



**UNIVERSIDAD JOSÉ CARLOS MARIÁTEGUI**

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y  
ARQUITECTURA**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
(SHORT PAPER)**

**DISEÑO HIDRÁULICO Y OPTIMIZACIÓN DE RECURSO  
HÍDRICO CON FINES DE RIEGO A PRESIÓN EN LA  
COMUNIDAD DE ANCARA - DISTRITO DE  
UMACHIRI - MELGAR - PUNO**

**PRESENTADO POR**

**EGRESADO FIDEL ISIDRO VILCA CALLATA**

**ASESOR:**

**MGR. KARLA FIORELLA CORNEJO LECAROS**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN**

**INGENIERÍA CIVIL**

**MOQUEGUA - PERÚ**

**2019**

# **DISEÑO HIDRÁULICO Y OPTIMIZACIÓN DE RECURSO HÍDRICO CON FINES DE RIEGO A PRESIÓN EN LA COMUNIDAD DE ANCARA - DISTRITO DE UMACHIRI - MELGAR - PUNO**

Fidel Isidro Vilca Callata

*Carrera Profesional de Ingeniería Civil, Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua, Perú*

## **RESUMEN**

Este trabajo se llevó a cabo en la comunidad de Ancara, cuyo objetivo principal fue determinar los cálculos hidráulicos y diseño de sistema de riego a presión con la finalidad de optimizar el recurso hídrico, de los cuales se han obtenido los cálculos de diseño agronómico de demanda de agua y balance hídrico, disponibilidad de agua 17,00 L/s. La demanda de agua fue 16,92 L/s, para un área de 40,00 ha, y los resultados de diseño hidráulico fueron: presión máxima del sistema = 64,12 mca, presión mínima del sistema = 20,26 mca, tubería PVC SAP  $\varnothing = 1\frac{1}{2}$ "', longitud = 4003,51 m, clase - 7,5 para módulos;  $\varnothing = 2$ "', longitud = 2208,20 m, clase - 7,5;  $\varnothing = 3$ "', longitud = 1689,59 m, clase - 7,5; y  $\varnothing = 4$ "' longitud = 2062,47 m, clase - 7,5; para la red de distribución principal. La longitud de cada lateral fue 48,00 m, diámetro del lateral  $\varnothing = 25\text{ mm} = \frac{3}{4}$ "', y la velocidad en lateral fue 1,36 m/s. Los resultados de diseño de sistema de riego fueron: frecuencia de riego de 7,00 días, tiempo de aplicación de 11,00 horas, número de aspersores por lateral = 4,00 unidades, número total de hidrantes = 99,00 unidades, número total de módulos = 33,00 unidades y caudal unitario por módulo de riego  $Q_u = 0,501\text{ L/s}$ .

*Palabras clave:* recurso hídrico, diseño, riego por aspersión.

## **HYDRAULIC DESIGN AND OPTIMIZATION OF WATER RESOURCE FOR PRESSURE IRRIGATION PURPOSES IN THE COMMUNITY OF ANCARA - UMACHIRI DISTRICT - MELGAR - PUNO**

### **ABSTRACT**

This work was carried out in the Ancara community, whose main objective was to determine the hydraulic calculations and design of a pressure irrigation system with the purpose of optimizing the water resource, from which the agronomic demand design calculations have been obtained of water and water balance, water availability 17,00 L/s. The water demand was 16,92 L/s, for an area of 40,00 ha, and the hydraulic design results were: maximum system pressure = 64,12 mca, minimum system pressure = 20,26 mca, pipe SAP PVC  $\varnothing = 1\frac{1}{2}$ "', length = 4003,51 m, class - 7,5 for modules;  $\varnothing = 2$ "', length = 2208,20 m, class - 7,5;  $\varnothing = 3$ "', length = 1689,59 m, class - 7,5; and  $\varnothing = 4$ "' length = 2062,47 m, class - 7,5; for the main distribution network. The length of each lateral was 48,00 m, diameter of the lateral  $\varnothing = 25\text{ mm} = \frac{3}{4}$ "', and the lateral velocity was 1,36 m/s. The irrigation system design results were: irrigation frequency of 7,00 days, application time of 11,00 hours, number of sprinklers per side = 4,00 units, total number of hydrants = 99,00 units, number total modules = 33,00 units and unit flow per irrigation module  $Q_u = 0,501\text{ L/s}$ .

*Keywords:* water resource, design, sprinkler irrigation.

## I. INTRODUCCIÓN

En la región del altiplano, la optimización de recurso hídrico es de mucha importancia ya que la disponibilidad de agua es escasa para el sector agrícola.

Frente a este fenómeno es de urgente necesidad emprender diseños hidráulicos que realmente optimice el recurso hídrico como riego por aspersión ya que su optimización alcanza a un 70 % a 80 % de eficiencia de riego.

### A. Planteamiento del problema

#### *Descripción del problema*

En la actualidad uno de los problemas que hay en la región del altiplano Puno, la deficiencia de uso de recurso hídrico, como la aplicación de riego por gravedad ya que este tipo de diseños llega su eficiencia de aplicación de agua al 30 %.

Teniendo en cuenta ese tipo de deficiencias y es necesario dar solución a este problema a través de diseños de sistema de riego por aspersión ya que su optimización supera a un diseño de riego por gravedad.

#### *Formulación del problema*

¿Por qué es necesario diseñar un sistema de riego a presión en la localidad de Ancara?

### B. Justificación

La baja producción en el sector agrícola en el ámbito de la localidad de Ancara, causada por lo insuficiente disponibilidad de agua para riego, que no satisface la solicitud de recurso hídrico de los cultivos en el ámbito del proyecto a causa de una deficiente gestión de proyectos de diseños de riego, para lo cual se plantea un diseño de riego a presión que alcance una eficiencia uso de recurso hídrico al 70 % a 80 %.

### C. Marco teórico

#### *Antecedentes de la investigación*

El Programa Regional de Riego y Drenaje (2013), con el Programa regional de riego y unidad ejecutora del Gobierno Regional Puno, realizó estudios en el distrito de Pucara para el proyecto “Construcción del sistema de riego por aspersión Pucara”, el cual constituye uno de los proyectos fundamentales del sistema integral hídrico Lampa.

El Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (2003), realizó estudios para la elaboración del proyecto “Ampliación del sistema de riego por aspersión en la comunidad San José sector Pucachupa, distrito de San José - Azángaro - Puno”.

### *Bases teóricas*

#### *Definición de un sistema de riego por aspersión*

Lesur (2006) define que riego por aspersión consiste en la distribución del agua a los cultivos en forma de lluvia, mediante la presión hidráulica de un bomba, una o mas líneas de tuberías y un conjunto de boquillas o aspersores que rocían (p. 52).

Gonzalez (2007) define que el riego por aspersión es una modalidad de riego mediante el cual el agua llega a las plantas en forma de lluvia.

#### *Diseño agronómico*

Fuentes (2003) define que el diseño agronómico tiene por finalidad garantizar que la instalación sea capaz de suministrar la cantidad suficiente de agua, con un control efectivo y buena eficiencia en la aplicación del agua. La dosis de riego e intervalos entre riegos es la cantidad de agua que se aplica en cada riego por cada unidad de superficie.

#### *Diseño hidráulico*

Fuentes (2003) define que el diseño hidráulico tiene por finalidad el cálculo de dimensiones de la red de distribución y del óptimo trazado de la misma. Los laterales, porta aspersores son los que distribuyen el agua al cultivo por medio de los aspersores acoplados a ellas.

Pittman (1997) define que el diseño hidráulico tiene por objetivo el cálculo de dimensiones de la red de distribución de un sistema a presión.

### D. Objetivo

#### *Objetivo general*

Determinar el diseño y cálculo hidráulico de sistema de riego a presión para el aprovechamiento óptimo de recurso hídrico de la comunidad de Ancara.

#### *Objetivos específicos*

Determinar el cálculo agronómico.

Determinar el cálculo hidráulico.

Determinar el diseño de sistema de riego por aspersión.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A. Materiales y equipos

- Papel bond, libreta de campo, material bibliográfico, etc.
- Computadora, impresora, cámara fotográfica, flexómetro, GPS, AutoCAD Civil 3D, AutoCAD 2D, software Microsoft Office.

## B. Diseño metodológico

### Diseño agronómico

#### Programación de cédula de cultivo

Cultivo alfalfa, para los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, agosto, setiembre, octubre, noviembre y diciembre.

#### Coefficiente de Kc de la cédula de cultivo

Para los meses de enero es 0,55, febrero 0,55, marzo 0,81, abril 0,81, mayo 0,81, junio 0,81, agosto 0,55, setiembre 0,55, octubre 0,81, noviembre 0,81 y diciembre 0,81.

#### Precipitación efectiva (PE), datos meteorológicos de precipitación, información requerida

- Frecuencia o probabilidad de ocurrencia de la lluvia: se determina con la ecuación de Weibull.

$$F = (m/(n+1)) \times 100 \dots \dots \dots \text{ [Ecuación 1]}$$

Donde:

F = frecuencia o probabilidad de ocurrencia de la lluvia.

m = valor de posición creciente para la lluvia ordenada en forma decreciente.

n = número total de valores de precipitación mensual en (mm).

- Valores de interpolación al 75 % de probabilidad de ocurrencia.
- Precipitación efectiva (PE), con datos meteorológicos de precipitación, se determina con el criterio empírico de Water Power Resources.

**Tabla 1**

Datos para el cálculo de precipitación efectiva

Incremento acumulado de precipitación (mm)	Incrementos (mm)	Precipitación efectiva (%)
5	5	0
30	25	95
55	25	90
80	25	82
105	25	65
130	25	45
155	25	25
Más de 155	etc.	5

Fuente: Water Power Resources (s.f.)

#### Evapotranspiración potencial (ETP)

Con el método de Hargreaves en función de datos meteorológicos de humedad relativa (HR) y temperatura media mensual, información requerida para determinar la ETP.

#### Demanda de agua y balance hídrico

Con el método de Peman Monteith, en función de datos de ETP (mm/mensual), Kc y precipitación efectiva (mm/mensual) al 75 % para determinar la demanda de agua y balance hídrico.

## Diseño hidráulico

### Información requerida

Plano topográfico.

Evaluación del área de diseño del proyecto de investigación.

Características hidráulicas del aspersor: especificaciones técnicas del aspersor modelo Nann 427 negro:

- Diámetro de boquilla de aspersor  $\varnothing = 4,00$  mm.
- Espaciamiento de aspersor Ea = 12,00 m.
- Pluviometría del aspersor Pp = 4,17 mm/h.
- Presión de trabajo en atm, Po = 1 atm = 10 mca.
- Caudal del aspersor qa = 0,60 m<sup>3</sup>/h.
- Caudal del aspersor q = 0,167 L/s.
- Diámetro de alcance  $\varnothing = 22,00$  m.

### Ecuaciones para determinar el cálculo hidráulico

- Pendiente (S)

$$S = (Cota \text{ piez. } i - Cota \text{ terreno}) / (L/1000) \dots \dots \dots \text{ [Ecuación 2]}$$

Donde:

S = pendiente

Cota piez. i = cota piezométrica inicial (msnm)

Cota terreno = cota terreno (msnm)

L = longitud de cada tramo (m)

- Diámetro ( $\varnothing$ ):

$$\varnothing = (Q / (0,0597 \times S^{0,54}))^{1/2,63} \dots \dots \dots \text{ [Ecuación 3]}$$

Donde:

$\varnothing$  = diámetro (pulg.)

Q = caudal unitario por tramo (L/s)

S = pendiente de cada tramo.

- Velocidad (V)

$$V = (1,9735 \times Q) / \varnothing^2 \dots \dots \dots \text{ [Ecuación 4]}$$

Donde:

V = velocidad cada tramo (m/s)

Q = caudal unitario por tramo (L/s)

$\varnothing$  = diámetro (pulg.)

Otra ecuación:

$$V = (Q/1000) / (0,785(\varnothing/1000)^2) \dots \dots \dots \text{ [Ecuación 5]}$$

Donde:

V = velocidad cada tramo (m/s)

Q = caudal unitario por tramo (L/s)

$\varnothing$  = diámetro (mm)

- Pérdida de carga (hf):

$$hf = (Q / (0,2788 \times C \times \varnothing^{2,63}))^{1,85} \times L \dots \dots \dots \text{ [Ecuación 6]}$$

Donde:

hf = pérdida de carga por cada tramo (m)

Q = caudal unitario por tramo (m<sup>3</sup>/s)

$\varnothing$  = diámetro (m)

C = coeficiente de Hazen Williams

L = longitud de tramo (m)

Otra ecuación:

$$hf = 1,213 \times 10^{-10} \times L \times ((Q/C)^{1,852}) \times (\varnothing^{-4,871}) \dots \dots \dots \text{ [Ecuación 7]}$$

Donde:

hf = pérdida de carga por cada tramo (m)

Q = caudal unitario por tramo (L/s)

Ø = diámetro (mm)  
 C = coeficiente de hazen Williams  
 L = longitud de tramo (m)

- Cota piezométrica:  
 Cota piez = (cota piez. inicial - hf)..... [Ecuación 8]  
 Donde:  
 Cota piez. = cota piezométrica (msnm)  
 hf = pérdida de carga (m)
- Presión (P):  
 P = (cota piez. inicial - cota terreno)... [Ecuación 9]  
 Donde:  
 P = presión (mca)

*Lateral de riego:*

- Diámetro (Ø):  
 $\text{Ø} = 15,5x(Ql \times 3,6)^{1/2}$ ..... [Ecuación 10]  
 Donde:  
 Ø = diámetro de lateral (mm)  
 Ql = caudal del lateral (L/s)
- Velocidad (V):  
 $V = Ql/1000x1/(3,141592x(\text{Ø}/1000)^{2/4})$ ..... [Ecuación 11]  
 Donde:  
 V = velocidad (m/s)  
 Ql = caudal de lateral (L/s)  
 Ø = diámetro del lateral (mm)

**Diseño de sistema de riego**

*Información requerida*

- Eficiencia de riego Er = 70,00 %
- Caudal de diseño para el sistema Qd = 17,00 L/s
- Área de riego a diseñar A = 40,00 ha.
- Lámina neta Ln = 3,20 cm.

*Frecuencia de riego (Fr):*

Fr = Ln/ETP..... [Ecuación 12]  
 Donde:  
 Fr = frecuencia de riego (días)  
 Ln = lámina neta (mm)  
 ETP = evapotranspiración potencial (mm/día).

*Lamina real (Lr):*

Lr = Ln/Er..... [Ecuación 13]  
 Donde:  
 Lr = lámina real (mm)  
 Ln = lámina neta (mm)  
 Er = eficiencia de riego 70 %

*Tiempo de aplicación (Ta):*

Ta = Lr/Pp..... [Ecuación 14]  
 Donde:  
 Ta = tiempo de aplicación (horas)  
 Lr = lámina real (mm)  
 Pp = pluviometría del aspersor (mm/h)

*Número de aspersores por lateral:*

Nº asp. = L/Ea..... [Ecuación 15]  
 Donde:  
 L = longitud de lateral a diseñar (m)

Ea = espaciamiento entre aspersor (m)

*Número total de módulos:*

Nº TMD = Qd/Qu..... [Ecuación 16]  
 Donde:  
 Nº TMD = número total módulos a diseñar.  
 Qd = caudal disponible para el sistema (L/s)  
 Qu = Σ caudal unitario cada unidad de riego c/lateral (L/s)

*Número total de hidrantes:*

Nº th = Nº TMD\*(Nº H)..... [Ecuación 17]  
 Donde:  
 Nº th = número total de hidrantes  
 Nº TMD = número total de módulos a diseñar.  
 Nº H = número hidrantes por módulo

*Caudal unitario para cada módulo:*

Qu = qa\*NºH módulo..... [Ecuación 18]  
 Donde:  
 Qu = Σ caudal unitario cada unidad de riego c/lateral (L/s)  
 qa = caudal del aspersor (L/s)  
 Nº H módulo = número de hidrantes/módulo.

**C. Entorno**

*Topografía*

El área del proyecto presenta un relieve relativamente uniforme y con algunas pendientes pronunciadas, por ser el área en ladera a un costado del canal de riego, en el cual se distingue una unidad fisiográfica, conformada por las laderas y pampas adyacentes, ondulaciones, poco pronunciadas, tampoco inundables, que presentan buen drenaje natural y ocupan posiciones no alcanzables por la elevación de los niveles del canal.

*Calidad del agua*

La calidad de agua de la zona estudiada de este sistema de riego, de la cual ya se tiene indicios de uso, no presenta problemas de contaminación y satisface en forma adecuada a los pobladores del lugar.

*Drenaje*

El área está drenada por la formación de los riachuelos a los bordes de las áreas de riego.

**III. RESULTADOS**

**A. Resultado de cálculo agronómico**

*Precipitación efectiva al 75 % (mm/mensual)*

Los resultados de precipitación efectiva son enero 87,10, febrero 75,95, marzo 78,91, abril 27,08, mayo 0,00, junio 0,00, julio 0,00, agosto 0,00, setiembre 0,05, octubre 16,91, noviembre 30,55 y diciembre 72,83.

*Evapotranspiración potencial (mm/mensual)*

Los resultados de evapotranspiración potencial son enero 138,28, febrero 114,93, marzo 117,28, abril

96,54, mayo 77,90, junio 61,62, julio 64,89, agosto 80,16, setiembre 100,64, octubre 85,75, noviembre 132,47 y diciembre 142,00.

#### *Demanda de agua y balance hídrico*

- Disponibilidad de agua fue 17,00 L/s.
- Demanda de agua fue 16,92 L/s.
- Área a diseñar fue 40,00 ha.

#### **B. Resultado de cálculo hidráulico**

##### *Cálculo hidráulico de la red distribución*

- Presión máxima del sistema 64,12 mca.
- Presión mínima del sistema 20,26 mca.
- Velocidad máxima del sistema 1,93 m/s.
- Velocidad mínima del sistema 0,21 m/s
- Tubería PVC SAP Ø = 1 ½'' longitud = 4003,51 m Clase - 7,5 para módulo de riego.
- Tubería PVC SAP Ø = 2'' longitud = 2208,20 m Clase - 7,5 para red distribución principal.
- Tubería PVC SAP Ø = 3'' longitud = 1689,59 m Clase - 7,5 para red distribución principal.
- Tubería PVC SAP Ø = 4'' longitud = 2062,47 m Clase - 7,5 para red distribución principal.
- Longitud total de tubería para el sistema de riego por aspersión longitud = 9963,77 m.

##### *Cálculo hidráulico del lateral de riego.*

- Longitud de lateral: L = 48,00 m.
- Diámetro del lateral: Ø = 25 mm = 3/4''.
- Velocidad en lateral: V = 1,36 m/s.

#### **C. Resultado de diseño de sistema de riego por aspersión**

- Área de diseño: A = 40,00 ha.
- Frecuencia de riego: FR = 7,00 días.
- Tiempo de aplicación: Ta = 11 horas.
- Caudal de demanda y balance hídrico es 16,92 L/s y caudal ofertado es 17,00 L/s.
- Número de aspersores por lateral 4,00 unidades.
- Número total de módulos 33,00 unidades.
- Número total de hidrantes 99,00 unidades.
- Caudal unitario por módulo de riego 0,501 L/s.

## **IV. DISCUSIÓN**

El Programa Regional de Riego y Drenaje (2013), realizó estudios en distrito de Pucara para el proyecto "Construcción del sistema de riego por aspersión Pucara", su proyecto se ha considerado con un caudal de diseño de 500,00 L/s para una cantidad de área bajo riego de 1200,00 ha, en nuestra investigación se ha considerado un caudal de diseño de 17,00 L/s para una área bajo riego de 40,00 ha.

El Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social (2003) realizó estudios para la elaboración del proyecto "Ampliación del sistema de riego por aspersión en la comunidad San José sector Pucachupa, distrito de San José - Azángaro - Puno", su proyecto se ha considerado para el diseño de sistema de riego por aspersión con un

caudal de 8,90 L/s para un área bajo riego de 21,00 ha, también se ha considerado 1,00 unidad de captación o toma de derivación directa, 1,00 unidad de cámara de carga de concreto armado, 37,00 unidades de hidrantes, instalación de 14,00 unidades módulos de riego móvil. En nuestra investigación se ha considerado un caudal de diseño de 17,00 L/s para un área bajo riego de 40,00 ha, 1,00 unidad de cámara de carga, 99,00 unidades de hidrantes, instalación de 33,00 unidades de módulos.

## **V. CONCLUSIONES**

Se determinó el diseño y cálculo hidráulico del sistema de riego a presión para el aprovechamiento óptimo de recurso hídrico de la comunidad de Ancara: el diseño del sistema fue para un área de 40,00 ha, con un caudal de diseño de 17,00 L/s, número total de hidrantes 99,00 unidades, número total de módulos 33,00 unidades. El cálculo hidráulico: la presión máxima es 64,12 mca y mínima de 20,12 mca; y la longitud total de tubería PVC SAP Ø = 1 ½'', Ø = 2'', Ø = 3'' y Ø = 4'' es de 9963,77 m.

Se determinó el cálculo agronómico: la evapotranspiración potencial es 4,58 mm/día, la demanda de agua y balance hídrico para el proyecto es de 16,92 L/s como mínimo, y como máximo es de 17,00 L/s, para un área bajo riego de 40,00 ha.

Se determinó el cálculo hidráulico para el sistema de riego por aspersión: la presión máxima es 64,12 mca y mínima de 20,12 mca. La cantidad de tubería, diámetro y clase de tubería a emplearse para el proyecto de sistema de riego por aspersión es tubería PVC SAP Ø = 1 ½'', longitud = 4003,51 m, clase - 7,5; tubería PVC SAP Ø = 2'', longitud = 2208,20 m, clase - 7,5; tubería PVC SAP Ø = 3'', longitud = 1689,59 m, clase - 7,5; y tubería PVC SAP Ø = 4'', longitud = 2062,47 m, clase - 7,5.

Se determinó el diseño de sistema de riego: frecuencia de riego FR = 7,00 días, tiempo de aplicación Ta = 11,00 horas. El sistema contempla un número de aspersores por lateral de 4,00 unidades, número total de hidrantes de 99,00 unidades, número total de módulos de 33,00 unidades y un caudal unitario por módulo de riego Qu = 0,501 L/s.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social. (2003). *Ampliación del sistema de riego por aspersión comunidad San José sector Pucachupa*.
- Fuentes, J. (2003). *Métodos de riego (4ª ed.)*. Dirección Agraria y Pesca. Madrid, España: Mundi-Prensa.
- Gonzalez, P. (2007). *Introducción al riego y drenaje*. Instituto de investigaciones del riego y drenaje. Cuba.

Lesur, L. (2006). *Una guía práctica para el diseño de sistema de riego por aspersión*. México D. F., Editorial Trillas.

Programa Regional de Riego y Drenaje. (2013). *Construcción del sistema de riego tecnificado Pucara*.

Pittman, R. (1997). *Agua potable para localidades rurales*. Lima: Asociación servicios educativos rurales.

Water Power Resources. (s.f.). *Tabla de datos para el cálculo de precipitación efectiva*.