p.m. 10/08/2014

Cálculo del tirante normal, sección circular

Lugar: **Huac Huas** Proyecto: **Canal Derivacion - Trasvase**
 Tramo: **1+817 al 1+905** Revestimiento: **Tuberia - Gravedad**

Datos:

Caudal (Q):	0.150	m ³ /s
Diámetro (d):	0.35	m
Rugosidad (n):	0.009	
Pendiente (S):	0.0082	m/m



Resultados:

Tirante normal (y):	0.2338	m	Perímetro mojado (p):	0.6698	m
Area hidráulica (A):	0.0683	m ²	Radio hidráulico (R):	0.1020	m
Espejo de agua (T):	0.3296	m	Velocidad (v):	2.1962	m/s
Número de Froude (F):	1.5404		Energía específica (E):	0.4797	m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico				

Realiza la impresión de la pantalla 08:43 p.m. 10/08/2014



ANEXO B			
Tabla B-1 Presupuesto Consolidado (en soles a junio de 2015)			
Item	Descripción	Parcial	Subtotal
	COMPONENTE A : INFRAESTRUCTURA		5 612 365.92
1	OBRAS DE PRESA		4 578 027.37
1.01	OBRAS PROVISIONALES	98 967.42	
1.02	CUERPO DE PRESA	3 679 109.99	
1.03	ALIVIADERO DE EXCEDENCIAS	351 245.79	
1.04	OBRA DE DESCARGA	168 401.49	
1.05	OBRA DE TOMA	230 302.68	
1.06	EQUIPAMIENTO	50 000.00	
2	OBRAS DE CANAL CONDUCCION		344 458.32
2.01	OBRAS PROVISIONALES	10 289.43	
2.02	CANAL DE CONDUCCION ENTUBADO (L=1.024 KM)	167 145.55	
2.03	POZA DE INSPECCION (09 UND)	23 297.95	
2.04	ACUEDUCTOS 01 (L=10.80 MT)	12 573.90	
2.05	ESTRUCTURA DE INGRESO SIFON (01 UND)	5 083.53	
2.06	ESTRUCTURA - SIFON INVERTIDO	81 100.64	
2.07	DADO DE ANCLAJE (07 UND)	2 150.34	
2.08	CAJA DE VALVULA DE PURGA (01 UND)	3 223.10	
2.09	CAJA DE VALVULA DE AIRE (01 UND)	2 229.53	
2.1	ESTRUCTURA DE SALIDA SIFON	4 647.97	
2.11	PASE AEREO (50 MT)	32 716.38	
3	OBRAS DE CANAL TRASVASE		409 085.19
3.01	CAPTACION N° 1 - TIPO TIROLESA (01 UND)	20 755.07	
3.02	DESARENADOR (01 UND)	5 885.55	
3.03	AFORADOR RBC (01 UND)	6 409.91	
3.04	CANAL TRASVASE ENTUBADO (L=2.016 KM)	271 695.26	
3.05	POZA DE INSPECCION (07 UND)	18 119.34	
3.06	CAMARA GRAVEDAD - PRESION (05 UND)	10 235.07	
3.07	CAMARA PRESION - GRAVEDAD (05 UND)	10 527.71	
3.08	CANAO (05 UND)	15 518.03	
3.09	PASE AEREO (13.00 MT)	24 069.28	
3.1	PASE AEREO (15.00 MT)	25 869.96	
4	OBRAS COMPLEMENTARIAS		56 781.89
4.01	CAPTACION 02 (01 UND)	18 727.33	
4.02	DESARENADOR 02 (01 UND)	7 055.41	
4.03	CAJA DE VALVULA DE AIRE - CAPTACION 02 TRASVASE	1 814.17	
4.04	CAPTACION 03 (01 UND)	16 989.97	
4.05	DESARENADOR 03 (01 UND)	7 082.34	
4.06	CAJA DE VALVULA DE AIRE - CAPTACION 03 TRASVASE	1 814.17	
4.07	CANAL UNION (CAPTACION - CANAL TRASVASE)	3 298.51	
5	FLETES		224 013.15
5.01	FLETES	224 013.15	
	COMPONENTE B : CAPACITACION		20 000.00
6	CAPACITACION		20 000.00
6.01	CAPACITACION	20 000.00	
	COMPONENTE C : MITIGACION AMBIENTAL		37 890.00
7	MITIGACION AMBIENTAL		37 890.00
7.01	MITIGACION AMBIENTAL	37 890.00	
Costo Directo			5 670 255.92
Gastos Generales			340 215.35
Utilidad			283 512.80
Subtotal			6 293 984.07
IGV			1 132 917.13
Costo Total			7 426 901.20



ANEXO C: Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo JHONNY ESTEBAN YANQUE CONDORI,
identificado con DNI _____ en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA AGRICOLA

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

" DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO EN EL SECTOR ANCORA
DE LA LOCALIDAD DE SAYHUA - AYACUCHO "

Es un tema original.

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

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

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

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 23 de OCTUBRE del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO D: Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo JHONNY ESTEBAN YÁNIQUE CONDORI,
identificado con DNI 41977885 en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA AGRICOLA
informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:

“DISEÑO DEL SISTEMA DE RIEGO EN EL SECTOR AUCORA
DE LA LOCALIDAD DE SAYHUA - AYACUCHO”

para la obtención de Grado, Título Profesional o Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 23 de OCTUBRE del 2023


FIRMA (obligatoria)



Huella