

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



**UPLA**  
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**TESIS**

**CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL Y  
SISTEMA DE RIEGO EN EL SECTOR  
DE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO  
CUNAS – CONCEPCIÓN, 2021**

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

**AUTOR: Bach. JHONATAN SAUL RUIZ HUAMAN**

**ASESOR: Dr. ALEJANDRO GARCIA ORTIZ**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Hidráulica medio ambiente**

**Huancayo – Perú**

**2024**

**Dr. Alejandro García Ortiz**

**Asesor**

**DEDICATORIA**

A Dios, por ponerme en el lugar y momento correcto para cumplir sus designios. A Sergio y Zenaida, mis padres, por inmiscuirse y depositarme su confianza durante mi formación profesional. A mi esposa Elsa, por la comprensión y consejos y en especial a mi hijo Diego por ser la razón más grande para seguir bregando para cumplir todos mis sueños y ser cada día mejor como padre y profesional.

Bach. Ruiz Huamán Jhonatan Saul

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería y en especial a la E. P. de Ingeniería civil, por darnos las herramientas para desarrollar y formarnos como profesionales para ser los mejores cada día.

A mi asesor Dr. Alejandro García Ortiz, por su apoyo y predisposición antes y durante el desarrollo de mi trabajo de investigación.

Al Dr. Juan Bullón Rosas, por su coasesoría durante la formulación y planteamiento del proyecto de tesis.

Bach. Ruiz Huamán Jhonatan Saul

## CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0283 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la **Tesis**; titulada:

### CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL Y SISTEMA DE RIEGO EN EL SECTOR DE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO CUNAS – CONCEPCIÓN, 2021

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **Bach. RUIZ HUAMAN JHONATAN SAUL**

Facultad : **INGENIERÍA**

Escuela Académica : **INGENIERÍA CIVIL**

Asesor(a) : **Mg. GARCIA ORTIZ ALEJANDRO BENJAMIN**

Fue analizado con fecha **15/08/2024**; con **137 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

**Excluye citas.**

**Excluye Cadenas hasta 20 palabras.**

Otro criterio (especificar)

X
X

El documento presenta un porcentaje de similitud de **25 %**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

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

Huancayo, 15 de Agosto del 2024.



**MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI**  
**JEFA**

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

## HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

---

Dr. Ruben Dario Tapia Silguera  
PRESIDENTE

---

Mtra. Yina Milagro Ninahuanca Zavala  
JURADO

---

Mtro. Henry Gustavo Pautrat Egoavil  
JURADO

---

Mtro. Aron Jhonatan Aliaga Contreras  
JURADO

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza  
SECRETARIO DOCENTE

## INDICE

<b>HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS .....</b>	<b>v</b>
<b>INDICE .....</b>	<b>vi</b>
<b>INDICE DE TABLAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiii</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>16</b>
<b>PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2. Formulación del problema .....</b>	<b>18</b>
<b>1.2.1. Problema general.....</b>	<b>18</b>
<b>1.2.2. Problemas específicos.....</b>	<b>19</b>
<b>1.3. Objetivos .....</b>	<b>19</b>
<b>1.3.1. Objetivo general .....</b>	<b>19</b>
<b>1.3.2. Objetivos específicos.....</b>	<b>19</b>
<b>1.4. Justificación.....</b>	<b>19</b>
<b>1.4.1. Justificación social.....</b>	<b>19</b>
<b>1.4.2. Justificación teórica.....</b>	<b>20</b>
<b>1.4.3. Justificación metodológica.....</b>	<b>20</b>
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>22</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1. Antecedentes.....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.1. Antecedente internacional .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.2. Antecedente nacional .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2. Bases teóricas.....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.1. Captación de agua pluvial.....</b>	<b>29</b>
<b>2.2.2. Estudios básicos .....</b>	<b>35</b>
<b>2.2.3. Sistema de riego.....</b>	<b>39</b>
<b>2.3. Definición de términos .....</b>	<b>55</b>
<b>2.4. Hipótesis.....</b>	<b>57</b>
<b>2.4.1. Hipótesis general .....</b>	<b>57</b>

2.4.2. Hipótesis específicas .....	57
2.5. Variables .....	57
2.5.1. Variable 1 .....	57
2.5.2. Variable 2 .....	58
<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>60</b>
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>60</b>
3.1. Método de investigación .....	60
3.2. Tipo de investigación .....	61
3.3. Nivel de investigación .....	61
3.4. Diseño de investigación .....	61
3.5. Población y muestra .....	62
3.5.1. Población .....	62
3.5.2. Muestra .....	62
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	62
3.6.1. Técnicas .....	62
3.6.2. Instrumentos .....	63
Se utilizaron fichas de recolección de información para categorizar variables, dimensiones e indicadores de la investigación .....	63
3.6.3. Validez .....	63
3.8. Técnicas de procesamiento de datos .....	63
3.9. Validación de instrumentos de recolección de datos .....	64
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>65</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>65</b>
4.1. Descripción del diseño tecnológico .....	65
4.1.1. Caudal de captación .....	65
4.1.2. Diseño de sistema de riego .....	70
4.2. Presentación de resultados .....	76
4.2.1. Captación de agua pluvial y diseño agronómico del sistema de riego .....	76
4.2.2. Captación de agua pluvial y diseño hidráulico del sistema de riego .....	77
4.3. Prueba de hipótesis .....	78
4.3.1. Captación de agua pluvial y diseño agronómico del sistema de riego .....	78
4.3.2. Captación de agua pluvial y diseño hidráulico del sistema de riego .....	81
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>84</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>84</b>
5.1. Discusión de resultados .....	84
5.1.1. Captación de agua pluvial y diseño agronómico del sistema de riego .....	84



<b>5.1.2. Captación de agua pluvial y diseño hidráulico del sistema de riego</b> .....	86
<b>CONCLUSIONES</b> .....	90
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	91
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	92
<b>ANEXOS</b> .....	97

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Eficiencia de riego según el método de riego .....	40
Tabla 2. Velocidad límite donde al agua deja de arrastrar sedimentos.....	43
Tabla 3. Diámetro de partículas según la altura de caída .....	45
Tabla 4. Diámetro de partículas según el tipo de turbina .....	45
Tabla 5. Constante a según el diámetro .....	46
Tabla 6. Valores de la constante k .....	47
Tabla 7. Coeficiente K para desarenadores de baja velocidad .....	48
Tabla 8. Coeficiente K para desarenadores de alta velocidad .....	48
Tabla 9. Valores n según el tipo de material.....	54
Tabla 10. Taludes recomendados para el tipo de material.....	55
Tabla 11. Operacionalización de variables .....	59
Tabla 12. Escalas de validez .....	63
Tabla 13. Escorrentía superficial en Manzanares .....	66
Tabla 14. Caudal en cunetas de Manzanares .....	67
Tabla 15. Caudal máximo, mínimo y promedio en Manzanares .....	67
Tabla 16. Áreas de cultivo en Manzanares .....	71
Tabla 17. Áreas de cultivo con lluvia y riego en Manzanares .....	72
Tabla 18. Requerimiento de agua para cada cultivo .....	72
Tabla 19. Requerimiento de agua mensual .....	73
Tabla 20. Características del aspersor.....	73
Tabla 21. Distribución de laterales y aspersores en el lado derecho de la vía.....	73
Tabla 22. Distribución de laterales y aspersores en el lado izquierdo de la vía .....	74
Tabla 23. Diseño de riego por aspersión, lado derecho .....	74
Tabla 24. Diseño de riego por aspersión, lado izquierdo.....	74
Tabla 25. Captación y requerimiento agronómico.....	76
Tabla 26. Captación y requerimiento hidráulico .....	77
Tabla 27. Prueba de normalidad, captación de agua pluvial y diseño agronómico .....	78
Tabla 28. Estadística de regresión, diseño agronómico .....	79
Tabla 29. Análisis de varianza, diseño agronómico .....	80

Tabla 30. Prueba de normalidad, captación de agua pluvial y diseño hidráulico.....	81
Tabla 31. Estadística de regresión, diseño hidráulico.....	82
Tabla 32. Análisis de varianza, diseño hidráulico .....	82

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Precipitación ciclónica .....	33
Figura 2. Precipitación convectiva.....	34
Figura 3. Precipitación orográfica .....	34
Figura 4. Actividades y divisiones de la topografía.....	36
Figura 5. Clases de desarenadores .....	42
Figura 6. Desarenador de lavado intermitente .....	42
Figura 7. Esquema del tanque desarenador .....	49
Figura 8. Secciones transversales frecuentes .....	52
Figura 9. Elementos geométricos de la sección transversal de un canal .....	53
Figura 10. Evapotranspiración potencial en Manzanares .....	66
Figura 11. Sección de cunetas en Manzanares, diseño .....	68
Figura 12. Sección de cunetas en Manzanares .....	68
Figura 13. Sección y nivel de agua de cunetas en Manzanares .....	69
Figura 14. Transición de entrada y salida al desarenador.....	69
Figura 15. Nave de desarenador en Manzanares .....	70
Figura 16. Evapotranspiración potencial de Manzanares .....	70
Figura 17. Lluvia efectiva en Manzanares .....	71
Figura 18. Captación y requerimiento agronómico .....	77
Figura 19. Captación y requerimiento hidráulico .....	78
Figura 20. Captación y diseño agronómico, función exponencial.....	80
Figura 21. Captación y diseño hidráulico, función polinómica.....	83

## RESUMEN

El problema de investigación formulado fue: ¿Qué relación existe entre la captación de agua pluvial y el sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021? El objetivo general fue: Determinar la relación entre la captación de agua pluvial y el sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021. Se usó el método científico, de tipo aplicada y nivel de investigación correlacional que corresponde al diseño no experimental con recojo de información transversal, es decir en un determinado momento. La muestra estuvo conformada por el sector de la desembocadura del río Cunas, cerca al distrito de Manzanares en la provincia de Concepción, región Junín. Los resultados evidenciaron que el sistema de riego por aspersión puede abastecer una superficie de riego propuesta de 90 ha en el sector de la muestra, con la captación de agua pluvial por medio de las cunetas de ambos lados de la vía, junto a los componentes de captación como desarenador, reservorio de almacenamiento y tuberías de conducción. Por lo cual, se concluye que la relación entre la captación de agua pluvial y el sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción es directa. De esta forma se recomienda realizar el estudio de calidad de agua pluvial captada, para garantizar la calidad del sistema de riego y la integridad de los cultivos que provienen del distrito de Manzanares. Debido a que el agua pluvial que se discurre por las cunetas en ambos lados de la vía puede contener materiales, partículas e incluso componentes nocivos para los cultivos.

**Palabras clave:** Almacenamiento, aspersión, captación, cultivos, cunetas, precipitación, riego.

## ABSTRACT

The research problem formulated was: What is the relationship between rainwater harvesting and the irrigation system in the sector of the Cunas river mouth - Concepción, 2021? The general objective was: To determine the relationship between rainwater harvesting and the irrigation system in the sector of the mouth of the Cunas - Concepción river, 2021. The scientific method was used, of applied type and correlational research level, which corresponds to the non-experimental design with transversal data collection, that is to say, at a certain moment. The sample consisted of the sector of the mouth of the Cunas River, near the district of Manzanares in the province of Concepción, Junín region. The results showed that the sprinkler irrigation system can supply a proposed irrigation area of 90 ha in the sample sector, with the collection of rainwater through the ditches on both sides of the road, together with the catchment components such as sand trap, storage reservoir and conduction pipes. Therefore, it is concluded that the relationship between rainwater catchment and the irrigation system in the sector of the Cunas - Concepción river mouth is direct. Thus, it is recommended that a study of the quality of the captured rainwater be carried out to guarantee the quality of the irrigation system and the integrity of the crops that come from the Manzanares district. Because the rainwater that flows through the ditches on both sides of the road may contain materials, particles and even harmful components for the crops.

**Key words:** Storage, sprinkling, catchment, crops, ditches, rainfall, irrigation.

## INTRODUCCIÓN

La actividad agrícola, es considerado el más grande consumidor de agua a nivel mundial e históricamente se conoce que gran parte de los países vienen desarrollando diversas técnicas de desarrollo en el ámbito de la agricultura, debido a que el agua desempeña un papel importante, ya que se considera como uno de los pilares para el desarrollo económico (Arce, y otros, 2019). En ese sentido, el objetivo de la investigación propone el diseño de un sistema de captación de agua pluvial para proporcionar agua en el sistema de riego por aspersión en el sector de la desembocadura del río Cunas, Concepción, con la finalidad de brindar agua a los terrenos de cultivo y así poder disminuir la pérdida de producción agrícola y económica en los pobladores que se dedican a la agricultura.

La presente investigación, ha sido desarrollada a través de revisiones bibliográficas teniendo como referencia principal antecedentes nacionales e internacionales asociados al tema en estudio; asimismo, las bases teóricas de la presente investigación, se obtuvo de la consulta bibliográfica para el marco conceptual final. Por lo tanto, la presente investigación es significativa, por la contribución valiosa de los resultados, lo cual se va a transferir a las personas que se desempeñan como agricultores en el sector de Manzanares; adicionalmente, se contribuye a la metodología de manera significativa, por la obtención de información de la zona de estudio referente a la precipitación anual, del mismo modo se ha diseñado un sistema de riego por aspersión en beneficio de las áreas agrícolas por medio de cálculos en la zona de influencia de la presente investigación. El método de la investigación fue científico, de tipo aplicado, nivel correlacional y diseño no experimental.

Por ende, se desarrollaron cinco capítulos en el presente trabajo de investigación, las cuales se describen en las siguientes líneas. En el primer capítulo correspondiente al problema de investigación, se detalla el planteamiento del problema, formulación del problema, objetivos y justificación. El segundo capítulo de marco teórico comprende los antecedentes, las bases teóricas, la definición de términos, la hipótesis y variables de la investigación. El tercer capítulo de metodología, presenta el método, tipo, nivel, diseño, población y muestra de la investigación; del mismo modo también los métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos, la validación e instrumentos y el procesamiento de la información recolectada en campo como los registros históricos de precipitación, temperatura, humedad relativa, velocidad de viento, entre otros y las características principales del diseño del sistema de riego por aspersión. El cuarto capítulo de resultados contiene la presentación de los resultados y la prueba de hipótesis, conforme a los objetivos específicos planteados. El quinto capítulo de discusión se presenta las discusiones con el aporte de estudios anteriores, de acuerdo a los objetivos específicos de la investigación. Del mismo modo, la investigación cuenta con conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

Bach. Jhonatan Saul Ruiz Huaman



## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

No existe lugar específico de origen del ciclo hidrológico; sin embargo, generalmente por la magnitud comienza en el océano, donde el actor principal es el sol, el cual por calor evapora las aguas de los océanos, siendo estos transportados hacia las capas superiores de la atmosfera por los flujos de aire y es ahí frente a bajas temperaturas se produce la condensación del vapor de agua y la formación de nubes y estos son transportados nuevamente por los vientos a través de la atmosfera. La precipitación se produce por la colisión de fragmentos de nubes, generando las inmensas capas de nieves y glaciares si caen en forma sólida, siendo estos una reserva importante durante años; mientras tanto, en lugares con climas cálidos la precipitación es en forma líquida y ya en el terreno se infiltra en el suelo o se pierde por escorrentía superficial formando ríos y terminando en los océanos nuevamente (USGS , 2019).

El abastecimiento del líquido vital ha sufrido inconvenientes en los últimos años debido al crecimiento del índice demográfico, uso intensivo del agua, al cambio climático que retrasan las lluvias y los diferentes tipos de contaminación que afectan al agua; poniéndose en peligro el desarrollo sostenible de las diferentes cadenas productivas incrementado los índices de pobreza. El agua esta asociada a la mayoría de desastres naturales, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria, las fuentes energéticas, el desarrollo urbano y ambiental; por lo que se debe prestar atención estratégica al agua si se quiere lograr el desarrollo mundial y mejorar las condiciones climáticas. Por lo que, al combinar la gestión de cuencas, infraestructura sostenible, empoderamiento y aprendizaje por medio de instituciones flexibles para apoyar en la regeneración del clima; fomentar los proyectos para mejorar o recuperar las infraestructuras naturales fortaleciendo el sector energético y alimenticio; y hacer extenso las políticas para la gestión integrada de recursos hídricos dejando atrás las prácticas tradicionales, son actividades para disminuir o aplacar la vulnerabilidad y crear resiliencia climática (Banco Mundial , 2019).

El mayor demandante a nivel mundial del recurso hídrico es la actividad agrícola, partiendo de esto muchos países han desarrollado tecnologías para optimizar su uso, precisamente enfocados en la infraestructura debido a que esta actividad es una de las mas importantes para la economía mundial (Arce, y otros, 2019).

En América del sur es trascendental y significativo el tema de recursos hídricos, ya que concentra por encima de la tercera parte el agua dulce del planeta, frente a otras regiones en el mundo. Por lo que, se debe resaltar que en la región de América del sur existe desigualdad debido a la geografía de la zona, la cual genera diferencias en la distribución de agua pues el recurso es abundante en algunas zonas, mientras que en otras

no debido a los periodos de precipitación, limitando la producción en la agricultura (Arce, y otros, 2019).

Así mismo, se debe reconocer que en Perú la mayoría de los agricultores pertenecen a la zona rural y está representada por la sierra del país, donde la falta de agua afecta la producción agrícola y son los pequeños productores quienes se ven más afectados debido a la degradación de los cultivos. Por otro lado, el Perú es considerado como una zona susceptible al cambio climático por la simple razón a como está distribuido y a la variación geográfica en el territorio nacional.

De acuerdo con lo mencionado, la actividad agrícola es un pilar para la economía de las zonas altoandinas del país. Cabe mencionar, que la agricultura ha sufrido las inclemencias del cambio climático en los últimos años, principalmente de las sequias ya que esta actividad depende de las lluvias y los pobladores esperan a que las lluvias sean constantes para humedecer las tierras de cultivo y la producción de cultivos sea óptima; sin embargo debido a la falta de agua los cultivos no han sido los esperados. En ese sentido la investigación propone el diseño de un sistema de captación de agua pluvial para proporcionar agua en el sistema de riego por aspersión y goteo en el sector de la desembocadura del río Cunas, Concepción, con la finalidad de brindar agua a los terrenos de cultivo y así poder disminuir la pérdida de producción agrícola y económica.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Qué relación existe entre la captación de agua pluvial y el sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a. ¿Qué relación existe entre la captación de agua pluvial y el diseño agronómico del sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021?
- b. ¿Qué relación existe entre la captación de agua pluvial y el diseño hidráulico del sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la relación que existe entre la captación de agua pluvial y el sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- a. Determinar la relación que existe entre la captación de agua pluvial y el diseño agronómico del sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021.
- b. Determinar la relación que existe entre la captación de agua pluvial y el diseño hidráulico del sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021.

## **1.4. Justificación**

### **1.4.1. Justificación social**

Según Bernal (2010), si el desarrollo de la investigación contribuye con estrategias de solución al problema, se considera la existencia de una justificación social o práctica.

En ese contexto, a través de la presente investigación se desea beneficiar a los pobladores que se desempeñan como agricultores en el sector de Manzanares; para que puedan obtener una producción de cultivos óptima sin pérdidas. Por medio de un adecuado sistema de captación de agua pluvial se mejorará el nivel tecnológico, además de poder utilizar el agua de las precipitaciones que ocurren en la zona para los terrenos agrícolas.

#### **1.4.2. Justificación teórica**

Según Castro (2016), para generar una innovación científica se tiene que desarrollar una teoría científica a través de la investigación de un problema, los cuales son señalados como importantes dentro de la justificación teórica.

La investigación plantea, el diseño de un sistema de captación de agua pluvial en el sector de la desembocadura del río Cunas, Concepción, el cual comprende la realización de estudios correspondientes como la hidrología e hidráulica para su uso en el sistema de riego, para el cual se hizo uso de la información hidrológica e hidráulica de los terrenos agrícolas que se encuentren dentro del área de estudio.

#### **1.4.3. Justificación metodológica**

Según (Bernal, 2010), para la obtención de un conocimiento legítimo y veraz, la investigación debe plantear estrategias novedosas siendo descritas dentro de la justificación metodológica.

De acuerdo con lo antes referido, la investigación plantea la realización de los estudios correspondientes a la captación de agua pluvial y su uso en el sistema de riego de la zona, que se conectará con las aguas pluviales obtenidas mediante un desarenador para posteriormente pasar por un canal de conducción de agua limpia y posteriormente llegar a un almacén o reservorio, y finalmente direccionarlo para el uso en la irrigación,

de los diferentes campos de producción, por aspersión. Así mismo, es necesario destacar a las futuras investigaciones por tomar como referencia la presente investigación en el futuro, si están abocados al riego por aspersión.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Antecedente internacional**

Según Estrada y otros (2022) en la publicación de investigación original “Prototipo de sistema para riego de uso doméstico mediante captación de agua pluvial”. El objetivo central del estudio fue desarrollar un sistema de riego por goteo, en el estado de Puebla, en hortalizas teniendo como fuente principal el agua pluvial, el cual fue captado por un sistema de recolección y almacenamiento. Para el cual, a través de las revisiones bibliográficas y una evaluación de los diferentes sistemas de riego, se determinó la viabilidad y eficacia de estos para uso doméstico, así poder elegir los materiales más apropiados de acuerdo a la sostenibilidad ambiental y accesibilidad económica. Tras la construcción y puesta en marcha del prototipo en la vivienda, se logró otra opción al suministro por agua potable, que vino hacer el sistema de riego por goteo

de PVC, reduciendo los costos anuales por mantenimiento. Por lo cual concluyen la parte económica y ambiental resaltan de este sistema, por lo que se aconseja realizar un estudio de cedula de cultivo y por ende la demanda agua antes de la implementación.

Según Cabañas (2020) para obtener el grado de maestra en Planeación urbana presentó la tesis “Propuesta para la planeación de un sistema urbano de captación de agua pluvial como alternativa de abastecimiento para la ciudad de Aguascalientes”. El objetivo principal del estudio fue formular una estrategia de planeación urbana mediante la aplicación de un modelo urbano – espacial, proyectando para el año 2040 a la ciudad de Aguascalientes como vulnerable al recurso hídrico. Esta investigación fue de carácter científico y caracterizado por el uso de un diseño no experimental. Priorizando la detección de mejores zonas de captación, infraestructura urbana y periurbana con la finalidad de hacer políticas de planeación del uso de agua subterránea utilizando como otra mejor opción el agua que se pierda por escorrentía. Planteando 3 escenarios: adverso, optimista e ideal; donde el primero conserva la dependencia actual de agua subterránea, la segunda plantea como objetivo a largo plazo la instalación de infraestructura o barreras verdes optimizando así la captación y abastecimiento, y la tercera que se ajusta a los principios de sensibilidad del agua que considera la instauración de estas barreras verdes para el cambio de paradigmas en el consumo de agua. Los resultados obtenidos fueron el desarrollo de la infraestructura sostenible basados en mapas de zonificación en diferentes etapas de instauración. Por lo cual el aporte de la investigación está enfocado en a planeación urbana proponiendo un sistema de captación de agua pluvial.

Según Ortiz y Velandia (2017) manifiestan en su trabajo de investigación (tesis) denominada como “Propuesta para la captación y uso de agua de lluvia en las instalaciones de la Universidad Católica de Colombia a partir de un modelo físico de



recolección de agua”. Trazándose como objetivo general, en el edificio R de la Universidad Católica de Colombia, cuantificar por medio de un modelo físico el agua de lluvia desde la captación hasta su distribución. La metodología implicó el uso de una investigación científica como método y del diseño de tipo no experimental, siendo la Universidad Católica de Colombia, la población de estudio. Para alcanzar el objetivo de captar y recolectar el agua de lluvia se activó el modelo físico, ya almacenado en un tanque se procedió a registrar el volumen recolectado en litros durante un periodo de 30 días calendario así como también se tomaron muestras para determinar la calidad del agua almacenada; posteriormente se obtuvo la ruta crítica para determinar los caudales, velocidad, diámetros de tuberías presiones mínimas y máximas a través del análisis hidráulico de conducción y distribución. Los resultados mostraron que; la presión en cada diferente punto de servicio y aparato fue 11.58 mca (metro de columna de agua), utilizando el sistema de gravedad, considerando un aproximado de 12 mca, el diámetro de la red principal fue 1 ½” y la velocidad reglamentaria de 2.5 m/s no fue superada, de los cuales se tiene que el sistema funciona adecuadamente. Llegaron a la conclusión de que, el modelo de recolección y filtrado de agua que se creó brinda una solución sostenible para el uso de agua de lluvia en las instalaciones de dicha universidad (Ortiz, y otros, 2017).

Recio y otros (2017) en la publicación científica denominada “Diseño y desarrollo de un sistema de captación de agua de lluvia para su utilización en lugares semiáridos”. El objetivo central del estudio fue que a través de los miembros del GCSASD (Grupo de Cooperación en Sistemas de Agua y Saneamiento) y la empresa YOW (Your Own Water – Tu Propia Agua), describir y desarrollar un sistema de captación de agua pluvial. Se mejora el nivel tecnológico en la actividad agrícola al dar acceso al agua a mayor número de productores a través del funcionamiento de este sistema, el cual recolecta y almacena

para usos posteriores. El área de estudio seleccionada fueron zonas desérticas, con temperaturas extremas y bajas precipitaciones, tales son el caso de la zona septentrional y central de Níger (el Sahara y el Sahel). El diseño tiene como finalidad la recolección y potabilización de aguas de origen pluvial, usando un sistema de captación hidráulica parcialmente portátil, denominado ETSIDI - UPM, que consta de 14 partes y tras su puesta en funcionamiento por un periodo de 5 días durante 24 horas diarias se alcanzó a recolectar 118 litros de agua en una superficie de 8.8 m<sup>2</sup> resguardada de los efectos del viento. Por lo cual los autores concluyeron que es posible la aplicación de este prototipo portátil para la captación de agua, siendo necesario probar el funcionamiento del equipo ante fuertes vientos para evaluar el comportamiento de los materiales.

Ortiz y Larios (2020) en la publicación científica denominado “Uso eficiente del agua en la producción de semilla de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) Con sistema de riego por aspersión”. El objetivo del estudio fue optimizar el uso racional del agua por medio de riego por aspersión, determinando la lámina de riego para la producción de semillero de frijol. La investigación tomó lugar en las instalaciones de la estación experimental “El frijol” de la Compañía Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria durante la campaña agrícola de enero a abril del 2019. La cual se caracteriza por estar ubicada a 470 msnm, precipitaciones entre 1200 a 1500 mm, temperatura media de 24°C, con humedad relativa del 85%, el suelo de la zona se clasificó como un ardisol y se emplearon tres parcelas que se asignaron como tratamientos (denominadas A, B y C) con las mismas características para cultivar la semilla de frijol. A la primera parcela en un intervalo de tiempo de 2 horas, se le aplicó una lámina de riego de 489, a la segunda parcela una lámina de riego de 298 mm con 1.5 horas de riego y a la tercera parcela se aplicó una lámina de riego de 464 mm con un periodo de riego de 2.5 horas. Las variables evaluadas fueron rendimiento en Kg/ha y el análisis e productividad del agua en Kg/m.

Los resultados demostraron que no se encontraron diferencias estadísticas en el rendimiento, así como la obtención de mayor productividad de agua con 298 mm de lámina de riego y concluyendo que esta aplicación es la más eficiente ya que genera mayor productividad, con respecto a las semillas, por el uso eficiente del sistema de riego.

Santacruz y Santacruz (2020) en su trabajo de investigación denominada “Evaluación del desempeño de riego por aspersion en lotes con cultivo de banana en Chiapas, México”. El objetivo central del estudio fue caracterizar las condiciones edafológicas para calcular la demanda hídrica del cultivo de banano y comparar dos sistemas de riego por aspersion en la región de Soconusco, Chiapas, México. El desarrollo del estudio comprendió la selección de 4 lotes de 5 ha cada uno, de las cuales se recolectaron dos muestras de suelo para riego y un para evaluar el suelo, también se estimó la evapotranspiración potencial y evaporación real, siendo estos básicos para determinar la demanda de riego a través de valores mensuales. Los resultados evidenciaron que el tipo de suelo de los lotes de cultivo se clasifica como franco y franco limoso, y la calidad de agua es adecuada para diferentes características físicas y químicas del suelo, en cuanto a la lámina de riego esta fue 1 418.9mm anuales, para el riego subfoliar los rangos fueron de 54.4 - 67,3mm y 44.6 – 54.4 mm respectivamente. Por lo cual se concluyó que ambas modalidades fueron rechazadas por no estar dentro de intervalos considerados como aceptables.

### **2.1.2. Antecedente nacional**

Según Arce y Peralta (2019) para obtener el grado académico de Ingeniero civil, en la tesis “Diseño de una captación de aguas pluviales para un sistema de riego en el sector Yanama, Caja, Acobamba, Huancavelica 2019”. El objetivo general fue, el diseño para la captación, conducción y almacenamiento de fuentes hídricas provenientes de la

lluvia para su aprovechamiento en la actividad agrícola en el área de influencia. La investigación fue de carácter científica, con diseño no experimental. El Centro Poblado de Caja, distrito de Caja, provincia de Acobamba y departamento de Huancavelica, conformó la población. Para alcanzar el objetivo; se recogió la data histórica de precipitación e hidrología y geotécnica del lugar de estudio, en campo se observaron las características del terreno agrícola, se realizó el levantamiento topográfico, estudios de suelos y otros aspectos hidráulicos; en gabinete se evaluó, analizó y procesó la información para realizar el diseño de la estructura hidráulica de captación de agua pluvial y el sistema de riego por aspersión. Los resultados mostraron que; el diseño propuesto se compone de la captación de agua pluvial, que comprende 2 bocatomas con caudal de diseño de  $0.033 \text{ m}^3/\text{s}$  y  $0.022 \text{ m}^3/\text{s}$ , un almacenamiento que es un reservorio con capacidad de almacenar  $1612.18 \text{ m}^3$ , y un sistema de riego por riego que permite satisfacer 34 ha de cultivo en los meses de octubre hasta abril y 8 ha de mayo al mes de setiembre. Concluyeron que, la viabilidad de la captación de agua pluvial con fines de irrigación es posible.

Según Espinoza y Oyola (2019) para obtener el grado de Ingeniero agrícola con la tesis “Diseño de un sistema de captación y almacenamiento - caso cosecha de agua para su aprovechamiento - Garbanzal - Tumbes - 2018”. El objetivo general fue, mejorar la cosecha de agua a través del diseño de la captación y almacenamiento de agua pluvial con fines agropecuarios y cierto sector poblacional en la microcuenca de la quebrada Garbanzal – Tumbes. El método de la investigación fue científica, con diseño no experimental – transeccional ya que no se manipularon las variables intencionalmente y se empleó la información de un determinado tiempo. La población que formó parte corresponde a un área total de  $4\,850 \text{ Km}^2$  aproximadamente, ubicada en la cuenca del río Puyango – Tumbes. Para lograr el objetivo se recopiló información documental (registros

históricos de precipitación, datos hidrometeorológicos de la zona de estudio e información antecedente) y características de la zona de estudio (levantamiento topográfico y fotografías de la zona de estudio). Los resultados mostraron que, la microcuenca puede producir un volumen de agua útil de 71 341.16 m<sup>3</sup>/año de agua útil por un año y las obras estructurales y no estructurales estuvieron conformadas por un embalse o reservorio con capacidad de 863 941.94 m<sup>3</sup>, con un costo total estimado de S/. 4 701 843.62 a una inversión de 65.91 m<sup>3</sup> de agua almacenada. Llegaron a la conclusión de que, el diseño del sistema de captación comprende un embalse con capacidad de 863 941.94 m<sup>3</sup>, construcción de zanjas de infiltración tipo media luna o calderas y que dicha agua embalsada se puede usar en primera instancia para usos domésticos y posteriormente para fines agrícolas y pecuarios.

Según Rodrigo (2017) para obtener el grado de Ingeniero civil, con la tesis “Diseño de sistema de riego mediante el aprovechamiento de aguas pluviales en el Centro Poblado Huacá Puná, provincia de Oyón en el 2017”. El objetivo general fue, la captación de agua pluvial para un diseño de riego por goteo como solución frente a la escases de lluvias en el centro poblado Huacá Puná, provincia de Oyón. El método utilizado es de carácter científico, con diseño no experimental. El distrito de Naván, provincia de Oyón, departamento de Lima, formó parte de la población en estudio. Para lograr el objetivo propuesto, se recopilaron datos hidrometeorológicos del lugar de influencia, junto con la información geomorfológica del relieve para posteriormente realizar los cálculos en gabinete incluyendo el soporte de software de diseño; por otro lado, se calculó el requerimiento de agua por cultivo para determinar la capacidad de cada reservorio que almacena agua para luego suministrar agua al sistema de riego por goteo de forma continua. Llegó a la conclusión de que, si es viable efectuar el proyecto del sistema de riego por goteo con las metodologías convencionales.

Según Pimentel (2018) para obtener el grado de Ingeniero civil, con la tesis “Diseño y sistema de abastecimiento de agua potable mediante la captación de aguas pluviales en el Centro Poblado Mantacra distrito de Pampas, Huancavelica 2018”. El objetivo general fue, diseñar un sistema de captación de agua pluvial para complementar el abastecimiento de agua potable en el Centro Poblado Mantacra, distrito de Pampas, Huancavelica 2018. El método de investigación tuvo un carácter científico, con un diseño cuasi – experimental. El Centro Poblado Mantacra, distrito de Pampas, provincia y departamento de Huancavelica, conformo la población de estudio. Para alcanzar el objetivo propuesto; se llevó a cabo, la verificación de la zona de influencia y se obtuvo la situación actual del Centro Poblado Mantacra, también se realizó el levantamiento topográfico para obtener la morfología de la superficie del terreno, luego se recopiló la data histórica hidrometeorológica para determinar la cantidad de agua que es aprovechable, finalmente se diseñó el sistema de captación de aguas pluviales que comprende un reservorio para el almacenamiento de agua y posteriormente se diseñó el sistema de distribución. Los resultados mostraron que, la cantidad de agua a recolectar en un año es de 50 535.00 Litros o  $50.54 \text{ m}^3$  de agua, que requiere de un reservorio con volumen de  $60 \text{ m}^3$  con la capacidad de almacenar los  $50.54 \text{ m}^3$  de agua recolectada, con una línea de conducción de 58 m con tubería de diámetro de 1 plg, por medio de un sistema por gravedad. Concluyendo finalmente de que, es posible el diseño del sistema propuesto con las metodologías convencionales.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Captación de agua pluvial**

La captación de agua pluvial, es la utilización de todo tipo de técnica simple o compleja para sacarle provecho al agua de las lluvias; que nace frente a la demanda de

los agricultores para mejorar el almacenamiento e incrementar el volumen disponible durante toda la campaña agrícola (FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013).

Se conoce como la práctica del aprovechamiento del agua de lluvia, con la finalidad de incrementar las reservas y ponerlo disponible en cualquier momento principalmente para la actividad agrícola, para uso doméstico, agrícola o pecuario; que generalmente forman parte un conjunto de estrategias que juntamente al mejoramiento de suelos, construcción de infraestructuras hidráulicas y la conducción técnica agropecuaria permiten la captación, derivación, conducción, almacenamiento y/o distribución del agua de lluvia (FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013).

El sistema de captación de agua pluvial, está conformado por tres elementos principales, que se describen a continuación.

- **Área de captación**

Está destinada a captar las precipitaciones pluviales que se presentan, para lo cual esta impermeabilizada con materiales de concreto o geomembrana y sus dimensiones depende del diseño, coeficiente de escorrentía, y del volumen de agua que se desee almacenar y disponer en cierta etapa de los cultivos(Espinoza, y otros, 2019).

- **Sistema de conducción**

Tiene por función conducir aprovechando la gradiente de pendiente desde el área de captación hacia un depósito de almacenamiento de agua (cisterna), de

considera previamente un sistema de decantación para las partículas sedimentables (Espinoza, y otros, 2019).

- **Cisterna de acumulación**

Depósito donde se almacena el agua y puede estar construida con diferentes materiales dependiendo de la necesidad de uso, los materiales de construcción se citan en las líneas abajo (Espinoza, y otros, 2019).

- Excavación impermeabilizada con hormigón y techado
- Hidroacumulador de PVC
- Estanque vertical de polietileno
- Estanque vertical de fibra de vidrio
- Estanque tipo australiano
- Excavación impermeabilizada con geomembrana y techado

#### **2.2.1.1. Características del sistema de cosecha de agua de lluvia**

La cosecha de agua está dividida en dos etapas o momentos, la primera se aboca a la escorrentía superficial y la segunda es la cosecha propiamente dicha con fines de riego suplementario; por otro lado, igualmente se puede dividir en dos categorías basadas en la recolección de precipitación pluvial del suelo y de la extensión de techos, donde esta última es reconocida como una estrategia para mermar los efectos del calentamiento global en el suministro de agua (Espinoza, y otros, 2019).

La captación de lluvia directa, se considera una forma de riego primitiva; ya que se usan canales para su direccionamiento hacia los cultivos. Por lo tanto, el tema de la captación comprende el control en el uso de agua recolectada ya que no depende exclusivamente del momento de precipitaciones, puesto que existen



diferentes técnicas respecto al sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia que dependen de la fuente, esorrentía, técnicas de manipulación, tipo de abastecimiento y diferentes usos que se le dé al recurso hídrico (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 2000).

Entonces, la cosecha de agua de precipitaciones tiene como rol principal mejorar la producción agrícola en épocas de estiaje o baja disponibilidad de este recurso y por ende reducir la pobreza; además de que el agua recolectada tiene fines de uso no potable en diferentes áreas (Espinoza, y otros, 2019).

#### **2.2.1.2. Precipitación**

La precipitación puede ser en forma líquida o sólida, depende de la temperatura en la atmosfera y su formación se inicia por el calentamiento de las aguas bajas por el sol, generando grandes masas de vapor de agua los cuales ascienden hacia la atmosfera y luego por gradiente de temperatura pasa de gaseoso a líquido para luego caer a la superficie terrestre por gravedad (Chow, y otros, 1994). Cabe precisar que las precipitaciones pluviales es la fuente primaria o principal sobre la superficie terrestre, siendo importante sus cálculos y registros para diferentes estudios y disponibilidad, pues se calcula en unidades de altura respecto a la superficie horizontal y se expresa en milímetros. Los equipos de registro más comunes son los pluviógrafos y pluviómetros (Cruz, y otros, 2018).

La precipitación puede distinguirse según su origen, mismos que se describen a continuación.

- **Precipitación ciclónica**

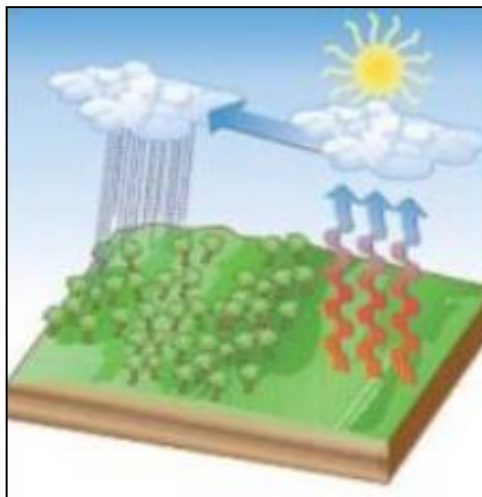
Toma lugar por el ascenso de grandes masas de vapor de agua, generadas por el calentamiento del sol, llegando a grandes alturas donde las circunstancias de bajas temperaturas producen la condensación y la precipitación, finalmente (Cruz, y otros, 2018).



*Figura 1.* Precipitación ciclónica  
Fuente: (Núñez, 2020)

- **Precipitación convectiva**

Es producido cuando dos inmensas volúmenes de aire con distintas temperaturas y humedades colisionan, produciendo que las nubes más altas son llevadas aún más arriba y por ende ocurre el fenómeno de condensación para luego desencadenar a la precipitación con una marcada diferencia superior en intensidad (Cruz, y otros, 2018).



*Figura 2.* Precipitación convectiva

Fuente: (Núñez, 2020)

- **Precipitación orográfica**

Ocurre en zonas montañosas, donde estas actúan como barreras que impiden que los vapores de agua sean transportados horizontalmente hacia otras latitudes. Posteriormente, estas inmensas masas de vapor de agua, comienzan a ascender por las laderas de las cadenas montañosas, hasta encontrar condiciones para que ocurra la precipitación hacia la superficie del suelo (Cruz, y otros, 2018).



*Figura 3.* Precipitación orográfica

Fuente: (Núñez, 2020)

## 2.2.2. Estudios básicos

### 2.2.2.1. Estudio topográfico

Son acciones que inciden a determinar la data planimétrica y altimétrica in situ, las cuales serán plasmadas en planos a escalas correspondientes, obtenidas en gabinete. Existe dos clases de precisiones, preliminares y definitivos, para la ejecución de los estudios topográficos (Comisión Nacional del Agua, 2012).

- **Levantamiento topográfico preliminar:** Importantes en la elaboración de anteproyectos, para lo cual se requiere una precisión de 1:100, destinados para zonas en desarrollo urbano y rural. Es común el uso de materiales y equipos convencionales, tales como nivel fijo, teodolito, nivel de mano, brújula o estación total (Comisión Nacional del Agua, 2012).
- **Levantamiento topográfico definitivo:** Es una actividad que demanda una mayor precisión igual o superior a la escala de 1:5 000. Tanto el nivel electrónico, el distanciómetro y la estación total son requeridos para la ejecución de este tipo de trabajo (Comisión Nacional del Agua, 2012).
- **Replanteo:** Consiste en plasmar en campo los trabajos obtenidos en gabinete, que vienen hacer los planos y sus detalles; asimismo, es importante en primer grado de prioridad, destacar el plasmado de los planos en el terreno para hacer un reajuste de los metrados y así de esa manera ejecutar correctamente una obra.

En la figura consecuente, podemos conocer las tareas o trabajos de la topografía y su clasificación para su ejecución.

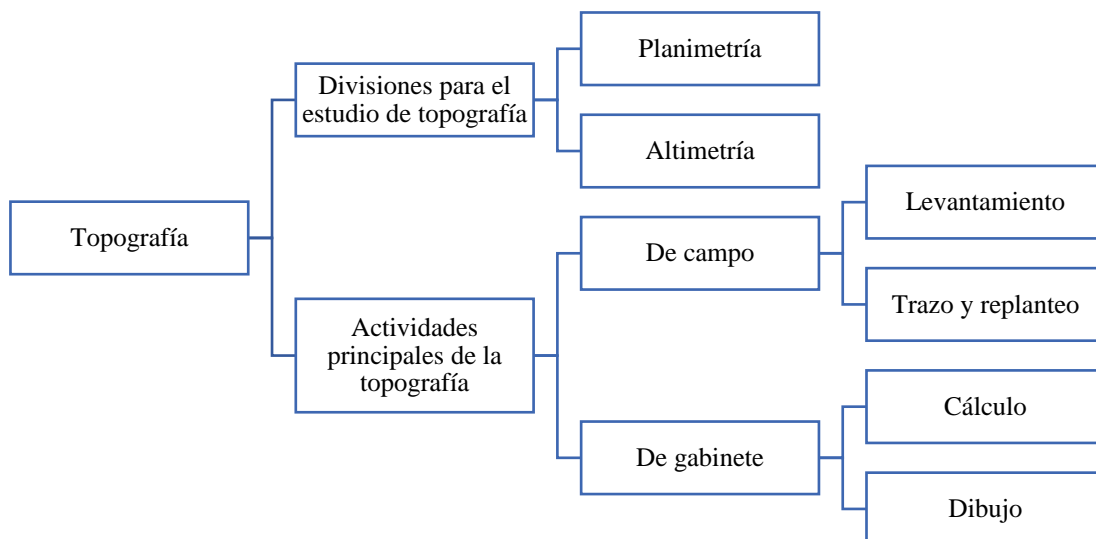


Figura 4. Actividades y divisiones de la topografía  
Fuente: (Alcántara, 2001)

Según la Norma OS.060, el estudio topográfico debe brindar la siguiente relación de planos del área de estudio.

- Plano general del lugar con curvas de nivel equidistantiadas 1m o 0.50m, expresadas a una escala variable entre 1:500 a 1:1000.
- Plano de área específica, graficada a una escala entre 1:500 a 1:250, debido a la importancia de los detalles, como estructuras especiales.
- Perfil longitudinal será expresada a una escala producto de la relación entre la horizontal y la vertical, para representar el eje de tuberías, línea de conducción y purga.
- Es necesario que el Instituto Geográfico Nacional proporcione la data topografica para el plasmado en escalas mayores las zonas urbanas en planos.
- Los ejes de tuberías deben ser plasmados en esquemas de cortes o secciones a cada 25m, en una escala no superior a 1:100.

- Es necesario la obtención de los datos aerotopográficos que ya existen en relación a la población de estudio, así como la cuenca hidrográfica de los ríos y quebradas que afectan.

#### **2.2.2.2. Estudio de mecánica de suelos**

De acuerdo con la Norma OS. 060 (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006), exige caracterizar el terreno para la colocación de los ductos de drenaje a través del estudio de suelo correspondiente. Elaborando calicatas en un rango mínimo de 100m y a otra máxima de 500m. Cabe precisar el contenido mínimo del estudio de la siguiente manera:

- Información previa: antecedentes de la calidad del suelo.
- Exploración de campo: con la descripción de los ensayos efectuados en la zona de estudio.
- Ensayos de laboratorio.
- Perfil del suelo: con la descripción a detalle según la Norma E.050 de suelos y cimentaciones, incluyendo los diferentes estratos que constituyen el terreno analizado.
- Profundidad de la napa freática.
- Análisis físico – químico del suelo.

#### **2.2.2.3. Estudio hidrológico**

El paso inicial de esta investigación es examinar la información hidrológica y meteorológica en el área de estudio, con el objetivo de identificar la alternativa más adecuada consultando con profesionales que comprendan los criterios de diseño y los límites de aplicación de los métodos considerados Adecuado para cada situación (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

El servicio nacional de meteorología e hidrología (SENAMHI), responsable de las actividades hidrometeorológicas en el país, debe proporcionar la información hidrológica y meteorológica necesaria. Para el estudio en zonas donde no se pueda acceder a la información del SENAMHI, la información se obtendrá de las entidades responsables de la gestión de los recursos hídricos de la zona, previa corroboración del nivel de información que contiene (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

El estudio hidrológico consta de las siguientes etapas:

- Delimitación de las zonas de afectación del proyecto: tiene como finalidad definir de manera exacta el cauce de una cuenca hidrográfica y sus características físicas.
- Estudio hidráulico del cauce para obtener los perfiles transversales y los puntos donde existe algún elemento especial, que también puede ser un estrechamiento del cauce, para el cual se realizan trabajos de campo.
- Procesamiento de la información en gabinete, haciendo uso de programas.

Las medidas finales de un estudio hidrológico comprenden las siguientes:

- Estudio climático
- Estudio topográfico de la zona de estudio o proyecto.
- Determinación del caudal hidrológico
- Preparación del modelo hidrológico por medios electrónicos.
- Elaboración de la cartografía, que analizan las secciones de la cuenca, etc.
- En algunos casos se incluye la tramitación y seguimiento con las confederaciones hidrológicas.

- Métodos de precipitación, pluviometría y hietograma especificado (CERTICALIA, 2018).

### 2.2.3. Sistema de riego

#### 2.2.3.1. Diseño agronómico

Está enfocado en determinar la capacidad máxima de disponibilidad de agua que pueda ofrecer el sistema, mensurando la superficie máxima de cada unidad, el tiempo de irrigación y la frecuencia a partir de la lámina de diseño; sin embargo, en caso no son aceptables los resultados, se debe proceder a recalcular las variables. Igualmente, es fundamental conocer las características y la relación entre ellos, tanto del suelo, del agua y del cultivo. De este último, es importante saber el ciclo fenológico, ya la demanda hídrica varía en cada etapa de desarrollo (Jiménez, 2017).

#### A. Uso consuntivo

Se define como el volumen total de agua demandada por un cultivo desde la germinación, desarrollo y hasta la producción final o senescencia de su ciclo vegetativo, el cual se interpreta en términos de evapotranspiración, justamente la transpiración y evaporización son los componentes más importantes del uso consuntivo (Tello, y otros, 2016).

Otro punto es, para alcanzar altos niveles de productividad, es importante mantener constante el volumen requerido, el cual está descrito en la siguiente ecuación descrita líneas abajo.

$$UC = ETR = E_{vp} * K_c$$

Donde:

UC = Uso consuntivo (mm)

ETR = Evapotranspiración real (mm/día)



$E_{vp}$  = Evapotranspiración potencial se determina bajo condiciones de cobertura vegetal, la cual cubre gran parte el suelo donde se determina el volumen de agua desperdiciada a pesar de contar con un suministro de agua constante (mm)

$K_c$  = Coeficiente de uso consuntivo

## B. Factores que influyen en el uso consuntivo del agua

- Cultivo: comprende el tipo de especie vegetal, ya que de esta depende el hábito de crecimiento radicular, ciclo fenológico y variedad o cultivares, etc.
- Agua de riego: prevalece su disponibilidad, tipo de riego y su calidad para la actividad agrícola, etc.
- Clima: gobernados por las características hidrometeorológicas, tales como precipitación, humedad relativa, temperatura, velocidad del viento, horas de radiación solar, etc.
- Suelo: es muy importante atacar las características físicas tales como textura y estructura, contenido de materia orgánica, nivel de napa freática, etc.

Es importante tener en cuenta, la magnitud de estimar la cantidad de agua necesaria para garantizar la cosecha. Esto indica la eficiencia del sistema de riego, ya que se refiere al volumen de agua que se debe tener en cuenta debido a las pérdidas que se producen durante el ciclo de riego.

Los porcentajes de eficiencia de riego se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1. *La eficiencia del riego se basa en el método de riego utilizado.*

Método de riego	Eficiencia (%)
Tendido	20 – 30
Surcos	30 – 60
Corrugado	60 – 70
Platabandas	65 – 85
Surcos en curva de nivel	40 – 70
Aspersión	70 – 85
Goteo	90 – 95
Microaspersión	85 – 95
Cinta	80 – 95

Fuente: (Valenzuela, 1988)

### **2.2.3.2. Diseño hidráulico**

El objetivo de este diseño es determinar los diámetros y longitudes de las tuberías que componen el sistema (regantes distribuidoras y conducción). El diseño debe tener en cuenta que las secciones operen con una uniformidad de emisión superior al 90% y que las tuberías no se muevan más de 2.00 m/s. (Jiménez, 2017).

#### **A. Caudal de máximas avenidas y análisis de frecuencias hidrológicas**

Cuando el tiempo de ocurrencia y la magnitud no se pueden predecir, se utilizan estimaciones mediante probabilidades o frecuencias del caudal o volumen de flujo porque la planeación y el diseño se proyectan para el futuro (Tello, y otros, 2016).

El nivel de probabilidad de un diseño se basa en el nivel de riesgo, que está influenciado por factores económicos y políticos, ya que diseñar para condiciones extremas puede resultar costoso y sólo se justifica cuando los efectos de un error son difíciles de solucionar (Linsley, y otros, 1998).

#### **B. Criterios de diseño de desarenador**

La remoción o evacuación de material sólido de un canal mediante una trampa de arena es una aplicación común del trabajo hidráulico. El material sólido suele provocar deterioro en las obras hidráulicas, ya que se acumula en el fondo del canal, lo que reduce el costo de mantenimiento del canal sin embargo, también daña las centrales eléctricas al permitir el ingreso de arena a medida que el agua viaja a través de las turbinas, provocando desgaste a altas velocidades (Villón, 2005).

- **Clases de desarenadores**

Las clases de desarenadores se pueden ver en la siguiente figura, según su operación, velocidad de escurrimiento y disposición.

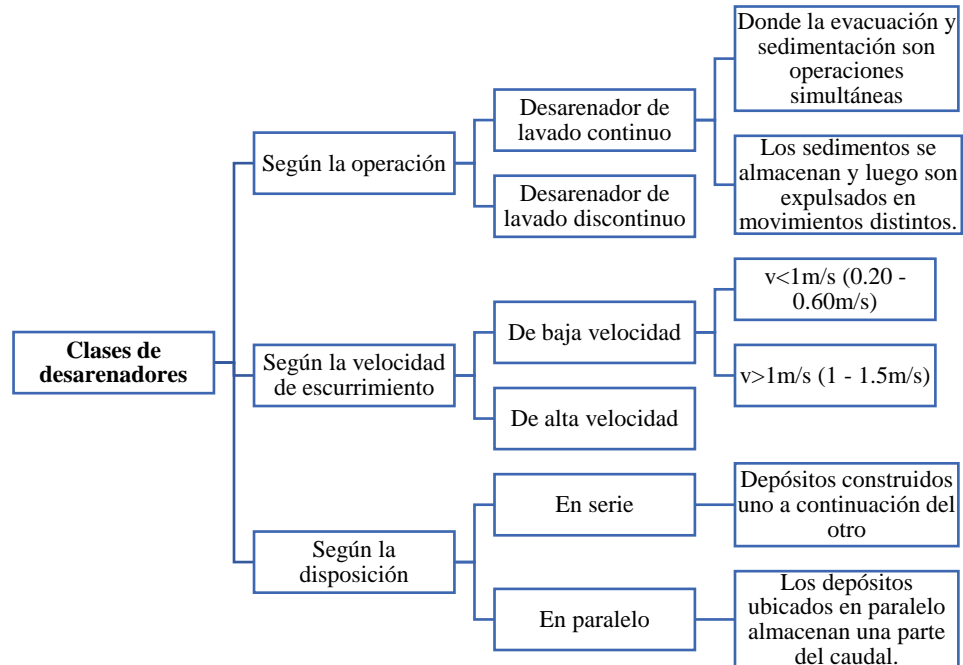


Figura 5. Clases de desarenadores  
Fuente: (Villón, 2005)

Un desarenador de lavado intermitente hace el lavado en menos tiempo y reduce la pérdida de agua, como se muestra en la siguiente figura.

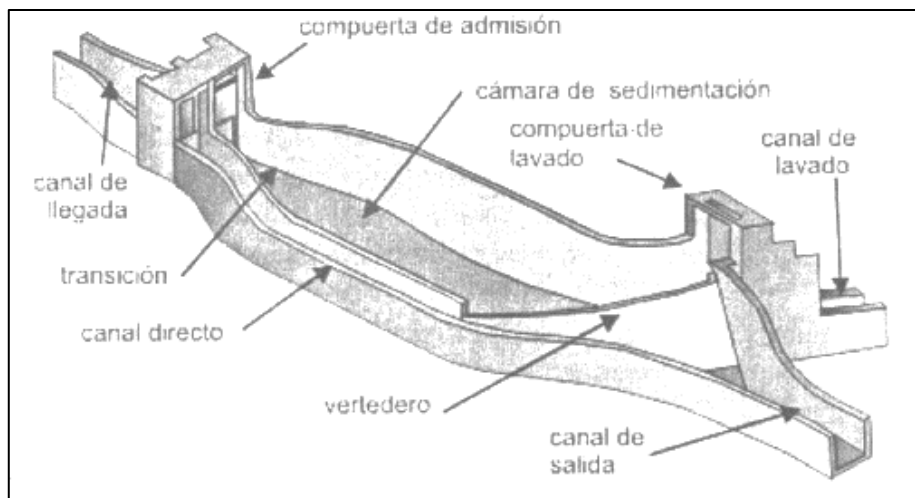


Figura 6. Desarenador de lavado intermitente  
Fuente: (Villón, 2005)

- **Elementos de un desarenador**

- Transición de entrada, el cual conecta el canal con el desarenador
- Cámara de sedimentación, las velocidades límite en la siguiente tabla indican que los sedimentos ya no se arrastran debido a la disminución de la velocidad causada por el aumento de la aceleración seccional, lo que hace que las partículas sólidas caigan al fondo

Tabla 2. *La velocidad límite a la que el agua deja de transportar sedimentos*

<b>Material</b>	<b>Velocidad</b>
<b>Arcilla</b>	0.81m/s
<b>Arena fina</b>	0.16m/s
<b>Arena gruesa</b>	0.216m/s

Fuente: (Villón, 2005)

La profundidad promedio de la trampa de arena es de 1,5 a 4 m y su velocidad varía de 0,1 a 0,4 ms, como se muestra en la tabla. Por el contrario, la sección transversal de la trampa de arena puede tener forma rectangular o trapezoidal, como se indicó. La forma trapezoidal pretende ser eficiente y económica, y la superficie inferior no debe ser plana sino horizontal para facilitar el lavado. Las pendientes más utilizadas se encuentran en el rango de 1:5 a 1:8 (Villón, 2005).

- Vertedero o aliviadero, que se construye al final de la cámara de sedimentación, es por donde el agua limpia ingresa al canal, es importante reconocer que mientras la velocidad del agua en el vertedero sea menor la turbulencia será menor y se arrastrará menor cantidad de material en suspensión. Se muestra la ecuación de Francis, para un vertedero rectangular sin contracciones.

$$Q = CLh^{\frac{3}{2}} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

$Q$  = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

$C = 1.84$  (para vertederos de cresta aguda)

$C = 2.00$  (para vertederos de perfil Creager)

$L$  = Longitud de la cresta (m)

$h$  = Carga sobre el vertedero (m)

Siendo el área hidráulica del vertedero:

$$A = Lh \quad (\text{Ecuación 2})$$

La velocidad por la ecuación de continuidad será:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{CLh^{3/2}}{Lh} = Ch^{1/2} \quad (\text{Ecuación 3})$$

La carga del vertedero será:

$$h = \left(\frac{v}{C}\right)^2 \quad (\text{Ecuación 4})$$

- Compuerta de lavado, su función es retirar la materia depositada en la base del fondo de la trampa de arena, que debe tener una pendiente pronunciada entre 2 y 6, es esencial para permitir que la arena se mueva, el incremento de la profundidad como producto de la pendiente no se incluye en el cálculo el tirante, tomando en consideración el volumen adicional como depósito de arenas sedimentadas. Es por ello la importancia de estudiar la cantidad y tamaño de los sedimentos para asegurar la capacidad del desarenador y evitar el lavado frecuente.

Por el contrario, la cámara trampa de arena debe limpiarse cerrando las compuertas de entrada y abriendo las compuertas de lavado para facilitar la descarga rápida del agua que extraerá los sedimentos (Villón, 2005).

- Canal directo, el desarenador se lava en poco tiempo, normalmente mediante un canal. El canal directo garantiza que la cámara trampa de arena se pueda secar sin provocar una suspensión del servicio por motivos de reparación o inspección (Villón, 2005).
- **Diseño hidráulico**
  - Cálculo del diámetro de las partículas a sedimentar; en los casos en los que se supone que se deben depositar partículas de mayor tamaño que la seleccionada. Cabe señalar que las partículas aceptadas en las centrales hidroeléctricas tienen un tamaño de 0,25 mm y en los sistemas de riego un tamaño de 0,50 mm. Las tablas siguientes ilustran el diámetro de las partículas en relación con la altura de caída y el tipo de turbina

Tabla 3. *El diámetro de las partículas en función de su altura de caída*

<b>Diámetro de partículas (mm) retenidas en el desarenador</b>	<b>Altura de caída (m)</b>
<b>0.6</b>	100 – 200
<b>0.5</b>	200 – 300
<b>0.3</b>	300 – 500
<b>0.1</b>	500 – 1000

Fuente: (Villón, 2005)

Tabla 4. *El tipo de turbina determina el diámetro de las partículas.*

<b>Diámetro de partículas (mm) a eliminar en el desarenador</b>	<b>Tipo de turbina</b>
<b>1 – 3</b>	Kaplan
<b>0.4 – 1</b>	Francis
<b>0.2 – 0.4</b>	Pelton

Fuente: (Villón, 2005)

- Cálculo de velocidad de flujo del tanque; cuando la velocidad de un desarenador es entre 0,20 y 0,60 m/s, se considera lenta. La elección de la velocidad puede ser arbitraria o utilizando la siguiente fórmula:

$$v = a\sqrt{d} \left(\frac{cm}{s}\right) \quad (\text{Ecuación 5})$$

Donde:

a = constante en función del diámetro

d = diámetro (mm)

En la tabla, se puede apreciar la constante de diámetro.

Tabla 5. Constante a medida que aumenta el diámetro

a	d (mm)
51	< 0.1
44	0.1 – 1
36	> 1

Fuente: (Villón, 2005)

- Cálculo de la velocidad de caída w (en aguas tranquilas); para este artículo existen diversas fórmulas, tablas, nomogramas donde se consideran: el peso específico del material a sedimentar  $\rho_s$ (gr/cm<sup>3</sup>) y el peso específico del agua turbia  $\rho_w$ (gr/cm<sup>3</sup>), es así que en este caso se utilizará la fórmula de Owens.

$$w = k\sqrt{d(\rho_s - 1)} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

w = velocidad de sedimentación (m/s)

d = diámetro de partículas (m)

$\rho_s$  = peso específico del material (gr/cm<sup>3</sup>)

k = constante que varía de acuerdo con la forma y naturaleza de los granos, según la tabla que se muestra a continuación.

Tabla 6. Valores de la constante  $k$ 

Forma y naturaleza	$k$
Arena esférica	9.35
Granos redondeados	8.25
Granos de cuarzo ( $d > 3\text{mm}$ )	6.12
Granos de cuarzo ( $d < 0.7\text{mm}$ )	1.28

Fuente: (Villón, 2005)

- Cálculo de las dimensiones del tanque
  - Se sugiere que las relaciones ignoren el impacto del flujo turbulento en la velocidad de sedimentación:

$$Q = bhv \rightarrow b = \frac{Q}{hv} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde

Q = Caudal

b = Ancho del Tanque

h = Altura

v = Velocidad de Flujo

Tiempo de caída:

$$w = \frac{h}{t} \rightarrow t = \frac{h}{w} \quad (\text{Ecuación 8})$$

Tiempo de sedimentación:

$$v = \frac{L}{t} \rightarrow t = \frac{L}{v} \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde se puede obtener:

$$\frac{h}{w} = \frac{L}{v} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Y se determina la longitud:

$$L = \frac{hv}{w} \quad (\text{Ecuación 11})$$

- Tomando en cuenta, que la turbulencia sufre pequeños retrasos, la velocidad de sedimentación es inferior o similar a  $w - w'$ , resaltando



$w'$  es la disminución de la velocidad a consecuencia de la turbulencia, de tal modo la ecuación 12 queda definida así:

$$L = \frac{hv}{w-w'} \quad (\text{Ecuación 12})$$

El coeficiente  $k$  se puede ajustar para tener en cuenta desarenadores de poca velocidad, dependiendo de las velocidades de escurrería en el tanque, y por ende utilizaremos la siguiente ecuación:

$$L = K \frac{hv}{w} \quad (\text{Ecuación 13})$$

Las siguientes tablas ilustran el coeficiente  $k$  para trampas de arena altas y bajas.

Tabla 7. *El coeficiente K de un desarenador de baja velocidad*

<b>Velocidad de escurrimiento (m/s)</b>	<b>K</b>
<b>0.20</b>	1.25
<b>0.30</b>	1.50
<b>0.50</b>	2.00

Fuente: (Villón, 2005)

Tabla 8. *El coeficiente K para un desarenador de alta velocidad*

<b>Dimensiones de las partículas a eliminar (mm)</b>	<b>K</b>
<b>1.00</b>	1.00
<b>0.50</b>	1.30
<b>0.25 – 0.30</b>	2.00

Fuente: (Villón, 2005)

El largo y ancho de los tanques se construyen a un costo más bajo, en cuanto al diseño se debe de adoptar la mínima profundidad practica; por ejemplo para velocidades entre 0.20 y 0.60m/s se puede asumir una profundidad entre 1.50 y 4.00m.

- Cálculo de la longitud de transición; la fórmula de Hind para el diseño se utilizará porque la eficiencia de la sedimentación depende de la uniformidad de la velocidad de la sección transversal de la transición:

$$L = \frac{T_1 - T_2}{2 \tan 22.5^\circ} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Donde

L = Longitud de transición (m)

T<sub>1</sub> = Espejo de agua del desarenador

T<sub>2</sub> = Espejo de agua del canal

- Cálculo de la longitud del vertedero; en la parte final de la cámara del desarenador se construye el vertedero por el cual pasa el agua limpia al canal, donde una velocidad baja genera menor turbulencia en el desarenador y se arrastran menos materiales en suspensión, en esta parte hidráulica se admite velocidades de hasta 1m/s con un límite de carga sobre el vertedero equivalente a  $h = 0.25\text{m}$ .

- Cálculo de L:

$$L = \frac{Q}{ch^{3/2}} \quad (\text{Ecuación 15})$$

- El cálculo de la longitud del vertedero utilizando el ángulo central  $\alpha$  y el radio R.

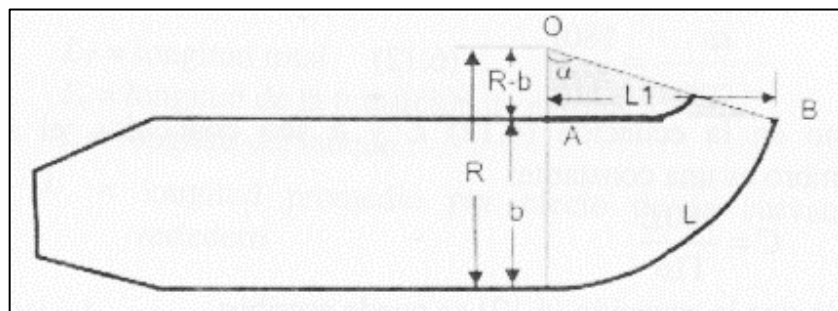


Figura 7. Esquema del tanque desarenador  
Fuente: (Villón, 2005)

- \* Cálculo de  $\alpha$ : La siguiente es la solución al problema, que implica encontrar la constante  $c$  usando las variables proporcionadas en la figura anterior.

$$C = \frac{180L}{\pi b} \quad (\text{Ecuación 16})$$

Por lo que la ecuación se puede escribir como:

$$C = \frac{\alpha}{1 - \cos \alpha} \quad (\text{Ecuación 17})$$

Y el valor de  $\alpha$ , se calcula a través de tanteos

- \* Cálculo de  $R$ : El problema se determina utilizando la fórmula siguiente.

$$R = \frac{180L}{\pi \alpha} \quad (\text{Ecuación 18})$$

- Calcular la proyección longitudinal del vertedero ( $L_1$ )

$$\sin \alpha = \frac{L_1}{R} \rightarrow L_1 = R \sin \alpha \quad (\text{Ecuación 19})$$

- Cálculo de la longitud promedio ( $\bar{L}$ )

$$\bar{L} = \frac{L + L_1}{2} \quad (\text{Ecuación 20})$$

- Cálculo de la longitud total del tanque desarenador

$$L_T = L_t + L + \bar{L} \quad (\text{Ecuación 21})$$

- o Cálculos complementarios

- Cálculo de la caída de fondo

$$\Delta Z = L * S \quad (\text{Ecuación 22})$$

Donde

$\Delta Z$  = Diferencia de cotas del fondo del desarenador

$$L = L_T - L_t$$

S = Pendiente del fondo del desarenador (2%)

- Cálculo de la profundidad del desarenador frente a la compuerta de lavado

$$H = h + \Delta Z \quad (\text{Ecuación 23})$$

Donde

H = Profundidad del desarenador frente a la compuerta de lavado

h = Profundidad de diseño del desarenador

$\Delta Z$  = Diferencia de cotas del fondo del desarenador

- Cálculo de la altura de cresta del vertedero con respecto al fondo

$$h_c = H - 0.25 \quad (\text{Ecuación 24})$$

Donde:

$h_c$  = Altura de la cresta del vertedero con respecto al fondo

H = Profundidad del desarenador frente a la compuerta de lavado

- Cálculo de las dimensiones de la compuerta de lavado

Suponiendo el área de una compuerta cuadrada de lado  $l$ , el área será

$A=l^2$ . La compuerta funciona como un orificio, utilizando la siguiente

ecuación:

$$Q = C_d * A_0 * \sqrt{2gh} \quad (\text{Ecuación 25})$$

Donde

Q = Caudal a descargar por el orificio

$C_d$  = Coeficiente de descarga = 0.60 para un orificio de pared delgada

$A_0$  = Área del orificio, en este caso es igual al área de la compuerta

h = carga sobre el orificio (desde la superficie del agua hasta el centro del orificio)

g = aceleración de la gravedad (9.81m/s<sup>2</sup>)

- Cálculo de la velocidad de salida

$$v = \frac{Q}{A_0}$$

Donde

$v$  = velocidad de salida por la compuerta (el cual debe ser de 3 a 5m/s y para el concreto la velocidad límite es de 6m/s)

$Q$  = Caudal a descargar por el orificio (Ecuación 26)

$A_0$  = Área del orificio, en este caso es igual al área de la compuerta

### C. Criterio de diseño de canales

El agua fluye a través de canales provocados por la gravedad y sin presión alguna, los cuales pueden ser naturales (ríos o arroyos) o artificiales (construidos por el hombre) debido a que la superficie del líquido está en contacto con la atmósfera (Villón, 2007).

- **Secciones transversales frecuentes**

Según la exposición a la atmósfera, la figura muestra las secciones transversales más frecuentes.

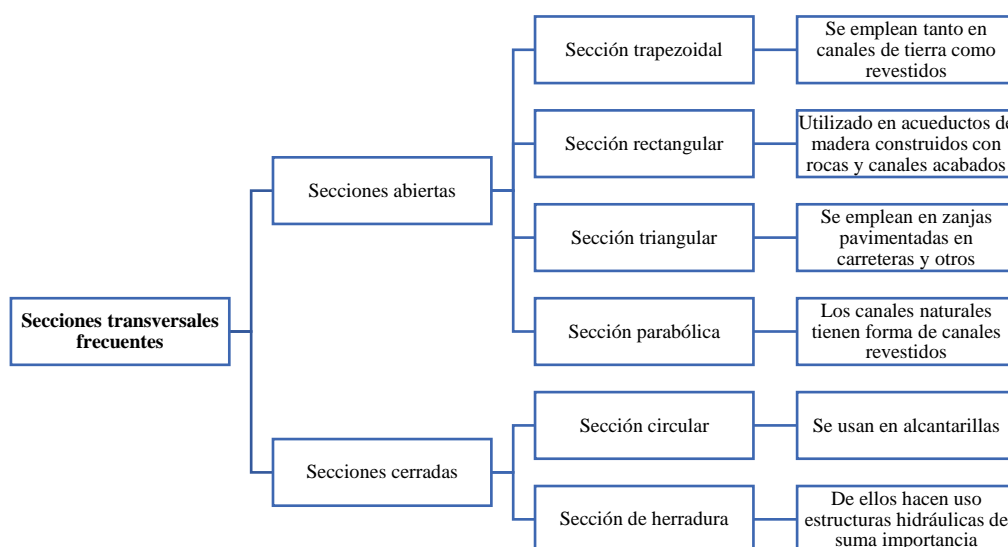


Figura 8. Secciones transversales frecuentes  
Fuente: (Villón, 2007)

- **Elementos geométricos de la sección transversal de un canal**

Los componentes geométricos de la sección transversal de un canal se muestran en la siguiente figura.

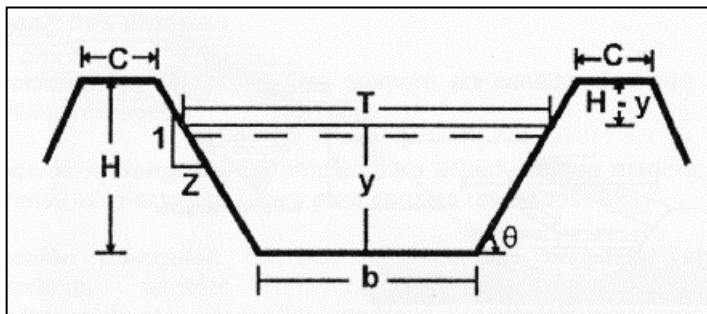


Figura 9. Elementos geométricos de la sección transversal de un canal  
Fuente: (Villón, 2007)

Donde:

$y$  = Tirante de agua, es la profundidad máxima del agua en el canal

$b$  = Ancho de solera, ancho de plantilla, o plantilla, es el ancho de la base de un canal

$T$  = Espejo de agua, es el ancho de la superficie libre del agua

$C$  = Ancho de corona

$H$  = Profundidad total del canal

$H-y$  = Bordo libre

$\theta$  = ángulo de inclinación de la paredes laterales con la horizontal

$Z$  = Talud, es la proporción de la proyección horizontal de la pared lateral (también conocida como talud de la pared lateral del canal). Por lo tanto, el valor de la proyección horizontal cuando la vertical es 1 es  $Z$ .

La relación de secciones transversales frecuentes, se puede observar en el Anexo 2.

- **Diseño de secciones hidráulicas**

El diseño del canal requiere la consideración de varios factores, incluido el tipo de material de revestimiento, el coeficiente de rugosidad, la velocidad máxima y mínima permitida y la pendiente del canal, pendientes y más La ecuación de Manning es la que se utiliza con mayor frecuencia, como se demuestra a continuación (Villón, 2007).

$$Q = \frac{1}{n} A * R^{2/3} * S^{1/2} \quad (\text{Ecuación 27})$$

Donde:

Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)

n = Coeficiente de rugosidad

A = Área (m<sup>2</sup>)

R = Radio hidráulico (área de la sección húmeda o perímetro húmedo)

S = Pendiente del canal

El coeficiente de rugosidad de los diferentes materiales de revestimiento se enumera en la siguiente tabla.

*Tabla 9. Valores n según el tipo de material*

<b>n</b>	<b>Superficie</b>
<b>0.010</b>	Muy lisa, vidrio, plástico, cobre
<b>0.011</b>	Concreto muy liso
<b>0.013</b>	Madera suave, metal, concreto frotachado
<b>0.017</b>	Canales de tierra en buenas condiciones
<b>0.020</b>	Canales naturales de tierra, libres de vegetación
<b>0.025</b>	Canales naturales con alguna vegetación y piedras esparcidas en el fondo
<b>0.035</b>	Canales naturales con abundante vegetación
<b>0.040</b>	Arroyos de montañas con muchas piedras

Fuente: (ANA - Autoridad Nacional del agua, 2010)

De manera similar, la Autoridad Nacional del Agua sugiere el uso de taludes en los canales para diferentes materiales.

*Tabla 10. Taludes recomendados para el tipo de material*

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

Fuente: (ANA - Autoridad Nacional del agua, 2010)

### 2.3. Definición de términos

- **Almacenamiento**

Depósito donde se almacena el agua, que proviene de las precipitaciones de la zona de estudio beneficiaria (Espinoza, y otros, 2019).

- **Aspersores**

Dispositivos mecánicos utilizados para distribuir agua en forma de pequeñas gotas, simulando la lluvia, sobre la superficie del suelo o los cultivos (Keller, y otros, 1990).

- **Captación**

Existe una variedad de sistemas de captación de agua pluvial para su recolección y almacenamiento, para que finalmente se utilice en un área específica. (Espinoza, y otros, 2019).

- **Cultivos**

Áreas de terreno dedicadas al cultivo de plantas, ya sea para la producción de alimentos, fibras u otros productos agrícolas (FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013).



- **Cunetas**

Canales pequeños a lo largo de las carreteras u otras superficies para recoger y dirigir el agua de lluvia lejos de la superficie y prevenir la erosión (United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, 2007).

- **Lluvia efectiva**

Porción de lluvia que se escurre superficialmente, equivalente a la cantidad de lluvia que queda en la superficie después de la infiltración, evaporación o almacenamiento en charcos (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006).

- **Precipitación**

Fenómeno atmosférico basado en el aporte del agua a la tierra en forma de lluvia, llovizna, nieve o granizo (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2006).

La tierra recoge y almacena agua tanto en forma sólida como líquida de la atmósfera (Real Academia Española, 2005).

- **Riego**

Es necesario mejorar el riego de las plantas para promover su crecimiento y desarrollo, particularmente en áreas con precipitaciones insuficientes, particularmente en regiones secas (Merriam, y otros, 1978).

- **Sistema de conducción**

Infraestructura que permite transportar el agua desde la fuente hasta el área de riego. Puede incluir canales, tuberías u otros dispositivos de conducción (Wurbs, y otros, 2002).

- **Sistema de distribución**

Red de canales o tuberías que distribuyen el agua dentro del área de cultivo para garantizar una cobertura uniforme (Troeh, y otros, 2004).

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

La relación entre la captación de agua y el sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021, es directa.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- La relación entre la captación de agua pluvial y el diseño agronómico del sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021, es directamente proporcional.
- La relación entre la captación de agua pluvial y el diseño hidráulico del sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021, es directamente proporcional.

## **2.5. Variables**

### **2.5.1. Variable 1**

#### **Captación de agua pluvial**

El agua de esorrentía, generada por las lluvias primaverales y el agua de las vertientes, se puede recolectar capturándola en pequeñas microcuencas con pendientes variables (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 2000).

## **2.5.2. Variable 2**

### **Sistema de riego**

El uso de un sistema de riego puede administrar la cantidad de agua disponible favorablemente, pero se debe considerar cuidadosamente antes del diseño para garantizar su idoneidad, poniéndose énfasis al tipo de vegetación a irrigar y la distribución del agua, garantizando la alta productividad en beneficio de los productores agrícolas de la zona (Ambientum, 2019).

La siguiente tabla ilustra la forma como operacionalizan las variables

Tabla 11. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD	INSTRUMENTOS
<b>Variable 1: Captación de agua pluvial</b>	El agua de escorrentía, generada por las lluvias primaverales y el agua de las vertientes, se puede recolectar capturándola en pequeñas microcuencas con pendientes variables (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe, 2000).	La variable de captación de agua pluvial se operacionaliza con el estudio hidrológico e hidráulico del área de estudio, en lo referente a la escorrentía que discurre a las cunetas ambos lados de la vía para captarla y dirigirla a un desarenador y finalmente almacenarla en un reservorio.	Estudio hidrológico	Pluviometría	mm	Pluviómetro
				Clima	Glb.	Registro SENAMHI
				Caudal	m <sup>3</sup> /s	Cálculo hidrológico
			Estudio hidráulico	Caudal máximo	m <sup>3</sup> /s	Cálculo hidráulico
				Caudal medio	m <sup>3</sup> /s	Cálculo hidráulico
				Caudal mínimo	m <sup>3</sup> /s	Cálculo hidráulico
<b>Variable 2: Sistema de riego</b>	El uso de un sistema de riego puede administrar la cantidad de agua disponible favorablemente, pero se debe considerar cuidadosamente antes del diseño para garantizar su idoneidad, poniéndose énfasis al tipo de vegetación a irrigar y la distribución del agua, garantizando la alta productividad en beneficio de los productores agrícolas de la zona (Ambientum, 2019).	La variable de sistema de riego se operacionaliza con el diseño agronómico que se enfoca en abastecer de agua a los cultivos según la necesidad hídrica, del mismo modo se operacionaliza con el diseño hidráulico el cual tiene que ver con las secciones del canal de conducción y las tuberías de distribución para el sistema de riego por aspersión.	Diseño agronómico	Cálculo de necesidad hídrica	m <sup>3</sup>	Hojas de cálculo
				Cálculo de parámetros de riego	mm	Hojas de cálculo
			Diseño hidráulico	Caudal	m <sup>3</sup> /s	Hojas de cálculo
				Velocidad del agua	m/s	Hojas de cálculo
				Sección de conductos	m <sup>2</sup>	Hojas de cálculo
				Presión de agua	m <sup>3</sup> /s	Hojas de cálculo

Fuente: Elaboración propia

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1. Método de investigación**

Según Sánchez y Reyes (2014), afirma que el enfoque es un método de investigación para abordar un conjunto de problemas que desconocemos y es el enfoque sistemático de utilizar el razonamiento reflexivo, que incluye la resolución de cuestiones sociales inexploradas.

La investigación es una respuesta al método científico debido al desarrollo sistemático y organizado de información y resultados necesarios para crear una teoría científica innovadora.

### **3.2. Tipo de investigación**

Conforme a El Peruano (2015), la aplicación del conocimiento en la investigación aplicada tiene como objetivo beneficiar a un grupo particular de personas

Por este motivo, en la investigación esta enfocada principalmente a diseñar una captación del agua pluvial y el diseño del sistema de riego; para el cual se aplicarán los conocimientos en captación de agua pluvial, donde se hará uso de la normativa para los estudios básicos, diseño hidrológico, hidráulico y estructural, del mismo modo se emplearán programas de apoyo como el H-Canales para el diseño del canal de conducción y para el diseño del sistema de riego, que en este caso se propone el riego por aspersión y por goteo.

### **3.3. Nivel de investigación**

Hernández, Fernández y Baptista (2014) sostienen que, la investigación correlacional establece un vínculo causal entre variables y un patrón predeterminado para un grupo o población. De ese modo, la interrelación que va tomar lugar dentro de la investigación es entre la captación de agua pluvial el sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas, Concepción.

### **3.4. Diseño de investigación**

De acuerdo a Orellana (2014), el investigador no puede manipular las variables en el diseño no experimental, que sólo observa los fenómenos en su estado natural o de laboratorio El alcance del estudio y la recolección de datos son transversales, ya que la recolección de datos se realiza en un momento específico.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

De acuerdo a Castro (2016), la población es el conjunto de factores que constituyen la realidad que se va a examinar. La cuenca del río Cunas, ubicada en el departamento de Junín, es la población que se examina en la investigación

#### **3.5.2. Muestra**

Conforme a Castro (2016), la muestra es un constituyente de la población elegido mediante una variedad de métodos. Por consiguiente, la muestra de la investigación es no probabilística, ya que se trabajó con la información topográfica, hidrológica e hidráulica del sector de la desembocadura del río Cunas, cerca al distrito Manzanares, provincia de Concepción, en una superficie de 90 ha de terrenos agrícolas. Ya que se observó la necesidad de captar el agua pluvial o también conocido como agua de lluvia y el uso del recurso para el sistema de riego en áreas de cultivo de la zona de estudio.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Técnicas**

**A. Observación directa:** La observación es una técnica que consiste en determinar las propiedades mediante la percepción al momento de la toma de datos; en ese sentido esta técnica tuvo mayor relevancia cuando se realizó la visita a campo y se discutió en función a los resultados obtenidos de la investigación.

**B. Análisis de documentos:** Consiste en recopilar información bibliográfica, el cual puede ser en material físico o digital, los datos obtenidos se utilizaron para elaborar una metodología que permita la organización de dicha información, así como también para realizar el procesamiento de datos que se obtengan.

**C. Trabajo en gabinete:** Consiste en el procesamiento de datos, propiamente dicho en gabinete, el cual procedió con el ordenamiento de los datos de la estación pluviométrica, posteriormente se realizarán las estimaciones del caudal para diferentes periodos de retorno y seguidamente el diseño del sistema de riego.

### 3.6.2. Instrumentos

Para Mendoza (2014) “Los instrumentos son aquellos mecanismos de registro que utiliza el investigador para recolectar la información obtenida en la zona estudiada”

Se utilizaron fichas de recolección de información para categorizar variables, dimensiones e indicadores de la investigación

### 3.6.3. Validez

Según Ospino (2004), La medida de una variable está determinada por el grado en que el instrumento destinado a medir su valor se conoce como su validez en la investigación

La magnitud del coeficiente de validez se deduce de la siguiente tabla.

Tabla 12. *Escalas de validez*

<b>RANGOS</b>	<b>MAGNITUDES</b>
0.81 a 1.00	Muy alta
0.61 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.01 a 0.20	Muy Baja

Fuente: (Ruiz, 2002)

## 3.8. Técnicas de procesamiento de datos

La información se clasificó en función de las tareas realizadas en la oficina y en el campo y luego se presentó en el informe final de la investigación. Para lograr esto se empleó un software particular, como cropwat. La investigación utilizó MS excel para el



procesamiento de datos para crear matrices de tabulación, tablas y gráficos que faciliten la comprensión de los datos obtenidos.

### **3.9. Validación de instrumentos de recolección de datos**

La ficha de validez se adjunta en el anexo 3.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. Descripción del diseño tecnológico**

##### **4.1.1. Caudal de captación**

El cálculo de caudal de captación requiere calcular la escorrentía superficial en la zona de estudio. Por lo que, se calculó la escorrentía superficial con la diferencia de la precipitación total mensual y la evapotranspiración potencial con el método de Penman – Monteith. La figura, muestra el cálculo de la evapotranspiración potencial en el distrito de Manzanares tras el ingreso de datos al programa Cropwat. Seguidamente se muestra la tabla con el cálculo de escorrentía superficial en la zona de estudio.

Month	Min Temp °C	Max Temp °C	Humidity %	Wind km/day	Sun hours	Rad MJ/m <sup>2</sup> /day	ETo mm/day
January	7.0	20.0	68	176	12.7	30.2	5.12
February	7.1	19.3	70	172	12.5	29.8	4.96
March	6.1	19.1	69	156	12.1	28.2	4.62
April	5.2	19.9	66	153	11.8	25.5	4.23
May	2.8	20.6	60	153	11.6	22.8	3.85
June	1.0	20.3	58	170	11.4	21.3	3.61
July	0.4	20.1	56	198	11.5	21.9	3.80
August	1.9	20.9	55	198	11.7	24.3	4.29
September	4.5	20.9	57	202	12.0	27.1	4.80
October	5.7	21.1	59	191	12.4	29.1	5.18
November	5.6	21.8	57	205	12.7	30.0	5.49
December	6.6	20.3	64	191	12.8	30.2	5.23
<b>Average</b>	<b>4.5</b>	<b>20.4</b>	<b>62</b>	<b>180</b>	<b>12.1</b>	<b>26.7</b>	<b>4.60</b>

Figura 10. Evapotranspiración potencial en Manzanares

Tabla 13. Escorrentía superficial en Manzanares

Mes	Precipitación total (mm)	ETO/ETP	R (Escorrentía superficial)
<b>Enero</b>	119	5.12	114.23
<b>Febrero</b>	117	4.96	112.51
<b>Marzo</b>	104	4.62	99.04
<b>Abril</b>	51	4.23	47.18
<b>Mayo</b>	17	3.85	12.93
<b>Junio</b>	7	3.61	2.93
<b>Julio</b>	8	3.80	4.59
<b>Agosto</b>	11	4.29	6.73
<b>Setiembre</b>	41	4.80	35.83
<b>Octubre</b>	58	5.18	52.59
<b>Noviembre</b>	58	5.49	52.02
<b>Diciembre</b>	112	5.23	106.78

Fuente: (SENAMHI)

En cuanto a los datos de precipitación total, estos provienen del registro de precipitaciones del año 2000 a 2021 correspondiente a la estación de Huayao. Cuyos registros se adjuntan en el anexo 4.

Con la finalidad de obtener el caudal que escurre en las cunetas del distrito de Manzanares, se realizaron las conversiones para expresar la escorrentía de mm a m<sup>3</sup>/s. Tal como se muestra en la siguiente tabla.

*Tabla 14. Caudal en cunetas de Manzanares*

<b>Mes</b>	<b>R (Escorrentía superficial)</b>	<b>Días al mes</b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/día)</b>	<b>Q (m<sup>3</sup>/s)</b>
<b>Enero</b>	114.23	31.0	36.85	0.000427
<b>Febrero</b>	112.51	28.0	40.18	0.000465
<b>Marzo</b>	99.04	31.0	31.95	0.000370
<b>Abril</b>	47.18	30.0	15.73	0.000182
<b>Mayo</b>	12.93	31.0	4.17	0.000048
<b>Junio</b>	2.93	30.0	0.98	0.000011
<b>Julio</b>	4.59	31.0	1.48	0.000017
<b>Agosto</b>	6.73	31.0	2.17	0.000025
<b>Setiembre</b>	35.83	30.0	11.94	0.000138
<b>Octubre</b>	52.59	31.0	16.96	0.000196
<b>Noviembre</b>	52.02	30.0	17.34	0.000201
<b>Diciembre</b>	106.78	31.0	34.44	0.000399

De la relación de caudales en cada mes, se determinó el caudal máximo, mínimo y promedio, la tabla proporciona una explicación detallada.

*Tabla 15. Caudal máximo, mínimo y promedio en Manzanares*

<b>Caudal máximo</b>	0.000465	m <sup>3</sup> /s
<b>Caudal mínimo</b>	0.000011	m <sup>3</sup> /s
<b>Caudal promedio</b>	0.000207	m <sup>3</sup> /s

Conforme a la relación de caudales, se optó por considerar el caudal máximo (0.000465 m<sup>3</sup>/s) que escurre en las cunetas de ambas márgenes de la vía en el distrito de Manzanares. La sección de las cunetas, se muestran en las siguientes figuras.

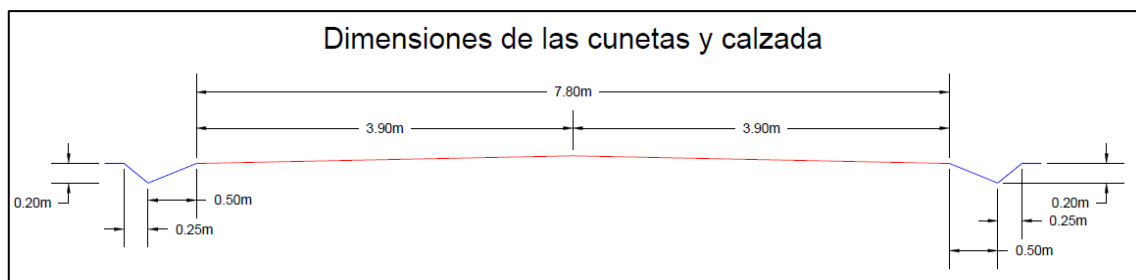


Figura 11. Sección de cunetas en Manzanares, diseño



Figura 12. Sección de cunetas en Manzanares

Se empleó el programa HEC RAS para replicar la sección de la cuenta y agregar detalles a las cunetas. La figura indica la parte de la acequia donde el nivel del agua es de 0,06 m; teniendo en cuenta que es la misma sección en ambos lados de la vía. La tabla de resultados del programa HEC RAS, que describe varias características como nivel o

profundidad del agua, área de la sección húmeda y pendiente energética, se incluye en el anexo 5

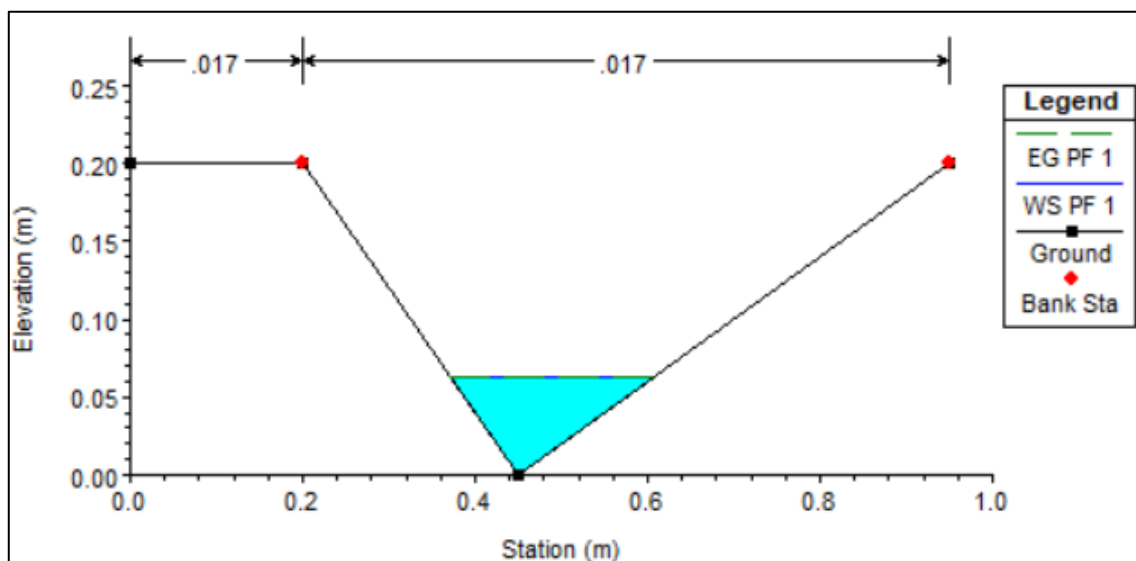


Figura 13. Sección y nivel de agua de cunetas en Manzanares

Para culminar, el caudal de captación se detalla el diseño del desarenador para ambos lados de la vía en el distrito de Manzanares. En las figuras, se muestra la transición de entrada y salida del desarenador, así como la nave del desarenador.

#### Transición de Entrada y Salida

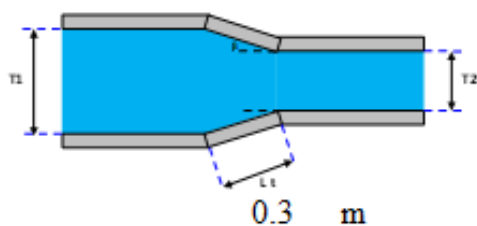


Figura 14. Transición de entrada y salida al desarenador

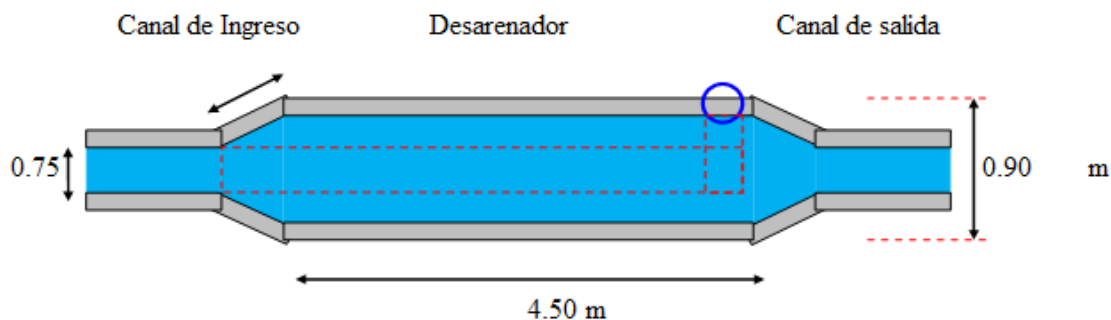


Figura 15. Nave de desarenador en Manzanares

En el anexo 6, se adjuntan los detalles del cálculo de diseño para las naves de desarenadores en ambos lados de la vía.

#### 4.1.2. Diseño de sistema de riego

El diseño de sistema de riego, también requirió la información climática de Manzanares, para el cálculo de la evapotranspiración potencial  $E_{to}$  y la lluvia efectiva. Tal como se muestra en las siguientes figuras.

Country	Perú	Station	Huayao				
Altitude	3360 m.	Latitude	12.04 °S				
		Longitude	75.34 °W				
Month	Min Temp	Max Temp	Humidity	Wind	Sun	Rad	$E_{To}$
	°C	°C	%	km/day	hours	MJ/m <sup>2</sup> /day	mm/day
January	7.0	20.0	68	176	12.7	30.2	5.12
February	7.1	19.3	70	172	12.5	29.8	4.96
March	6.1	19.1	69	156	12.1	28.2	4.62
April	5.2	19.9	66	153	11.8	25.5	4.23
May	2.8	20.6	60	153	11.6	22.8	3.85
June	1.0	20.3	58	170	11.4	21.3	3.61
July	0.4	20.1	56	198	11.5	21.9	3.80
August	1.9	20.9	55	198	11.7	24.3	4.29
September	4.5	20.9	57	202	12.0	27.1	4.80
October	5.7	21.1	59	191	12.4	29.1	5.18
November	5.6	21.8	57	205	12.7	30.0	5.49
December	6.6	20.3	64	191	12.8	30.2	5.23
<b>Average</b>	<b>4.5</b>	<b>20.4</b>	<b>62</b>	<b>180</b>	<b>12.1</b>	<b>26.7</b>	<b>4.60</b>

Figura 16. Evapotranspiración potencial de Manzanares

Station		Eff. rain method	
Huayao		USDA S.C. Method	
	Rain	Eff rain	
	mm	mm	
January	20.4	19.7	
February	24.3	23.4	
March	19.5	18.9	
April	5.4	5.4	
May	1.3	1.3	
June	1.0	1.0	
July	1.0	1.0	
August	1.2	1.2	
September	3.7	3.7	
October	8.8	8.7	
November	9.7	9.5	
December	16.0	15.6	
<b>Total</b>	<b>112.3</b>	<b>109.3</b>	

Figura 17. Lluvia efectiva en Manzanares

De la misma forma, se recolectó la información del área de siembra para los diferentes cultivos de la zona, donde se encontraron 10 cultivos frecuentes en Manzanares. En la siguiente tabla, se puede apreciar el área de cada cultivo en Manzanares con un total de 352 Ha y la superficie neta total que se propone en la investigación con un total de 90 Ha. Cabe resaltar que la identificación de los 10 cultivos frecuentes se contrastó con la información obtenida de los agricultores en el sector.

Tabla 16. Áreas de cultivo en Manzanares

Área total		Propuesta de investigación	
Cultivo	Área (ha)	Cultivo	Área (ha)
Maíz	53	Maíz	13
Papa	69	Papa	15
Quinoa	42	Quinoa	13
Ajo	36	Ajo	9
Alfalfa	67	Alfalfa	17
Habas	13	Habas	4
Arveja	13	Arveja	4
Cebada	21	Cebada	5
Trigo	28	Trigo	7
Avena	10	Avena	3
<b>Área Total</b>	<b>352</b>	<b>Área Total</b>	<b>90</b>



De acuerdo con el área de cultivo propuesto en la investigación, se estimó el área de cultivo con lluvia y con riego de aspersion, tal como se muestra en la siguiente tabla.

*Tabla 17. Áreas de cultivo con lluvia y riego en Manzanares*

<b>Cultivo con lluvias</b>	<b>Has.</b>	<b>Cultivo con riego</b>	<b>Has.</b>	<b>Total</b>
Maíz	7.00	Maíz	6.00	13
Papa	8.00	Papa	7.00	15
Quinoa	8.00	Quinoa	5.00	13
Ajo	5.00	Ajo	4.00	9
Alfalfa	9.00	Alfalfa	8.00	17
Habas	2.00	Habas	2.00	4
Arveja	2.00	Arveja	2.00	4
Cebada	3.00	Cebada	2.00	5
Trigo	4.00	Trigo	3.00	7
Avena	2.00	Avena	1.00	3
<b>Total</b>	<b>50.00</b>	<b>Total</b>	<b>40.00</b>	<b>90</b>

Las siguientes tablas detallan el requerimiento de agua para de cada cultivo y para cada mes, respectivamente. Para el cual se debe mencionar que, el proceso de diseño agronómico, véase también el anexo 7.

*Tabla 18. Requerimiento de agua para cada cultivo*

<b>Cultivos</b>	<b>Demanda de agua</b>		
	<b>mm/día</b>	<b>m3/s</b>	<b>L/s</b>
Maíz	1.03	0.000119	0.119
Papa	1.71	0.000198	0.198
Quinoa	0.86	0.000100	0.100
Ajo	0.46	0.000054	0.054
Alfalfa	2.16	0.000250	0.250
Habas	0.26	0.000030	0.030
Arveja	0.15	0.000017	0.017
Cebada	-0.40	-0.000046	-0.046
Trigo	0.52	0.000060	0.060
Avena	-0.04	-0.000005	-0.005

Tabla 19. Requerimiento de agua mensual

Meses	Requerimiento de agua (m <sup>3</sup> /s)	Requerimiento de agua (L/s)
<b>Enero</b>	-0.000261	-0.261
<b>Febrero</b>	-0.000572	-0.572
<b>Marzo</b>	-0.000379	-0.379
<b>Abril</b>	0.000099	0.099
<b>Mayo</b>	0.000297	0.297
<b>Junio</b>	0.000406	0.406
<b>Julio</b>	0.000532	0.532
<b>Agosto</b>	0.000642	0.642
<b>Setiembre</b>	0.000530	0.530
<b>Octubre</b>	0.000378	0.378
<b>Noviembre</b>	0.000124	0.124
<b>Diciembre</b>	-0.000140	-0.140

Para terminar el diseño de riego, en las siguientes tablas se adjuntan las características del aspersor seleccionado y así como la longitud de tuberías del sistema de riego para cada lado (margen) de la vía de Manzanares. La ficha técnica del aspersor 2045A Maxi-Paw, el cual se acompañará de un vástago para un mayor alcance del agua en forma de lluvia sobre los cultivos, se adjuntan en el anexo 8. De igual forma, el anexo 9 contiene los lineamientos de diseño para sistemas de riego por aspersión

Tabla 20. Características del aspersor

Características	Unidad	Cantidad
<b>Aspersor Maxi-Paw</b>		
<b>Presión</b>	bar	2
<b>Radio</b>	m	11.9
<b>Caudal</b>	m <sup>3</sup> /h	1.01
<b>Precipitación</b>	mm/h	14 - 16
<b>Boquilla</b>		10

Conforme a la selección del aspersor, se calculó el número de laterales, longitud de laterales, separación entre laterales y el número de aspersores para las superficies de cultivos en el lado derecho e izquierdo de la vía, las siguientes tablas demuestran los elementos

Tabla 21. Distribución de laterales y aspersores en el lado derecho de la vía

Superficie de riego	50	ha
Longitud de laterales	476	m
Separación entre laterales	17.85	m
Número de laterales	59	und
Número de aspersores	28	und

Tabla 22. Distribución de laterales y aspersores en el lado izquierdo de la vía

Superficie de riego	50	ha
Longitud de laterales	376	m
Separación entre laterales	17.85	m
Número de laterales	60	und
Número de aspersores	22	und

Las siguientes tablas describen el resumen de las principales características para el diseño de riego por aspersión en ambos lados de la vía.

Tabla 23. Diseño de riego por aspersión, lado derecho

Características	Unidad	Cantidad
<b>Succión</b>		
Long. Tubería (D=2")	m	2.26
Pérdida por succión	m	1.404
<b>Descarga</b>		
Long. Tubería (D=3 1/2")	m	29060
Pérdida por descarga		24.321
<b>Selección de bomba</b>		
Potencia	HP	0.5

Tabla 24. Diseño de riego por aspersión, lado izquierdo

Características	Unidad	Cantidad
<b>Succión</b>		
Long. Tubería (D=2")	m	2.26
Pérdida por succión	m	1.404
<b>Descarga</b>		
Long. Tubería (D=3 1/2")	m	23536
Pérdida por descarga		24.054
<b>Selección de bomba</b>		
Potencia	HP	0.5

Las siguientes figuras, muestran las distribuciones de los aspersores en la superficie de riego para los lados derecho e izquierdo de la vía en Manzanares y los detalles del sistema de riego por aspersión se detallan en el plano incluido en el anexo 10.

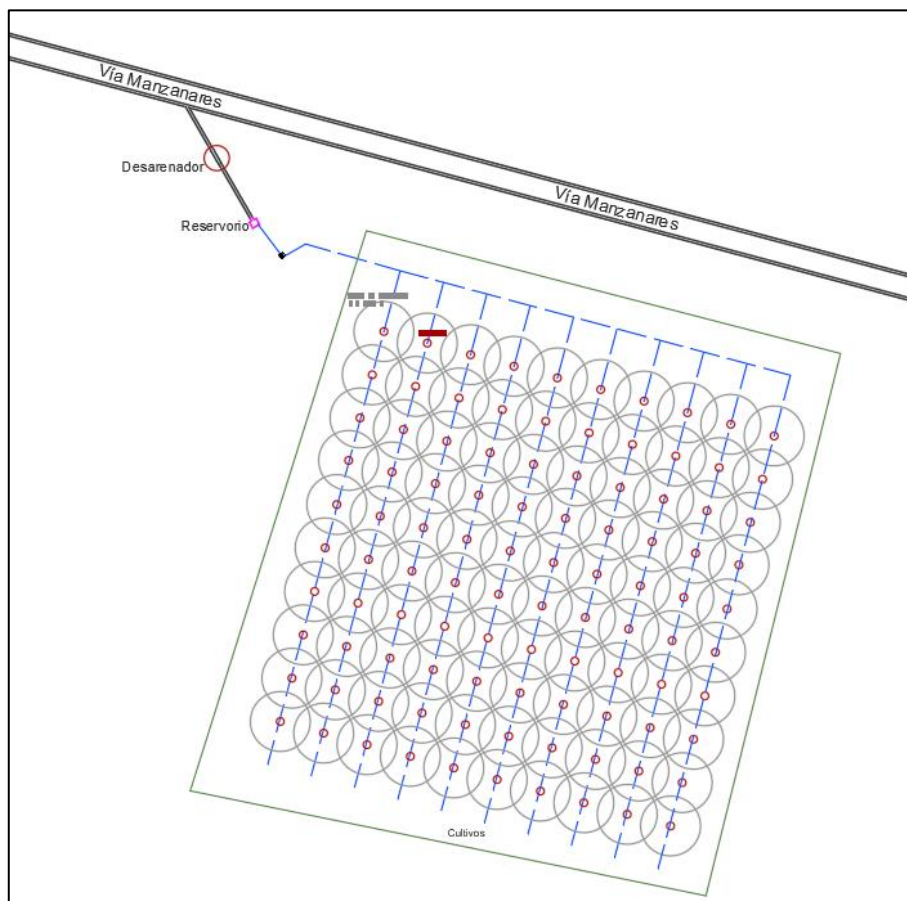


Figura 18. Diseño de riego en el lado derecho

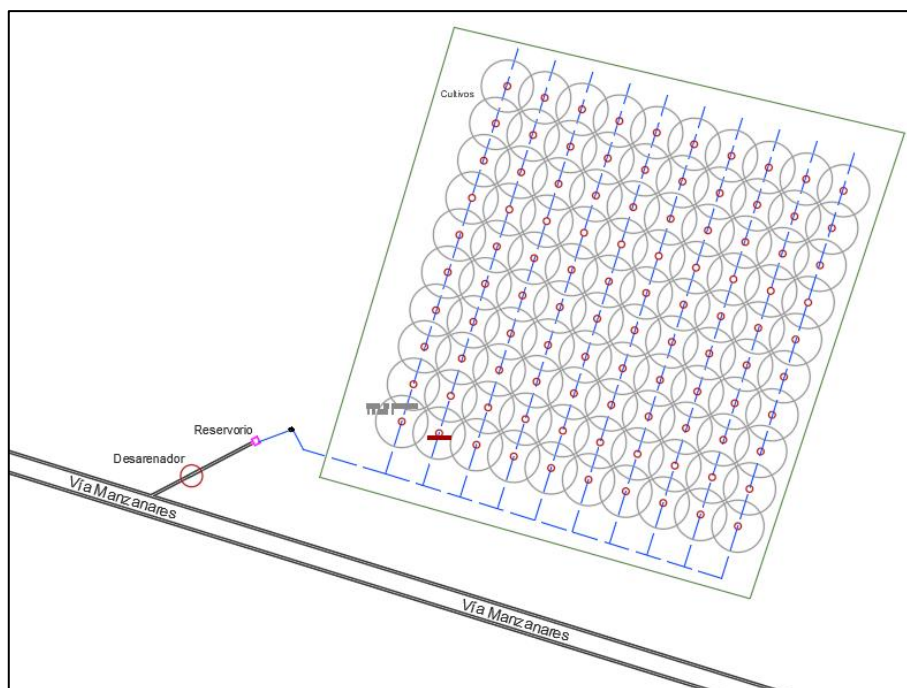


Figura 19. Diseño de riego en el lado izquierdo

## 4.2. Presentación de resultados

### 4.2.1. Captación de agua pluvial y diseño agronómico del sistema de riego

La tabla muestra los resultados la captación de agua pluvial y el requerimiento para el diseño agronómico en mm de lámina de agua.

Tabla 25. Captación y requerimiento agronómico

Mes	Captación (mm)	Requerimiento agronómico (mm)
<b>Enero</b>	114.23	144.66
<b>Febrero</b>	112.51	130.27
<b>Marzo</b>	99.04	112.79
<b>Abril</b>	47.18	73.32
<b>Mayo</b>	12.93	72.61
<b>Junio</b>	2.93	88.91
<b>Julio</b>	4.59	116.77
<b>Agosto</b>	6.73	140.97
<b>Setiembre</b>	35.83	140.11
<b>Octubre</b>	52.59	162.96
<b>Noviembre</b>	52.02	119.14
<b>Diciembre</b>	106.78	127.87

La representación gráfica de los resultados descritos en la tabla anterior, se muestran en la siguiente figura.

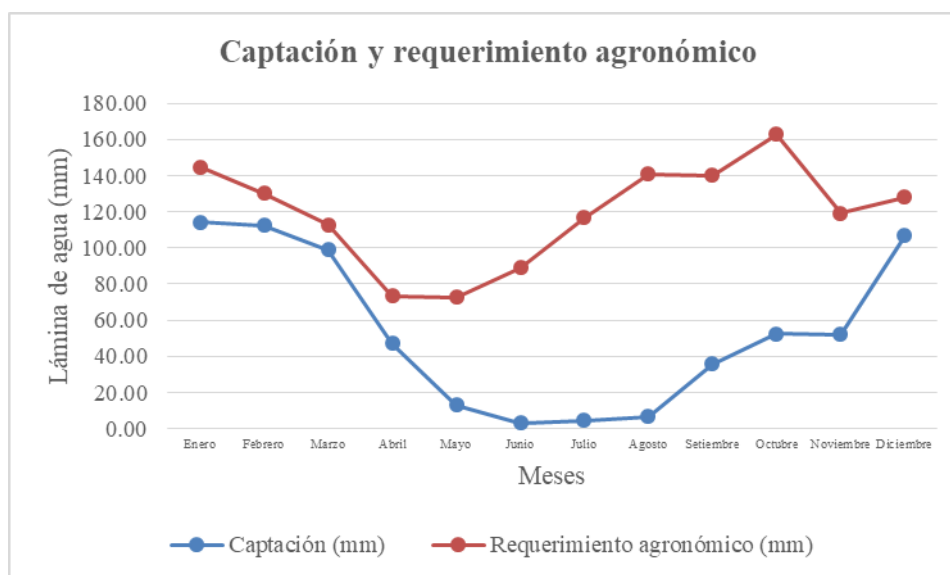


Figura 20. Captación y requerimiento agronómico

#### 4.2.2. Captación de agua pluvial y diseño hidráulico del sistema de riego

La tabla muestra los resultados la captación de agua pluvial y el requerimiento para el diseño hidráulico en mm de lámina de agua.

Tabla 26. Captación y requerimiento hidráulico

Mes	Captación (mm)	Requerimiento hidráulico (mm)
<b>Enero</b>	114.23	-69.79
<b>Febrero</b>	112.51	-138.31
<b>Marzo</b>	99.04	-101.62
<b>Abril</b>	47.18	25.76
<b>Mayo</b>	12.93	79.48
<b>Junio</b>	2.93	105.22
<b>Julio</b>	4.59	142.36
<b>Agosto</b>	6.73	171.96
<b>Setiembre</b>	35.83	137.48
<b>Octubre</b>	52.59	101.28
<b>Noviembre</b>	52.02	32.19
<b>Diciembre</b>	106.78	-37.51

La representación gráfica de los resultados descritos en la tabla anterior, se muestran en la siguiente figura.

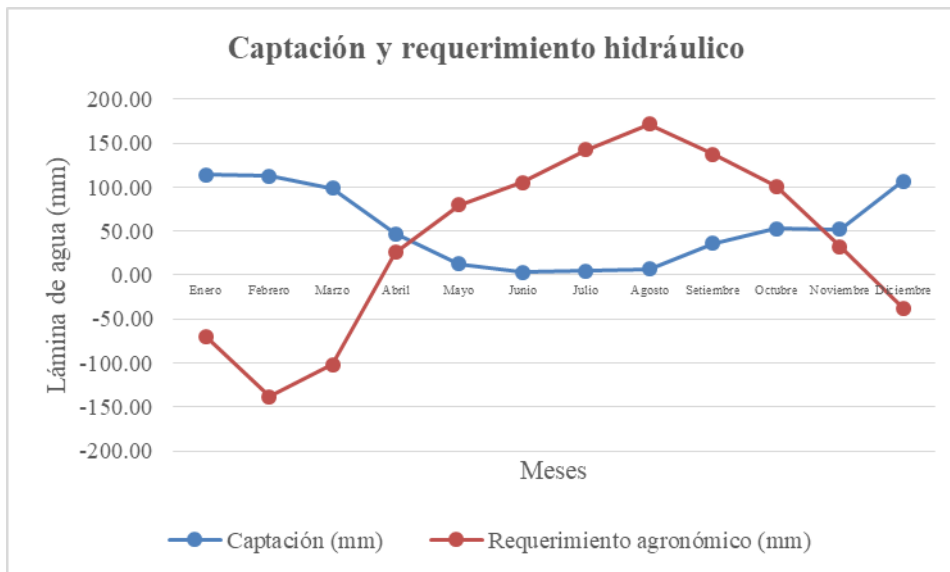


Figura 21. Captación y requerimiento hidráulico

### 4.3. Prueba de hipótesis

#### 4.3.1. Captación de agua pluvial y diseño agronómico del sistema de riego

La prueba de hipótesis se realizó utilizando la distribución normal de los resultados enumerados en la tabla 25. Para el cual se empleó el SPSS y del cual se obtuvo la siguiente tabla de normalidad, con las siguientes hipótesis a comprobar.

*H<sub>0</sub>: Los datos presentan distribución normal*

*H<sub>a</sub>: Los datos no presentan distribución normal*

Tabla 27. Prueba de normalidad, captación de agua pluvial y diseño agronómico

	Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
<b>Captación</b>	.181	12	.200*	.867	12	.061	
<b>Requerim.agronomico</b>	.161	12	.200*	.934	12	.428	

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

De acuerdo con la tabla adjunta, con un intervalo de confianza del 95% se consideraron los resultados obtenidos en la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk ya que la cantidad de datos fue menor a 50. Por lo que los valores fueron superiores a 0.05 (nivel de significancia: 0.061 y 0.428 para los datos de captación y requerimiento agronómico respectivamente) y señalan que existe una distribución normal de los datos, de esta forma se acepta la hipótesis nula, por lo que se pueden emplear pruebas paramétricas, ya que además la escala de medición de los datos obtenidos corresponde a la escala de razón.

La prueba de hipótesis responde a evaluar el nivel de relación entre la captación de agua pluvial y el diseño agronómico del sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas, en Concepción. Las siguientes hipótesis se probaron utilizando la correlación de Pearson.

*H<sub>0</sub>: La relación entre la captación de agua pluvial y diseño agronómico es directa.*

*H<sub>a</sub>: La relación entre la captación de agua pluvial y el diseño agronómico es indirecta.*

Por lo cual, las siguientes tablas ilustran los datos de regresión y el análisis de varianza de la regresión ejecutada en MS Excel.

*Tabla 28. Estadística de regresión, diseño agronómico*

<b><i>Estadísticas de la regresión</i></b>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.347
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.120
R <sup>2</sup> ajustado	0.032
Error típico	27.997
Observaciones	12



Tabla 29. Análisis de varianza, diseño agronómico

	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Valor crítico de F</b>
Regresión	1	1073.305	1073.305	1.369	0.269
Residuos	10	7838.131	783.813		
Total	11	8911.436			

De la estadística de regresión, se obtuvo el coeficiente de correlación múltiple de 0.347 que señala una correlación positiva baja entre la captación de agua pluvial y el diseño agronómico. Del análisis de varianza, se consideró el valor crítico de F de 0.269 que es mayor a 0.5; por lo que se acepta la hipótesis alterna de que la relación entre la captación y el diseño del sistema de riego agronómico es indirecta. Esto debido a la dispersión de los datos de lámina de agua para captación pluvial y riego agronómico. Por lo tanto, utilizamos diagramas de dispersión para identificar la función apropiada para la distribución de los datos obtenidos, como se ilustra en la figura

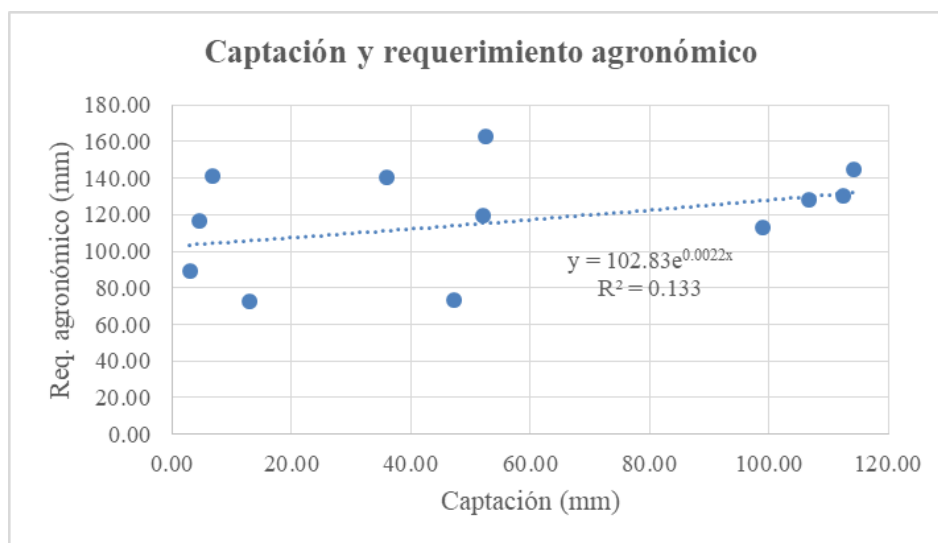


Figura 22. Captación y diseño agronómico, función exponencial

La distribución de los datos de la hoja de agua en la cuenca y el diseño agronómico se explica por la función exponencial que se muestra. Donde se deduce que el 13.3% de la lámina de agua para el diseño agronómico depende de la lámina de captación de agua pluvial.

### 4.3.2. Captación de agua pluvial y diseño hidráulico del sistema de riego

Para llevar a cabo la prueba de hipótesis, se realizó la distribución normal de los resultados adjuntos en la tabla 26. Para el cual se empleó el SPSS y del cual se obtuvo la siguiente tabla de normalidad, con las siguientes hipótesis a comprobar.

*H0: Los datos presentan distribución normal*

*Ha: Los datos no presentan distribución normal*

*Tabla 30. Prueba de normalidad, captación de agua pluvial y diseño hidráulico*

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>Captación</b>	.181	12	.200*	.867	12	.061
<b>Requerim.hidraulico</b>	.158	12	.200*	.934	12	.428

De acuerdo con la tabla adjunta, con un intervalo de confianza del 95% se consideraron los resultados obtenidos en la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk ya que la cantidad de datos fue menor a 50. Por lo que los valores fueron superiores a 0.05 (nivel de significancia: 0.061 y 0.428 para los datos de captación y requerimiento agronómico respectivamente) y señalan que existe una distribución normal de los datos, de esta forma se acepta la hipótesis nula, por lo que se pueden emplear pruebas paramétricas.

La prueba de hipótesis está diseñada para establecer la conexión entre la captación del agua de lluvia y el diseño hidráulico del sistema de riego en la zona de la desembocadura del río Cunas, en Concepción. Las siguientes hipótesis se probaron utilizando la correlación de Pearson.

*H0: La relación entre la captación de agua pluvial y diseño hidráulico es directa.*

*Ha: La relación entre la captación de agua pluvial y el diseño hidráulico es indirecta.*

Por lo cual, en las siguientes tablas se adjuntan la estadística de regresión y análisis de varianza de la regresión realizada en Ms – Excel.

*Tabla 31. Estadística de regresión, diseño hidráulico*

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.913
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.834
R <sup>2</sup> ajustado	0.817
Error típico	44.097
Observaciones	12

*Tabla 32. Análisis de varianza, diseño hidráulico*

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	97606.385	97606.385	50.194	0.0000336
Residuos	10	19445.704	1944.570		
Total	11	117052.089			

De la estadística de regresión, se obtuvo el coeficiente correlación múltiple de 0.913 que señala una correlación positiva muy alta entre la lámina de agua de captación de agua pluvial y la del diseño hidráulico. Del análisis de varianza, se consideró el valor crítico de F, el cual fue 0.0000336 que es menor a 0.5; por lo que se acepta la hipótesis nula de que la relación entre la captación y el diseño del sistema de riego hidráulico es directa. Para el cual, se realizaron gráficos de dispersión para determinar la función que se ajusta a la distribución de los resultados de lámina de agua de captación y diseño hidráulico.

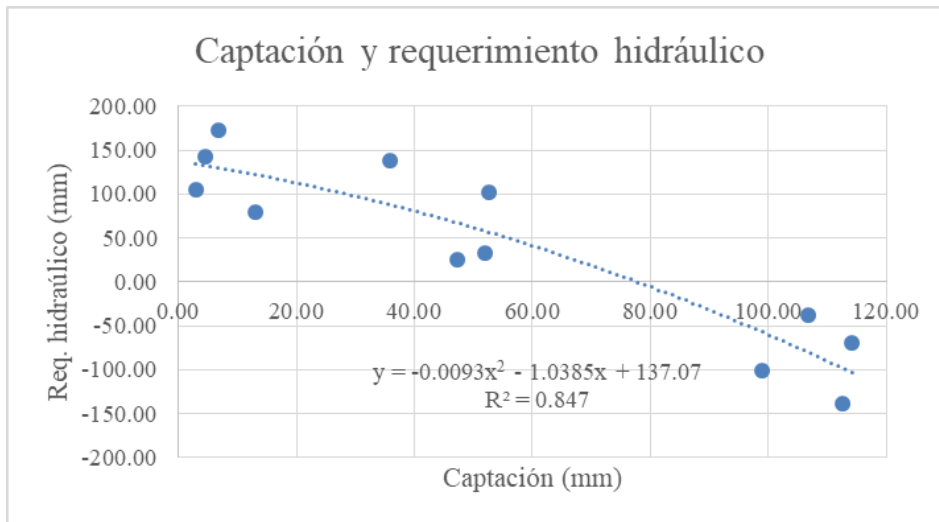


Figura 23. Captación y diseño hidráulico, función polinómica

La figura ilustra cómo se puede aplicar la función polinómica a la distribución de datos de la lámina de agua en la captación y el diseño hidráulico del sistema de riego por aspersión. Donde se deduce que el 84.7% de la lámina de agua para el diseño hidráulico depende de la lámina de captación de agua pluvial.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1. Discusión de resultados**

##### **5.1.1. Captación de agua pluvial y diseño agronómico del sistema de riego**

Los resultados adjuntos en el ítem 4.1.1 referente a la captación de agua pluvial y diseño agronómico del sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas, contienen la captación de agua pluvial en unidades de lámina de agua (mm), al igual que el requerimiento de agua para diseño agronómico. Para el primero, se obtuvo del cálculo de escorrentía en el distrito de Manzanares y para el segundo se calculó el coeficiente de cultivo según el área de riego propuesto en la investigación. Donde para ambos cálculos, fue necesaria la información climática del lugar de estudio como precipitación, horas de sol, velocidad de viento y temperatura que sirvieron para el cálculo de la evapotranspiración potencial o de referencia (ET<sub>o</sub>).

Es necesario destacar que para el cálculo de la evapotranspiración potencial se recopiló la información hidrológica y climática en el distrito de Manzanares, el cual se

obtuvo de la estación Huayao y corresponde a los registros históricos desde del año 2000 a 2021.

Según la tabla 22 de captación y requerimiento agronómico, se aprecia que la lámina de agua de captación pluvial disminuye notablemente en los meses de mayo a agosto debido al periodo de sequía que atraviesa la zona de sierra centro, a diferencia de los meses con mayor lámina de agua que se tienen en los meses de diciembre a marzo. Respecto al diseño agronómico, se puede apreciar que el requerimiento de agua es constante y supera la lámina de agua de captación, esto debido a la necesidad de riego y demanda de cultivos durante todos los meses del año.

Por lo que, en la figura 18 se aprecia que la lámina de captación de agua es menor a la lámina de requerimiento agronómico del sistema de riego. Deduciendo que no es posible abastecer el riego agronómico, es decir con lluvias, de los cultivos en ambos lados de la vía del distrito de Manzanares. Por lo que fue necesario desarrollar el diseño hidráulico para garantizar el riego en el sector de Manzanares.

El estudio de Arce y Peralta (2019), en el cual diseñaron un sistema de riego para la captación, conducción y almacenamiento de aguas pluviales del sector Yanama en Acobamba, Huancavelica. Para realizar los diseños fue necesario la información histórica de precipitación, hidrología, geotécnica, levantamiento topográfico y aspectos hidráulicos del lugar de estudio. De acuerdo a este estudio, se cuenta con el respaldo de la recopilación de información histórica de la información climática e hidrológica de la zona de estudio, con una superficie de riego de 90 ha que se puede abastecer en cierta medida con las precipitaciones en el distrito de Manzanares, con la disponibilidad de un reservorio de almacenamiento y un riego por inundación, que se considera como tradicional y el más común en la zona de sierra centro.

Con la finalidad de comprobar que la lámina de agua pluvial captada no tiene la posibilidad de abastecer el riego agronómico, se realizó la prueba de hipótesis por medio de la correlación de Pearson de la cual se encontró que la relación es positiva baja ya que el 13.3% de la lámina de riego agronómica depende de la captación pluvial que se obtiene de las cunetas en ambos lados de la vía del sector de Manzanares. Por lo que se puede afirmar que la relación entre la captación de agua pluvial y el diseño agronómico es baja, siendo necesario una mayor lámina de agua de lluvias para abastecer el riego agronómico.

### **5.1.2. Captación de agua pluvial y diseño hidráulico del sistema de riego**

Los resultados del ítem 4.1.2 referente a la captación de agua pluvial y diseño hidráulico del sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas, contienen la captación de agua pluvial en unidades de lámina de agua (mm), al igual que el requerimiento de agua en el diseño hidráulico. Para el primero, se obtuvo del cálculo de escorrentía en el distrito de Manzanares y para el segundo se calculó el coeficiente de cultivo según el área de cultivo propuesto en la investigación; también se consideró las características del suelo y la eficiencia del riego por aspersión del 75%. Donde para ambos cálculos, también fue necesario la información climática del lugar de estudio como precipitación, horas de sol, velocidad de viento y temperatura que sirvieron para el cálculo de la evapotranspiración potencial o de referencia (ET<sub>o</sub>).

La tabla 23 de captación y requerimiento hidráulico, la lámina de agua de la captación pluvial corresponde al escurrimiento superficial de la precipitación en el distrito de Manzanares y el requerimiento hidráulico del sistema de riego evidencia la necesidad de riego por aspersión los meses de abril a noviembre, a diferencia de los meses de noviembre a marzo que no requiere de riego ya que se puede abastecer con las lluvias de dichos meses. Además de captar agua en el reservorio para los meses de estiaje, por medio del desarenador para garantizar el ingreso de agua sin sedimentos al reservorio.

Por lo que en la figura 19 se puede apreciar que el diseño hidráulico del sistema de riego por aspersión tiene la capacidad de abastecer a los cultivos durante todo el año y en especial en los meses de abril a noviembre de sequía donde las precipitaciones son escasas y en ocasiones nulas.

El estudio de Arce y Peralta (2019), en el cual diseñaron un sistema de riego para la captación, conducción y almacenamiento de aguas pluviales del sector Yanama en Acobamba, Huancavelica. Para el desarrollo de los diseños, se trabajó con la información histórica de precipitación, hidrología, geotécnica, levantamiento topográfico y aspectos hidráulicos del lugar de estudio; donde la captación de agua pluvial requiere de dos bocatomas, un reservorio de almacenamiento y un sistema de riego que puede abastecer un total de 42 ha de cultivo. Concluyendo que el diseño de captación de agua pluvial permite contar con un sistema de riego. De acuerdo a este estudio, se cuenta con el respaldo del diseño hidráulico que brinda abastecimiento de agua en 90 ha para diez variedades de cultivos, durante los doce meses. Además de garantizar el sistema de riego tras la captación de agua pluvial.

La investigación de Pimentel (2018) tuvo el objetivo de desarrollar un sistema de abastecimiento de agua potable por medio de la captación de aguas pluviales en el Centro Poblado Mantacra de Huancavelica. Para el cual captaron el agua de lluvia en un reservorio de 60 m<sup>3</sup> de capacidad para almacenar 50.54 m<sup>3</sup> de agua pluvial con una línea de conducción de 58 m con tuberías de 1plg de diámetro para su recolección. Destacando la posibilidad de desarrollar un sistema de abastecimiento hasta el almacenamiento. Según este antecedente, se destaca la importancia de los componentes de un sistema de riego como conducción, almacenamiento y distribución. Donde el sistema de conducción va desde las cunetas y desarenador con longitud de nave de 4.50 m, el sistema de almacenamiento se compone de un reservorio de 1.50 m de lado, y el sistema de



distribución se compone de un sistema de succión con tuberías de 2 plg de diámetro y un sistema de descarga con tuberías de 3 ½” con aspersores de 2.1 bar de presión, con longitud de tuberías de 29 060 m para los cultivos en lado derecho de la vía y 23 536 m en el lado izquierdo de la vía con una bomba de 0.50 HP de potencia para cubrir las 50 ha y 40 ha de cultivos en ambos lados de la vía respectivamente. Demostrando que la captación de agua pluvial de las cunetas permite abastecer los cultivos para una superficie de 90 ha, que se propuso en la investigación.

Para comprobar la capacidad de riego para todo el año del diseño hidráulico, se realizó la prueba de hipótesis con la correlación de Pearson de la cual se obtuvo que la relación es positiva y muy alta entre la captación de agua pluvial por medio de las cunetas y el diseño hidráulico del sistema de riego por aspersión. Así mismo se encontró que el 84.7% de la lámina de agua del diseño hidráulico depende de la captación pluvial. Por lo cual, queda comprobado que el diseño hidráulico tiene la capacidad de abastecer a los cultivos del distrito de Manzanares.

Para finalizar, en la investigación de Ortíz y Velandia (2017) desarrollaron un modelo físico de recolección de agua de lluvia del edificio de la Universidad Católica de Colombia. Para desarrollar dicho modelo, recolectaron el agua de lluvia que se almacenó en un reservorio para tomar muestra de calidad de agua y realizar el diseño hidráulico de conducción y distribución por un sistema de presiones. Donde además destacan que el modelo de recolección brinda una solución sostenible para el uso de agua de lluvia. Según este antecedente, se recomienda la toma de muestras de agua para verificar su calidad en el riego de cultivos de la zona. Resaltando que el uso del recurso hídrico proveniente de la captación de agua pluvial por medio de cunetas se debe considerar como una solución sostenible para el riego de cultivos, en una sociedad donde la demanda de agua se incrementa y la oferta se hace cada vez más escasa, necesitando de propuestas sostenibles

para la conservación del recurso hídrico. Además de cumplir con los objetivos de brindar calidad en el proceso de captación, conducción, almacenamiento y distribución del agua pluvial.

## CONCLUSIONES

- De forma general, se concluye que la relación entre la captación de agua pluvial y el sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción es directa. En vista de que el sistema de riego tiene la capacidad de abastecer el requerimiento hídrico de los cultivos del distrito de Manzanares, para todo el año con la ventaja de abastecer el riego los meses de diciembre a marzo con las precipitaciones de dichos meses y captar agua pluvial en el reservorio del sistema de riego, el cual pasa por un desarenador que garantiza el ingreso del agua sin sedimentos al reservorio de almacenamiento.
- Para el primer objetivo específico, se concluye que la relación entre la captación de agua pluvial y el diseño agronómico del sistema de riego es directa, debido a que evidenció una correlación positiva baja. Ya que el requerimiento de agua en el diseño agronómico fue superior a la lámina de agua obtenida en la captación de agua pluvial que se obtiene por escurrimiento superficial.
- Para el segundo objetivo específico, se concluye que la relación entre la captación de agua pluvial y el diseño hidráulico del sistema de riego es directa, con una correlación alta positiva. Donde el diseño hidráulico del sistema de riego presenta la capacidad de abastecer a los cultivos durante todo el año, en especial los meses de abril a noviembre donde las precipitaciones son escasas o nulas; a diferencia de los meses de diciembre a marzo que se puede cubrir el riego con las lluvias de dichos meses.

## RECOMENDACIONES

- De forma general, se recomienda realizar el estudio de calidad de agua pluvial captada, para garantizar la calidad del sistema de riego y los cultivos que provienen del distrito de Manzanares. Debido a que el agua pluvial que se discurre por las cunetas en ambos lados de la vía puede contener materiales, partículas e incluso componentes nocivos para los cultivos.
- Para el primer objetivo específico, se recomienda considerar superficies menores de riego para garantizar el abastecimiento a toda la superficie de cultivo; tal como se consideró en la investigación con la finalidad de que posteriormente se pueda implementar a una determinada escala en la zona de estudio. Por lo cual se recomienda continuar con la investigación para un sistema de riego por goteo que tiene similares características en cuanto a la eficiencia del riego.
- Para el segundo objetivo específico, se recomienda verificar la ficha técnica de presión y diámetro de alcance de los aspersores en el diseño y en caso de implementar el diseño de sistema de riego por aspersión, con la finalidad de garantizar el correcto funcionamiento de los aspersores en la superficie de riego. Por lo que de esta forma sería factible aplicar el sistema de riego en los terrenos agrícolas cuyos propietarios accedan a la mejora de condiciones y calidad de los productos agrícolas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcántara, A. 2001.** *Topografía*. México : Universidad Autónoma de México, 2001.
- Ambientum. 2019.** Sistemas de riego. *Sistemas de riego*. [En línea] Julio de 2019. [Citado el: 09 de Junio de 2020.] [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/suelos/sistemas\\_de\\_riego.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/suelos/sistemas_de_riego.asp).
- ANA - Autoridad Nacional del agua. 2010.** *Manual: Criterios de diseños de obras hidráulicas para la formulación de proyectos hidráulicos multisectoriales y de afianzamiento hídrico*. Lima, Perú : ANA - Autoridad Nacional del agua, 2010.
- Arce, D y Peralta, M. 2019.** *Diseño de una captación de aguas pluviales para un sistema de riego en el sector Yanama, Caja, Acobamba, Huancavelica 2019*. Lima, Perú : Universidad César Vallejo, 2019.
- Banco Mundial . 2019.** Agua. *Agua*. [En línea] 01 de Julio de 2019. [Citado el: 12 de Abril de 2021.] <https://www.bancomundial.org/es/topic/water/overview>.
- Bernal. 2010.** *Metodología de la investigación: administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. Colombia : s.n., 2010.
- Cabañas, L. 2020.** *Propuesta para la planeación de un sistema urbano de captación de agua pluvial como alternativa de abastecimiento para la ciudad de Aguascalientes*. Aguascalientes, México : Universidad Autónoma de Aguascalientes, 2020.
- Castro, E. 2016.** *Teoría y práctica de la investigación científica*. Huancayo, Perú : PERUGRAPH SRL, 2016. Propiedad del autor.
- CERTICALIA. 2018.** ¿Que es el estudio hidrológico? ¿Que es el estudio hidrológico? [En línea] 05 de Enero de 2018. [Citado el: 04 de Abril de 2020.] <https://www.certicalia.com/estudio-hidrologico/que-es-el-estudio-hidrologico>.
- Chow, V, Maidment, D y Mays, L. 1994.** *Hidrología aplicada*. Colombia : McGraw-Hill, 1994.

- Comisión Nacional del Agua. 2012.** *Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.* Coyoacán, México : Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2012.
- Cruz, E y Romero, J. 2018.** *Análisis comparativo de los modelos lluvia-escorrentía: GR2m, Témez y Lutz -Scholz aplicados en la subcuenca del río Callazas.* Lima, Perú : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2018.
- Diseño y desarrollo de un sistema de captación de agua de lluvia para su utilización en lugares semiáridos.* **Recio, M, Armisén, P y Rodríguez, O. 2017.** Madrid, España : Universidad Politécnica de Madrid, 2017, DisTecD. Diseño y Tecnología para el Desarrollo, págs. 13-23. ISSN: 2386 – 8546.
- El Peruano. 2015.** Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - SINACYT. *Reglamento de calificaciones y registro de investigadores en ciencia y tecnología.* Lima, Perú : s.n., 2015.
- Espinoza, R y Oyola, M. 2019.** *Diseño de un sistema de captación y almacenamiento - caso cosecha de agua para su aprovechamiento - Garbanzal - Tumbes - 2018.* Tumbes, Perú : Universidad Nacional de Tumbes , 2019.
- Evaluación del desempeño de riego por aspersión en lotes con cultivo de banana en Chiapas, México.* **Santacruz, G y Santacruz, E. 2020.** 2, Chiapas, México : Universidad Autónoma Chapingo. México., 2020, Siembra, Vol. 7, págs. 1-13. eISSN 2477-8850.
- FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2013.** *Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe .* Santiago, Chile : FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2013.
- Guzmán, S. 2014.** *Sistema de captación de aguas pluviales adaptable a casas habitación.* Huajapan de León, Oaxaca, México : Universidad Tecnológica de Mixteca, 2014.
- Hernández, R, Fernández, C y Baptista, P. 2014.** *Metodología de la investigación.* 6ta. México : McGraw-Hill, 2014. 978-1-4562-2396-0.

- Jiménez, S. 2017.** Hidráulica fácil. *Diseño Agronómico e hidráulico de sistemas de riego presurizado*. [En línea] 18 de Mayo de 2017. [Citado el: 09 de Junio de 2020.] Diseño Agronómico e hidráulico de sistemas de riego presurizado.
- Keller, J y Bliesner, R. 1990.** *Sprinkle and Trickle Irrigation*. s.l. : Van Nostrand Reinhold, 1990.
- Linsley, R, Kohler, M y Paulus, J. 1998.** *Hidrología para ingenieros*. México : McGraw - Hill, 1998.
- Merriam, J y Keller, J. 1978.** *Farm irrigation system evaluation: A guide for management*. s.l. : Colorado State University, Cooperative Extension Service., 1978.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2018.** Hidrología. *Manual de hidrología, hidráulica y drenaje*. Lima, Perú : MTC, 2018.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. 2006.** Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano. *Norma OS.060 Drenaje Pluvial Urbano*. Lima, Perú : El Peruano, 2006.
- Núñez, S. 2020.** Ecología verde. *Ecología verde*. [En línea] 26 de Octubre de 2020. <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-precipitaciones-3086.html>.
- Orellana, E. 2014.** *Diseños de experimentos aplicados en ciencias forestales y ambientales*. Huancayo, Perú : Industria Gráfica MARSANTS, 2014. 978-612-00-1143-0.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. 2000.** Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia - Experiencias en América Latina. *Serie: Zonas áridas y semiáridas N°13*. Santiago, Chile : s.n., 2000.
- Ortiz, W y Velandia, W. 2017.** *Propuesta para la captación y uso de agua de lluvia en las instalaciones de la Universidad Católica de Colombia a partir de un modelo físico de recolección de agua*. Bogotá, Colombia : Universidad Católica de Colombia, 2017.
- Pimentel, J. 2018.** *Diseño y sistema de abastecimiento de agua potable mediante la captación de aguas pluviales en el Centro Poblado Mantacra distrito de Pampas, Huancavelica 2018*. Lima, Perú : Universidad César Vallejo, 2018.

*Prototipo de sistema para riego de uso doméstico mediante captación de agua pluvial.*

**Estrada, P, Lozano, D y Marcos, A. 2022.** Puebla, México : Universidad Iberoamericana de Puebla, 2022, Primavera.

**Quevedo, P. 2013.** *Propuesta metodológica para evaluar sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable, en viviendas e instalaciones con alta demanda del suministro, en la República de Guatemala.* Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013.

**Real Academia Española. 2005.** *Diccionario de Lengua Española.* Lima, Perú : QUEBECOR WORLD PERÚ S.A., 2005. 9972-58-138-1.

**Rodrigo, J. 2017.** *Diseño de sistema de riego mediante el aprovechamiento de aguas pluviales en el Centro Poblado Huacá Puná, provincia de Oyón en el 2017.* Lima, Perú : Universidad César Vallejo, 2017.

**Sánchez, H y Reyes, C. 2015.** *Metodología y diseños en la investigación científica.* Lima, Perú : Business Support Aneth, 2015. 978-612-46842-2-7.

**Supo, J. 2015.** *Como empezar una tesis.* Arequipa, Perú : BIOESTADÍSTICO EIRL, 2015. 1505894190.

**Tello, P y Sánchez, F. 2016.** *Estudio hidrológico y diseño hidráulico de obras de captación y conducción para la implementación de un nuevo sistema de riego en una tierra de cultivo para palta en el Distrito de Lauricocha de la Provincia de Huanta - Departamento de Ayacucho.* Lima, Perú : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2016.

**Troeh, F, Hobbs, J y Donahue, R. 2004.** *Soil and water conservation: Productivity and environmental protection.* s.l. : Pearson, 2004.

**United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2007.** *Conservation practice standard: Grassed waterway.* 2007.

**USGS . 2019.** El ciclo del agua. *El ciclo del agua.* [En línea] 7 de Octubre de 2019. [https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/el-ciclo-del-agua-water-cycle-spanish?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/el-ciclo-del-agua-water-cycle-spanish?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects).



*Uso eficiente del agua en la producción de semilla de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) Con sistema de riego por aspersión.* **Ortiz, A y Larios, R. 2020.** 35, Managua, Nicaragua : Universidad Nacional Agraria, 2020, Revista Científica La Calera, Vol. 20, págs. 81-87. e-ISSN 1998 – 8850.

**Valenzuela, A. 1988.** Componente Nacional: Capacitación y Difusión de Tecnologías de Riego. *Estudio comparativo de eficiencia de riego.* Chile : Universidad de Concepción, 1988.

**Villón, M. 2005.** *Diseño de estructuras hidráulicas.* Lima, Perú : Editorial Villón, 2005.

**Villón—.** 2007. *Hidráulica de canales.* Lima, Perú : Editorial Villón, 2007. ISBN: 99778-66-081-6.

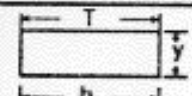
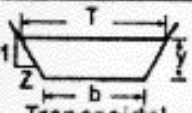
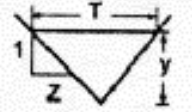

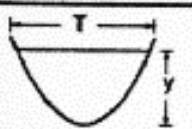
**Wurbs, R y James, W. 2002.** *Water resources engineering.* s.l. : Prentice Hall, 2002.

**ANEXOS**

### Anexo 1: Matriz de consistencia

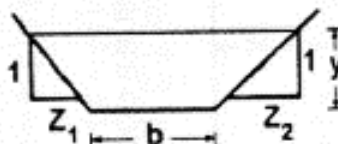
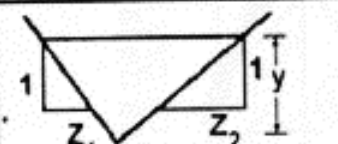
PROBLEMA	OBJETIVO	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
<p>Problema general: ¿Qué relación existe entre la captación de agua pluvial y el sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Determinar la relación entre la captación de agua pluvial y el sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021</p>	<p><b>Antecedente internacional:</b> Según Ortiz y Velandia (2017) en la tesis “Propuesta para la captación y uso de agua de lluvia en las instalaciones de la Universidad Católica de Colombia a partir de un modelo físico de recolección de agua”. El objetivo principal fue investigar el agua de lluvia recolectada en el edificio sede de la universidad católica de Colombia, utilizando un modelo físico, para recolectar y difundir el agua de lluvia. La investigación fue de naturaleza científica y no experimental. La población fue conformada por la universidad católica de Colombia. Llegaron a la conclusión de que, el modelo de captación y filtrado de agua desarrollado es una solución sostenible para el aprovechamiento del agua de lluvia en las instalaciones universitarias de ese lugar.</p> <p><b>Antecedente nacional:</b> Según Arce y Peralta (2019) en la tesis “Diseño de una captación de aguas pluviales para un sistema de riego en el sector Yanama, Caja, Acobamba, Huancavelica 2019. El objetivo principal era crear un sistema que recolectara, canalizara y almacenara agua de lluvia para mejorar el riego en la agricultura dentro del área de estudio. El método era científico y no experimental. La población estaba compuesta por la región central de caja, el distrito de caja, la provincia de Acobamba y el departamento de Huancavelica. Se llegó a la conclusión de que, si es factible diseñar un sistema de recolección de agua de lluvia para riego, vale la pena considerarlo.</p> <p><b>Marco referencial:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agua pluvial</li> <li>• Caudal</li> <li>• Hidrología</li> <li>• Sistema de riego</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general:</b> La relación entre la captación de agua y el sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021, es directa.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La relación entre la captación de agua pluvial y el diseño agronómico del sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021, es directamente proporcional.</li> <li>• Determinar la relación entre la captación de agua pluvial y el diseño hidráulico del sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021, es directamente proporcional.</li> </ul>	<p><b>Variable 1:</b> Captación de agua pluvial</p> <p><u>Dimensiones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio hidrológico</li> <li>• Diseño hidráulico</li> </ul> <p><b>Variable 2:</b> Sistema de riego</p> <p><u>Dimensiones:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diseño agronómico</li> <li>• Diseño hidráulico</li> </ul>	<p><b>Método:</b> Científico <b>Tipo:</b> Aplicado <b>Nivel:</b> Correlacional <b>Diseño:</b> No experimental – Transversal</p> <p><b>Población y muestra:</b> <b>Población:</b> La población está compuesta por la cuenca del Mantaro, departamento de Junín. <b>Muestra:</b> La muestra está delimitada por la desembocadura del río Cunas, cerca del distrito de manzanas en la provincia de concepción, por ser no probabilística y conveniente.</p> <p><b>Técnicas e instrumentos de recolección de datos:</b> Los datos de precipitación para la región a examinar se obtendrán de la base de datos del SENAMHI.</p> <p><b>Técnicas de procesamiento de datos:</b> Para el procesamiento de datos se utilizará el programa H-canales y MS-excel 2013, entre otras herramientas</p>
<p>Problemas específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Qué relación existe entre la captación de agua pluvial y el diseño agronómico del sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021?</li> <li>• ¿Qué relación existe entre la captación de agua pluvial y el diseño hidráulico del sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021?</li> </ul>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la relación que existe entre la captación de agua pluvial y el diseño agronómico del sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021.</li> <li>• Determinar la relación que existe entre la captación de agua pluvial y el diseño hidráulico del sistema de riego en el sector de la desembocadura del río Cunas – Concepción, 2021.</li> </ul>				

**Anexo 2:** Relaciones geométricas de las secciones transversales más frecuentes


Sección	Area hidráulica A	Perímetro Mojado p	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 Rectangular	$by$	$b + 2y$	$\frac{by}{b + 2y}$	$b$
 Trapezoidal	$(b + Zy) y$	$b + 2y\sqrt{1 + Z^2}$	$\frac{(b + Zy) y}{b + 2y\sqrt{1 + Z^2}}$	$b + 2Zy$
 Triangular	$Zy^2$	$2y\sqrt{1 + Z^2}$	$\frac{Zy}{2\sqrt{1 + Z^2}}$	$2Zy$
 Circular	$\frac{1}{8} (\theta - \text{sen}\theta) D^2$	$\frac{1}{2} \theta D$	$\frac{1}{4} \left(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta}\right) D$	$(\text{sen} \frac{1}{2} \theta) D$ $2\sqrt{y(D-y)}$
 Parabólica	$\frac{2}{3} Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T^2 + 8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

\* Aproximación satisfactoria para el intervalo  $0 < u < 1$ , donde  $u = 4y/T$ . Cuando  $u > 1$  use la expresión exacta:

$$p = \frac{T}{2} \left( \sqrt{1 + u^2} + \frac{1}{u} \ln(u + \sqrt{1 + u^2}) \right)$$

Sección	Área hidráulica A	Perímetro Mojado p	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 <p>Trapezoidal</p>	$(b + \frac{Z_1 + Z_2}{2} y) y$	$b + (\sqrt{1 + Z_1^2} + \sqrt{1 + Z_2^2}) y$	$\frac{(b + \frac{Z_1 + Z_2}{2} y) y}{b + (\sqrt{1 + Z_1^2} + \sqrt{1 + Z_2^2}) y}$	$b + (Z_1 + Z_2) y$
 <p>Triangular</p>	$\frac{Z_1 + Z_2}{2} y^2$	$(\sqrt{1 + Z_1^2} + \sqrt{1 + Z_2^2}) y$	$\frac{(Z_1 + Z_2) y}{2(\sqrt{1 + Z_1^2} + \sqrt{1 + Z_2^2})}$	$(Z_1 + Z_2) y$


## Anexo 3: Fichas de validez



FACULTAD DE INGENIERIA								
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL								
ANALISIS DE VALIDEZ - FICHA DE RECOPIACION DE DATOS								
<b>PROYECTO:</b>	CAPTACION DE AGUA PLUVIAL Y SISTEMA DE RIEGO EN EL SECTOR DE LA DESEMBOCADURA DEL RIO CUNAS - CONCEPCION, 2021							
<b>AUTOR:</b>	Jhonatan Saul Ruiz Huaman							
<b>I. INFORMACION GENERAL</b>								
<b>UBICACION:</b>	SECTOR DE LA DESEMBOCADURA DEL RIO CUNAS							<b>VALORACION</b> 0: MAL 1: BIEN
<b>DISTRITO:</b>	MANZANARES	<b>ALTITUD:</b>	3570 msnm					
<b>PROVINCIA:</b>	CONCEPCION	<b>LATITUD:</b>	12° 0' 59.68" S					
<b>REGION:</b>	JUNIN	<b>LONGITUD:</b>	75° 20' 35.21" O					
<b>II. Estudio hidrológico</b>								
<b>Indicador 1</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador 3</b>	<b>Unidad</b>			↓
Pluviometría	mm	Clima		Caudal	m³/s			
<b>III. Diseño hidráulico</b>								
<b>Indicador 1</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador 3</b>	<b>Unidad</b>			↓
Caudal máximo	m³/s	Caudal	m³/s	Caudal mínimo	m³/s			
<b>IV. Diseño agronómico</b>								
<b>Indicador 1</b>			<b>Unidad</b>	<b>Indicador 2</b>		<b>Unidad</b>		↓
Cálculo de necesidad hídrica			m³	Cálculo de parámetros de riego		mm		
<b>V. Diseño hidráulico</b>								
<b>Indicador 1</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador 3</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador 4</b>	<b>Unidad</b>	↓
Caudal	m³/s	Velocidad del agua	m/s	Sección de conductos	m²	Presión de agua	m³/s	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	NAWUIN SUAZO JOSE MIGUEL							
<b>PROFESION Y GRADO:</b>	INGENIERO CIVIL							
<b>REGISTRO CIP N°:</b>	241798							
<b>EMAIL:</b>	jmiguelsuazo7@gmail.com							
<b>TELEFONO:</b>	926254959							


Rango de validez	Interpretación
0.81 - 1.00 ✓	Muy alta ✓
0.61 - 0.80	Alta
0.41 - 0.60	Media
0.21 - 0.40	Baja
0.00 - 0.20	Muy baja




**José Miguel Nawuin Suazo**  
INGENIERO CIVIL  
FIRMA ELECTRONICA  
CIP: 241798

FACULTAD DE INGENIERIA							
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL							
ANALISIS DE VALIDEZ - FICHA DE RECOPIACION DE DATOS							
<b>PROYECTO:</b>		CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL Y SISTEMA DE RIEGO EN EL SECTOR DE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO CUNAS - CONCEPCIÓN, 2021					
<b>AUTOR:</b>		Jhonatan Saul Ruiz Huamán					
<b>I. INFORMACIÓN GENERAL</b>							<b>VALORACIÓN</b> 0: MAL 1: BIEN
<b>UBICACIÓN:</b>		SECTOR DE LA DESEMBOCADURA DEL RIO CUNAS					
<b>DISTRITO:</b>		HANZANARES		<b>ALTITUD:</b>		3370 MSNM	
<b>PROVINCIA:</b>		CONCEPCION		<b>LATITUD:</b>		12° 0' 59.68" S	
<b>REGIÓN:</b>		JUNIN		<b>LONGITUD:</b>		75° 20' 35.21" O	
<b>II. Estudio hidrológico</b>							↓
<b>Indicador 1</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador 3</b>	<b>Unidad</b>		
Pluviometría	mm	Clima		Caudal	m <sup>3</sup> /s		
<b>III. Diseño hidráulico</b>							↓
<b>Indicador 1</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador 3</b>	<b>Unidad</b>		
Caudal máximo	m <sup>3</sup> /s	Caudal	m <sup>3</sup> /s	Caudal mínimo	m <sup>3</sup> /s		
<b>IV. Diseño agronómico</b>							↓
<b>Indicador 1</b>		<b>Unidad</b>	<b>Indicador 2</b>		<b>Unidad</b>		
Cálculo de necesidad hídrica		m <sup>3</sup>	Cálculo de parámetros de riego		mm		
<b>V. Diseño hidráulico</b>							↓
<b>Indicador 1</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador 3</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador 4</b>	
Caudal	m <sup>3</sup> /s	Velocidad del agua	m/s	Sección de conductos	m <sup>2</sup>	Presión de agua	m <sup>2</sup> /s
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>		BASALDUA Quispe Mayel GENOVEVA					
<b>PROFESION Y GRADO:</b>		INGENIERO CIVIL					
<b>REGISTRO CIP N°:</b>		244730					
<b>EMAIL:</b>		mayelgenovevabasalduaquispe@gmail.com					
<b>TELEFONO:</b>		945512680					

Rango de validez	Interpretación	  BASALDUA QUISPE MAYEL GENOVEVA INGENIERO CIVIL CIP N° 244730 <b>FIRMA</b>
0.81 - 1.00 ✓	Muy alta ✓	
0.61 - 0.80	Alta	
0.41 - 0.60	Media	
0.21 - 0.40	Baja	
0.00 - 0.20	Muy baja	

FACULTAD DE INGENIERIA						 <b>UPLA</b> <small>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DEL PERÚ</small>		
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL								
ANÁLISIS DE VALIDEZ - FICHA DE RECOPIACION DE DATOS								
<b>PROYECTO:</b>	CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL Y SISTEMA DE RIEGO EN EL SECTOR DE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO CUNAS - CONCEPCIÓN, 2021							
<b>AUTOR:</b>	Jhonatan Saul Ruiz Huamán							
<b>I. INFORMACIÓN GENERAL</b>							<b>VALORACIÓN</b> 0: MAL 1: BIEN	
<b>UBICACIÓN:</b>	SECTOR DE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO CUNAS							
<b>DISTRITO:</b>	MANZANARES	<b>ALTITUD:</b>	3370 m.s.n.m					
<b>PROVINCIA:</b>	CONCEPCIÓN	<b>LATITUD:</b>	12° 0' 59.68" S					
<b>REGIÓN:</b>	JUNÍN	<b>LONGITUD:</b>	75° 20' 35.21" O					
<b>II.</b>	<b>Estudio hidrológico</b>						↓	
<b>Indicador 1</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador 3</b>	<b>Unidad</b>			
Pluviometría	mm	Clima		Caudal	m <sup>3</sup> /s			
<b>III.</b>	<b>Diseño hidráulico</b>						↓	
<b>Indicador 1</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador 3</b>	<b>Unidad</b>			
Caudal máximo	m <sup>3</sup> /s	Caudal	m <sup>3</sup> /s	Caudal mínimo	m <sup>3</sup> /s			
<b>IV.</b>	<b>Diseño agronómico</b>						↓	
<b>Indicador 1</b>	<b>Unidad</b>		<b>Indicador 2</b>	<b>Unidad</b>				
Cálculo de necesidad hídrica	m <sup>3</sup>		Cálculo de parámetros de riego	mm				
<b>V.</b>	<b>Diseño hidráulico</b>						↓	
<b>Indicador 1</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador 3</b>	<b>Unidad</b>	<b>Indicador 4</b>		<b>Unidad</b>
Caudal	m <sup>3</sup> /s	Velocidad del agua	m/s	Sección de conductos	m <sup>2</sup>	Presión de agua		m <sup>3</sup> /s
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	SANABRIA FACIAN MELCHOR GILBERTO							
<b>PROFESION Y GRADO:</b>	INGENIERO CIVIL							
<b>REGISTRO CIP N°:</b>	309401							
<b>EMAIL:</b>	meellxoor@gmail.com							
<b>TELEFONO:</b>	948867146							

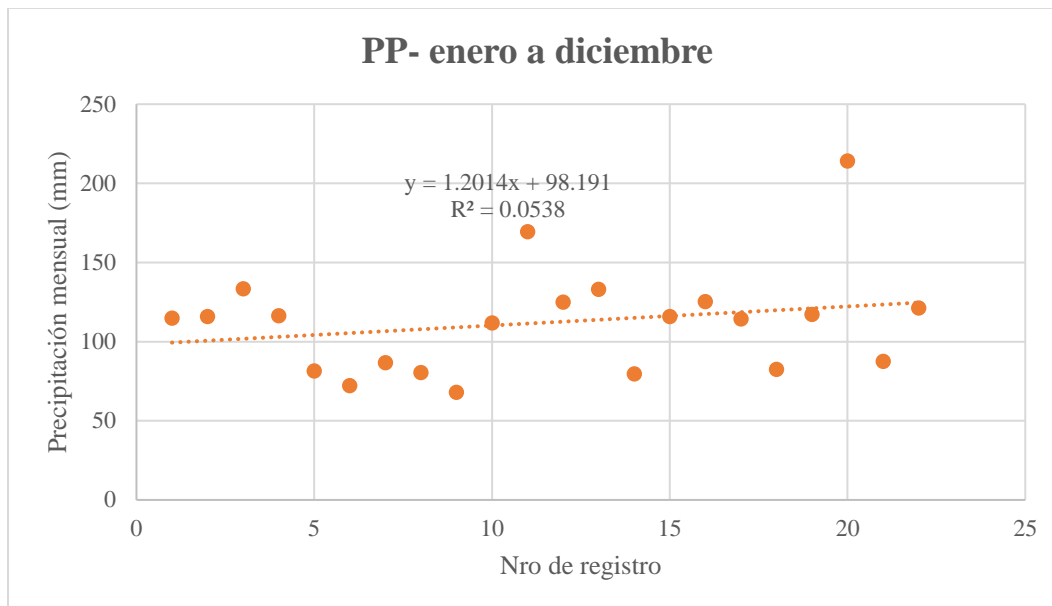
Rango de validez	Interpretación	 SANABRIA FACIAN MELCHOR GILBERTO INGENIERO CIVIL CIP. N° 309401 <b>FIRMA</b>
0.81 - 1.00 ✓	Muy alta ✓	
0.61 - 0.80	Alta	
0.41 - 0.60	Media	
0.21 - 0.40	Baja	
0.00 - 0.20	Muy baja	



**Anexo 4:** Registros de precipitación estación Huayao

<b>AÑO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
2000	106.9	141.7	111.6	16.1	16.3	3.8	10	36.4	17.6	68.8	31.7	114.8
2001	166	92.3	161	26.1	15.8	1.5	18.6	5.9	62.7	104.9	57.7	115.8
2002	95.6	149.2	115.8	28.4	12.3	4.4	31	11.7	66.2	71.7	<b>62.0</b>	133.3
2003	127.7	111.6	133.6	99.6	26	2.6	1.5	22.3	31.2	37.7	65.7	116.3
2004	52.1	159.6	51.1	35.9	16.6	9	15	7.3	44.6	49.5	95.9	81.4
2005	52.1	73.4	<b>108.1</b>	26.6	14	0.6	6.3	5.8	19.3	116.7	61.1	72.1
2006	158.3	73.4	80.9	19.4	2.3	5	31.9	7.9	52.3	<b>64.7</b>	51.2	86.6
2007	97.4	36.3	145.1	55.6	13	0	2.6	2.2	15.9	64.4	50.6	80.3
2008	105.1	62.3	50.7	24.5	3.8	11.8	6.4	18.9	40.1	70.1	32.3	67.9
2009	92.5	90.2	131	62.9	16.4	9.7	7.4	32.1	26.4	40.1	114.6	111.7
2010	173.6	86.3	108.3	41.3	1.1	6.4	4.8	1	6.7	48.8	25.4	169.3
2011	157.3	231.8	111.8	72.9	19.3	0	3.6	1.9	68.6	48.7	71.3	124.9
2012	77.6	145.3	76.8	87.7	19.3	14.3	0.4	0	32	31.8	73.6	132.9
2013	149.2	144.6	58.7	45.5	8.5	9	1.8	30.2	54.4	33.8	41.9	79.6
2014	163.5	78.9	131.8	42.2	72.4	11.5	12.6	1.4	60.8	35.8	66.7	115.7
2015	101.1	171.2	80.3	101.6	8	24	9.8	8	52.7	52.2	90.3	125.2
2016	<b>124.6</b>	142.3	80.5	59.9	6.7	0.5	<b>4.5</b>	8.7	61	107.5	39.5	<b>114.3</b>
2017	<b>125.6</b>	<b>123.8</b>	89	63.5	29.9	7.3	3.8	5.4	51.9	<b>47.8</b>	49.5	82.4
2018	166.7	<b>124.8</b>	163	40.2	5.8	4	4.5	28.5	<b>41.6</b>	<b>46.3</b>	<b>53.6</b>	<b>117.0</b>
2019	150.7	108.3	100.3	46	21	0.6	5.2	0.4	2.9	<b>44.7</b>	54.9	214.1
2020	52.7	109.3	<b>96.0</b>	<b>66.8</b>	<b>20.1</b>	<b>8.8</b>	<b>1.7</b>	0.7	42.8	<b>43.2</b>	23.7	87.4
2021	<b>129.5</b>	<b>127.7</b>	<b>95.2</b>	<b>68.4</b>	<b>20.5</b>	<b>9.1</b>	<b>1.0</b>	<b>5.8</b>	<b>42.0</b>	<b>41.7</b>	<b>52.0138</b>	<b>121.1</b>

Los valores en color café fueron calculados mediante la regresión aritmética lineal, tal como se muestra en la figura referente a los registros de enero a diciembre. Del mismo modo, se adjuntan las funciones de regresión para los otros meses.

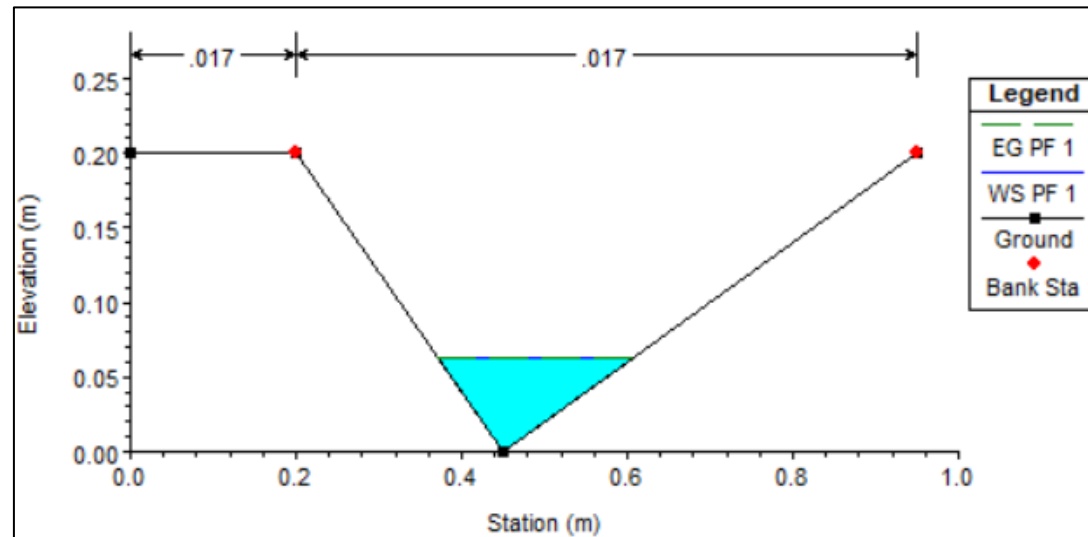


#### Funciones de regresión lineal

<b>enero</b>	$y = 0.962x + 108.29$
<b>febrero</b>	$y = 0.9735x + 106.27$
<b>marzo</b>	$y = -0.8082x + 112.96$
<b>abril</b>	$y = 1.6151x + 32.836$
<b>mayo</b>	$y = 0.353x + 12.718$
<b>junio</b>	$y = 0.242x + 3.7595$
<b>julio</b>	$y = -0.7013x + 16.45$
<b>agosto</b>	$y = -0.4948x + 16.714$
<b>setiembre</b>	$y = 0.1338x + 39.087$
<b>octubre</b>	$y = -1.5319x + 75.385$
<b>noviembre</b>	$y = -0.5231x + 63.522$
<b>diciembre</b>	$y = 1.3606x + 97.178$

Anexo 5: Tabla de salida del programa HEC RAS, cunetas en Manzanares

Sección	Q m <sup>3</sup> /s	Cota de fondo	Altura de lámina de agua (m)	Cota del cala do crítico (m)	Altura de energía (m)	Pendiente de la línea de energía (m/m)	Velocidad (m/s)	Área mojada (m <sup>2</sup> )	Espejo de agua (m)	Nro. Froude	Tirante (m)
4	0	0	0.07		0.07	0.000074	0.05	0.01	0.28	0.08	0.0700
3.5	0	0	0.07		0.07	0.000085	0.05	0.01	0.27	0.09	0.0700
3	0	0	0.07		0.07	0.000101	0.06	0.01	0.26	0.1	0.0700
2.5	0	0	0.07		0.07	0.000126	0.06	0.01	0.25	0.11	0.0700
2	0	0	0.06		0.06	0.000166	0.07	0.01	0.24	0.12	0.0600
1.5	0	0	0.06	0.03	0.06	0.000269	0.08	0.01	0.22	0.16	0.0600
1	0	0	0.03	0.03	0.03	0.01493	0.37	0	0.1	1.02	0.0300



### Anexo 6: Cálculos de diseño para nave desarenador

Datos de entrada:

Q=	0.000465	m <sup>3</sup> /s	
$\rho_m$	2.43	gr/cm <sup>3</sup>	(Peso específico del material a sedimentarse)
$\rho_w$	1.00	gr/cm <sup>3</sup>	(Peso específico del agua)
h	1.50	m	

#### Velocidad para sedimentos de diámetro de 1mm

Según el cuadro se halla "a"

a	d(mm)
51	< 0,1
44	0,1 -1
36	> 1

Entonces:

a=	36
d=	1.5 mm
d=	0.15 cm
d=	0.002 m

$$V = a\sqrt{d}$$

$$V = \begin{matrix} 13.94 \text{ cm/s} \\ 0.139 \text{ m/s} \end{matrix}$$

#### Velocidad de caída

Se asume

Forma y naturaleza	k
Arena esférica	9,35
Granos redondeados	8,25
Granos cuarzo d>3 mm	6,12
Granos cuarzo d>0,7 mm	1,28

$$k = 8.25$$

$$w = k\sqrt{d(\rho - 1)}$$

$$\begin{matrix} 3.82 \text{ cm/s} \\ 0.038 \text{ m/s} \end{matrix}$$

$$w_1 = 3.8\sqrt{d} + 8.3d$$

$$0.160 \text{ m/s}$$

Reemplazando d

$$w_{prom} = \frac{(w_1 + w)}{2}$$

$$0.099 \text{ m/s}$$

## Cálculo de L

$$L_1 = \frac{h \cdot v}{w} = 2.114 \text{ m}$$

cuando existe turbulencia

$$w' = \frac{V}{5.7 + 2.3h} = 0.015 \text{ m/s}$$

$$\alpha = \frac{0.312}{\sqrt{h}} = 0.25$$

$$w'' = \alpha \cdot V = 0.04 \text{ m/s}$$

$$L_2 = \frac{h \cdot v}{w - w'} = 3.30 \text{ m}$$

Datos obtenidos

$W_{prom} =$	0.099	m/s
$h =$	1.50	m
$V =$	0.139	m/s
$W' =$	0.015	m/s
$W'' =$	0.04	m/s
$L_1 =$	2.114	m
$L_2 =$	3.30	m

## Cálculo de ancho de desarenador

$$b = \frac{Q}{h \cdot v} = 0.0022 \text{ m} \quad \text{Asumiendo } = 0.90 \text{ m}$$

## Cálculo de tiempo de sedimentación

$$t = \frac{h}{w_{prom}} = 15.16 \text{ s}$$

## Cálculo de volumen de agua conducido

$$V = Q \cdot t = 0.01 \text{ m}^3$$

## Cálculo de capacidad de tanque

$$V = b \cdot h \cdot L_2 = 2.85 \text{ m}^3$$

## Cálculo de L corregida

K es igual a 1.25 por que la velocidad de escurrimiento es 0.1391 y lo tomamos como 0.2

$$k = 1.25$$

$$L_{corre} = k \frac{hv}{w_{prom}} \quad 2.64 \text{ m}$$

## Cálculo de longitud de transición

$$\text{Espejo del agua en el desarenador (T1)} \quad 0.90 \text{ m}$$

$$\text{Espejo del agua en el canal (T2)} \quad 0.75 \text{ m}$$

$$L_t = \frac{T_1 - T_2}{2 \operatorname{tg} 22.5} = 0.18 \text{ m}$$

$$L_t = 0.3 \text{ m}$$

## Cálculo de longitud de vertedero

c es igual a 2.1 por ser el más común el perfil Creager

$$c = 2.10$$

$$H = 0.25 \text{ m} \quad \text{no cambiar}$$

$$L = \frac{Q}{c \cdot h^2} \quad 0.002 \text{ m}$$

Cálculo del valor de  $\alpha$ 

$$C = \frac{180L}{b \cdot \pi} \quad 45.65$$

$$C = \frac{\alpha}{1 - \cos(\alpha)}$$

Cálculo mediante solucionador de ecuaciones

$$\alpha = 32.7000$$

## Cálculo del valor R

$$R = \frac{180 \cdot L}{\pi \cdot \alpha} \quad 0.0031 \text{ m}$$

## Cálculo de longitud de proyección longitudinal del vertedero

$$L_a = R \cdot \operatorname{sen} \alpha \quad 0.002 \text{ m}$$

$$L_{prom} = \frac{L_a + L_{corre}}{2} \quad 1.32 \text{ m}$$

## Cálculo de longitud total

$$L_T = L_t + L_{corre} + L_{prom} \quad 4.15 \quad \text{m}$$

$$L_T = 4.50 \quad \text{m}$$

## Cálculo de caída del fondo

pendiente (s) se asume 1% 0.01

$$l = L_T - L_t \quad 3.97 \quad \text{m}$$

$$\Delta Z = l * S \quad 0.04$$

## Cálculo de profundidad de desarenador

$$H = h + \Delta Z \quad 1.54 \quad \text{m}$$

## Cálculo de altura de cresta

$$h_c = H - 0.25 \quad 1.29 \quad \text{m}$$

## Dimensiones de las compuertas de lavado

$$Q = C_d * A * \sqrt{2gh}$$

Coefficiente de Descarga (Cd) es igual a 0.60 por ser pared delgada

$$C_d = 0.6$$

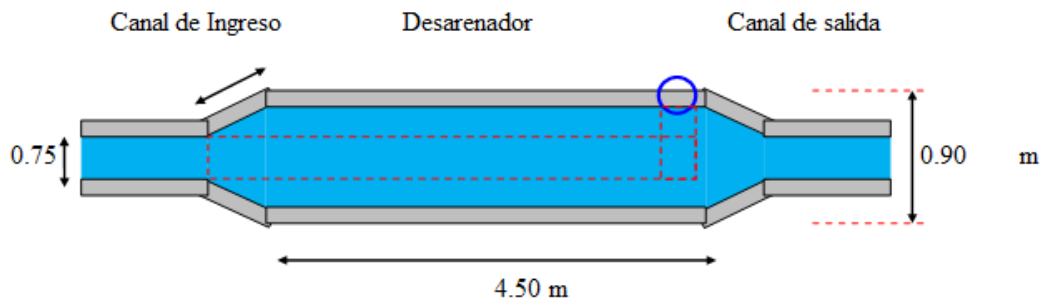
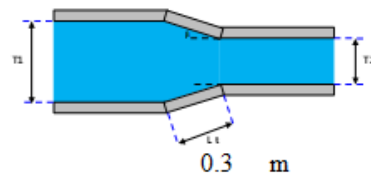
$$A = 0.20 * 0.20$$

$$Q = C_d * A * \sqrt{2gh} \quad 0.12 \quad \text{m}^3/\text{s}$$

## Cálculo de velocidad de salida

$$V = \frac{Q}{A} \quad 0.75 \quad \text{m/s}$$

Transición de Entrada y Salida



Anexo 7: Diseño agronómico para cultivos en Manzanares

## 1. Área de cultivo

Cultivo con lluvias	Has.	Cultivo con riego	Has.	Total
Maíz	7.00	Maíz	6.00	13
Papa	8.00	Papa	7.00	15
Quinoa	8.00	Quinoa	5.00	13
Ajo	5.00	Ajo	4.00	9
Alfalfa	9.00	Alfalfa	8.00	17
Habas	2.00	Habas	2.00	4
Arveja	2.00	Arveja	2.00	4
Cebada	3.00	Cebada	2.00	5
Trigo	4.00	Trigo	3.00	7
Avena	2.00	Avena	1.00	3
<b>Total</b>	<b>50.00</b>	<b>Total</b>	<b>40.00</b>	<b>90</b>



## 2. Cédula de cultivo con valores Kc y valores Kc para cada cultivo

Cultivo con lluvias	Has.	MESES												Has.	Cultivo con riego
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic		
Maíz	7.00	0.91	1.02	0.80		0.50	0.90	1.09	1.08	0.51		0.35	0.62	6.00	Maíz
Papa	8.00	0.70	1.01	1.04	0.50			0.35	0.62	0.91	1.02	0.80	0.30	7.00	Papa
Quinua	8.00	0.85	0.82	0.65	0.50	0.40	0.25	0.80	0.80	0.80	0.60	0.55	0.50	5.00	Quinua
Ajo	5.00	0.75	0.50	0.35	0.30	0.25		0.80	0.65	0.60	0.50	0.83	1.00	4.00	Ajo
Alfalfa	9.00	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.04	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	8.00	Alfalfa
Habas	2.00	0.90	1.00	0.76	0.50	0.51	0.81	1.02	1.09	0.80		0.36	0.67	2.00	Habas
Arveja	2.00	0.71	0.92	0.97	0.77	0.50		0.35	0.62	0.91	1.02	0.80	0.40	2.00	Arveja
Cebada	3.00	1.09	1.08	0.51	0.25	0.40	0.71	0.92	0.97	0.77		0.50	0.90	2.00	Cebada
Trigo	4.00	1.09	1.08	0.51	0.25	0.36	0.67	0.99	1.00	0.76		0.50	0.90	3.00	Trigo
Avena	2.00	1.15	0.66									0.44	1.10	1.00	Avena
<b>Total</b>	<b>50.00</b>	50	50	48	41	37	30	40	40	40	27	47	46	<b>40.00</b>	<b>Total</b>

Valores Kc	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Maíz	0.127	0.143	0.117	0.000	0.095	0.210	0.191	0.189	0.089	0.000	0.052	0.094
Papa	0.112	0.162	0.173	0.098	0.000	0.000	0.070	0.124	0.182	0.302	0.136	0.052
Quinua	0.136	0.131	0.108	0.098	0.086	0.067	0.160	0.160	0.160	0.178	0.094	0.087
Ajo	0.075	0.050	0.036	0.037	0.034	0.000	0.100	0.081	0.075	0.093	0.088	0.109
Alfalfa	0.198	0.198	0.206	0.241	0.268	0.330	0.234	0.248	0.248	0.367	0.211	0.215
Habas	0.036	0.040	0.032	0.024	0.028	0.054	0.051	0.055	0.040	0.000	0.015	0.029
Arveja	0.028	0.037	0.040	0.038	0.027	0.000	0.018	0.031	0.046	0.076	0.034	0.017
Cebada	0.065	0.065	0.032	0.018	0.032	0.071	0.069	0.073	0.058	0.000	0.032	0.059
Trigo	0.087	0.086	0.043	0.024	0.039	0.089	0.099	0.100	0.076	0.000	0.043	0.078
Avena	0.046	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.048

### 3. Características de los cultivos y suelo

Datos	Unidad	Maíz	Papa	Quinua	Ajo	Alfalfa	Habas	Arveja	Cebada	Trigo	Avena
Capacidad de campo	%	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Punto de marchitez	%	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Profundidad radicular	m	1.7	0.6	1.5	0.5	2.0	0.7	1.0	1.5	1.5	1.5
Eficiencia de aplicación	%	75	75	75	75	75	75	75	75	75	75
Coefficiente de agotamiento	%	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Velocidad de infiltración	mm/hr	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Jornada de trabajo	hr/día	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Densidad aparente	ton/m <sup>3</sup>	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3

### 4. Lámina neta y bruta de riego

Cultivos	CC (%)	PM (%)	Da (gr/cm <sup>3</sup> )	CA (%)	PR (cm)	L <sub>neto</sub> (mm)	L <sub>bruta</sub> (mm)
Maíz	30	16	1.3	40	170.0	123.76	165.01
Papa	30	16	1.3	40	60.0	43.68	58.24
Quinua	30	16	1.3	40	150.0	109.20	145.60
Ajo	30	16	1.3	40	50.0	36.40	48.53
Alfalfa	30	16	1.3	40	200.0	145.60	194.13
Habas	30	16	1.3	40	70.0	50.96	67.95
Arveja	30	16	1.3	40	100.0	72.80	97.07
Cebada	30	16	1.3	40	150.0	109.20	145.60
Trigo	30	16	1.3	40	150.0	109.20	145.60
Avena	30	16	1.3	40	150.0	109.20	145.60

## 5. Diseño agronómico maíz

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<b>Eto (mm/día)</b>	5.12	4.96	4.62	4.23	3.85	3.61	3.80	4.29	4.80	5.18	5.49	5.23
<b>Precipitación efectiva (mm/día)</b>	0.64	0.84	0.61	0.18	0.04	0.03	0.03	0.04	0.12	0.28	0.32	0.50
<b>Kc</b>	<b>0.127</b>	<b>0.143</b>	<b>0.117</b>	<b>0.000</b>	<b>0.095</b>	<b>0.210</b>	<b>0.191</b>	<b>0.189</b>	<b>0.089</b>	<b>0.000</b>	<b>0.052</b>	<b>0.094</b>
<b>Etc (mm/día)</b>	0.652	0.708	0.539	0.000	0.364	0.758	0.725	0.811	0.428	0.000	0.286	0.493
<b>Velocidad de infiltración (mm/h)</b>	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
<b>Lámina neta (mm/día)</b>	123.76	123.76	123.76	123.76	123.76	123.76	123.76	123.76	123.76	123.76	123.76	123.76
<b>Eficiencia de aplicación</b>	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
<b>Lámina bruta (mm/día)</b>	165.01	165.01	165.01	165.01	165.01	165.01	165.01	165.01	165.01	165.01	165.01	165.01
<b>Intervalo entre riegos (días)</b>	0.005	0.006	0.004	0.000	0.003	0.006	0.006	0.007	0.003	0.000	0.002	0.004
<b>Tiempo de riego (horas)</b>	8.79	8.78	8.80	8.83	8.84	8.84	8.84	8.84	8.83	8.82	8.82	8.80
<b>Déficit de humedad</b>	<b>0.02</b>	<b>-0.13</b>	<b>-0.07</b>	<b>-0.18</b>	<b>0.32</b>	<b>0.72</b>	<b>0.69</b>	<b>0.77</b>	<b>0.31</b>	<b>-0.28</b>	<b>-0.03</b>	<b>-0.01</b>
<b>Requerimiento de agua (mm/día)</b>	<b>0.02</b>	<b>-0.17</b>	<b>-0.09</b>	<b>-0.24</b>	<b>0.43</b>	<b>0.97</b>	<b>0.92</b>	<b>1.03</b>	<b>0.41</b>	<b>-0.37</b>	<b>-0.04</b>	<b>-0.01</b>
<b>Requerimiento de agua (mm/mes)</b>	<b>0.69</b>	<b>-4.76</b>	<b>-2.92</b>	<b>-7.20</b>	<b>13.32</b>	<b>28.99</b>	<b>28.63</b>	<b>31.91</b>	<b>12.20</b>	<b>-11.60</b>	<b>-1.22</b>	<b>-0.40</b>
<b>Requerimiento de agua (m3/s)</b>	0.000003	-0.000020	-0.000011	-0.000028	0.000050	0.000112	0.000107	0.000119	0.000047	-0.000043	-0.000005	-0.000002
<b>Requerimiento de agua (L/s)</b>	<b>0.003</b>	<b>-0.020</b>	<b>-0.011</b>	<b>-0.028</b>	<b>0.050</b>	<b>0.112</b>	<b>0.107</b>	<b>0.119</b>	<b>0.047</b>	<b>-0.043</b>	<b>-0.005</b>	<b>-0.002</b>

## 6. Diseño agronómico papa

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Eto (mm/día)	5.12	4.96	4.62	4.23	3.85	3.61	3.80	4.29	4.80	5.18	5.49	5.23
Precipitación efectiva (mm/día)	0.64	0.84	0.61	0.18	0.04	0.03	0.03	0.04	0.12	0.28	0.32	0.50
<b>Kc</b>	<b>0.112</b>	<b>0.162</b>	<b>0.173</b>	<b>0.098</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.070</b>	<b>0.124</b>	<b>0.182</b>	<b>0.302</b>	<b>0.136</b>	<b>0.052</b>
Etc (mm/día)	0.573	0.802	0.801	0.413	0.000	0.000	0.266	0.532	0.874	1.566	0.748	0.273
Velocidad de infiltración (mm/h)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Lámina neta (mm/día)	43.68	43.68	43.68	43.68	43.68	43.68	43.68	43.68	43.68	43.68	43.68	43.68
Eficiencia de aplicación	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Lámina bruta (mm/día)	58.24	58.24	58.24	58.24	58.24	58.24	58.24	58.24	58.24	58.24	58.24	58.24
Intervalo entre riegos (días)	0.013	0.018	0.018	0.009	0.000	0.000	0.006	0.012	0.020	0.036	0.017	0.006
Tiempo de riego (horas)	3.07	3.06	3.08	3.11	3.12	3.12	3.12	3.12	3.11	3.10	3.10	3.08
<b>Déficit de humedad</b>	<b>-0.06</b>	<b>-0.03</b>	<b>0.19</b>	<b>0.23</b>	<b>-0.04</b>	<b>-0.03</b>	<b>0.23</b>	<b>0.49</b>	<b>0.75</b>	<b>1.28</b>	<b>0.43</b>	<b>-0.23</b>
<b>Requerimiento de agua (mm/día)</b>	<b>-0.08</b>	<b>-0.05</b>	<b>0.25</b>	<b>0.31</b>	<b>-0.06</b>	<b>-0.04</b>	<b>0.31</b>	<b>0.66</b>	<b>1.00</b>	<b>1.71</b>	<b>0.57</b>	<b>-0.31</b>
<b>Requerimiento de agua (mm/mes)</b>	<b>-2.56</b>	<b>-1.28</b>	<b>7.90</b>	<b>9.31</b>	<b>-1.73</b>	<b>-1.33</b>	<b>9.66</b>	<b>20.39</b>	<b>30.01</b>	<b>53.11</b>	<b>17.24</b>	<b>-9.52</b>
<b>Requerimiento de agua (m3/s)</b>	<b>-0.000010</b>	<b>-0.000005</b>	<b>0.000029</b>	<b>0.000036</b>	<b>-0.000006</b>	<b>-0.000005</b>	<b>0.000036</b>	<b>0.000076</b>	<b>0.000116</b>	<b>0.000198</b>	<b>0.000066</b>	<b>-0.000036</b>
<b>Requerimiento de agua (L/s)</b>	<b>-0.010</b>	<b>-0.005</b>	<b>0.029</b>	<b>0.036</b>	<b>-0.006</b>	<b>-0.005</b>	<b>0.036</b>	<b>0.076</b>	<b>0.116</b>	<b>0.198</b>	<b>0.066</b>	<b>-0.036</b>

## 7. Diseño agronómico quinua

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Eto (mm/día)	5.12	4.96	4.62	4.23	3.85	3.61	3.80	4.29	4.80	5.18	5.49	5.23
Precipitación efectiva (mm/día)	0.64	0.84	0.61	0.18	0.04	0.03	0.03	0.04	0.12	0.28	0.32	0.50
<b>Kc</b>	<b>0.136</b>	<b>0.131</b>	<b>0.108</b>	<b>0.098</b>	<b>0.086</b>	<b>0.067</b>	<b>0.160</b>	<b>0.160</b>	<b>0.160</b>	<b>0.178</b>	<b>0.094</b>	<b>0.087</b>
Etc (mm/día)	0.696	0.651	0.501	0.413	0.333	0.241	0.608	0.686	0.768	0.921	0.514	0.455
Velocidad de infiltración (mm/h)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Lámina neta (mm/día)	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20
Eficiencia de aplicación	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Lámina bruta (mm/día)	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60
Intervalo entre riegos (días)	0.006	0.006	0.005	0.004	0.003	0.002	0.006	0.006	0.007	0.008	0.005	0.004
Tiempo de riego (horas)	7.75	7.74	7.76	7.79	7.80	7.80	7.80	7.80	7.79	7.78	7.78	7.76
<b>Déficit de humedad</b>	<b>0.06</b>	<b>-0.18</b>	<b>-0.11</b>	<b>0.23</b>	<b>0.29</b>	<b>0.21</b>	<b>0.58</b>	<b>0.65</b>	<b>0.64</b>	<b>0.64</b>	<b>0.20</b>	<b>-0.05</b>
<b>Requerimiento de agua (mm/día)</b>	<b>0.08</b>	<b>-0.25</b>	<b>-0.15</b>	<b>0.31</b>	<b>0.39</b>	<b>0.28</b>	<b>0.77</b>	<b>0.86</b>	<b>0.86</b>	<b>0.85</b>	<b>0.26</b>	<b>-0.06</b>
<b>Requerimiento de agua (mm/mes)</b>	<b>2.51</b>	<b>-6.91</b>	<b>-4.51</b>	<b>9.31</b>	<b>12.03</b>	<b>8.29</b>	<b>23.80</b>	<b>26.77</b>	<b>25.79</b>	<b>26.46</b>	<b>7.89</b>	<b>-2.00</b>
<b>Requerimiento de agua (m3/s)</b>	<b>0.000009</b>	<b>-0.000029</b>	<b>-0.000017</b>	<b>0.000036</b>	<b>0.000045</b>	<b>0.000032</b>	<b>0.000089</b>	<b>0.000100</b>	<b>0.000099</b>	<b>0.000099</b>	<b>0.000030</b>	<b>-0.000007</b>
<b>Requerimiento de agua (L/s)</b>	<b>0.009</b>	<b>-0.029</b>	<b>-0.017</b>	<b>0.036</b>	<b>0.045</b>	<b>0.032</b>	<b>0.089</b>	<b>0.100</b>	<b>0.099</b>	<b>0.099</b>	<b>0.030</b>	<b>-0.007</b>

## 8. Diseño agronómico ajo

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<b>Eto (mm/día)</b>	5.12	4.96	4.62	4.23	3.85	3.61	3.80	4.29	4.80	5.18	5.49	5.23
<b>Precipitación efectiva (mm/día)</b>	0.64	0.84	0.61	0.18	0.04	0.03	0.03	0.04	0.12	0.28	0.32	0.50
<b>Kc</b>	<b>0.075</b>	<b>0.050</b>	<b>0.036</b>	<b>0.037</b>	<b>0.034</b>	<b>0.000</b>	<b>0.100</b>	<b>0.081</b>	<b>0.075</b>	<b>0.093</b>	<b>0.088</b>	<b>0.109</b>
<b>Etc (mm/día)</b>	0.384	0.248	0.168	0.155	0.130	0.000	0.380	0.349	0.360	0.480	0.485	0.568
<b>Velocidad de infiltración (mm/h)</b>	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
<b>Lámina neta (mm/día)</b>	36.40	36.40	36.40	36.40	36.40	36.40	36.40	36.40	36.40	36.40	36.40	36.40
<b>Eficiencia de aplicación</b>	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
<b>Lámina bruta (mm/día)</b>	48.53	48.53	48.53	48.53	48.53	48.53	48.53	48.53	48.53	48.53	48.53	48.53
<b>Intervalo entre riegos (días)</b>	0.011	0.007	0.005	0.004	0.004	0.000	0.010	0.010	0.010	0.013	0.013	0.016
<b>Tiempo de riego (horas)</b>	2.55	2.54	2.56	2.59	2.60	2.60	2.60	2.60	2.59	2.58	2.58	2.56
<b>Déficit de humedad</b>	<b>-0.25</b>	<b>-0.59</b>	<b>-0.44</b>	<b>-0.03</b>	<b>0.09</b>	<b>-0.03</b>	<b>0.35</b>	<b>0.31</b>	<b>0.24</b>	<b>0.20</b>	<b>0.17</b>	<b>0.07</b>
<b>Requerimiento de agua (mm/día)</b>	<b>-0.34</b>	<b>-0.78</b>	<b>-0.59</b>	<b>-0.03</b>	<b>0.12</b>	<b>-0.04</b>	<b>0.46</b>	<b>0.41</b>	<b>0.32</b>	<b>0.27</b>	<b>0.22</b>	<b>0.09</b>
<b>Requerimiento de agua (mm/mes)</b>	<b>-10.39</b>	<b>-21.94</b>	<b>-18.24</b>	<b>-1.01</b>	<b>3.64</b>	<b>-1.33</b>	<b>14.37</b>	<b>12.81</b>	<b>9.47</b>	<b>8.22</b>	<b>6.72</b>	<b>2.70</b>
<b>Requerimiento de agua (m3/s)</b>	-0.000039	-0.000091	-0.000068	-0.000004	0.000014	-0.000005	0.000054	0.000048	0.000037	0.000031	0.000026	0.000010
<b>Requerimiento de agua (L/s)</b>	<b>-0.039</b>	<b>-0.091</b>	<b>-0.068</b>	<b>-0.004</b>	<b>0.014</b>	<b>-0.005</b>	<b>0.054</b>	<b>0.048</b>	<b>0.037</b>	<b>0.031</b>	<b>0.026</b>	<b>0.010</b>

## 9. Diseño agronómico alfalfa

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Eto (mm/día)	5.12	4.96	4.62	4.23	3.85	3.61	3.80	4.29	4.80	5.18	5.49	5.23
Precipitación efectiva (mm/día)	0.64	0.84	0.61	0.18	0.04	0.03	0.03	0.04	0.12	0.28	0.32	0.50
<b>Kc</b>	<b>0.198</b>	<b>0.198</b>	<b>0.206</b>	<b>0.241</b>	<b>0.268</b>	<b>0.330</b>	<b>0.234</b>	<b>0.248</b>	<b>0.248</b>	<b>0.367</b>	<b>0.211</b>	<b>0.215</b>
Etc (mm/día)	1.014	0.982	0.953	1.021	1.030	1.191	0.889	1.062	1.188	1.899	1.156	1.126
Velocidad de infiltración (mm/h)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Lámina neta (mm/día)	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60
Eficiencia de aplicación	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Lámina bruta (mm/día)	194.13	194.13	194.13	194.13	194.13	194.13	194.13	194.13	194.13	194.13	194.13	194.13
Intervalo entre riegos (días)	0.007	0.007	0.007	0.007	0.007	0.008	0.006	0.007	0.008	0.013	0.008	0.008
Tiempo de riego (horas)	10.35	10.34	10.36	10.39	10.40	10.40	10.40	10.40	10.39	10.38	10.38	10.36
<b>Déficit de humedad</b>	<b>0.38</b>	<b>0.15</b>	<b>0.34</b>	<b>0.84</b>	<b>0.99</b>	<b>1.16</b>	<b>0.86</b>	<b>1.02</b>	<b>1.06</b>	<b>1.62</b>	<b>0.84</b>	<b>0.62</b>
<b>Requerimiento de agua (mm/día)</b>	<b>0.50</b>	<b>0.20</b>	<b>0.46</b>	<b>1.12</b>	<b>1.32</b>	<b>1.54</b>	<b>1.14</b>	<b>1.36</b>	<b>1.42</b>	<b>2.16</b>	<b>1.12</b>	<b>0.83</b>
<b>Requerimiento de agua (mm/mes)</b>	<b>15.64</b>	<b>5.46</b>	<b>14.19</b>	<b>33.66</b>	<b>40.85</b>	<b>46.32</b>	<b>35.42</b>	<b>42.29</b>	<b>42.59</b>	<b>66.91</b>	<b>33.59</b>	<b>25.72</b>
<b>Requerimiento de agua (m3/s)</b>	<b>0.000058</b>	<b>0.000023</b>	<b>0.000053</b>	<b>0.000130</b>	<b>0.000152</b>	<b>0.000179</b>	<b>0.000132</b>	<b>0.000158</b>	<b>0.000164</b>	<b>0.000250</b>	<b>0.000130</b>	<b>0.000096</b>
<b>Requerimiento de agua (L/s)</b>	<b>0.058</b>	<b>0.023</b>	<b>0.053</b>	<b>0.130</b>	<b>0.152</b>	<b>0.179</b>	<b>0.132</b>	<b>0.158</b>	<b>0.164</b>	<b>0.250</b>	<b>0.130</b>	<b>0.096</b>

### 10. Diseño agronómico habas

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<b>Eto (mm/día)</b>	5.12	4.96	4.62	4.23	3.85	3.61	3.80	4.29	4.80	5.18	5.49	5.23
<b>Precipitación efectiva (mm/día)</b>	0.64	0.84	0.61	0.18	0.04	0.03	0.03	0.04	0.12	0.28	0.32	0.50
<b>Kc</b>	<b>0.036</b>	<b>0.040</b>	<b>0.032</b>	<b>0.024</b>	<b>0.028</b>	<b>0.054</b>	<b>0.051</b>	<b>0.055</b>	<b>0.040</b>	<b>0.000</b>	<b>0.015</b>	<b>0.029</b>
<b>Etc (mm/día)</b>	0.184	0.198	0.146	0.103	0.106	0.195	0.194	0.234	0.192	0.000	0.084	0.152
<b>Velocidad de infiltración (mm/h)</b>	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
<b>Lámina neta (mm/día)</b>	50.96	50.96	50.96	50.96	50.96	50.96	50.96	50.96	50.96	50.96	50.96	50.96
<b>Eficiencia de aplicación</b>	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
<b>Lámina bruta (mm/día)</b>	67.95	67.95	67.95	67.95	67.95	67.95	67.95	67.95	67.95	67.95	67.95	67.95
<b>Intervalo entre riegos (días)</b>	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002	0.004	0.004	0.005	0.004	0.000	0.002	0.003
<b>Tiempo de riego (horas)</b>	3.59	3.58	3.60	3.63	3.64	3.64	3.64	3.64	3.63	3.62	3.62	3.60
<b>Déficit de humedad</b>	<b>-0.45</b>	<b>-0.64</b>	<b>-0.46</b>	<b>-0.08</b>	<b>0.06</b>	<b>0.16</b>	<b>0.16</b>	<b>0.20</b>	<b>0.07</b>	<b>-0.28</b>	<b>-0.23</b>	<b>-0.35</b>
<b>Requerimiento de agua (mm/día)</b>	<b>-0.60</b>	<b>-0.85</b>	<b>-0.62</b>	<b>-0.10</b>	<b>0.09</b>	<b>0.22</b>	<b>0.22</b>	<b>0.26</b>	<b>0.09</b>	<b>-0.37</b>	<b>-0.31</b>	<b>-0.47</b>
<b>Requerimiento de agua (mm/mes)</b>	<b>-18.65</b>	<b>-23.79</b>	<b>-19.15</b>	<b>-3.07</b>	<b>2.65</b>	<b>6.46</b>	<b>6.68</b>	<b>8.06</b>	<b>2.75</b>	<b>-11.60</b>	<b>-9.30</b>	<b>-14.50</b>
<b>Requerimiento de agua (m3/s)</b>	-0.000070	-0.000098	-0.000072	-0.000012	0.000010	0.000025	0.000025	0.000030	0.000011	-0.000043	-0.000036	-0.000054
<b>Requerimiento de agua (L/s)</b>	<b>-0.070</b>	<b>-0.098</b>	<b>-0.072</b>	<b>-0.012</b>	<b>0.010</b>	<b>0.025</b>	<b>0.025</b>	<b>0.030</b>	<b>0.011</b>	<b>-0.043</b>	<b>-0.036</b>	<b>-0.054</b>



### 11. Diseño agronómico arveja

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<b>Eto (mm/día)</b>	5.12	4.96	4.62	4.23	3.85	3.61	3.80	4.29	4.80	5.18	5.49	5.23
<b>Precipitación efectiva (mm/día)</b>	0.64	0.84	0.61	0.18	0.04	0.03	0.03	0.04	0.12	0.28	0.32	0.50
<b>Kc</b>	<b>0.028</b>	<b>0.037</b>	<b>0.040</b>	<b>0.038</b>	<b>0.027</b>	<b>0.000</b>	<b>0.018</b>	<b>0.031</b>	<b>0.046</b>	<b>0.076</b>	<b>0.034</b>	<b>0.017</b>
<b>Etc (mm/día)</b>	0.145	0.183	0.187	0.159	0.104	0.000	0.067	0.133	0.218	0.391	0.187	0.091
<b>Velocidad de infiltración (mm/h)</b>	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
<b>Lámina neta (mm/día)</b>	72.80	72.80	72.80	72.80	72.80	72.80	72.80	72.80	72.80	72.80	72.80	72.80
<b>Eficiencia de aplicación</b>	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
<b>Lámina bruta (mm/día)</b>	97.07	97.07	97.07	97.07	97.07	97.07	97.07	97.07	97.07	97.07	97.07	97.07
<b>Intervalo entre riegos (días)</b>	0.002	0.003	0.003	0.002	0.001	0.000	0.001	0.002	0.003	0.005	0.003	0.001
<b>Tiempo de riego (horas)</b>	5.15	5.14	5.16	5.19	5.20	5.20	5.20	5.20	5.19	5.18	5.18	5.16
<b>Déficit de humedad</b>	<b>-0.49</b>	<b>-0.65</b>	<b>-0.42</b>	<b>-0.02</b>	<b>0.06</b>	<b>-0.03</b>	<b>0.03</b>	<b>0.09</b>	<b>0.10</b>	<b>0.11</b>	<b>-0.13</b>	<b>-0.41</b>
<b>Requerimiento de agua (mm/día)</b>	<b>-0.65</b>	<b>-0.87</b>	<b>-0.56</b>	<b>-0.03</b>	<b>0.08</b>	<b>-0.04</b>	<b>0.05</b>	<b>0.13</b>	<b>0.13</b>	<b>0.15</b>	<b>-0.17</b>	<b>-0.55</b>
<b>Requerimiento de agua (mm/mes)</b>	<b>-20.26</b>	<b>-24.39</b>	<b>-17.48</b>	<b>-0.84</b>	<b>2.57</b>	<b>-1.33</b>	<b>1.42</b>	<b>3.90</b>	<b>3.80</b>	<b>4.58</b>	<b>-5.19</b>	<b>-17.04</b>
<b>Requerimiento de agua (m3/s)</b>	-0.000076	-0.000101	-0.000065	-0.000003	0.000010	-0.000005	0.000005	0.000015	0.000015	0.000017	-0.000020	-0.000064
<b>Requerimiento de agua (L/s)</b>	<b>-0.076</b>	<b>-0.101</b>	<b>-0.065</b>	<b>-0.003</b>	<b>0.010</b>	<b>-0.005</b>	<b>0.005</b>	<b>0.015</b>	<b>0.015</b>	<b>0.017</b>	<b>-0.020</b>	<b>-0.064</b>

## 12. Diseño agronómico cebada

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<b>Eto (mm/día)</b>	5.12	4.96	4.62	4.23	3.85	3.61	3.80	4.29	4.80	5.18	5.49	5.23
<b>Precipitación efectiva (mm/día)</b>	0.64	0.84	0.61	0.18	0.04	0.03	0.03	0.04	0.12	0.28	0.32	0.50
<b>Kc</b>	<b>0.065</b>	<b>0.065</b>	<b>0.032</b>	<b>0.018</b>	<b>0.032</b>	<b>0.071</b>	<b>0.069</b>	<b>0.073</b>	<b>0.058</b>	<b>0.000</b>	<b>0.032</b>	<b>0.059</b>
<b>Etc (mm/día)</b>	0.335	0.321	0.147	0.077	0.125	0.256	0.262	0.312	0.277	0.000	0.175	0.307
<b>Velocidad de infiltración (mm/h)</b>	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
<b>Lámina neta (mm/día)</b>	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20
<b>Eficiencia de aplicación</b>	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
<b>Lámina bruta (mm/día)</b>	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60
<b>Intervalo entre riegos (días)</b>	0.003	0.003	0.001	0.001	0.001	0.002	0.002	0.003	0.003	0.000	0.002	0.003
<b>Tiempo de riego (horas)</b>	7.75	7.74	7.76	7.79	7.80	7.80	7.80	7.80	7.79	7.78	7.78	7.76
<b>Déficit de humedad</b>	<b>-0.30</b>	<b>-0.51</b>	<b>-0.46</b>	<b>-0.10</b>	<b>0.08</b>	<b>0.22</b>	<b>0.23</b>	<b>0.27</b>	<b>0.15</b>	<b>-0.28</b>	<b>-0.14</b>	<b>-0.20</b>
<b>Requerimiento de agua (mm/día)</b>	<b>-0.40</b>	<b>-0.69</b>	<b>-0.62</b>	<b>-0.14</b>	<b>0.11</b>	<b>0.30</b>	<b>0.31</b>	<b>0.36</b>	<b>0.21</b>	<b>-0.37</b>	<b>-0.19</b>	<b>-0.26</b>
<b>Requerimiento de agua (mm/mes)</b>	<b>-12.43</b>	<b>-19.20</b>	<b>-19.11</b>	<b>-4.10</b>	<b>3.43</b>	<b>8.92</b>	<b>9.50</b>	<b>11.30</b>	<b>6.15</b>	<b>-11.60</b>	<b>-5.66</b>	<b>-8.11</b>
<b>Requerimiento de agua (m3/s)</b>	-0.000046	-0.000079	-0.000071	-0.000016	0.000013	0.000034	0.000035	0.000042	0.000024	-0.000043	-0.000022	-0.000030
<b>Requerimiento de agua (L/s)</b>	<b>-0.046</b>	<b>-0.079</b>	<b>-0.071</b>	<b>-0.016</b>	<b>0.013</b>	<b>0.034</b>	<b>0.035</b>	<b>0.042</b>	<b>0.024</b>	<b>-0.043</b>	<b>-0.022</b>	<b>-0.030</b>

### 13. Diseño agronómico trigo

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Eto (mm/día)	5.12	4.96	4.62	4.23	3.85	3.61	3.80	4.29	4.80	5.18	5.49	5.23
Precipitación efectiva (mm/día)	0.64	0.84	0.61	0.18	0.04	0.03	0.03	0.04	0.12	0.28	0.32	0.50
<b>Kc</b>	<b>0.087</b>	<b>0.086</b>	<b>0.043</b>	<b>0.024</b>	<b>0.039</b>	<b>0.089</b>	<b>0.099</b>	<b>0.100</b>	<b>0.076</b>	<b>0.000</b>	<b>0.043</b>	<b>0.078</b>
Etc (mm/día)	0.446	0.429	0.196	0.103	0.150	0.322	0.376	0.429	0.365	0.000	0.234	0.409
Velocidad de infiltración (mm/h)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Lámina neta (mm/día)	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20
Eficiencia de aplicación	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Lámina bruta (mm/día)	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60
Intervalo entre riegos (días)	0.004	0.004	0.002	0.001	0.001	0.003	0.003	0.004	0.003	0.000	0.002	0.004
Tiempo de riego (horas)	7.75	7.74	7.76	7.79	7.80	7.80	7.80	7.80	7.79	7.78	7.78	7.76
<b>Déficit de humedad</b>	<b>-0.19</b>	<b>-0.41</b>	<b>-0.41</b>	<b>-0.08</b>	<b>0.11</b>	<b>0.29</b>	<b>0.34</b>	<b>0.39</b>	<b>0.24</b>	<b>-0.28</b>	<b>-0.08</b>	<b>-0.09</b>
<b>Requerimiento de agua (mm/día)</b>	<b>-0.25</b>	<b>-0.54</b>	<b>-0.55</b>	<b>-0.10</b>	<b>0.14</b>	<b>0.39</b>	<b>0.46</b>	<b>0.52</b>	<b>0.32</b>	<b>-0.37</b>	<b>-0.11</b>	<b>-0.13</b>
<b>Requerimiento de agua (mm/mes)</b>	<b>-7.81</b>	<b>-15.20</b>	<b>-17.08</b>	<b>-3.07</b>	<b>4.46</b>	<b>11.57</b>	<b>14.22</b>	<b>16.13</b>	<b>9.66</b>	<b>-11.60</b>	<b>-3.32</b>	<b>-3.88</b>
<b>Requerimiento de agua (m3/s)</b>	<b>-0.000029</b>	<b>-0.000063</b>	<b>-0.000064</b>	<b>-0.000012</b>	<b>0.000017</b>	<b>0.000045</b>	<b>0.000053</b>	<b>0.000060</b>	<b>0.000037</b>	<b>-0.000043</b>	<b>-0.000013</b>	<b>-0.000014</b>
<b>Requerimiento de agua (L/s)</b>	<b>-0.029</b>	<b>-0.063</b>	<b>-0.064</b>	<b>-0.012</b>	<b>0.017</b>	<b>0.045</b>	<b>0.053</b>	<b>0.060</b>	<b>0.037</b>	<b>-0.043</b>	<b>-0.013</b>	<b>-0.014</b>

## 14. Diseño agronómico avena

Meses	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Eto (mm/día)	5.12	4.96	4.62	4.23	3.85	3.61	3.80	4.29	4.80	5.18	5.49	5.23
Precipitación efectiva (mm/día)	0.64	0.84	0.61	0.18	0.04	0.03	0.03	0.04	0.12	0.28	0.32	0.50
<b>Kc</b>	<b>0.046</b>	<b>0.026</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.019</b>	<b>0.048</b>
Etc (mm/día)	0.236	0.131	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.103	0.250
Velocidad de infiltración (mm/h)	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Lámina neta (mm/día)	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20	109.20
Eficiencia de aplicación	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Lámina bruta (mm/día)	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60	145.60
Intervalo entre riegos (días)	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002
Tiempo de riego (horas)	7.75	7.74	7.76	7.79	7.80	7.80	7.80	7.80	7.79	7.78	7.78	7.76
Déficit de humedad	<b>-0.40</b>	<b>-0.70</b>	<b>-0.61</b>	<b>-0.18</b>	<b>-0.04</b>	<b>-0.03</b>	<b>-0.03</b>	<b>-0.04</b>	<b>-0.12</b>	<b>-0.28</b>	<b>-0.21</b>	<b>-0.25</b>
Requerimiento de agua (mm/día)	<b>-0.53</b>	<b>-0.94</b>	<b>-0.81</b>	<b>-0.24</b>	<b>-0.06</b>	<b>-0.04</b>	<b>-0.04</b>	<b>-0.05</b>	<b>-0.16</b>	<b>-0.37</b>	<b>-0.29</b>	<b>-0.34</b>
Requerimiento de agua (mm/mes)	<b>-16.53</b>	<b>-26.31</b>	<b>-25.20</b>	<b>-7.20</b>	<b>-1.73</b>	<b>-1.33</b>	<b>-1.33</b>	<b>-1.60</b>	<b>-4.93</b>	<b>-11.60</b>	<b>-8.56</b>	<b>-10.46</b>
Requerimiento de agua (m <sup>3</sup> /s)	-0.000062	-0.000109	-0.000094	-0.000028	-0.000006	-0.000005	-0.000005	-0.000006	-0.000019	-0.000043	-0.000033	-0.000039
Requerimiento de agua (L/s)	<b>-0.062</b>	<b>-0.109</b>	<b>-0.094</b>	<b>-0.028</b>	<b>-0.006</b>	<b>-0.005</b>	<b>-0.005</b>	<b>-0.006</b>	<b>-0.019</b>	<b>-0.043</b>	<b>-0.033</b>	<b>-0.039</b>

## Anexo 8: Ficha técnica del aspersor y vástago

### Rotores

2045A Maxi-Paw™ y 2045-PJ Maxi-Bird™

[www.rainbird.com/rotors](http://www.rainbird.com/rotors)

### 2045A Maxi-Paw™ y 2045-PJ Maxi-Bird™

Aplicaciones con agua sucia: espaciamiento de hasta 45 pies (13.7 m)

#### Características

- Impacto demostrado con flujo directo para un rendimiento superior con agua sucia
- Cinco boquillas de trayectoria estándar y dos de ángulo bajo (LA) codificadas por color para una precipitación equiparada y una amplia variedad de aplicaciones
- Círculo completo de 360° O BIEN arco ajustable de 20° a 340°
- Entrada inferior lateral y combinada de ½" o ¾" para mayor flexibilidad de diseño (Maxi-Paw)
- Garantía de 3 años

#### Especificaciones de operación

- Índice de precipitación: de 0.28 a 1.21 pulgadas por hora (de 7 a 31 mm/h)
- Espaciamiento: de 22 a 45 pies (de 6.7 a 13.7 m)
- Caudal: de 1.5 a 8.4 gpm (de 0.34 a 1.91 m<sup>3</sup>/h; de 0.9 a 0.53 l/s)
- Radio: de 22 a 45 pies (de 6.7 a 13.7 m); 18 pies (5.4 m) con tornillo de reducción de radio
- Presión: de 25 a 60 psi (de 1.7 a 4.1 bares)
- Combinación de entrada hembra inferior de ½" o ¾" (Maxi-Paw)
- Entrada lateral FTP de ½" (Maxi-Paw)
- Instalada en tubería de elevación de ½" (15/21) (Maxi-Bird)

#### Modelos

- 2045A Maxi-Paw
- 2045A Maxi-Paw-SAM
- 2045A Maxi-Paw-SAM-NP
- 42064: Llave Maxi-Paw - para retirar conjunto interno de la carcasa
- 2045-PJ Maxi-Bird



2045A Maxi-Paw



2045-PJ Maxi-Bird

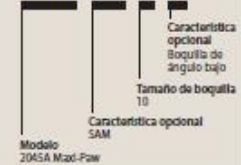
Rotors



42064

#### Cómo especificar

2045A-SAM-10-LA



Rendimiento de boquillas Maxi-Paw y Maxi-Bird						
Presión psi	Boquilla	Radio pies	Caudal gpm	■ Precip pulg./h	▲ Precip pulg./h	
25	● 06	-	-	-	-	-
	● 07 LA	22	1.5	0.60	0.69	
	● 07	32	2.2	0.41	0.48	
	● 08	35	2.8	0.44	0.51	
	● 10 LA	25	3.4	1.05	1.21	
	● 10	38	4.2	0.56	0.65	
35	● 06	37	2.0	0.28	0.32	
	● 07 LA	23	1.9	0.69	0.80	
	● 07	37	2.7	0.38	0.44	
	● 08	38	3.3	0.44	0.51	
	● 10 LA	29	4.0	0.92	1.06	
	● 10	41	4.8	0.55	0.64	
45	● 06	38	2.3	0.31	0.35	
	● 07 LA	25	2.1	0.65	0.75	
	● 07	39	3.0	0.38	0.44	
	● 08	40	3.7	0.45	0.51	
	● 10 LA	31	4.5	0.90	1.04	
	● 10	42	5.4	0.59	0.68	
55	● 06	38	2.5	0.33	0.39	
	● 07 LA	25	2.3	0.71	0.82	
	● 07	41	3.3	0.38	0.44	
	● 08	41	4.1	0.47	0.54	
	● 10 LA	32	5.0	0.94	1.09	
	● 10	43	6.0	0.62	0.72	
60	● 06	38	2.6	0.35	0.40	
	● 07 LA	25	2.4	0.74	0.85	
	● 07	41	3.5	0.40	0.46	
	● 08	42	4.2	0.46	0.53	
	● 10 LA	32	5.4	1.02	1.17	
	● 10	44	6.4	0.64	0.74	
● 12	45	8.4	0.80	0.92		

LA = Ángulo bajo

Los índices de precipitación se basan en un funcionamiento en semicírculo

■ Espaciamiento cuadrado basado en 50% del diámetro de alcance

▲ Patrón de distribución triangular sobre la base de un alcance del 50% de diámetro

Rendimiento de boquillas Maxi-Paw y Maxi-Bird							SISTEMA MÉTRICO	
Presión bares	Boquilla	Radio m	Caudal m <sup>3</sup> /h	Caudal l/m	■ Precip mm/h	▲ Precip mm/h		
2.0	● 6	-	-	-	-	-	-	-
	● 07 LA	6.8	0.38	6.0	16	19		
	● 7	10.4	0.55	9.0	10	12		
	● 8	11.0	0.68	11.4	11	13		
	● 10 LA	8.1	0.83	13.8	25	29		
	● 10	11.9	1.01	16.8	14	16		
2.5	● 6	11.3	0.46	7.8	7	8		
	● 07 LA	7.1	0.44	7.2	17	20		
	● 7	11.4	0.62	10.2	10	11		
	● 8	11.7	0.76	12.6	11	13		
	● 10 LA	8.9	0.92	15.6	23	27		
	● 10	12.5	1.11	18.6	14	16		
3.0	● 6	11.5	0.51	8.4	8	9		
	● 07 LA	7.5	0.47	7.8	17	19		
	● 7	11.8	0.67	11.4	10	11		
	● 8	12.1	0.83	13.8	11	13		
	● 10 LA	9.4	1.01	16.8	23	27		
	● 10	12.8	1.21	20.4	15	17		
3.5	● 6	11.6	0.55	9.0	8	9		
	● 07 LA	7.6	0.50	8.4	17	20		
	● 7	12.2	0.72	12.0	10	11		
	● 8	12.4	0.89	15.0	12	13		
	● 10 LA	9.6	1.09	18.0	23	27		
	● 10	13.0	1.30	21.6	15	18		
4.0	● 6	11.6	0.58	9.6	9	10		
	● 07 LA	7.6	0.54	9.0	18	21		
	● 7	12.5	0.78	13.2	10	11		
	● 8	12.7	0.94	15.6	12	14		
	● 10 LA	9.8	1.19	19.8	25	29		
	● 10	13.3	1.42	23.4	16	19		
● 12	13.7	1.86	31.2	20	23			

Datos de rendimiento obtenidos en condiciones de cero viento

Datos de rendimiento derivados de pruebas que cumplen con las normas ASABE; ASABE S398.1.

Vea en página 186 la declaración de certificación completa de las pruebas ASABE.



2045A Maxi-Paw y 2045-PJ  
Boquillas de ángulo estándar



2045A Maxi-Paw y 2045-PJ  
Boquillas de ángulo bajo

## Cuerpos de aspersores Serie 1800\*

[www.rainbird.com/sprays](http://www.rainbird.com/sprays)

### Serie 1800®

El cabezal aspersor para riego N°1 en el mundo

#### Características

- La junta limpiadora comoldeada ofrece una resistencia incomparable a la suciedad, la presión y el entorno
- Construido con piezas de plástico resistentes al paso del tiempo y los rayos ultravioleta y piezas de acero inoxidable resistentes a la corrosión que garantizan una larga vida útil del producto.
- El caudal controlado con precisión durante la retracción elimina la suciedad de la unidad y asegura una retracción segura del vástago en todo tipo de suelos
- El mecanismo de trinquete de dos piezas permite alinear fácilmente el patrón de la boquilla y brinda una durabilidad prolongada
- Garantía comercial de cinco años

#### Rango operativo

- Espaciamiento: de 2.5 a 24 pies (de 0.8 a 7.3 m)\*\*
- Presión: de 15 a 70 psi (de 1.0 a 4.8 bares)

#### Especificaciones

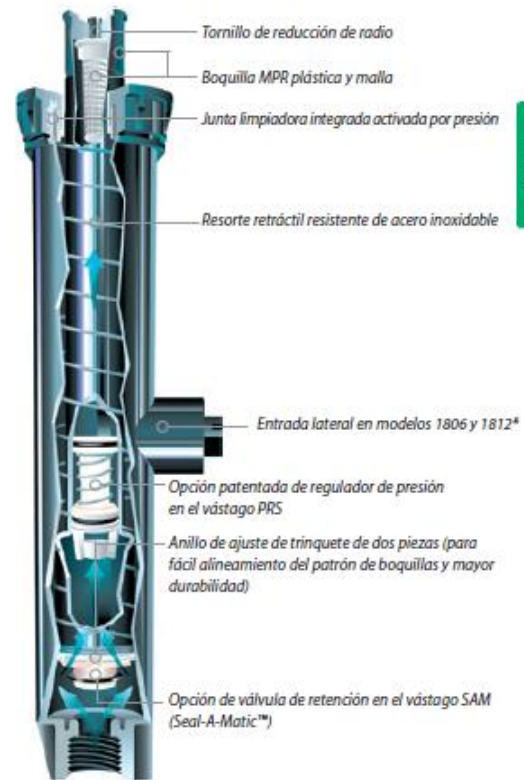
- Pérdida de agua: 0 gpm a 8psi (0.6 bares) o más; de lo contrario 0.10 gpm (0.02 m³/h; 0.36 l/m)

#### Dimensiones y modelos

- Entrada de rosca hembra NPT de 1/2" (15/21)
- Modelos y altura:
  - 1802: 4" (10.2 cm) de altura del cuerpo; 2" de altura del vástago retráctil (5.1 cm)
  - 1804: 6" (15.2 cm) de altura del cuerpo; 4" de altura del vástago retráctil (10.2 cm)
  - 1806: 9 3/8" (23.8 cm) de altura del cuerpo; 6" de altura del vástago retráctil (15.2 cm)
  - 1812: 16" (40.6 cm) de altura del cuerpo; 12" de altura del vástago retráctil (30.5 cm)
- Diámetro de superficie expuesta: 2 1/4" (5.7 cm)

\* Las unidades 1806 y 1812-SAM, SAM-PRS y SAM-PRS-45 no poseen entrada lateral.

\*\* De 2.5 a 18 pies (75 cm a 5.5 m) con boquillas de aspersores Rain Bird estándares (SQ, U-Series, HE-VAN), de 8 a 24 pies (2.4 a 7.3 m) con boquillas giratorias Rain Bird



Cuerpos de aspersores



Serie 1800

#### Cómo especificar

##### 1804 SAM-PRS

Opción  
SAM: Válvula de retención  
Seal-A-Matic™  
PRS: Regulador de presión

##### Altura del vástago retráctil

1802: Altura de vástago retráctil de 2" (5.1 cm)  
1804: Altura de vástago retráctil de 4" (10.2 cm)  
1806: Altura de vástago retráctil de 6" (15.2 cm)  
1812: Altura de vástago retráctil de 12" (30.5 cm)

##### Modelo

Cuerpos de los aspersores Serie 1800

## Anexo 9: Diseño de riego por aspersión

### 1. Lado derecho

#### 1.1.Succión

##### a. Caudal y velocidad

Caudal

$$Q = 1.01 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$Q = 1.01 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * \frac{1\text{h}}{60\text{min}} * \frac{264.2\text{gal}}{1\text{m}^3}$$

$$Q = 4.45 \text{ GPM (galones por minuto)}$$

Velocidad

$$D_{\text{tub}} = 50.8 \text{ mm}$$

$$Q = A * v$$

$$1.01 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{50.8}{1000}\right)^2 * v$$

$$v = 0.138 \text{ m/s}$$

##### b. Altura estática de succión (hes)

$$hes = 1.40 \text{ m}$$

##### c. Rugosidad

$$\varepsilon = 0.0001\text{mm} = 10^{-6}\text{m}$$

##### d. Viscosidad cinemática ( $\theta$ )

$$T = 11^\circ\text{C}$$

$$\theta = 1.274 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

##### e. Rugosidad relativa (Rr)

$$Rr = \frac{\varepsilon}{d_{\text{sec}}} = \frac{10^{-6}\text{m}}{0.0508\text{m}}$$

$$Rr = 1.969 * 10^{-5}$$



f. Número de Reynolds ( $Re$ )

$$Re = \frac{v * d_{sec}}{\theta}$$

$$Re = \frac{0.138 * 0.0508}{1.274 * 10^{-6}} = 5.503 * 10^3$$

g. Coeficiente de fricción ( $\lambda$ )

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[ \log\left(\frac{Rr}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right) \right]^2} = 0.037$$

h. Pérdidas por fricción ( $h_{fs}$ )

$$h_{fs} = \frac{\lambda * L * v^2}{d_{sec} * 2g}$$

$$h_{fs} = \frac{0.037 * 1.00 * 0.138^2}{0.0508 * 2 * 9.81} = 0.000707 \text{ m}$$

i. Pérdidas de carga por velocidad ( $h_{vs}$ )

$$h_{vs} = \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{vs} = \frac{0.138^2}{2 * 9.81} = 0.00097 \text{ m}$$

j. Pérdidas de carga por accesorios ( $h_{as}$ )

Canastilla de succión  $K = 1.50$

Codo 2'' x 90°  $K = 0.90$

Válvula de compuerta  $K = 0.19$

$$h_{as} = \sum K * \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{as} = 2.59 * \frac{0.138^2}{2 * 9.81} = 0.00251 \text{ m}$$

k. Pérdida total por succión ( $h_s$ )

$$h_s = h_{es} + h_{fs} + h_{vs} + h_{as}$$

$$h_s = 1.404 \text{ m}$$

## 1.2.Descarga

- a. Caudal y velocidad

Caudal

$$Q = 1.01 \text{ m}^3/\text{h}$$

Velocidad

$$D_{\text{tub}} = 90 \text{ mm}$$

$$Q = A * v$$

$$1.01 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{s}} = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{90}{1000}\right)^2 * v$$

$$v = 0.044 \text{ m/s}$$

- b. Rugosidad relativa (Rr)

$$\varepsilon = 0.0001\text{mm} = 10^{-6}\text{m}$$

- c. Viscosidad cinemática ( $\theta$ )

$$T = 11^\circ\text{C}$$

$$\theta = 1.274 * 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

- d. Rugosidad relativa (Rr)

$$Rr = \frac{\varepsilon}{d_{\text{sec}}} = \frac{10^{-6}\text{m}}{0.090\text{m}}$$

$$Rr = 1.111 * 10^{-5}$$

- e. Número de Reynolds (Re)

$$Re = \frac{v * d_{\text{sec}}}{\theta}$$

$$Re = \frac{0.044 * 0.090}{1.274 * 10^{-6}} = 3.108 * 10^3$$

- f. Coeficiente de fricción ( $\lambda$ )

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{Rr}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right]^2} = 0.044$$

- g. Pérdida por fricción (hfs)

$$h_{fs} = \frac{\lambda * L * v^2}{d_{\text{sec}} * 2g}$$

$$h_{fs} = \frac{0.044 * 29060 * 0.044^2}{0.090 * 2 * 9.81} = 1.402 \text{ m}$$

h. Pérdida de carga por velocidad ( $h_{vs}$ )

$$h_{vs} = \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{vs} = \frac{0.044^2}{2 * 9.81} = 0.000099 \text{ m}$$

i. Pérdida de carga por accesorios ( $h_{as}$ )

Ampliación	$K = 1.00$
Codo 90°	$K = 0.90 (2) = 1.80$
Tee 3 ½''	$K = 0.2 (57) = 11.4$
Válvula de retención	$K = 2.50$
Válvula de compuerta	$K = 0.19 (59) = 11.21$
Válvula de globo	$K = 18$

$$h_{as} = \sum K * \frac{v^2}{2g}$$

$$h_{as} = 45.91 * \frac{0.044^2}{2 * 9.81} = 0.0045 \text{ m}$$

j. Altura estática de descarga

$$P_{asp} = 2.1 \text{ bar} * \frac{10.197 \text{ mm}_{H_2O}}{1 \text{ bar}} = 21.414 \text{ mm}_{H_2O}$$

$$h_{eD} = 1.5 + 21.414 = 22.914 \text{ m}$$

k. Pérdida total por descarga ( $h_D$ )

$$h_s = h_{fs} + h_{vs} + h_{as} + h_{eD}$$

$$h_s = 24.321 \text{ m}$$

### 1.3. Selección de bomba

a. Altura de trabajo de la bomba

$$H_B = h_s + h_D$$

$$H_B = 1.404 + 24.321 = 25.725 \text{ m}$$

Potencia de la bomba ( $n$ ) = 75%

b. Potencia de la bomba

$$P_B = \rho * g * Q * H_B$$

$$P_B = 1000 \frac{Kg}{m^3} * 9.81 \frac{m}{s^2} * 1.01 \frac{m^3}{h} * \frac{1h}{3600s} * 25.725m$$

$$P_B = \frac{70.802w}{0.75} * \frac{0.00134102HP}{1w}$$

$$P_B = 0.127 HP$$

$$P_B \cong 0.50 HP$$

## 2. Lado izquierdo

### 2.1.Succión

- a. Caudal y velocidad

Caudal

$$Q = 1.01 m^3/h$$

$$Q = 1.01 \frac{m^3}{h} * \frac{1h}{60min} * \frac{264.2gal}{1m^3}$$

$$Q = 4.45 GPM \text{ (galones por minuto)}$$

Velocidad

$$Dtub = 50.8 mm$$

$$Q = A * v$$

$$1.01 \frac{m^3}{h} * \frac{1h}{3600s} = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{50.8}{1000}\right)^2 * v$$

$$v = 0.138 m/s$$

- b. Altura estática de succión (hes)

$$hes = 1.40 m$$

- c. Rugosidad

$$\varepsilon = 0.0001mm = 10^{-6}m$$

- d. Viscosidad cinemática ( $\theta$ )

$$T = 11^\circ C$$

$$\theta = 1.274 * 10^{-6} m^2/s$$

e. Rugosidad relativa (Rr)

$$Rr = \frac{\varepsilon}{d_{sec}} = \frac{10^{-6}m}{0.0508m}$$

$$Rr = 1.969 * 10^{-5}$$

f. Número de Reynolds (Re)

$$Re = \frac{v * d_{sec}}{\theta}$$

$$Re = \frac{0.138 * 0.0508}{1.274 * 10^{-6}} = 5.503 * 10^3$$

g. Coeficiente de fricción ( $\lambda$ )

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[ \log\left(\frac{Rr}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right) \right]^2} = 0.037$$

h. Pérdidas por fricción (hfs)

$$hfs = \frac{\lambda * L * v^2}{d_{sec} * 2g}$$

$$hfs = \frac{0.037 * 1.00 * 0.138^2}{0.0508 * 2 * 9.81} = 0.000707 m$$

i. Pérdidas de carga por velocidad (hvs)

$$hvs = \frac{v^2}{2g}$$

$$hvs = \frac{0.138^2}{2 * 9.81} = 0.00097 m$$

j. Pérdidas de carga por accesorios (has)

Canastilla de succión K = 1.50

Codo 2'' x 90° K = 0.90

Válvula de compuerta K = 0.19

$$has = \sum K * \frac{v^2}{2g}$$

$$has = 2.59 * \frac{0.138^2}{2 * 9.81} = 0.00251m$$

k. Pérdida total por succión (hS)

$$hs = hes + hfs + hvs + has$$

$$hs = 1.404 m$$

## 2.2.Descarga

a. Caudal y velocidad

Caudal

$$Q = 1.01 m^3/h$$

Velocidad

$$Dtub = 90 mm$$

$$Q = A * v$$

$$1.01 \frac{m^3}{h} * \frac{1h}{3600s} = \frac{\pi}{4} * \left(\frac{90}{1000}\right)^2 * v$$

$$v = 0.044 m/s$$

b. Rugosidad relativa (Rr)

$$\varepsilon = 0.0001mm = 10^{-6}m$$

c. Viscosidad cinemática ( $\theta$ )

$$T = 11^\circ C$$

$$\theta = 1.274 * 10^{-6} m^2/s$$

d. Rugosidad relativa (Rr)

$$Rr = \frac{\varepsilon}{dsec} = \frac{10^{-6}m}{0.090m}$$

$$Rr = 1.111 * 10^{-5}$$

e. Número de Reynolds (Re)

$$Re = \frac{v * dsec}{\theta}$$

$$Re = \frac{0.044 * 0.090}{1.274 * 10^{-6}} = 3.108 * 10^3$$

f. Coeficiente de fricción ( $\lambda$ )

$$\lambda = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{Rr}{3.7} + \frac{5.74}{Re^{0.9}}\right)\right]^2} = 0.044$$

g. Pérdida por fricción (hfs)

$$hfs = \frac{\lambda * L * v^2}{dsec * 2g}$$

$$hfs = \frac{0.044 * 23536 * 0.044^2}{0.090 * 2 * 9.81} = 1.135 \text{ m}$$

h. Pérdida de carga por velocidad (hvs)

$$hvs = \frac{v^2}{2g}$$

$$hvs = \frac{0.044^2}{2 * 9.81} = 0.000099 \text{ m}$$

i. Pérdida de carga por accesorios (has)

Ampliación	K = 1.00
Codo 90°	K = 0.90 (2) = 1.80
Tee 3 ½''	K = 0.2 (55) = 11.6
Válvula de retención	K = 2.50
Válvula de compuerta	K = 0.19 (60) = 11.4
Válvula de globo	K = 18

$$has = \sum K * \frac{v^2}{2g}$$

$$has = 46.3 * \frac{0.044^2}{2 * 9.81} = 0.00457 \text{ m}$$

j. Altura estática de descarga

$$Pasp = 2.1 \text{ bar} * \frac{10.197 \text{ mm}_{H2O}}{1 \text{ bar}} = 21.414 \text{ mm}_{H2O}$$

$$heD = 1.5 + 21.414 = 22.914 \text{ m}$$

k. Pérdida total por descarga (hD)

$$hs = hfs + hvs + has + heD$$

$$hs = 24.054 \text{ m}$$

### 2.3. Selección de bomba

- a. Altura de trabajo de la bomba

$$H_B = h_s + h_D$$

$$H_B = 1.404 + 24.054 = 25.458 \text{ m}$$

Potencia de la bomba ( $\eta$ ) = 75%

- b. Potencia de la bomba

$$P_B = \rho * g * Q * H_B$$

$$P_B = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} * 1.01 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * \frac{1 \text{h}}{3600 \text{s}} * 25.458 \text{m}$$

$$P_B = \frac{70.067 \text{w}}{0.75} * \frac{0.00134102 \text{HP}}{1 \text{w}}$$

$$P_B = 0.125 \text{ HP}$$

$$P_B \cong 0.50 \text{ HP}$$



**Anexo 10: Diseño de riego por aspersión**

