

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRICOLA**



**“EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO EN EL  
CULTIVO DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.) EN VILCALLAMI-JULI”**

**T E S I S**

**PRESENTADA POR:**

**Br. LUIS ALBERTO MAQUERA MOLLINEDO**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRICOLA**

**PROMOCION: 2012-I**

**PUNO – PERÚ**

**2014**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRICOLA**

**TESIS**

**“EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL SISTEMA DE RIEGO TECNIFICADO EN EL CULTIVO DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.) EN VILCALLAMI-JULI”**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**LUIS ALBERTO MAQUERA MOLLINEDO**



V.O.  
*[Handwritten signature]*

PRESENTADA A LA COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OPTAR EL TITULO DE:

**INGENIERO AGRICOLA**

**APROBADO POR:**

**PRESIDENTE DEL JURADO** :

*[Handwritten signature]*  
\_\_\_\_\_  
Dr. Eduardo, FLORES CONDORI

**PRIMER JURADO** :

\_\_\_\_\_  
Ing. Esteban Moises, VILCA PERES

**SEGUNDO JURADO** :

*[Handwritten signature]*  
\_\_\_\_\_  
Ing. Edilberto, HUAQUISTO RAMOS

**DIRECTOR DE TESIS** :

*[Handwritten signature]*  
\_\_\_\_\_  
Ing. Edilberto, VELARDE COAQUIRA

Dedicatoria:

*Con profundo amor y cariño a mi esposa  
Rosa Margarita, por ser la razón de seguir  
adelante en los objetivos de la vida. En  
reconocimiento a su apoyo incondicional y  
desmedido en mi formación profesional, por  
ser guía en mi camino en todo momento.*

*A mis padres, Marcelino y  
Educina, con eterna gratitud, a  
quienes agradezco de todo corazón,  
por su amor, cariño y comprensión.  
Por su apoyo en mi formación  
profesional*

*A mis hermanos Jhony Williams,  
Yamilseth, Luz Corina por su apoyo y  
aliento que me brindaron durante mi  
formación integral.*

**Luis Alberto MAQUERA MOLLINEDO**

## **AGRADECIMIENTOS**

- ✓ *Agradezco de manera especial y sincera al Ing. Edilberto Velarde Coaquira, por aceptar la dirección de esta Tesis. Por su paciencia, disponibilidad y generosidad. Sus oportunas observaciones y acertadas críticas hicieron posible la culminación de este trabajo.*
  
- ✓ *A todas las personas quienes se vieron involucradas y fueron participes en la materialización del presente trabajo. Gran parte de los logros alcanzados, son en mérito del apoyo y aliento constante.*
  
- ✓ *A nuestra Alma Mater, Universidad Nacional del Altiplano – Puno a la escuela profesional de Ingeniería Agrícola Facultad de Ingeniería Agrícola, que me dio la oportunidad de formarme como profesional.*
  
- ✓ *A mis queridos amigos Elmer, Moises, Leonardo, Royer, Freyker por brindarme su apoyo durante esta andadura que han estado ahí para lo que necesite.*
  
- ✓ *A mis querido padre Marcelino Maquera Velásquez por brindarme su apoyo durante esta andadura que ha estado hay para lo que necesite.*
  
- ✓ *A la Comunidad de Vilcallmi que me permitió realizar la presente investigación.*

*A todos ellos, mi eterna gratitud.*

**El Autor.**

## INDICE

<b>1</b>	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
<b>1.1</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	14
<b>1.2</b>	<b>OBJETIVOS:</b> .....	15
1.2.1	Objetivo General.....	15
1.2.2	Objetivo Específico. ....	15
<b>1.3</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	15
<b>1.4</b>	<b>ANTECEDENTES</b> .....	16
<b>2</b>	MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL, E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN. ....	18
<b>2.1</b>	<b>RIEGO POR ASPERSION.</b> .....	18
2.1.1	Definición del sistema de riego por aspersión.....	18
2.1.2	Componentes de un sistema de riego por aspersión. ....	18
2.1.3	Disponibilidad de agua en el suelo para las plantas. ....	20
2.1.4	Infiltración. ....	21
2.1.5	Demanda de agua del cultivo de alfalfa.....	24
2.1.6	Diseño de sistema de riego por aspersión.....	31
<b>2.2</b>	<b>RIEGO POR GOTEO</b> .....	42
2.2.1	Definición del Riego por goteo .....	42
2.2.2	Distribución del Agua en el Suelo.....	43
2.2.3	Eficiencia del Riego por Goteo .....	44
2.2.4	Ventajas de un Sistema de Riego por Goteo .....	47
2.2.5	Desventajas de un Sistema de Riego por Goteo .....	48
2.2.6	Componentes del Sistema de Riego por Goteo .....	49
2.2.7	Tipos de Emisores .....	52
2.2.8	Procedimiento de Diseño para Riego por Goteo. ....	54
<b>2.3</b>	<b>CULTIVO DE ALFALFA (Medicago sativa L.)</b> .....	67

2.3.1	Origen y características botánicas de la planta.....	67
2.3.2	Tecnología del cultivo.....	68
<b>2.4</b>	<b>EVALUACION ECONOMICA.....</b>	<b>77</b>
2.4.1	Objetivos de la Evaluación.....	78
2.4.2	Proceso de Evaluación.....	79
2.4.3	Indicadores de Evaluación.....	79
<b>2.5</b>	<b>HIPOTESIS DE INVESTIGACION.....</b>	<b>83</b>
2.5.1	HIPOTESIS GENERAL.....	83
2.5.2	HIPOTESIS ESPECIFICACAS.....	83
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>84</b>
<b>3.1</b>	<b>UBICACIÓN, EXTENSIÓN Y VÍAS DE ACCESO.....</b>	<b>84</b>
<b>3.2</b>	<b>MATERIALES.....</b>	<b>84</b>
3.2.1	Recopilación de información.....	85
<b>3.3</b>	<b>METODOLOGÍA UTILIZADA.....</b>	<b>92</b>
3.3.1	Primera fase: Cálculo de las necesidades hídricas del cultivo.....	92
3.3.2	Segunda fase: Diseño de los módulos de riego.....	94
3.3.3	Tercera fase: Proceso de estimación del presupuesto para la instalación del experimento.....	112
3.3.4	Cuarta fase: Instalación y riego del módulo de riego por aspersión y goteo....	117
3.3.5	Diseño experimental.....	120
3.3.6	Quinta fase: Proceso de evaluación económica del proyecto de investigación. 121	
<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>124</b>
<b>4.1</b>	<b>DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE RIEGO ASPERSION Y GOTEO PARA EL CULTIVO DE ALFALFA (Medicago sativa L.).....</b>	<b>124</b>
4.1.1	Demanda hídrica del cultivo de alfalfa (Medicago sativa L.).....	124
4.1.2	Diseño agronómico de los métodos de riego.....	127
4.1.3	Diseño hidráulico de los métodos de riego.....	130

<b>4.2</b>	<b>ANÁLISIS COMPARATIVO DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ALFALFA (Medicago sativa L.) APLICANDO LOS DOS METODOS DE RIEGO TECNIFICADO.....</b>	<b>135</b>
4.2.1	Análisis estadístico .....	135
4.2.2	Rendimiento de biomasa foliar de alfalfa en materia verde (kg/m <sup>2</sup> ), primer corte	136
4.2.3	Rendimiento de biomasa foliar de alfalfa en materia verde (kg/m <sup>2</sup> ), segundo corte	139
<b>4.3</b>	<b>EVALUACION ECONOMICA DE LAS DOS ALTERNATIVAS DE SISTEMA DE RIEGO COMPARADO .....</b>	<b>142</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS .....</b>	<b>146</b>
<b>5.1</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>146</b>
<b>5.2</b>	<b>SUGERENCIAS.....</b>	<b>148</b>
<b>6</b>	<b>Bibliografía.....</b>	<b>149</b>

## INDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1 Servicios de cómputo y procesamiento de datos .....	85
Cuadro N° 2 Resultados de análisis de agua de riego, lugar comunidad Vilcallame-Juli-Puno 86	
Cuadro N° 3 Principales características físico-químicas del suelo localidad Vilcallame – Juli – Puno .....	88
Cuadro N° 4 Principales características físico-químicas del suelo localidad Vilcallame – Juli - Puno .....	88
Cuadro N° 5 Parámetros determinados para las ecuaciones de infiltración .....	90
Cuadro N° 6 Resultados sobre la determinación de la infiltración básica. ....	91
Cuadro N° 7 Información meteorológica estación Juli, promedio de 5 últimos años (2006-2011), se detalla los promedios mensuales .....	92
Cuadro N° 8 Valores de kc para las etapas de desarrollo del cultivo de alfalfa primer corte que se realiza desde 01 de septiembre a 15 de noviembre 2013. ....	93
Cuadro N° 9 Valores de kc para las etapas de desarrollo del cultivo de alfalfa segundo corte que se realiza desde 16 de noviembre de 2013 hasta 15 de enero de 2014.....	93
Cuadro N° 10: Características de diseño y funcionamiento de la cinta gotero seleccionado para la instalación marca comercial (Rodrip) .....	104
Cuadro N° 11 Planilla de metrados riego por aspersión .....	113
Cuadro N° 12 Planilla de metrados riego por goteo .....	114
Cuadro N° 13 Costo directo de la instalación de riego por aspersión .....	115
Cuadro N° 14 Costo directo de la instalación de riego por goteo .....	116
Cuadro N° 15 Análisis de varianza (ANVA) .....	120
Cuadro N° 16 Distribución de tratamientos módulos y frecuencias de riego.....	121
Cuadro N° 17 Evapotranspiración potencial (mm/día) en Juli-Puno, método de Penman – Monteith (SOFTWARE CROPWAT) versión para Windows. ....	124
Cuadro N° 18 Evapotranspiración potencial (mm/día) Ancoaque Juli-Puno, método de Hargreaves. Función temperatura .....	125
Cuadro N° 19 Requerimiento hídrico del cultivo de alfalfa para producción de forraje en la localidad de Juli-Puno. ....	125
Cuadro N° 20Resumen de los parámetros calculados en el diseño agronómico de riego por aspersión en Juli-Puno.....	127
Cuadro N° 21 Resultados de la prueba de campo de los goteros. ....	128
Cuadro N° 22 Resumen de los parámetros calculados en el diseño agronómico de riego por goteo en Juli-Puno. ....	129
Cuadro N° 23Características hidráulicas de los aspersores marca Naan 427 .....	130

Cuadro N° 24 Materiales para módulo de aspersión .....	131
Cuadro N° 25 Materiales para hidrantes .....	131
Cuadro N° 26 Resumen de los parámetros calculados en el diseño hidráulico de riego por aspersión en Juli-Puno.....	132
Cuadro N° 27 Materiales para modulo de goteo.....	133
Cuadro N° 28 Resumen de los parámetros calculados en el diseño hidráulico de riego por goteo en Juli-Puno. ....	134
Cuadro N° 29 Rendimiento de alfalfa en Kg/m2, según tratamientos. ....	136
Cuadro N° 30 Análisis de varianza para rendimiento de biomasa foliar de alfalfa (primer corte) en Kg/m2. ....	137
Cuadro N° 31 Prueba de rango múltiple de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) para efecto del método de riego sobre el rendimiento de biomasa foliar de alfalfa, primer corte. ....	138
Cuadro N° 32 Prueba de rango múltiple de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) para efecto frecuencia de riego sobre el rendimiento de biomasa foliar de alfalfa, primer corte. ....	138
Cuadro N° 33 Análisis de varianza para rendimiento de biomasa foliar de alfalfa (segundo corte) en Kg/m2.....	140
Cuadro N° 34 Prueba de rango múltiple de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) para efecto del método de riego sobre el rendimiento de biomasa foliar de alfalfa, segundo corte. ....	141
Cuadro N° 35 Prueba de rango múltiple de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) para efecto de frecuencia de riego sobre el rendimiento de biomasa foliar de alfalfa, segundo corte.....	141
Cuadro N° 36: Resultados de la evaluación económica del proyecto.....	142

### INDICE DE IMÁGENES

Gráfico N° 1 Curva del coeficiente de cultivo para alfalfa. ....	93
Gráfico N° 2 Rendimiento de biomasa foliar de alfalfa en materia verde, primer corte (kg/m2).....	139
Gráfico N° 3 Rendimiento de biomasa foliar de alfalfa en materia verde, primer corte (kg/m2).....	142

## INDICE DE ANEXOS

- Anexo 1: Precipitación total mensual serie de 1971-2011 (mm) en la localidad de Juli
- Anexo 2: Velocidad del viento (m/s) serie de 1991-2011 en la localidad de Juli.
- Anexo 3: Temperatura media mensual (°C) serie 1991-2011 en la localidad de Juli
- Anexo 4: Curva humedad relativa (%) serie 1997-2011 en la localidad de Juli
- Anexo 5: Cuadro de información meteorológica promedio de 5 años 2006-2011 estación Juli
- Anexo 6: Requerimiento hídrico y programación de riego por aspersión (software-cropwat) frecuencia 1 primer corte
- Anexo 7: Requerimiento hídrico y programación de riego por aspersión (software-cropwat) frecuencia 2 primer corte
- Anexo 8: Requerimiento hídrico y programación de riego por aspersión (software-cropwat) frecuencia 3 primer corte
- Anexo 9: Requerimiento hídrico y programación de riego por aspersión (software-cropwat) frecuencia 1 segundo corte
- Anexo 10: Requerimiento hídrico y programación de riego por aspersión (software-cropwat) frecuencia 21 segundo corte
- Anexo 11: Requerimiento hídrico y programación de riego por aspersión (software-cropwat) frecuencia 31 segundo corte
- Anexo 12: Diseño de sistema de riego por aspersión
- Anexo 13: Requerimiento hídrico y programación de riego por goteo (software-cropwat) frecuencia 3 primer corte
- Anexo 14: Requerimiento hídrico y programación de riego por goteo (software-cropwat) frecuencia 1 primer corte
- Anexo 15: Requerimiento hídrico y programación de riego por goteo (software-cropwat) frecuencia 2 primer corte
- Anexo 16: Requerimiento hídrico y programación de riego por goteo (software-cropwat) frecuencia 3 segundo corte
- Anexo 17: Requerimiento hídrico y programación de riego por goteo (software-cropwat) frecuencia 1 segundo corte

Anexo 18: Requerimiento hídrico y programación de riego por goteo (software cropwat) frecuencia 2 segundo corte

Anexo 19: Diseño de sistema de riego por goteo

Anexo 20: Planilla de metrados riego por aspersión

Anexo 21: Planilla de metrados riego por goteo

Anexo 22: Costo directo para la instalación del sistema de riego por aspersión

Anexo 23: Costo directo para la instalación de riego por goteo

Anexo 24: Prueba de infiltración

Anexo 25: Costo de producción del cultivo de alfalfa etapa de instalación

Anexo 26: Costo de producción del cultivo de alfalfa con riego por aspersión primer corte

Anexo 27: Costo de producción del cultivo de alfalfa con riego por goteo primer corte

Anexo 28: Costo de producción del cultivo de alfalfa con riego por aspersión segundo corte

Anexo 29: Costo de producción del cultivo de alfalfa con riego por goteo segundo corte

Anexo 30: Flujo de costos e ingresos del proyecto

Anexo 31: Resultados de la evaluación económica del proyecto con riego por aspersión

Anexo 32: Resultados de la evaluación económica del proyecto con riego por goteo

## RESUMEN

La investigación se ejecutó en el sector Japocco Choquellusca de la comunidad de Vilcallami distrito de Juli, provincia de Chucuito, región de Puno; a 16° 32' de latitud sur, y 69°47' de longitud Oeste, a una altitud de 3 840 msnm.; Este trabajo tuvo por objetivos: Diseñar los sistemas de riego por aspercion y goteo para el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.); Realizar el análisis comparativo del rendimiento del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) aplicando los dos métodos de riego tecnificado y Realizar la evaluación de la rentabilidad económica en función a los costos de instalación y operación de los sistemas de riego aspersión y goteo. Para el cálculo de la evapotranspiración potencial se utilizó la metodología de Penman-Monteith y para la programación de riego el método del balance hídrico, procesado con el software "CROPWAT" versión para Windows. El diseño de sistemas de riego se realizó en dos etapas, para realizar el diseño agronómico de módulos de riego se inició con las pruebas en campo (infiltración y descarga de goteros), con estos datos se determinó la lámina neta a utilizar en cada riego, posteriormente se calculó los demás parámetros. El diseño hidráulico inició con la elección de los emisores y caudal necesario, lográndose instalar tres laterales de riego en aspersión y 81 laterales en riego por goteo. Para el análisis estadístico se empleó el diseño experimental de bloques divididos con tres repeticiones; considerando los resultados se llegó a las siguientes conclusiones: En el diseño agronómico el tiempo de riego para riego por goteo es de tres horas, con un caudal de 17.38 m<sup>3</sup>/ha/3 horas, mientras que para el riego por aspersión es de 189.68 m<sup>3</sup>/ha/2 horas. Además, el suelo tiene una capacidad de retención de humedad muy buena, puesto que el

intervalo de riego se puede prolongar hasta 8 días con riego por aspersión. En cuanto al rendimiento de biomasa forrajera, en el segundo corte la ventaja es para el riego por goteo con un rendimiento de 36,100 kg/ha y 34,900 kg/ha para riego por aspersión. Con respecto a la evaluación económica, en el segundo corte el riego por goteo tiene una rentabilidad de 175 % y el riego por aspersión 177 %, la ventaja en este caso es para el riego por aspersión. El valor actual neto en nuevos soles es favorable para el riego por aspersión con 3,913.91 y para goteo de 348.21. En cuanto al beneficio costo, es favorable para el riego por aspersión con 1.23 y para goteo de 1.12. Entonces en general se concluye que el riego por aspersión es la que genera mayores beneficios económicos brinda a lo largo del horizonte del proyecto.

**Palabras claves:** Diagnostico, componentes, calidad, eficiencia, riego, comparación.

## ABSTRACT

Investigation Japocco Choquellusca of the community executed in the sector of Vilcallami district of Juli, Chucuito's province, region of Puno himself; To 16 32 of Southern latitude, and 69°47' of length West, to an altitude of 3 840 msnm.; This work had for objectives: Designing the irrigation systems for asperción and dripping for the cultivation of alfalfa (*Medicago sativa* L.); Accomplishing the comparative analysis of the performance of the cultivation of alfalfa (*Medicago sativa* L.) Applying the two methods of irrigation tecnificado and Accomplishing the evaluation of the cost-reducing profitability in function to the costs of installation and operation of the irrigation systems aspersion and dripping. For the calculation of the potential evapotranspiration Penman Monteith's methodology was used and for the programming of irrigation the method of the water balance, once the software was processed with CROPWAT version for Windows. The systems design of irrigation came true in two stages, in order to sell off the agronomic design of moduli of irrigation it started up with the proofs in field (infiltration and unloading of droppers), with these data the net plate was determined to use in each irrigation, at a later time the other parameters were calculated. The hydraulic design started with the election of the submitters and necessary flow, turning out well installing three lateral of irrigation in aspersion and 81 lateral in trickle irrigation. For the statistical analysis the experimental design of blocks divided with three repetitions was used; Considering the results it took place to the following findings: In the agronomic design time of irrigation for trickle irrigation is of three hours, with a torrent of 17,38 m<sup>3</sup>/ha/3 hours, while for the sprinkler irrigation it comes from 189,68 m<sup>3</sup>/ha/2 hours. Furthermore,

the ground has a capacity of retention of very good humidity, since the interval of irrigation can linger on to 8 days with sprinkler irrigation. As to the performance of fodder biomass, in the second cut the advantage is for the trickle irrigation with 36.100 kg/ha's performance and 34.900 kg/ha for sprinkler irrigation. Regarding economic appraisal, in the second cut the trickle irrigation has 175 %'s profitability and the sprinkler irrigation 177 %, the advantage in this case is for the sprinkler irrigation. The net actual value in new suns is favorable for the sprinkler irrigation with 3.913,91 and for dripping of 348,21. As to the benefit cost, is favorable for the sprinkler irrigation with 1,23 and for dripping of 1,12. Then on general it is concluded that the sprinkler irrigation is the one that generates bigger economic benefits make a toast through the horizon of the project.

**Keywords:** Diagnose, components, quality, efficiency, irrigation, comparison.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad el agua como un recurso importante en la producción agrícola, enfrenta una realidad bastante crítica a nivel mundial, nacional y local, para ello requiere un uso eficiente de este recurso muy importante para la vida, la mayoría de los sistemas de riego por gravedad que existen en el país alcanzan a una eficiencia de riego de 35%, y el 65% de agua captada se pierde en la conducción, distribución y aplicación y a la vez se provoca la salinización y la saturación de suelos la cual no permite la oxigenación de los suelos agrícolas.

Con respecto a la eficiencia de riego, en la región Puno, no se cuenta con datos y comparación de métodos de riego para alcanzar una mayor eficiencia de riego. Es por ello de que este trabajo de investigación concluirá de cuál es el método de riego que ofrece mayores ventajas en cuanto a las eficiencias de aplicación y mejores rendimientos para el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.), en Vilcallami - Juli.

Básicamente la escases de recursos exige, hacer uso racional del recurso agua, suelo, mano de obra, prever problemas de napa freática alta y problemas de salinización de suelos, hacer uso racional de fertilizantes e insumo fitosanitarios; asimismo conduce plantear cédulas de cultivos rentables que permitan recuperar capitales en periodos cortos, e incrementar los ingresos de los agricultores asentados en la zona.

En la costa, caso del valle del Jequetepeque donde las prácticas de uso excesivo de agua en los cultivos, junto a otros factores vinculados al sistema de riego, es causa de que hoy se tenga más de 15 mil hectáreas con problemas de salinización.

Por otro lado en cuanto a las eficiencias de aplicación del sistema de riego es necesario determinar el método de riego más conveniente a utilizar, ya que el riego por gravedad tiene menor eficiencia en cuanto a la utilización del recurso hídrico, en cambio el riego tecnificado ofrece mayores eficiencias. Por lo tanto, el presente trabajo de investigación tiene por objetivos:

- Diseñar los sistemas de riego por aspersión y goteo para el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.).
- Realizar el análisis comparativo del rendimiento del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) aplicando los dos métodos de riego tecnificado.
- Realizar la evaluación de la rentabilidad económica en función a los costos de instalación y operación de los sistemas de riego aspersión y goteo.

## CAPITULO I

### **1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad el agua como un recurso importante en la producción agrícola, enfrenta una realidad bastante crítica a nivel mundial, nacional y local, para ello requiere un uso eficiente de este recurso muy importante para la vida, el 80% del agua disponible se utiliza en la agricultura y la mayoría de los sistemas de riego por gravedad que existen en el país alcanzan a una eficiencia de riego de 35%, y el 65% de agua captada se pierde en la conducción, distribución y aplicación y a la vez se provoca la salinización y la saturación de suelos la cual no permite la oxigenación de los suelos agrícolas.

En cuanto a la evaluación económica del proyecto de investigación es necesario determinar los beneficios incrementales que generaría el presente, en cuanto a las eficiencias de aplicación del sistema de riego es necesario determinar el método de riego más conveniente a utilizar, ya que el riego por gravedad tiene menor eficiencia en cuanto a la utilización del recurso hídrico, en cambio el riego tecnificado ofrece mayores eficiencias.

Por lo tanto, el presente trabajo de investigación pretende resolver la siguiente interrogante:

- ¿De qué manera influye el sistema de riego tecnificado en la rentabilidad del cultivo de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) en Vilcallami-Juli?

## 1.2 OBJETIVOS:

### 1.2.1 Objetivo General

- Evaluar la rentabilidad económica del sistema de riego tecnificado para el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) en Vilcallami-Juli.

### 1.2.2 Objetivo Específico.

- Diseñar los sistemas de riego aspersión y goteo para el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.).
- Realizar el análisis comparativo del rendimiento del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) aplicando los dos métodos de riego tecnificado.
- Realizar la evaluación de la rentabilidad económica en función a los costos de instalación y operación de los sistemas de riego aspersión y goteo.

## 1.3 JUSTIFICACIÓN

La necesidad de manejar adecuadamente los recursos agua y suelo en forma continua es una de las tareas vitales para los profesionales que tienen que ver con el estudio del recurso agua y suelo, para lograr buenos niveles de producción y productividad agrícola es necesario implementar los sistemas de riego complementarios con el fin de asegurar un uso eficiente de este recurso escaso y la continua productividad de los terrenos agrícolas.

Por lo que el presente proyecto de investigación busca llegar a una conclusión de cuál será el método de riego más conveniente a instalar en dicha comunidad para el riego del cultivo específico de alfalfa. El diseño se hará tanto para el sistema de riego por goteo y aspersión, se calculará el presupuesto para cada sistema, y luego se procederá a instalar el sistema de riego por goteo y aspersión, con lo cual se obtendrá la producción del cultivo en época de estiaje, que es la época en donde hay deficiencia de alimentos para el ganado, una vez obtenido la producción se procederá al cálculo de los beneficios generados por el proyecto. Por otro lado se hará la evaluación económica para cada sistema y con los resultados que se obtenga de cada indicador de evaluación se recomendará la utilización del método de riego más conveniente para la localidad de Juli.

En el altiplano el riego se caracteriza por ser complementaria en épocas de falta de lluvia, las cuales merma la producción por lo tanto el riego presurizado es la mejor solución para encontrar mejores rendimientos en la producción mediante el uso racional del agua y así elevar la calidad de vida del poblador rural.

#### **1.4 ANTECEDENTES**

El riego presurizado fue conocido hace muchos años en forma rudimentaria por el Ing. Blas de Israel, comenzó durante los años 1963 -1967, a desarrollar el sistema de riego por goteo y aspersión y a investigar sus efectos sobre diversos cultivos.

En los valles de la costa, en la actualidad está mas difundido el riego presurizado.

En la sierra sobre todo el altiplano son pocos los agricultores que usan por falta de

conocimiento de su utilización y por el elevado costo de su instalación la cual hace muy difícil el cambio del sistema de riego por gravedad por la de presurizado.

Tanto en la costa como en la sierra las prácticas tradicionales de riego, con bajas eficiencias, han generado problemas bastante conocidos como erosión, salinización, sobreexplotación de acuíferos, inundaciones, insalubridad, déficit de áreas potencialmente regables, y sus consiguientes impactos ambientales, económicos y sociales negativos.

La demanda máxima es de 1.80 litros/segundo para 05 hectáreas de módulo de riego en el mes de octubre y noviembre, en la localidad de Pomata, además que se tiene un caudal disponible de 28 litros/segundo, con lo cual se puede abastecer 75 hectáreas de área de riego. (Choque M., 2005)

También sostiene que para la instalación del sistema de riego por goteo, con cintas autocompensantes es de 2,500 nuevos soles por hectárea.

En cuanto a los antecedentes de la comparación de riego por los métodos de goteo y aspersion en el ámbito del proyecto, no se cuenta con ninguna experiencia para el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.), más por el contrario el método que de alguna manera se ha utilizado es la de gravedad riego por surcos y melgas.

## CAPITULO II

### **2 MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL, E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **2.1 RIEGO POR ASPERSION.**

##### **2.1.1 Definición del sistema de riego por aspersión**

Un sistema de riego por aspersión consiste en una red de tuberías o tubos con aspersores acoplados a ellos, arreglados de tal manera, que puedan distribuir la precipitación del agua de riego lo más uniformemente posible sobre el campo de cultivo. En la mayoría de los sistemas de riego por aspersión, la intensidad de precipitación es menor que la tasa de infiltración básica del suelo. De esta manera se logra que todo el agua que cae sobre la superficie del suelo se infiltre, evitando el exceso de encharcamiento que pudiera resultar en escurrimientos superficiales, los cuales traería como consecuencia aplicaciones no uniformes de agua y serios problemas de erosión. (Garcia C.-Briones S., 1997)

##### **2.1.2 Componentes de un sistema de riego por aspersión.**

Un aspecto importante para el buen funcionamiento de los sistemas de riego por aspersión es la operación adecuada del equipo, para ello es necesario conocer y saber la función de los elementos que lo componen. Por lo tanto, el hombre desempeña un papel fundamental en el manejo de los equipos que compone el sistema. (Garcia C.-Briones S., 1997)

La fuente de abastecimiento de agua de un sistema de riego por aspersión, puede ser de diverso origen; un estero, canal de riego, pozo profundo, manante o cualquier otra forma que garantice un gasto constante o el volumen necesario para regar un área determinado. En algunos casos suele ser necesario instalar equipo de bombeo, para poder llevar el agua a presión a la zona de riego. Si el agua trae demasiadas impurezas, se debe colocar un pozo decantador, antes del equipo de bombeo, para que las partículas gruesas que trae el agua sedimenten, antes de llegar al cabezal de control. (Tarjuelo M., 2005)

El cabezal de control, está constituido por una serie de elementos mecánicos, eléctricos y electrónicos, con el fin de controlar, tratar, activar y desactivar el flujo de agua de riego. Sus principales componentes son:

Referente a la red hidráulica, sostiene que está conformado por los siguientes sistemas de tuberías:

- Matriz o tubería principal: tubería encargada de llevar el agua, desde el cabezal de control, hasta las tuberías secundarias.
- Tuberías secundarias: tubería de menor diámetro, que alimentan los diferentes sectores de riego, donde están ubicados la tuberías laterales.
- Lateral o líneas de emisores: tubería aun de menor diámetro (3/4"-1/2"), la cual une los diferentes tipos de emisores que son los encargados de entregar el agua a las plantas. Las líneas laterales pueden estar construidos por: tubería de PVC que unen los emisores mediante accesorios, tuberías de

polietileno que llevan goteros, microjets o micro aspersores, cinta de riego preperforada, tubería de exudación que es una tubería de paredes porosas, que bajo determinada presión permite el paso del agua a través de sus paredes.

Concerniente a los emisores indica que existen diversos tipos de emisores, dentro de ellos se tiene a los denominados “aspersores”, que funcionando hidráulicamente como una tobera, lanza el agua pulverizada a través de un brazo con una o dos salidas (boquillas) en su extremo, a una distancia superior de 5 metros. Distribuyendo el agua sobre el terreno como un chorro de agua que gira entre dos extremos regulables o girando 360 grados. (Tarjuelo M., 2005)

### **2.1.3 Disponibilidad de agua en el suelo para las plantas.**

La cantidad de agua disponible en el suelo a ser utilizada por las plantas, está comprendida entre el rango de humedad a capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP). Si se mantuviera el contenido de humedad del suelo un nivel mayor de la capacidad de campo, existe peligro de que la falta de aire en el suelo sea un factor limitante para el normal desarrollo de las plantas. (Vasquez V.- Chang L., 1992)

#### **Capacidad de campo:**

Se define como la máxima capacidad de retención de agua de un suelo sin problemas de drenaje, y se alcanza según la textura del suelo entre 12 y 72 horas

después de un riego pesado, es decir cuando la percolación ha cesado. (Tarjuelo M., 2005)

También se puede decir que el contenido de humedad a capacidad de campo es aquel que corresponde a un estado energético de 0.33 bares.

#### **Punto de marchitez permanente:**

El punto en el cual la vegetación manifiesta síntomas de marchitamiento, caída de hojas, escaso desarrollo o fructificación, debido a un flujo retardado de agua del suelo hacia la planta y que en promedio corresponde a un estado energético de 15 bares. (Tarjuelo M., 2005)

Para que se produzca un flujo de agua, es necesaria la presencia de una gradiente de potencial. La magnitud del flujo estará determinada tanto por la propia gradiente, así por la conductividad hidráulica del suelo. Durante el proceso de transpiración, la gradiente se establece a través de cuatro medios distinto: suelo, raíz, hoja y atmosfera.

#### **2.1.4 Infiltración.**

El movimiento vertical del agua en la parte superficial del suelo. El agua en entrar en contacto con la superficie del suelo sigue dos caminos, se desliza a través de la superficie (escurrimiento) y penetra cruzando la superficie hacia estratos interiores (infiltración). Las condiciones en las que se encuentra en suelo, afectan la penetración del agua hacia él. (Vasquez V.-Chang L., 1992)

Siendo las principales:

- Características físicas del suelo
- Contenido de humedad del suelo
- Carga hidrostática o altura de agua con que penetra
- Variación del perfil del suelo
- Método de aplicación
- Contenido de materia orgánica y carbonatos
- Acción microbiana en el suelo
- Temperatura del suelo y del agua
- Prácticas culturales realizadas

Es importante tener conocimiento de la cantidad de agua que penetra al suelo así como el tiempo en que esta se infiltra, con la finalidad de dar al suelo a través del riego, la lámina de agua que pueda admitir para evitar excesos de agua o encharcamiento.

#### **2.1.4.1 Velocidad de infiltración instantánea.**

Una lámina de agua ingresa al suelo en una fracción diferencial en un tiempo determinado, a medida que el tiempo aumenta la lamina total de agua aumenta, después de un tiempo tiende a ser constante, obteniéndose pares de valores, a la

cantidad de agua que ingresa a través del perfil del suelo, en un tiempo determinado, se le denomina infiltración acumulada. (Israelsen O.-Hansen V., 1975)

$$I = aT_o^b$$

Dónde:

$I$  = Velocidad de infiltración instantánea expresada en mm/hora, cm/hora

$T_o$  = Tiempo de oportunidad expresado en minutos u horas

$a$  = Coeficiente que representa la velocidad de infiltración para  $T_o = 1$  minuto

$b$  = Exponente que varía de 0 y -1.

#### 2.1.4.2 Infiltración acumulada o lámina infiltrada acumulada.

La lámina infiltrada acumulada viene dado por la relación:

$$I_{cum} = AT_o^B$$

#### 2.1.4.3 Velocidad de Infiltración básica.

Se presenta cuando la velocidad instantánea no tiene variación significativa entre dos valores continuos, para un periodo estándar de tiempo. En riego se debe considerar esta velocidad de infiltración, que es la que se presenta en la mayor parte del tiempo.

El tiempo en el cual se logra la velocidad de infiltración básica, se encuentra igualando la derivada de la velocidad de infiltración instantánea con el 0.1 del mismo valor.

$$Ib = aT^b$$

Dónde:

$Ib$  = Infiltración básica expresada en mm/hora, cm/hora

$T$  = Tiempo de oportunidad expresado en minutos u horas

$a$  = Coeficiente que representa la velocidad de infiltración para  $T_0 = 1$  minuto

$b$  = Exponente que varía de 0 y -1.

### 2.1.5 Demanda de agua del cultivo de alfalfa

El agua que puede ser usada por los cultivos, es parte de la retenida por el suelo a la profundidad de las raíces. Por tanto, es posible considerar la zona donde se desarrolla las raíces como un depósito, que está sujeto a distintos procesos de entrada y de salida de agua, que se encuentra regido por las leyes de conservación de la materia. (Vasquez V.-Chang L., 1992)

#### 2.1.5.1 Evapotranspiración potencial o del cultivo de referencia.

La cantidad de agua evaporada y transpirada por un cultivo de tamaño corto generalmente pastos que cubre toda la superficie en estado activo de crecimiento y con suministro adecuado y continuo de agua. (Vasquez V.-Chang L., 1992)

La evapotranspiración es la combinación de la evaporación desde la superficie de suelo y la transpiración de la vegetación. Los mismos factores que dominan la evaporación desde una superficie de agua abierta también dominan la evapotranspiración, los cuales son: el suministro de energía y el transporte de vapor. Además, el suministro de humedad a la superficie de evaporación es un tercer factor

que se debe tener en cuenta. A medida que el suelo se seca, la tasa de evapotranspiración cae por debajo del nivel que generalmente mantiene en un suelo bien humedecido. (Tarjuelo M., 2005)

Los cálculos de las tasas de evapotranspiración se efectúan utilizando los mismos métodos descritos para la evaporación en superficies de agua abierta, con ajustes que tienen en cuenta las condiciones de vegetación y de suelo.

Con respecto a la evaporación fisiológica o transpiración, indica que es el resultado del proceso físico y biológico por el cual el agua cambia del estado líquido al gaseoso, a través del metabolismo de la planta y pasa a la atmósfera.

También considera dos tipos de procesos de transpiración, el primero se realiza por medio de las estomas de las hojas y el segundo desde las membranas húmedas, a través de la cutícula. Además se debe de incluir en el concepto de transpiración el agua empleada en los procesos de incorporación de tejido vegetal.

#### **2.1.5.2 Factores que influyen en la evapotranspiración.**

##### **Factores ambientales**

El aspecto físico del proceso de transpiración, está influenciado por los mismos factores ambientales que rigen a la evaporación, sin embargo algunos factores meteorológicos como la iluminación, la temperatura y la humedad de la atmósfera, tienen un doble efecto en la transpiración debido a su influencia en la abertura de los estomas. (Fuentes J., 1998)

En relación al contenido de humedad del suelo, existen opiniones contrapuestas respecto a su influencia en la intensidad de la transpiración, de manera que algunos autores indican que ésta es independiente del contenido de humedad hasta que se alcanza el punto de marchitez permanente, mientras que otros suponen que es proporcional a la humedad disponible para las plantas.

### **Factores fisiológicos:**

En el aspecto biológico, la transpiración es afectada por las características de la especie vegetal, edad, desarrollo, tipo de follaje y profundidad radicular. Una de las características de la especie vegetal, influenciada por las condiciones ambientales, es el número de estomas por unidad de área foliar, la cual varía de 7 750 a 124 000 por cm<sup>2</sup>, repartidas en una proporción de 3 a 1 entre la superficie inferior y la superficie de la hoja. Otra particularidad de la especie vegetal, está estrechamente relacionada con el tipo y desarrollo del sistema radicular. (Tarjuelo M., 2005)

#### **2.1.5.3 Evapotranspiración real (Etr).**

En la práctica, los cultivos se desarrollan en condiciones de humedad muy lejanas de las óptimas. Por este motivo para calcular por ejemplo la demanda de riego se ha de basar en la evapotranspiración real (Etr), la cual toma en consideración al agua disponible en el suelo y las condiciones ambientales en las cuales se desarrolla un cultivo determinado. (Tarjuelo M., 2005)

Siempre y cuando el cultivo en consideración disponga de agua en abundancia (después de un riego o de una lluvia intensa) y en condiciones de buena aireación del suelo,  $E_{tr}$  equivale a  $E_{c}$ .

La  $E_{tr}$  nunca será mayor que  $E_{c}$ . Al aumentar la tensión del agua en el suelo, disminuye la capacidad de las plantas para obtener el volumen de agua requerido al ritmo impuesto por las condiciones del ambiente. Bajo estas condiciones disminuye la transpiración del cultivo por lo tanto  $E_{tr}$  es inferior a  $E_{c}$  y también inferior a  $E_{o}$ . (Tarjuelo M., 2005)

La evapotranspiración real de un cultivo, en cierto momento de su ciclo vegetativo, puede expresarse como:

$$E_{tr} = E_{o} * k \quad (1)$$

Dónde:

$k$  : Coeficiente que corrige por la fase vegetativa del cultivo y por el nivel de humedad en el suelo.

En un suelo sin limitación alguna para la producción, en lo que respecta a condiciones físicas, fertilidad y salinidad,  $k$  puede discriminarse así:

$$k = k_c * k_h \quad (2)$$

Dónde:

$k_c$  : Coeficiente de cultivo

$k_h$  : coeficiente de humedad del suelo

El coeficiente de cultivo  $k_c$ , depende de las características anatomorfológicas y fisiológicas de la especie y expresa la variación de su capacidad para extraer agua del suelo durante el ciclo vegetativo. La especie vegetal y el tamaño de la planta representada por su volumen foliar y radical, gobierna el coeficiente  $k_c$ . (Tarjuelo M., 2005)

El coeficiente de humedad,  $k_h$  es una expresión del mecanismo de transporte de agua a la atmósfera a través del suelo y de la planta, que depende del grado de disponibilidad de agua, del gradiente de potencial hídrico entre el suelo y la atmósfera circundante y de la capacidad de dicho sistema para conducir agua. Cuando el suelo se va secando, se incrementa la resistencia a la difusión a través de las estomas de la vegetación y del espacio poroso del suelo.

#### **2.1.5.4 Coeficiente de cultivo.**

El factor que indica el grado de desarrollo de los cultivos y está relacionada con la cobertura del suelo del mismo, que es la que influye en la evaporación. El  $K_c$  está afectado por el tipo de cultivo, fecha de siembra, etapa de crecimiento, duración del ciclo vegetativo, etc. (Vasquez V.-Chang L., 1992)

Los valores del  $K_c$  esta relacionados con los diferentes estados de desarrollo del cultivo que va desde la siembra hasta la cosecha. La duración de las etapas dependerá fundamentalmente de la variedad y las condiciones en las que se desarrolla el cultivo, especialmente el tipo de clima y riego. Se ha determinado cuatro etapas a considerar en la determinación del  $K_c$ . La inicial, desarrollo vegetativo, intermedio y final.

- Inicial: abarca la germinación y el periodo inicial de crecimiento, cuando la superficie del suelo está ocupado por las plántulas posteriores a la germinación. Se considera desde la siembra hasta un 10 % de la cobertura vegetal.
- Desarrollo vegetativo: es la continuación del periodo inicial, comprende desde una cobertura del 10 % hasta que la cobertura efectiva y completa del suelo llegue al 70 u 80 %. Se considera cobertura efectiva y completa del suelo aquella que el  $K_c$  va a su máximo valor.
- Intermedia: de la cobertura completa efectiva del suelo hasta que la planta comienza a tener indicios de maduración o próximos a cosecha, la que puede determinar con un cambio de coloración de las hojas o signos de caída de hojas. En esta etapa el  $K_c$  va a su máximo valor.
- Final: comprende desde el final de la etapa anterior o a comienzo de la maduración completa o cosecha, en esta etapa el valor del  $K_c$  desciende hasta la maduración completa que es el final del ciclo vegetativo.

El factor K está dado por la siguiente relación:

$$K = K_c + K_s + K_h$$

Dónde:

$K_c$  = factor del cultivo

$K_s$  = factor del suelo

$K_h$  = factor de humedad

Para suelos profundos, de adecuadas condiciones físicas y de buena disponibilidad de alimentos nutritivos.  $K_s = 1$ , este mismo valor tiene  $K_h$  para condiciones de óptimo abastecimiento de agua; por lo tanto  $K$  depende fundamentalmente de  $K_c$ .

#### 2.1.5.5 Precipitación efectiva.

La lamina de lluvia que cae sobre la superficie, parte escurre a través de la superficie, y la otra parte se infiltra al suelo. De la infiltrada parte percola a estratos inferiores y parte es retenida por el suelo para ser aprovechada por la planta. Esta última es la que interesa para efectos de riego y es pequeña con relación a la lámina total precipitada. La precipitación efectiva es definida como la porción de la lámina total de agua precipitada que es retenido por el suelo, para ser aprovechado por la planta y satisfacer sus necesidades para su normal desarrollo. (Fuentes J., 1996)

Se considera como un elemento de aporte de humedad para lo cual se emplea el método de *wáter power resources service* (WPRSUSA), que considera la distribución de la precipitación efectiva de la siguiente forma:

Cuando  $P$  es superior a 75 mm, la precipitación efectiva se puede calcular mediante la fórmula:  $Pe = 0.8 * P - 25$  y cuando es inferior a 75 mm es  $Pe = 0.6 * P - 10$

Dónde:

$Pe$  = Precipitación efectiva

$P$  = Precipitación en el mes

### **2.1.6 Diseño de sistema de riego por aspersión.**

El diseño de sistema de riego por aspersión tiene dos partes bien diferenciadas como son el diseño agronómico y el diseño hidráulico. Con el primero se aborda la adecuación del sistema a todos aquellos aspectos relacionados con las condicionantes del medio (suelo, cultivos, clima parcelación, ect.) y con el segundo se realiza el dimensionamiento más económico de la red de tuberías con el objetivo de conseguir un reparto uniforme del agua de riego. (Tarjuelo M., 2005)

#### **2.1.6.1 Información requerida.**

- ✓ Evapotranspiración Potencial
- ✓ Coeficiente del cultivo
- ✓ Evapotranspiración Real
- ✓ Área ha Irrigar
- ✓ Velocidad del Viento
- ✓ Velocidad de Infiltración Básica
- ✓ Cultivo Proyectado
- ✓ Jornal, horas de trabajo
- ✓ Eficiencia de Riego
- ✓ Caudal Diseño
- ✓ Caudal Disponible

### 2.1.6.2 Diseño agronómico

El diseño agronómico tiene por finalidad garantizar que la instalación sea capaz de suministrar la cantidad suficiente de agua, con un control efectivo de las sales, y una buena eficiencia en la aplicación del agua, se desarrolla en dos fases:

- Cálculo de las necesidades de agua.
- Determinación de los parámetros de riego: dosis, frecuencia e intervalo entre riegos, duración del riego, número de emisores y disposición de los emisores.

(Fuentes J., 2003)

#### 2.1.6.2.1 Cálculos de demanda hídrica.

**Necesidades netas de riego:** las necesidades netas vienen determinadas por la siguiente relación:

$$Nn = ETc - Pe - Ac \pm \Delta H$$

Dónde:

$Nn$  = Necesidades netas

$ETc$  = Evapotranspiración del cultivo

$Pe$  = Precipitación efectiva

$Ac$  = Aporte capilar

$\Delta H$  = Diferencias de almacenamiento

En climas áridos no hay aporte significativo de las precipitaciones pluviales

$$Nn = ETc$$

**Necesidades totales de riego:** las necesidades totales de riego vienen determinadas por la relación:

$$N_t = N_n / E_a = \frac{N_n}{R_p * FL * Fr * C_u}$$

Donde:

$N_t$  = Necesidades totales

$N_n$  = Necesidades netas

$E_a$  = Eficiencias de aplicación en tanto por uno

$R_p$  = Relación de percolación en tanto por uno

$FL$  = Factor de lavado, en tanto por uno

$Fr$  = Factor de rociado, en tanto por uno

$C_u$  = Coeficiente de uniformidad, en tanto por uno

En condiciones normales el factor de rociado tiene un valor muy próximo a la unidad, por lo que no se suele considerar. Factor de lavado y relación de percolación no se toman simultáneamente, si no que se considera el de menor eficiencia, que es el que produce mayor pérdida de agua. (Fuentes J., 2003)

- Si  $R_p < FL$ , las necesidades totales son:

$$N_t = \frac{N_n}{R_p * C_u}$$

- Si  $FL < R_p$ , las necesidades totales son:

$$N_t = \frac{N_n}{(1 - RL) * C_u}$$

FL = 1-RL, siendo RL requerimientos de lavado en tanto por uno.

En riego por aspersión de baja frecuencia el requerimiento de lavado (RL), viene dado por la fórmula:

$$RL = \frac{CEa}{5CEe - CEa}$$

En riego por aspersión de alta frecuencia el requerimiento de lavado (RL), viene dado por la formula.

$$RL = \frac{CEa}{2 \max CEe}$$

Dónde:

$RL$  = Requerimientos de lavado

$CEa$  = Conductividad eléctrica del agua de riego, en ds/m

$CEe$  = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, para el cual el descenso de la producción es un porcentaje que se impone, se expresa en ds/m.

$\max CEe$  = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, para el cual el descenso de la producción es de 100%, se expresa en ds/m.

#### **2.1.6.2.2 Dosis o lámina neta de riego.**

Es llamado también tasa de riego, es la cantidad de agua aplicada a un suelo en cada riego. Por tanto su unidad de medida se expresa en mm. De altura de agua aplicada. La lámina neta de agua aplicada a un suelo, depende de los factores

básicos: la capacidad retentiva de humedad del suelo y la profundidad de riego.  
(Olarte W., 1992)

Su determinación es haciendo uso de la siguiente fórmula:

$$Ln = HFU * \frac{CC\% - PMP\%}{100} * Da * PR$$

Dónde:

- Ln* = Lamina neta
- HFU* = Humedad fácilmente utilizable
- CC%* = Capacidad de campo en %
- PMP%* = Punto de marchites permanente en %
- Da* = Densidad Aparente en gr/cm<sup>3</sup>
- PR* = Profundidad de raíces en cm.

### **2.1.6.2.3 Lamina real o bruta.**

Cuando se aplica un riego a la parcela, se trata de que produzca la menor cantidad de pérdidas posibles, aunque en la práctica no existe un riego totalmente eficiente. Indudablemente la eficiencia depende de la habilidad, destreza y experiencia del agricultor cuando nos referimos al riego por gravedad, pero cuando aplicamos riego por aspersión depende más del clima y de la tecnología del riego propuesto.  
(Fuentes J., 2003)

Su cálculo es como:

$$D'b = \frac{D'n}{Ea}$$

Donde:

$D'b$  = dosis neta de riego considerando el factor de operación (mm/mes)

$D'n$  = eficiencia de aplicación asumida en (%)

$Ea$  = eficiencias de aplicación

#### 2.1.6.2.4 Frecuencia de riego.

La frecuencia de riego es el tiempo transcurrido entre dos riegos sucesivos, se mide por la relación entre la lámina neta (mm) y la evapotranspiración diaria del cultivo, llamado consumo diario (Cd). (Fuentes J., 2003)

$$Fr = \frac{D'n}{Cd} \quad \text{O} \quad Fr = \frac{D'n}{Et(\text{cultivo})}$$

Dónde:

$Fr$  = Frecuencia de riego en días

$D'n$  = Dosis neta

$Cd$  = Consumo diario de agua

$Et(\text{cultivo})$  = Evapotranspiración de cultivo

#### 2.1.6.2.5 Tiempo de riego.

La duración de cada riego se calcula mediante la fórmula:

$$t = \frac{Dt}{Pm}$$

Dónde:

$t$  = Tiempo de riego

$Dt$  = Dosis total

$Pm$  = Precipitación media en mm/hora

#### 2.1.6.2.6 **Caudal necesario.**

El caudal de agua necesario viene dado por la relación:

$$Q = 10 \frac{S * Dt}{ir * T}$$

Dónde:

$Q$  = Caudal necesario en m<sup>3</sup> / hora

$S$  = Superficie regada en Ha.

$Dt$  = Dosis total en mm de altura de agua

$ir$  = Número de días empleados en regar, dentro del intervalo de riego

$T$  = Tiempo de riego en horas por día

#### 2.1.6.2.7 **Numero de aspersores en cada posesión de riego.**

El número de aspersores que funciona simultáneamente viene dado por:

$$N = \frac{Q}{q}$$

Dónde:

$N$  = Numero de aspersores en cada posesión de riego

$Q$  = Caudal necesario.

$q$  = Caudal de cada aspersor

#### **2.1.6.2.8 Numero de posesiones por día y por lateral.**

$$Npl / dia = \frac{Jt}{Ta + Tc}$$

Dónde:

$Npl$  = Numero de posesiones por día por lateral

$Jt$  = Jornal de trabajo

$Ta$  = Tiempo de aplicación

$Tc$  = Tiempo de cambios

#### **2.1.6.3 Diseño hidráulico**

El diseño hidráulico tiene por finalidad el cálculo de las dimensiones de la red de distribución y el óptimo trazado de la misma. Los ramales laterales, portaaspersores o alas de riego son los que distribuyen el agua al cultivo por medio de los aspersores acoplados a ellos. Las tuberías portalaterales o de alimentación son aquellos de donde derivan los laterales. Tanto en laterales como en portalaterales se da el caso de una conducción con salidas múltiples distribuidas a lo largo de ella, uniformemente espaciadas y por las que descarga el mismo caudal. (Fuentes J., 2003)

##### **2.1.6.3.1 Caudal en el origen del lateral.**

Para el cálculo de caudal en el origen del lateral, se procede con la siguiente ecuación:

$$Ql = Na * qa$$

*Dónde:*

$Ql$  = Caudal en el origen del lateral

$Na$  = Numero de aspersores en el lateral

$qa$  = Caudal de cada aspersor

### **2.1.6.3.2 Cálculo de la longitud ficticia del lateral.**

Para la determinación de la longitud ficticia del lateral. (Tarjuelo M., 2005)

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$L_f = 1.10 * L_r$$

*Dónde:*

$L_f$  = Longitud ficticia del lateral

$L_r$  = Longitud real, determinada en el campo

1.10 = Factor de Scobey, que propone el 1.10 de la longitud real

### **2.1.6.3.3 Pérdida de carga en la tubería lateral.**

Para la determinación de la pérdida de carga en la tubería lateral o porta aspersores.

(Tarjuelo M., 2005)

Se utiliza la siguiente ecuación:

$$h = J * F * L_f$$

*Dónde:*

$h$  = Perdida de carga en la tubería lateral

$J$  = Perdida de carga unitaria metros de columna de agua (mca)/ml

$F$  = Factor de Crhistiansen

$L_f$  = Longitud ficticia de la tubería secundaria

#### **2.1.6.3.4 Pérdida de carga unitaria en la tubería lateral.**

Para el cálculo de la pérdida de carga unitaria en la tubería lateral, se utiliza los ábacos propuestos por el departamento de suelos y riego CRIDA-11-INIA. (Fuentes J., 2003)

Para la determinación de la pérdida de carga admisible, se consideró que estas pérdidas deben como máximo, inferiores al 20% de la presión nominal del aspersor.

#### **2.1.6.3.5 Presión en el origen de la tubería lateral.**

Para el cálculo de la presión en el origen del lateral, se determina con la siguiente expresión:

$$P_o = P_m + 0.75h \pm H_g / 2 + H_a$$

Dónde:

$P_o$  = Presión en el origen del lateral

$P_m$  = Presión de trabajo de los aspersores

$h$  = Pérdida de carga en el lateral

$H_g$  = Desnivel geométrico del lateral

$H_a$  = Altura del tubo portaaspersor

#### **2.1.6.3.6 Caudal en el origen de la tubería portalateral.**

Para determinar el caudal en el origen de las tuberías portalaterales, se utiliza la siguiente expresión:

$$Q = Nl * Ql$$

*Dónde:*

$Q$  = Caudal en el origen de la tubería portalateral

$N$  = Numero de laterales que hay en la tubería portalateral

$Q_l$  = Caudal de la tubería lateral

### **2.1.6.3.7      *Calculo de la longitud ficticia la tubería portalateral.***

Para el cálculo de longitud ficticia y real de las tuberías portalaterales, se calcula con la formula siguiente:

$$L_f = 1.10 * L_r$$

*Dónde:*

$L_f$  = Longitud ficticia de la terciaria

$L_r$  = Longitud real, determinada en el campo

1.10 = Factor de Scobey, que propone el 1.10 de la longitud real

### **2.1.6.3.8      *Calculo de perdida de carga en la tubería portalateral.***

Para el cálculo de la perdida de carga en la tubería portalateral se calcula con la formula siguiente:

:

$$h = J * F * L_f$$

*Donde:*

$h$  = Perdida de carga en la tubería portalateral

$J$  = Perdida de carga unitaria mca/ml (tubo pvc de 1")

$F$  = Factor de Crhistiansen

$L_f$  = Longitud ficticia de la tubería portalateral

### 2.1.6.3.9 *Calculo de la presión en el origen de la tubería portalateral.*

Para determinar la presión en el origen de la tubería portalateral se calcula con la siguiente ecuación:

$$P'o = P_o + 0.75h' \pm H_g / 2 + H_a$$

*Dónde:*

$P'o$  = Presión en el origen de la tubería portalateral

$P_o$  = Presión en el origen del lateral

$h'$  = Perdida de carga en la tubería portalateral

$H_g$  = Desnivel geométrico de la tubería portalateral

$H_a$  = altura del tubo portaaspersor

## 2.2 RIEGO POR GOTEO

### 2.2.1 Definición del Riego por goteo

El riego por goteo como aquel sistema que para conseguir mantener el agua en la zona radicular en las condiciones de utilización más favorables para la planta, aplica el agua gota a gota. De esta forma el agua es conducida por conductos cerrados desde el punto de toma hasta la misma planta, a la que se aplica por medio de dispositivos que se conocen como goteadores, goteros o emisores. (Medina S., 1988)

El riego por goteo fue desarrollado para lograr una mejor localización y eficiencia en la aplicación del agua. Los emisores que son colocados a lo largo de las líneas laterales actúan como dispositivos de disipación de presión y puntos de aplicación

del agua de riego, de tal manera que esto puede resultar en una aplicación altamente frecuente de pequeños volúmenes de agua.

### 2.2.2 Distribución del Agua en el Suelo.

El sistema de riego por goteo se basa en una tubería de agua (el lateral), en el cual están insertados los goteros. La unidad de riego es el gotero, el cual aplica el agua gota por gota. Alrededor de cada gotero se forma una zona de suelo húmedo, denominado “bulbo húmedo”, por su forma característica. (Medina S., 1988)

- La zona saturada. Debajo y alrededor del gotero, zona en la que existe un exceso de agua y falta de aire.
- La zona de equilibrio. En la cual existe una relación óptima entre el agua y el aire.
- La zona seca. Donde existe un déficit de humedad y un máximo de aire.

### El Bulbo Húmedo

Se llama bulbo húmedo al volumen de suelo humedecido por un emisor de riego localizado. El movimiento del agua en el suelo determina la forma y el tamaño del bulbo húmedo, que tiene una gran importancia, ya que en el se desarrolla el sistema radical de las plantas. (Fuentes J., 1998)

El agua en el suelo se mueve en todas las direcciones, pero en unos casos lo hace con mayor facilidad que en otros, dependiendo de la porosidad del suelo. En los

poros grandes el agua circula por su propio peso, desde arriba hacia abajo, mientras en los poros pequeños el agua circula por capilaridad en todas direcciones. La forma y tamaño del bulbo húmedo depende de los siguientes factores:

- La textura del suelo. En suelos arenosos con gran cantidad de poros grandes, el agua circula con mayor facilidad hacia abajo, mientras que en suelos arcillosos el agua se extiende con más facilidad hacia los lados. En consecuencia, en suelos arenosos el bulbo tiene forma alargada y en suelos arcillosos tiene forma achatada.
- El caudal del emisor. Cuando el agua empieza a salir por un emisor se forma un pequeño charco. A la vez que el suelo empieza a absorber el agua en toda la superficie del mismo, el tamaño del charco depende del caudal que sale por el emisor, a mayor caudal corresponde una superficie mayor de charco y, por tanto un bulbo más extendido en sentido horizontal.
- El tiempo de riego. A medida que aumenta el tiempo de riego el tamaño del bulbo aumenta en profundidad, pero apenas aumenta su extensión en sentido horizontal.

### **2.2.3 Eficiencia del Riego por Goteo**

La eficiencia del riego por goteo, los siguientes factores:

### **El factor operativo**

- El elevado número de goteros por hectárea asegura, en principio, una amplia y exacta distribución del agua, incluso cuando existen problemas de obstrucción parcial.
- La frecuencia de riego evita que el agua llegue a una elevada tensión en el suelo y se previenen fluctuaciones extremas entre humedad y sequía.
- La baja precipitación horaria y el dominio sobre la presión aseguran un 100% de infiltración, evitándose totalmente el fenómeno de escurrimiento superficial, factor decisivo en la eficiencia.
- El hecho de que cada gota ya viene mezclada con fertilizantes provee una nutrición perfecta. (Armonis S.L., 1984)

### **El factor Medio-ambiente**

- Ya que el agua casi no está en contacto con el aire, el viento no tiene influencia alguna sobre la eficiencia del riego. Uno de los factores más decisivos que favorece la selección del riego por goteo es la posibilidad de emplear una red de goteo durante las horas del día (cuando es mayor la velocidad del viento) y usar la red de aspersión durante la noche (cuando los vientos se calman).
- La humedad relativa del aire influye, en general, sobre el consumo del agua por planta, pero también afecta al sistema de aspersión donde la gota se encuentra en el aire durante su trayectoria al suelo, lo cual aumenta las pérdidas por evaporación.

- La temperatura influye de la misma manera que la humedad, mas su impacto sobre la eficiencia es más pronunciado.

### **El factor Dimensional**

- Contrariamente a todos los factores anteriores, la relación entre el movimiento lateral y el vertical del agua en el suelo es un factor limitante que influye negativamente sobre eficiencia del riego por goteo desde el momento en el cual la gota sale del gotero esta llegar al suelo, depende totalmente de la fuerza de atracción capilar del suelo y de la fuerza de gravedad.
- El movimiento lateral depende sobre todo del porcentaje de arcilla en el suelo en suelos pesados la expansión lateral es más pronunciado y por eso hay una relación más favorable entre dimensiones del bulbo.
- El movimiento vertical depende del porcentaje de arena en suelos arenosos facilitan el drenaje lo cual conduce a pérdidas de agua por debajo de la zona radicular, el sistema de riego por goteo que tiene una eficiencia cercana al 100% en la parte aérea y sobre la superficie del suelo pierde un elevado porcentaje de su eficiencia por este motivo la reducción de la eficiencia depende del tipo de suelo, la distribución de las raíces, la frecuencia del riego, la descarga del gotero etc. en consecuencia ningún cultivo menos agua por unidad de superficie cuando se compara el riego por goteo con la aspersión en otras palabras para fijar cuantas cuotas formativas de agua por hectárea el volumen total debe ser idéntico el número y el volumen de las aplicaciones varían las horas de riego durante el día pueden variar pero

el consumo total anual no varía hasta que se encuentre una solución práctica capaz de evitar las pérdidas de agua por debajo de las raíces.

#### 2.2.4 Ventajas de un Sistema de Riego por Goteo

Las ventajas y desventajas de riego por goteo lo siguiente:

- a. **Economía del agua:** Como la eficiencia de riego en un sistema presurizado es mayor, la economía de agua es mayor, lo que nos permite pensar en ampliar el área agrícola con el sobrante de agua.
- b. **Uniformidad de riego:** Al contar con el sistema de riego y con su red de distribución, se consigue aplicar el agua en forma uniforme en todo el campo, lo cual no es posible con otras técnicas de riego. Esta característica hace que cada planta pueda recibir lo que requiere en agua sin estar expuesta a excesos o déficit, alcanzándose, consecuentemente, de ella el logro de su máxima capacidad productiva. En dos palabras: uniformidad de riego significa mayor productividad.
- c. **Nivelación:** Las exigencias de nivelación en los riegos a presión son inexistentes. Permiten habilitar nuevas áreas con pendientes fuertes, las mismas que se hacen impracticables con otros sistemas de riego. La no exigencia de nivelación, hace que no sea necesario remover y cubrir capas fértiles de suelos, evitándose el deterioro del suelo que toda nivelación provoca. A esto se suma el ahorro muy significativo que implica el costo del movimiento de tierra en la nivelación.

- d. Fertilización:** Permite la aplicación de fertilizantes y otros agentes químicos a través de sistemas de riego, siendo posible la dosificación en forma precisa a voluntad y con una uniformidad inmejorable.
- e. Control de las malas hierbas:** La conducción del agua a través de un sistema cerrado (tubos) y el filtrado cuando se requiere, son las formas como el riego a presión prevé la contaminación y transporte de semillas de mala hierba, a los campos de cultivo. Paralelamente en los riegos de microaspersión y en particular goteo donde se moja parte del suelo, el área restante que permanece seca no permite la germinación de las semillas de mala hierba.
- f. Incremento sustancial de la producción:** Al lograr, de una manera muy eficiente, un correcto balance entre las necesidades hídricas y los requerimientos de nutrientes de las plantas, lo que se logra a través de la aplicación de un sistema de riego presurizado se obtienen por lo tanto importantes incrementos en calidad y cantidad de cosecha.

### 2.2.5 Desventajas de un Sistema de Riego por Goteo

- a. Inversión inicial alta:** La inversión inicial es alta pero esta compensada con los ahorros que existen en cuanto a nivelaciones del terreno, menor empleo de mano de obra para realizar el riego y aplicar fertilizante y lo más importante hay una respuesta positiva de la planta en lo referente al incremento significativo de la producción.

- b. Fuente de abastecimiento:** Es necesario disponer de una fuente de abastecimiento de agua en forma regular.
- c. Energía requerida:** El equipo requiere energía eléctrica o energía potencial, esta última puede estar dada por un desnivel topográfico, de acuerdo a las necesidades del equipo.
- d. Cultivo:** No se pueden emplear en todos los cultivos, alfalfa, trigo, etc., o cultivos cuya rentabilidad es baja.
- e. Riegos específicos:** No se pueden hacer lavados de suelos ni riegos climáticos.

### 2.2.6 Componentes del Sistema de Riego por Goteo

(Fuentes J., 2003), con referente a los componentes del sistema de riego por goteo indica lo siguiente:

#### a. Unidad de Presión

Al igual que el riego por aspersión es el elemento encargado de generar la presión del agua que requiere el sistema. Esta presión puede conseguirse mediante bombeo (motor y bomba) o por acción de la gravedad, siempre y cuando la fuente de agua se ubique a una altura suficiente como para operar nuestro sistema.

#### b. Cabezal de Riego

Es uno de los componentes vitales del sistema y consta de las siguientes partes:

- Filtros: Encargados de retener las partículas contenidas en el agua con la finalidad de evitar la obstrucción de los emisores de agua (goteros, tuberías perforadas, etc.), debido a que estos poseen pequeños orificios.
- Medidores de caudal: Nos permite registrar la cantidad de agua entregada al campo.
- Válvula “check”: Tiene por objeto evitar el reflujo de los fertilizantes diluidos en el agua y que pueden contaminar la fuente de agua (pozo, reservorio, etc.)
- Válvula de aire: Encargada de extraer el aire de las tuberías y evitar distorsiones del flujo de agua.

Equipo de Fertilización: Son las unidades que aplican los fertilizantes solubles simultáneamente con el riego. Existen diferentes dispositivos para aplicar los fertilizantes, como pueden ser tanques, inyectoros, venturis, etc.

### **c. Tuberías Principales y Secundarios**

Están constituidos por conductos que transportan el agua desde la fuente hasta las unidades o subunidades. El material empleado puede ser PVC, asbesto cemento, polietileno, etc.

### **d. Terciarios**

Las tuberías terciarias, dentro de la subunidad de riego, son las que llevan el agua a las tuberías laterales.

El material utilizado es el de cloruro de polivinilo PVC, o polietileno de alta densidad PEHD o media densidad, PE; la primera tendrá que ir enterrada, mientras que la de polietileno tiene la alternativa de poder colocarse sobre la superficie.

#### **e. Laterales de Riego**

Son las tuberías donde van insertados los goteros, o también las tuberías perforadas o tuberías de exudación. El material de estos laterales es generalmente de polietileno de baja densidad y flexible en diámetros de 12, 16 ó 20 mm, siendo lo más usual el empleo en los dos primeros diámetros.

#### **f. Los Emisores**

Los emisores o goteros son los últimos puntos del sistema por donde se aplica agua al suelo de una forma controlada; de su buena selección dependerá lo adecuado del diseño. (Razuri R., 1988)

Un emisor eficiente es aquel que cumple las siguientes características:

- Descarga baja, uniforme y constante
- Debe tener una sección hidráulica adecuada para evitar obstrucciones por lo que su fabricación debe ser precisa.
- Debe ser económico y compacto.
- Resistente a la contaminación química y ambiental.
- Reducida pérdida de carga en el sistema de conexión.

### 2.2.7 Tipos de Emisores

Los emisores o dispositivos que permiten un pequeño flujo uniforme de agua a caudal constante, pueden clasificarse en goteros, tuberías de goteo y miniaspersores o difusores. (Razuri R., 1988)

#### **Goteros**

Los goteros son emisores colocados sobre el lateral espaciados uniformemente y que erogon caudales menores a 12 l/h.

**Emisores de largo recorrido:** en estos emisores la pérdida de carga ocurre en una suave y larga tubería de pequeño diámetro. El flujo en esta sección es laminar siendo sensible a las diferencias de presión en el sistema.

Los tobos utilizados tienen diámetros de 0.6 mm a 2 mm, siendo su CV entre 0.02 y 0.05.

**Emisores de laberinto:** estos emisores de laberinto están formados por largos conductos tortuosos en los cuales la pérdida de carga es debido a la combinación de fricción en la pared, secciones agudas, contracciones y expansiones, consiguiéndose menores valores de  $x$ , normalmente 0.5.

El laberinto ha creado una revolución en el diseño hidráulico de goteros, ya que el gotero es consecuencia de la complicación de trayecto de flujo, causando una turbulencia. El trayecto del flujo turbulento puede llegar a 250 – 360 mm en un gotero.

**Emisores tipo orificio:** en estos emisores el flujo es totalmente turbulento, estos incluyen muchos emisores tipo gotero, cuya salida de agua es a través de uno o varios orificios de pequeño diámetro, con una mayor pérdida de carga. Estos emisores son muy sensibles a las obturaciones.

**Emisores tipo vórtice:** estos emisores tienen una cámara circular que produce el flujo vertical. La entrada del agua tangente a la pared circular interna de la cámara causa una rápida rotación del agua, formándose un vórtice en el centro de la cámara. Estos originan que la resistencia al flujo y la pérdida de carga sean mayores en este tipo de emisor que en un orificio simple del mismo diámetro.

**Emisores autocompensantes:** son emisores que funcionan con flujo turbulento, contruidos de manera de producir una descarga prácticamente constante en un amplio rango de presiones. La autorregulación se logra a través de una pieza móvil y flexible de goma, que se deforma bajo los efectos de la presión, disminuyendo la sección de paso del agua y limitando así el caudal, lo cual también puede dar lugar a ser muy sensibles a las obstrucciones.

El valor de CV es alto debido a la presencia de piezas móviles. El rango de presiones en la cual actúa la autocompensación está entre 10 y 30 m.

### **Tuberías de goteo**

Las tuberías de goteo son conducciones provistas de perforaciones poco espaciadas o con pared porosa. El caudal de descarga es menor de 12 l/h por metro de tubería, produciéndose una elevada pérdida de carga al salir el agua al exterior.

Estas mangueras se emplean en cultivos de plantaciones muy estrechos que requieren gran densidad de emisores, debido a su bajo costo.

Los tipos de tuberías más comunes son la porosa y la de doble pared.

**Tubería porosa:** en este tipo de tuberías el agua sale a través del material poroso, siendo muy sensible a obstrucciones por carbonatos. Su colocación es parcialmente enterrada.

## **2.2.8 Procedimiento de Diseño para Riego por Goteo.**

### **2.2.8.1 Necesidades netas de riego**

La estimación de las necesidades netas de agua en riego localizado tiene mayor importancia que en otros sistemas de riego, ya que muy limitado el papel de suelo como almacén o reserva de agua. Esta estimación se hace por los mismos procedimientos empleados en los demás sistemas, pero se aplican después unos coeficientes correctores. Cuando el agua se aplica a una fracción de la superficie del suelo, la evapotranspiración es distinta que cuando el agua se aplica a toda la superficie. (Fuentes J., 1998)

Por los siguientes motivos:

- ✓ La magnitud de la evaporación depende de la superficie de suelo mojado. Por lo tanto disminuye el valor de la evaporación.
- ✓ Al mojarse solo una fracción del suelo se produce un calentamiento de éste mayor que si se mojara toda la superficie lo que se traduce en un aumento de la transpiración.

- ✓ El suelo caliente origina un calentamiento del aire que se asienta sobre él, dando lugar a unos movimientos de advección, mediante el cual el aire caliente se eleva y calienta las plantas con el consiguiente aumento de la transpiración.
- ✓ Cuando la frecuencia de riego es bastante espaciada, la humedad del suelo es escasa en los días anteriores al riego, y la planta tiene dificultad en la absorción del agua, lo que se traduce en una menor transpiración.

En resumen, el efecto de localización y la alta frecuencia de aplicación suponen, con respecto a otros sistemas de riego, una disminución de la evaporación y un aumento de la transpiración. El balance de las necesidades netas será menor en plantaciones jóvenes de frutales y en marcos grandes de plantaciones, mientras que no habrá diferencia apreciable en cultivos hortícolas con gran densidad de plantas. En cualquier caso las necesidades netas se corrigen mediante los siguientes coeficientes correctores:

$$Nn = ETc * k_1 * k_2 * k_3$$

Donde:

$Nn$  = Necesidades netas

$ETc$  = Evapotranspiración del cultivo

$k_1$  = Coeficiente corrector por localización

$k_2$  = Coeficiente corrector por variación climática

$k_3$  = Coeficiente corrector por advección.

- ✓ Coeficiente corrector por localización.

Se basa en considerar la fracción de área sombreada por la planta con relación a la superficie del marco de plantación (o superficie ocupada por cada planta).

$$\text{Fracción de área sombreada (FAS)} = \frac{\text{Area..Sombreada}}{\text{Sup..marco..de..plantación}}$$

La relación entre  $k_1$  y FAS viene dada por las diversas fórmulas:

$$k_1 = 1.34FAS$$

$$k_1 = 0.1 + FAS$$

$$k_1 = FAS + 0.5(1 - FAS)$$

$$k_1 = FAS + 0.15(1 - FAS)$$

En la práctica se toma como valor de  $k_1$  la media de los valores intermedios anteriores después de eliminar los dos valores extremos.

#### **Coeficiente corrector por variación climática.**

Los valores que corresponden a la media de los valores climáticos de un determinado número de años, lo que implica que las necesidades calculadas son insuficientes en la mitad de ese periodo. Como en riego localizado se puede aplicar con mucha exactitud la cantidad de agua necesaria, conviene mejorar esas necesidades en un 15-20% por lo que  $k_2 = 1.15 - 1.20$ .

#### **Coeficiente corrector por advección.**

Los efectos del movimiento del aire por advección, tiene un efecto considerable en el microclima que afecta al cultivo, ya que este microclima depende, además del propio cultivo, de la extensión de la superficie regada y de las características de los terrenos colindantes. En caso de parcelas pequeñas, el microclima del cultivo será distinto según esté rodeado de una masa verde o de un terreno sin cultivar, lo que

origina un aire más caliente en el segundo caso. Por consiguiente el coeficiente  $k_3$  vendrá en función de la naturaleza del cultivo y del tamaño de la superficie regada.

### 2.2.8.2 Necesidades Totales de Riego.

Las necesidades totales son mayores que las necesidades netas, ya que es preciso aportar cantidades adicionales para compensar las pérdidas causadas por percolación profunda, por salinidad y por uniformidad de riego. (Fuentes J., 2003)

$$N_t = \frac{N_n}{E_a} = \frac{N_n}{R_p * (1 - RL) * CU}$$

Donde:

$N_t$  = Necesidades totales

$N_n$  = Necesidades netas

$E_a$  = Eficiencia de aplicación

$R_p$  = Relación de percolación

$RL$  = Requerimiento de lavado

$CU$  = Coeficiente de uniformidad

$R_p$  y  $(1-RL)$  no se toman simultáneamente, si no que se toma sólo la de menor eficiencia.

Sí  $R_p < 1-RL$  
$$N_t = \frac{N_n}{R_p * CU}$$

Si  $1-RL < R_p$  
$$N_t = \frac{N_n}{(1 - RL) * CU}$$

Los requerimientos de lavado en riegos localizados de alta frecuencia son:

$$RL = \frac{CEa}{2 * máxC Ee}$$

Donde.

$RL$  = Requerimientos por lixiviación, expresado en tanto por uno

$CEa$  = Conductividad eléctrica del agua de riego, expresado en dS/m.

$máxC Ee$  = Conductividad eléctrica del extracto de saturación para lo cual el descenso de producción es el 100%, expresado en dS/m.

### 2.2.8.3 Diseño Agronómico

El diseño agronómico es el componente fundamental en todo proyecto de riego, y los riegos localizados de alta frecuencia (RLAF) no son una excepción. Es la parte donde los errores tienen consecuencias más graves, de nada sirven unos afinados cálculos hidráulicos en la instalación del riego o una perfecta selección de los automatismos, si se parte de un diseño agronómico equivocado cuya consecuencia es por ejemplo la salinización del suelo por falta de lavado, o la insuficiencia en el volumen del suelo humedecido, por instalar un número equivocado de emisores. (Pizarro F., 1992)

#### 2.2.8.3.1 Superficie mojada por emisor

Para determinar la superficie mojada por emisor, se debe realizar mediante pruebas en campo o mediante tablas o formulas, dada la gran heterogeneidad de suelos las formulas y tablas solo se deben utilizar con mucha prudencia, siendo mucho más fiable la medición directa en el propio campo. (Pizarro F., 1992)

$$S = \pi * r^2$$

Dónde:

$S$  = Superficie mojada por emisor

$\pi$  = Valor de pi

$r$  = Radio del bulbo húmedo

#### **2.2.8.3.2 Porcentaje de superficie mojada por emisor.**

(Pizarro F., 1992), sostiene que para determinar el porcentaje de la superficie mojada por emisor, se debe calcular con la siguiente fórmula:

$$P = 10 * \frac{S_{mp}}{S_{op}}$$

Donde:

$P$  = Porcentaje de superficie mojada

$S_{mp}$  = Superficie mojada por planta

$S_{op}$  = Superficie ocupada por planta

#### **2.2.8.3.3 Numero de emisores por planta.**

(Fuentes J., 2003), indica que el número de emisores por planta determina una característica agronómica muy importante de los riegos localizados el porcentaje de superficie mojada. El número de emisores por planta viene dado por la siguiente expresión:

$$e \equiv \frac{S_p * S_r * P}{100 * D_h}$$

Dónde:

$e$  = Número de emisores por planta

$Dh$  = Diámetro del círculo mojado del emisor

$Sp$  = Separación entre plantas

$Sr$  = Espaciamiento entre hileras de plantas.

$P$  = Porcentaje del suelo mojado.

#### 2.2.8.3.4 **Dosis total de riego.**

(Fuentes J., 2003), indica que la cantidad de agua aplicada en cada riego se calcula con la fórmula:

$$Dt = e * qa * t$$

$$Dt = Nt * I$$

Dónde:

$Dt$  = Dosis total en litros

$e$  = Numero de emisores

$qa$  = Caudal de cada emisor, en Litros / hora

$t$  = Tiempo de riego en horas

$Nt$  = Necesidades de riego litros por día

$I$  = Intervalo de riego

De ambos ecuaciones se deduce la siguiente relación:

$$ne * qa * t = Nt * I$$

Se tiene una ecuación con dos incógnitas, intervalo y tiempo de riego, en donde hay que fijar una de ellas. En suelos de textura arenosa, en donde se origina bulbos estrechos y profundos, se tiende a intervalos muy cortos, tiempos breves y número elevado de emisores. En suelos de textura arcillosa, se tiende a intervalos más largos, tiempo de riego más amplio y menor número de emisores. (Fuentes J., 2003)

#### **2.2.8.3.5 Tiempo de riego.**

(Fuentes J., 2003), menciona que el tiempo de riego tiene la siguiente relación:

$$t = \frac{Nt * I}{ne * qa}$$

#### **2.2.8.4 Diseño Hidráulico**

El diseño hidráulico se considera el dimensionamiento de las diferentes tuberías que componen el sistema en lo referente a diámetros, longitudes, caudales, presiones y velocidades. En esta etapa a los datos calculados en la etapa anterior se le agrega las condiciones técnico económicas y de preferencia del agricultor. (Razuri R., 1988)

El diseño de los RLAF los cálculos hidráulicos se realizan después del diseño agronómico y basándose además en otros datos como características del emisor elegido, topografía, etc. En primer lugar se calcula la tolerancia de los caudales, para conseguir una uniformidad de riego ya definida en el diseño agronómico en términos de CU. Calculada la tolerancia de caudales y conocida la ecuación del emisor (relación q-h), se calcula la tolerancia de presiones. (Pizarro F., 1992)

#### **2.2.8.4.1 Variación máxima de la presión**

(Fuentes J., 2003), menciona que se determina la variación máxima de la presión utilizando la siguiente relación:

$$dH = \frac{0.1}{x} * H$$

*Dónde:*

$dH$  = Variación máxima de la presión

$x$  = Exponente de descarga del emisor

$H$  = Presión de trabajo del emisor

#### **2.2.8.4.2 Caudal en el origen del lateral.**

El cálculo del caudal en el origen del lateral, para lo cual se multiplica el número de goteros que contiene el lateral por el caudal de cada gotero, para una mejor visualización se presenta la ecuación que se utiliza para este parámetro. (Fuentes J., 2003)

$$Q = ne * qa$$

*Dónde:*

$Q$  = Caudal en el origen del lateral

$ne$  = Numero de goteros por lateral

$qa$  = Caudal del emisor

#### 2.2.8.4.3 *Longitud ficticia del lateral.*

(Fuentes J., 2003), indica que para determinar la longitud ficticia del lateral, se usa la siguiente formula:

$$L_f = L_r + L_e$$

Dónde:

$L_f$  = Longitud ficticia

$L_r$  = Longitud real

$L_e$  = Longitud equivalente

$$L_e = L_r * 0.2$$

#### 2.2.8.4.4 *Pérdida de carga en la tubería lateral.*

Para determinar la perdida de carga en la tubería lateral, se utiliza el abaco, del departamento de suelos y riegos CRIDA-11-INIA. (Fuentes J., 2003)

$$hl = J * F * L_f$$

Dónde:

$hl$  = Pérdida de carga del lateral

$J$  = Pérdida de carga unitaria en metros de columna de agua (mca)/  
metro lineal

$F$  = Factor de Christiansen

$L_f$  = Longitud ficticia del lateral

#### **2.2.8.4.5 Pérdida de carga admisible en la tubería lateral.**

(Fuentes J., 2003), indica que para determinar la pérdida de carga admisible en el lateral se utiliza la siguiente fórmula:

$$ha = \frac{0.055}{x} * H$$

*Dónde:*

$ha$  = Pérdida de carga admisible

$x$  = Exponente de descarga del emisor

$H$  = Presión de trabajo de los goteros (mca)

#### **2.2.8.4.6 Presión en el origen del lateral.**

(Fuentes J., 2003), indica que para determinar la presión en el origen del lateral, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Po = Pm + 0.73h \pm Hg / 2$$

*Dónde:*

$Po$  = Presión en el origen del lateral

$Pm$  = Presión de trabajo del gotero

$h$  = Pérdida de carga en el lateral

$Hg$  = Desnivel geométrico del lateral

#### **2.2.8.4.7 Caudal en el origen de las tuberías porta laterales o terciarias.**

(Fuentes J., 2003), menciona que para calcular el caudal en el origen de la tubería porta lateral o terciaria, se determina con la relación siguiente:

$$Q = Nl * Ql$$

Dónde:

$Nl$  = Número de laterales

$Ql$  = Caudal de cada lateral

#### **2.2.8.4.8 Longitud ficticia y real de las tuberías terciarias.**

(Fuentes J., 2003), indica que para determinar la longitud ficticia y real de las tuberías terciarias, se tiene:

$$Lf = Lr + Le$$

Donde:

$Lf$  = Longitud ficticia de la tubería terciaria

$Lr$  = Longitud real de la tubería terciaria

$Le$  = Longitud equivalente de la tubería terciaria

$$Le = Lr * 0.2$$

#### **2.2.8.4.9 Pérdida de carga en la tubería terciaria.**

(Fuentes J., 2003), menciona que para determinar la pérdida de carga en la tubería terciaria, se utiliza los abacos del Departamento de suelos y riegos (CRIDA)-11 INIA. Luego para el cálculo de la pérdida de carga total de la tubería terciaria se utiliza la siguiente fórmula:

$$h = J * F * Lf$$

*Dónde:*

$h$  = Pérdida de carga en la tubería terciaria

$J$  = Pérdida de carga unitaria mca/ml (tubo pvc de ¾")

$F$  = Factor de Crhistiansen

$L_f$  = Longitud ficticia de la tubería terciaria

#### **2.2.8.4.10 Presión en el origen de la tubería terciaria.**

la presión en el origen de la tubería terciaria, viene dado por la siguiente fórmula:

$$P' o = P_o + 0.73h' \frac{Hg}{2}$$

*Dónde:*

$P' o$  = Presión en el origen de la tubería terciaria

$P_o$  = Presión en el origen de la tubería lateral

$Hg$  = Desnivel geométrico entre los extremos de la terciaria

$h'$  = Pérdida de carga en al terciaria

#### **2.2.8.4.11 Caudal en el origen de la tubería secundaria.**

Para determinar el caudal en el origen de la tubería secundaria, se realiza por:

$$h = J * F * L_f$$

*Dónde:*

$h$  = Perdida de carga en la tubería secundaria

$J$  = Perdida de carga unitaria metros de columna de agua (mca)/ml (tubo  
pe de 1")

$F$  = Factor de Crhistiansen

$L_f$  = Longitud ficticia de la tubería secundaria tramo AD

#### **2.2.8.4.12 Presión necesaria en el origen de la tubería secundaria.**

Para la determinación de la presión necesaria en el origen de la tubería secundaria, se desarrolló con la siguiente ecuación:

$$P'_{os} = P_o + 0.73h's \frac{Hg}{2}$$

Dónde:

$P_{os}$  = Presión en el origen de la tubería secundaria

$P_o$  = presión en el origen de la tubería terciaria

$h's$  = pérdida de carga en la tubería secundaria

$Hg$  = desnivel geométrico (+)

### **2.3 CULTIVO DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.)**

#### **2.3.1 Origen y características botánicas de la planta.**

La alfalfa pertenece a la clase dicotiledones, orden leguminosales, familia leguminosas, tribu trifolieae. Es originaria del sur oeste de Asia menor y sur de Caucaso, abarcando turquia, Siria, Irak, Iran, Afganistan. De aquí es probable que se extendiese su cultivo a Grecia (aproximadamente 470 años antes de Cristo) más tarde fue llevado a Italia, a los países europeos incluyendo España y con la conquista a América Central y América del Sur.

La alfalfa es una leguminosa perenne de crecimiento erecto, posee raíz principal pivotante bien desarrollada, que puede penetrar profundidades de 2 a 6 metros,

aunque se reporta casos de raíces que profundizan más de 10 metros. Sus hojas son compuestas, abundantes, trifoliadas o multifoliadas. Los tallos son erectos que varían de 10 a 25 por planta que nacen de la corona y que de donde también nacen los brotes, esta corona, dependiendo de la variedad puede encontrarse sobre el suelo o debajo de la superficie del suelo. Presenta flores moradas, violetas con distintas tonalidades agrupados en racimo. El fruto es una legumbre, son retorcidas y tiene 1 a 5 espirales, cada legumbre lleva varias semillas pequeñas de forma arriñonada. 1000 semillas pesan 2.1 a 2.5 gramos. (Del Pozo, 1996)

### **2.3.2 Tecnología del cultivo.**

#### **2.3.2.1 Exigencias climáticas.**

La alfalfa es una planta que se adapta bien a muchos climas, produce mejor en climas cálido secos y templados. Las semillas de alfalfa para germinar requieren temperaturas de 2 a 3 °C, siempre que los demás factores como humedad y fertilizantes no actúen como limitante. La alfalfa una vez establecido, tolera temperaturas de 10 a 15 °C bajo cero; con temperaturas promedios anuales de 15 °C su desarrollo y producción forrajera es importante. El óptimo según variedades se sitúa entre 18 a 28 °C. La alfalfa es considerada como resistente a la sequia a causa de su sistema radicular profundo, sin embargo la alfalfa es más exigente en la humedad del suelo, consume más agua que cualquier otro leguminosa. Para la síntesis de un kilo de materia seca, la alfalfa requiere de 700 a 800 kg de agua. Esto no quiere decir que con una precipitación anual de 500 a 700 mm en la sierra no pueda cultivarse, como anteriormente se señalaba, posee raíces pivotantes de gran

desarrollo, con lo que es capaz de extraer agua de las zonas más profundas del suelo. (Del Pozo, 1996)

En el Perú, la alfalfa se cultiva en la costa y sierra occidental de los andes, desde el nivel del mar hasta las alturas cercanas a los 4000 metros sobre el nivel del mar.

### 2.3.2.2 Exigencias edáficas.

La alfalfa requiere suelos profundos, permeables, de textura media (franco arenoso, franco limoso) y pesada (franco arcilloso) bien drenados, de pH neutro y de buena fertilidad. Tolera a la salinidad. (Choque J. , 2005)

Que cuando se siembra e suelos de mal drenaje interno o superficial, las raíces son muy cesibles a la falta de oxígeno por acumulación de agua, y la planta rápidamente muere al no poder respirar sus raíces.

La acidez del suelo es uno de los factores de mayor trascendencia que limita el área de cultivo de alfalfa, esta es la razón por la cual la alfalfa no se cultiva en selva alta y baja donde los suelos son ácidos.

En suelos ácidos (pH menor a 6.0) el *Rhizobium meliloti* no se multiplica ni se produce, lo cual afecta la adecuada simbiosis para la fijación del nitrógeno atmosférico.

En suelos ácidos. Disminuye la disponibilidad de nutrientes esenciales para las plantas como fósforo, calcio y magnesio, y por otra parte aumenta la disponibilidad y absorción por parte de la planta de elementos tóxicos como el aluminio y hierro.

Para estos casos se hace necesario corregir el pH mediante un encalado antes del establecimiento de la alfalfa, aplicando dosis de carbonato de calcio de acuerdo a la mayor o menor acidez del suelo, siendo 2 toneladas por hectárea, la dosis comúnmente recomendada.

El pH óptimo del terreno es 7.2; pero puede cultivarse desde pH 6.5 a 7.5 suelos de baja fertilidad, especialmente en cuanto a niveles de fósforo afectan la obtención de elevado y sostenido nivel de producción.

Para la obtención de óptimos resultados en el establecimiento de alfalfa, la elección del terreno debe hacerse tomando en cuenta los siguientes factores

- ✓ Elegir el terreno cultivado de papa, maíz, quinua, cebada, avena y otros
- ✓ Suelos profundos, permeables, de textura media, con buen drenaje.
- ✓ El pH del terreno debe estar entre 6.5 a 7.5 que se determina haciendo un análisis del suelo antes de la siembra.
- ✓ Deberá descartarse los suelos ácidos y los que tengan peligro de inundación.

### **2.3.2.3 Variedades recomendadas.**

Las variedades de alfalfa adaptadas, productivas y recomendadas que pueden cultivarse puros o en mezclas con gramíneas en la región de la costa son: Tambo, Yaragua, San Pedro, Caliverde, WL-518, WL-519, WL-520, para los valles interandinos son: Dupuits, Moapa, AS-49, California 55, para la región de sierra alta son: Condor, WL-318, WL-324, California 50 y 52, Bufalo, Joya, Prince, Ranger. (Choque J. , 2005)

#### **2.3.2.4 Época de siembra.**

En la costa, la alfalfa no debe sembrarse en pleno verano, porque se verá afectada por las plagas y malezas, por lo que se recomienda sembrar en los meses de mayo a agosto. En los valles interandinos se recomienda sembrar de septiembre a noviembre, en la sierra alta al inicio del periodo de las lluvias, entre los meses de noviembre a diciembre.

En el altiplano de Puno, la época propicia de siembra es cuando se presenta las lluvias regulares entre 15 de diciembre a 30 de enero, bajo irrigación la siembra puede adelantarse desde octubre a noviembre. Se recomienda sembrar en un día nublado, en las mañanas o tardes con poca radiación solar, porque en el sol mueren las bacterias inoculadas en las semillas. (Choque J. , 2005)

#### **2.3.2.5 Densidad de siembra.**

La cantidad de semilla recomendada por hectárea, la fertilización y siembra a una profundidad adecuada, son factores decisivos para obtener éxito en el establecimiento de una pastura de alfalfa y su posterior producción. Para ello, es importante comprobar la pureza y calidad de la semilla que se va utilizar. En este sentido es de prioridad adquirir semilla certificada de distribuidores conocidos, y verificar su poder germinativo, para calcular cuantos kilos de semilla vamos a utilizar.

Por lo general en la costa, en suelos con preparación adecuada, con semillas de buena calidad que tenga un mínimo de 85% de poder germinativo, se recomienda 25

kilos de semilla de alfalfa por hectárea en líneas y 30 kilos de semilla por hectárea al voleo. (Choque J. , 2005)

En el altiplano, para una siembra asociada en líneas se necesita 15 kg/Ha de semilla de alfalfa con 85% de poder germinativo más 8kg/Ha de semilla de *dactylis glomerata* con 80% de poder germinativo. En cambio para la siembra al voleo se necesita 20 kg/Ha de semilla de alfalfa más 10kg/Ha de semilla de *Dactyles glomerata*. (Choque J. , 2005)

#### **2.3.2.6 Fertilización.**

La cantidad de nitrógeno, fosforo, y potasio a aplicarse por hectárea debe formularse, sobre la base de los requerimientos nutricionales del cultivo y el aporte del suelo mediante análisis químico. (Choque J. , 2005)

Para la costa, la cantidad de fosforo y potasio a aplicarse por hectárea que recomiendan las instituciones de investigación y el ministerio de agricultura son los siguientes: a la siembra 80 a 100 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> que necesita las pequeñas plántulas de alfalfa tomar del suelo en su primera etapa de desarrollo. Es necesario también abonar a la siembra con 50 a 80 kg de K<sub>2</sub>O según análisis del suelo. La mezcla de fertilizantes debe aplicarse al voleo en la última pasada de rastra, o aplicar poco antes de la siembra. Para la fertilización de mantenimiento, se recomienda aplicaciones de 50 unidades de fosforo por hectárea cada tres cortes.

En el altiplano de Puno, para la siembra asociada de alfalfa en mezcla con *Dactylis glomerata*, se recomienda aplicar a la siembra 80 kg/Ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. En suelos con

bajo contenido de nitrógeno, se recomienda aplicar solo a la siembra 23 unidades de nitrógeno por hectárea.

La roca fosfórica molida, es recomendable aplicar como abono base en la última pasada de rastra unos 300 kg/Ha, pues su efecto se traduce en buenos rendimientos recién a partir del segundo año.

La alfalfa como leguminosa responde bien a la aplicación de fósforo y potasio, especialmente en los niveles de fósforo, que se traduce en elevado y sostenido nivel de producción, debido a que se logra la presencia del fósforo en todos los órganos de la planta, principalmente en los puntos de crecimiento como son las raíces y yemas de renovación.

### **2.3.2.7 Labores de siembra.**

#### **Inoculación de semilla:**

Indica que la inoculación es la práctica por medio del cual se incorpora a la semilla de alfalfa bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico antes de la siembra las bacterias *Rhizobium meliloti* tiene actividad específica y comportamiento diferencial según su manejo y el lugar de donde proceden. La práctica de la inoculación no solo mejora los rendimientos de materia seca, si no enriquece el suelo con nitrógeno, permiten mantener el cultivo de alfalfa por más años y su costo es mínimo. (Choque J. , 2005)

#### **Siembra:**

Indica que la siembra es la operación que consiste en distribuir uniformemente la semilla inoculada en el suelo preparado, con adecuada humedad con el fin de lograr una buena germinación y por ende un buen establecimiento de la nueva pastura. En la sierra es recomendable sembrar con una cobertura de 40 kg/Ha de semilla de

avena o cebada. Esta cobertura protege a las plantitas de alfalfa del granizo, aparte de que se puede cosecharse forraje. (Choque J. , 2005)

#### **La siembra al voleo:**

Indica que consiste en esparcir la semilla en el suelo en forma uniforme, dando dos pasadas en forma cruzada. Inmediatamente después de la siembra la superficie del terreno debe afirmarse mediante el uso de un rodillo emparejador jalado por un tractor a fin de cubrir perfectamente las semillas a una profundidad no mayor de 2 cm. También da buenos resultados dos a tres pasadas de ganado ovino sobre el terreno sembrado. (Choque J. , 2005)

#### **La siembra en líneas:**

Consiste en distribuir la semilla a chorro continuo, en surcos poco profundos abiertos con juntas o tractor a un distanciamiento de 25 a 30 cm. Entre surcos. (Choque J. , 2005)

### **2.3.2.8 Labores Culturales.**

#### **Control de malezas:**

La alfalfa por ser un cultivo de establecimiento lento, después de la emergencia los jóvenes plantas de alfalfa son muy susceptibles a la competencia de las malezas: por esta razón en el primer año se recomienda combatir las malezas sacando manualmente antes de que se hagan dominantes (1-2 meses después de la siembra). (Choque J. , 2005)

**Riegos:**

En la costa se deben efectuar los riegos continuos y suficientes para prevenir que las plantas de alfalfa no sufran por falta de agua, en la forma siguiente: (Choque J. , 2005)

**Riego de establecimiento:** el primer riego ligero debe hacerse inmediatamente después de la siembra, después de la emergencia de las plántulas los riegos no deben ser muy seguidos para permitir un buen desarrollo radicular. No deben anegarse. Dos riegos ligeros durante el primer mes de establecimiento; uno a dos riegos por mes hasta la obtención de la primera cosecha o corte que se realiza entre los 75 a 85 días después de la siembra.

**Riego de mantenimiento:** El volumen y la frecuencia de riegos de mantenimiento en alfalfa varían en función al tipo de suelo, estación del año y según variedades. Los trabajos de investigación en suelos franco-arenoso, comparando los sistemas de riego por aspersión y gravedad, se ha logrado las más altas conversiones de materia seca por cada metro cubico de agua empleada, gasto de 20,300 a 26,700 m<sup>3</sup>/Ha/año a través. Del sistema de riego por aspersión, obteniéndose de 604 a 683 gramos de materia seca por metro cubico de agua; superando a los 408 gramos de materia seca por metro cubico obtenido con el riego por gravedad. (Medina A., 2009)

**Fertilización de mantenimiento:**

En los valles de la costa, se recomienda efectuar aplicaciones de 50 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectárea cada tres cortes, este fraccionamiento contribuye a una mejor solubilidad y utilización del fertilizante fosforado. Para casos especiales de suelos muy livianos y

pobre en materia orgánica, es recomendable incorporación de estiércol antes de la siembra.

Para la sierra se recomienda, aplicaciones anuales de 60 a 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/Ha La alfalfa o asociada con pasto ovillo para su producción de forraje extrae al suelo nutriente como nitrógeno, fósforo, potasio y otros elementos esenciales. Por lo tanto, conviene sustituirlos cuando los suelos requieren según análisis del suelo: (Choque J. , 2005)

El nitrógeno como ya se ha dicho, no debe usarse cuando se siembra semilla bien inoculado.

En el caso del fósforo, por experiencias se ha demostrado que son necesarios aplicaciones anuales de 130 a 174 kilos de superfosfato triple de calcio por hectárea, al voleo después del inicio de la temporada de lluvias, cuando el suelo tenga buena humedad.

#### **Encalado:**

El pH del suelo comienza a bajar (pH menor 6.5), se recomienda espolvoreo superficial sobre la pastura de alfalfa después del pastoreo o corte, 2 toneladas por hectárea de carbonato de calcio. También se puede utilizar cal magra natural. (Choque J. , 2005)

#### **Control de plagas y enfermedades:**

Es más importante prevenir con un buen sistema de preparación del suelo, rotación y manejo, antes de recurrir a plaguicidas que elevan los costos de producción: las

plagas más importantes que se presentan a nivel de la costa y valles interandinos de importancia económica son:

## **2.4 EVALUACION ECONOMICA.**

La evaluación económica de un proyecto es una operación intelectual para la toma de decisiones económicas y sociales. Como tal es un proceso de medición del valor de los proyectos sobre la base de la comparación de sus beneficios y costos en un periodo determinado. Conocido como “Horizonte del Proyecto”. En otras palabras evaluar es medir la rentabilidad del proyecto, para lo cual, utilizamos los indicadores de evaluación, con la finalidad de observar y analizar sus beneficios y costos, desde algún punto de vista determinado. (Andrade E.S., 1986)

El propósito de la evaluación es la obtención de los elementos de juicio necesarios para tomar decisiones respecto a la ejecución o no ejecución del proyecto, para lo cual se realizan un conjunto de cálculos en base a informaciones existentes en el estudio preliminar o de factibilidad. Esto equivale a decir, que antes de evaluar un proyecto, debemos de examinar los estudios respectivos en lo que se refiere al aspecto técnico, económico y financiero. A partir de ello elaborar un conjunto de cuadros financieros y determinar los beneficios y costos del proyecto, con el cual se obtiene los flujos netos. Luego actualizamos a través de indicadores de evaluación tales como Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), Coeficiente Beneficio Costo (B/C), con los cuales obtenemos resultados positivos, de equilibrio o negativos que aplicando criterios económicos optaremos por:

a) aceptar, b) postergar o c) desechar el proyecto.

**a.) Aceptar**

Se da por aprobado un determinado proyecto cuando: el Valor Actual Neto (VAN) es mayor que cero ( $VAN > 0$ ), la tasa Interna de Retorno (TIR) es mayor que la tasa bancaria ( $TIR > i$ ) o cuando el Coeficiente Beneficio Costo (B/C) es mayor que uno ( $B/C > 1$ ). En estos casos, se considera al proyecto como positivo, rentable, eficaz o eficiente, ya que los beneficios son superiores a los costos. (Andrade E.S., 1986)

**b.) Postergar**

Por lo general se recomienda postergar un determinado proyecto cuando:  $VAN=0$ ,  $TIR=i$  o  $B/C=1$  en estos casos se considera al proyecto como indiferente ya que se encuentra en equilibrio. Otras veces se le considera como bueno bajo ciertas premisas, para lo cual se recomienda analizar otras variables tales como: demanda, tecnología, etc. Se dice que un proyecto está en equilibrio cuando sus beneficios igualan a sus costos. (Andrade E.S., 1986)

**c.) Desechar**

Se da por desechado un determinado proyecto, cuando:  $VAN < 0$ ,  $TIR < i$  o  $B/C < 1$ . En estos casos se considera al proyecto como negativa o desechable, ya que los beneficios son inferiores a los costos, por tanto arroja flujos netos negativos. (Andrade E.S., 1986)

**2.4.1 Objetivos de la Evaluación**

El objetivo fundamental de la evaluación es contribuir a que los recursos disponibles sean asignados en forma racional y eficiente. Esto equivale a decir que de un grupo de alternativas de inversión, se escogerán aquellas que rindan los máximos

beneficios y que a la vez minimice el costo unitario de producción. (Andrade E.S., 1986)

Esto implica tener un concepto definido de lo que se entiende por beneficio para luego manejar en forma adecuada los diferentes indicadores, con la finalidad de elaborar un conjunto de criterios que garanticen que el destino de los recursos estén encaminados por proyectos óptimos. (Hector S., 2003)

#### **2.4.2 Proceso de Evaluación**

Es un conjunto de actividades de carácter práctico cuyo procedimiento metódico permite realizar una evaluación en forma ordenada, sistemática y secuencial. Cabe señalar que el proceso de evaluación no es regla, norma, ni modelo, sino más bien un procedimiento de orden práctico para descartar un proyecto antes de incurrir en costos mayores. (Hector S., 2003)

#### **2.4.3 Indicadores de Evaluación**

##### **Valor Neto Actual**

El valor Neto Actual (VAN), conocido también como valor presente neto (VPN), se define como la diferencia de la sumatoria de los ingresos actualizados y los costos actualizados a una tasa de interés fija predeterminada.

También se define el VAN como la sumatoria de los ingresos netos anuales generados por el proyecto, actualizados a una tasa de interés predeterminado perteneciente a cada año.

Existen tres maneras de representación matemática del Valor Actual Neto (VAN).

Cada una de ellas conduce a una sola respuesta. (Hector S., 2003)

$$(1) VAN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i_t)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+i_t)^t} + \sum_{t=0}^n \frac{G_t}{(1+i_t)^t}$$

$$(2) \quad VAN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i_t)^t}$$

$$(3) \quad VAN = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+i_t)^t}$$

Dónde:

$VAN$  = Valor Actual Neta

$B_t$  = Beneficio Neto en el horizonte ( t )

$I_t$  = Gastos de Inversión en el horizonte ( t )

$G_t$  = Gastos de Operación en el horizonte ( t )

$C_t$  = Costo del Proyecto en el horizonte ( t )

$BN_t$  = Beneficio Neto en el horizonte ( t )

$i_t$  = Tasa de rendimiento requerida en el horizonte ( t )

$t$  = Horizonte del proyecto

## Tasa Interna de Retorno

Este método de evaluación, denominado también como: tasa financiera de rendimiento, tasa de rendimiento total, tasa de retorno efectiva, eficiente marginal de capital, rentabilidad media del proyecto, etc. al igual que todos los métodos de evaluación, introduce el concepto del valor del dinero en el tiempo. (Hector S., 2003)

La tasa interna de retorno (TIR), se caracteriza por su procedimiento, que consiste en encontrar un tipo de interés mediante el cual se consigna igualar el valor actual neto previsto.

Es aquella tasa de descuento tal como “*i*” para lo cual el valor actual neto (VAN) resulta igual a cero, matemáticamente se puede expresar como:

$$(1) \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i_t)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i_t)^t} = 0$$

$$(2) \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+i_t)^t} = 0$$

Donde:

*i* = Tasa Interna de retorno (TIR)

$B_t$  = Flujo de Beneficio Brutos en el periodo *t*

$C_t$  = Flujo de Ingresos Brutos en el Periodo *t*

$BN_t$  = Flujo de Fondos Netos en el periodo *t*

*n* = Último Periodo del Movimiento de caja

### Coeficiente Beneficio Costo

El coeficiente o razón beneficio/costo (B/C), es el coeficiente que resulta de dividir la sumatoria de los beneficios actualizados entre la sumatoria de los costos actualizados a una tasa de interés fija predeterminada. (Hector S., 2003)

Matemáticamente se puede expresar como:

$$B / C = \frac{B_1 x f_1 + \dots + B_n x f_n}{C_1 x f_1 + \dots + C_n x f_n}$$

Dónde:

$B_1$  = Valor bruto de los beneficios

$C_1$  = Costos

$f_1$  = Factor de descuento

La cual se puede resumir en la siguiente expresión:

$$B / C = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}}$$

Dónde:

$B_t$  = Beneficios Brutos

$C_t$  = Costo del Proyecto

$i$  = Tasa de Rendimiento

$n$  = Horizonte del Proyecto

## **2.5 HIPOTESIS DE INVESTIGACION**

### **2.5.1 HIPOTESIS GENERAL**

La aplicación del sistema de riego tecnificado al cultivo de alfalfa aumenta significativamente la producción de rendimiento de materia.

### **2.5.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS**

Los diseños del sistema de riego goteo y aspersión, son similares.

El rendimiento de materia seca del cultivo de alfalfa es iguales a la aplicación de riego por goteo y aspersión.

Los indicadores económicos valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR), coeficiente beneficio costo (B/C), índice de rentabilidad (IR) son iguales en los sistemas de riego por aspersión y goteo en la localidad de Juli.

### CAPITULO III

#### 3 MATERIALES Y MÉTODOS.

##### 3.1 UBICACIÓN, EXTENSIÓN Y VÍAS DE ACCESO.

El ámbito del proyecto está ubicado en el sector Japocco Choquellusca de la comunidad de Vilcallami distrito de Juli, provincia de Chucuito región Puno. La parcela de investigación tiene un área de 500 metros cuadrados para cada método de riego, el área total es de 1 000 m<sup>2</sup>, el cultivo de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) se instaló hace cuatro años. Geográficamente la zona materia de estudio, se encuentra ubicado entre el paralelo 16° 32' de latitud Sur, en el meridiano 69° 47' de longitud Oeste de "Greenwich" y a una altitud de 3840 msnm. Siendo las coordenadas UTM 8'205,640 N, 455,640 E.

El acceso principal al área del proyecto la constituye la carretera panamericana sur asfaltada Puno-Desaguadero, que comunica a la ciudad de Juli con las ciudades de Puno y Juliaca, la comunidad de Vilcallami tiene su acceso principal por la carretera panamericana sur asfaltada Puno-Desaguadero desde la ciudad de Juli en un tiempo de 15 minutos y luego a la comunidad por la vía afirmada Vilcallami – Choquellusca. (Ver plano de ubicación).

##### 3.2 MATERIALES.

Los materiales utilizados en el presente trabajo de investigación son diversos y muy variables que se detalla en los cuadros siguientes; En la cuadro N° 01 se presenta

los servicios de cómputo y programas utilizados para el procesamiento de datos en las diferentes etapas de la ejecución del trabajo de investigación.

Cuadro N° 1 Servicios de cómputo y procesamiento de datos

Descripción Recurso	Unidad	Cantidad
AIDC ( procesamiento de datos topográficos)	Unidad	1
CROPWAT (estimación de Etp. Y programación de riego)	Unidad	1
S10 (estimación de costos y presupuestos)	Unidad	1
SAS (sistema de análisis estadístico)	Unidad	1
WATER CAD (diseño hidráulico de la red de tuberías)	Unidad	1
WORD (redacción de informe final)	Unidad	1
EXCEL (procesamiento y presentación de cuadros)	Unidad	1

Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.1 Recopilación de información

Se recopilaron información bibliográfica. Se utilizó bibliografía referente a diseños de sistemas de riego por goteo y aspersión, procedimientos en la instalación de los sistemas de riego, operación del sistema de riego por aspersión y goteo, evaluación económica de proyectos de inversión.

#### 3.2.1.1 Información sobre la Fuente de agua.

Tipo de fuente de agua (atmosférico, superficial, subterráneo). Para el presente proyecto de investigación la fuente principal de agua para riego fue el sistema de riego instalado en este sector, a través de sistema de conducción por tubería, que es captado de la parte alta de la comunidad de dos manantiales denominados Toqueraya I y Toqueraya II con un caudal de 2.5 y 2.9 lit/seg respectivamente, total del caudal disponible 5.4 lit/seg. La capacidad del reservorio es de 40 m<sup>3</sup>. El cual

abastece a un total de 20 beneficiarios, regándose un promedio de 8 hectáreas, el turno de riego para cada beneficiario es de cuatro horas cada tres días.

Con respecto a la calidad (físico-químico), de acuerdo al análisis físico químico del agua de riego el agua es apto para riego, los resultados se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro N° 2 Resultados de análisis de agua de riego, lugar comunidad Vilcallame-Juli-Puno

ANALISIS	CANTIDAD	INTERPRETACIÓN*
pH	6.8	6,5-8,5
C.E.	0.16	< a 2000
Dureza.	38.00 mg/l	250**
Alcalinidad	54.00 mg/l	250**
Cloruros	16.00 mg/l	100-700
Nitratos	0.00 mg/l	10
Sulfatos	98.00mg/l	300
Calcio	6.08 mg/l	200
Magnesio	5.50 mg/	150
Sólidos totales	54.00 ml/l	1000
Sodio	0.23 mg/l	200
Potasio	0.35 mg/l	.-.
SAR	0.03 mg/l	Bajo
Calidad		Se pueden utilizar en suelos con moderado sistema de drenaje y no hay peligro de sodio.

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelos FCA, UNA-Puno.

### 3.2.1.2 Información sobre el cultivo.

El cultivo es adaptado a las condiciones de la zona; la siembra del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.) se realizó al voleo, el 22 de diciembre del año 2009, en la

actualidad el cultivo se encuentra bien desarrollado y establecido, cultivándose a secano hasta antes de la instalación del sistema de riego. Actualmente el cultivo tiene buen desarrollo radicular, profundo a 0.80 m en promedio; hasta antes de la instalación del sistema de riego el cultivo solamente se hacían los cortes en época de lluvia realizándose dos cortes al año, el primero se realizaba en el mes de febrero y otro a finales de abril, luego el cultivo entraba en periodo de dormancia hasta el mes de agosto, en este mes empieza a brotar el cultivo pero no se desarrollaba por falta de agua de riego hasta el mes de diciembre, los rendimientos obtenidos en los meses lluviosos fue de hasta 30 toneladas por hectárea en materia verde, la altura de corte promedio para esta época fue de 55 cm en promedio.

### **3.2.1.3 Información sobre el suelo.**

Para obtener las características físicas (textura) y químicas (pH, CE, CIC, Cationes intercambiables) del suelo, se obtuvieron 5 sub muestras al azar de todo el área experimental, obteniéndose una muestra completa para el respectivo análisis de caracterización; también se hizo la apertura de una calicata para el perfil estratigráfico y determinación de la profundidad de las raíces, se tomaron muestras en cada horizonte para el análisis de caracterización (este trabajo se realizó el 20 de agosto de 2013), el análisis de agua y suelo se realizó en el laboratorio de aguas, suelos y tejidos vegetales de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

Cuadro N° 3 Principales características físico-químicas del suelo localidad Vilcallame – Juli – Puno

Nº	CLAVE DE CAMPO	ANALISIS MECANICO			CLASE TEXTURAL	(Da)	M.O.	Nº TOTAL %
		ARENA	ARCILLA	LIMO			%	
		%	%	%				
1		42,00	36,00	22,00	Franco arcilloso	1.4	0,46	0,08

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelos FCA, UNA-Puno.

Cuadro N° 4 Principales características físico-químicas del suelo localidad Vilcallame – Juli - Puno

Nº	pH	C.E. mS/cm	C.E. (e) mS/cm	ELEMENTOS DISPONIBLES		CATIONES CAMBIABLES					CIC me/100g	S.B. %
				P ppm	K ppm	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>3+</sup>		
						me/100 g suelo						
01	6,80	0,13	0,65	20,38	299	13,02	3,37	0,12	0,13	0.00	18	92

Fuente: Laboratorio de Aguas y Suelos FCA, UNA-Puno.

La determinación de la humedad a capacidad de campo y punto de marchites permanente se realizó de forma indirecta utilizando la fórmula de (Peele), en base al contenido de arena, arcilla y limo del suelo.

$$Cc = 0.48 * Ac + 0.162 * L + 0.023 * Ar + 2.62$$

$$Pm = 0.302 * Ac + 0.102 * L + 0.0147 * Ar$$

Dónde:

*Cc* = Capacidad de campo expresada como humedad gravimétrica %

*Ac* = Contenido de arcilla expresado en humedad gravimétrica %

*L* = contenido de limo expresado en humedad gravimétrica %

*Ar* = Contenido de arena expresado en humedad gravimétrica %

$$p_m = \text{Humedad en el punto de marchitamiento } \%$$

De esta forma se obtuvo la humedad a la capacidad de campo como humedad gravimétrica en porcentaje, que es de 24.42 %, del mismo modo el punto de marchites permanente calculado para este suelo es de 13.73 % expresado como humedad gravimétrica.

### **Determinación de los parámetros de la infiltración.**

Es importante tener conocimiento de la cantidad de agua que penetra en el suelo, así como el tiempo en que esta se infiltra, con la finalidad de dar al suelo a través del riego, la lámina de agua que pueda admitir para evitar excesos de agua o encharcamiento. Se determinó los siguientes parámetros.

Se calculó la Infiltración acumulada y velocidad de infiltración instantánea, se utilizó la siguiente ecuación:

$$I_{acum} = aT^b$$

*Dónde:*

$I_{acum}$  = Lamina de infiltración acumulada (cm)

$T$  = Tiempo de infiltración

$a$  = coeficiente para  $T = 1$

$b$  = Exponente que varía entra 0 y 1

$$I = aT^b$$

*Dónde:*

$I$  = Velocidad de infiltración instantánea (cm/hora)

$T$  = Tiempo de infiltración instantánea (min)

$a$  = coeficiente para  $T = 1$

$b$  = Exponente que varía entre 0 y -1

Se calculó la velocidad de infiltración básica, el tiempo en el cual se logra la velocidad de infiltración básica, se logra igualando la derivada de la velocidad de infiltración instantánea con el 0.1 del mismo valor.

$$b = \frac{n(\sum XiYi) - \sum Xi \sum Yi}{n \sum Xi^2 - (\sum Xi)^2}$$

$$a_0 = \frac{\sum Yi}{n} - \frac{b(\sum Xi)}{n}$$

$$a = \text{anti log}(a_0)$$

Cuadro N° 5 Parámetros determinados para las ecuaciones de infiltración

Infiltración. Acumulada		Velocidad de Infiltración Instantánea		Velocidad. De Infiltración Promedio.	
B =	0.5190	b =	-0.488	b =	-0.34
A =	1.078	a =	35.7	a =	50
r <sup>2</sup> =	0.9978	r <sup>2</sup> =	-1.081	r <sup>2</sup> =	0.94

Elaboración

Fuente propia.

Ecuación de la lamina de infiltración acumulada

$$I_{cum} = 0.5190$$

$I_{cum} = 1.0779$

$T_0$

Ecuación de la velocidad de infiltración instantánea

$$v_i = -0.4888$$

$I_i = 35.681$

$t_0$

Ecuación de la velocidad de infiltración básica

$$v_b = -0.4888$$

$I_b = 35.7$

$t_b$

Ecuación de la velocidad de infiltración promedio

$$I_p = 50 - 0.34t$$

Cuadro N° 6 Resultados sobre la determinación de la infiltración básica.

CONCLUSION DE INFILTRACION PARA FINES DE RIEGO				
Parámetros Infiltración. Básica		Tiempo base	Infiltración. Básica	
a =	b =	(min)	cm/hora	mm/hora
35.7	-0.4888	245	2.4	24.25

Fuente. Elaboración propia.

#### 3.2.1.4 Información sobre condiciones topográficas del terreno.

El área a irrigar en el presente trabajo de investigación es de 1 000 m<sup>2</sup>, existiendo ligeros desniveles del área de riego, por lo que se levantaron curvas a nivel secundarias equidistantes a 0.50 m, y las curvas de nivel maestras a 2.50 m (altimetría), el terreno a irrigar no muestra pendientes mayores a 2%, es ligeramente plano. (Ver detalle de planos en anexos).

#### 3.2.1.5 Información meteorológica de la zona del proyecto.

La información sobre elementos meteorológicos (precipitaciones pluviales, temperatura, humedad relativa, radiación solar, velocidad de vientos), se obtuvo del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), Puno, registrados en la estación Juli, se tiene la siguiente información:

Cuadro N° 7 Información meteorológica estación Juli, promedio de 5 últimos años (2006-2011), se detalla los promedios mensuales

TEMPERATURA MAXIMA, MINIMA Y MEDIA MENSUAL (°C)											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Max. 10	11.50	11.40	10.50	8.30	7.40	6.80	7.90	8.90	9.60	10.40	11.20
Min. 8.6	8.60	8.60	8.20	6.00	4.90	4.60	6.20	6.90	8.70	9.70	9.50
Med. 9.3	9.45	9.50	8.82	6.85	5.83	5.60	6.32	7.70	9.18	10.00	10.03
HUMEDAD RELATIVA (%) PROMEDIO MENSUAL											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
78.17	81.83	78.17	69.50	60.00	57.50	59.17	62.00	64.67	69.83	73.33	74.50
VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s) PROMEDIO MENSUAL											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
2.25	2.32	2.00	2.33	2.35	2.38	2.72	2.63	2.92	2.95	3.07	2.88
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (mm) PROMEDIO MENSUAL											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
250.57	194.14	169.43	51.57	9.57	5.34	13.84	18.20	17.16	39.93	24.47	98.86
HORAS DE SOL (horas) PROMEDIO MENSUAL											
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
6.70	6.80	7.20	8.70	9.40	9.20	9.50	9.50	8.50	9.20	8.00	7.40

Fuente: SENAMHI – Puno

### 3.3 METODOLOGÍA UTILIZADA.

#### 3.3.1 Primera fase: Cálculo de las necesidades hídricas del cultivo

La metodología utilizada para el cálculo de la evapotranspiración potencial, fue de Penman-Monteith procesado por el software CROPWAT versión para Windows y posteriormente los cálculos de las necesidades hídricas del cultivo se realizaron en el mismo software.

Cuadro N° 8 Valores de kc para las etapas de desarrollo del cultivo de alfalfa primer corte que se realiza desde 01 de septiembre a 15 de noviembre 2013.

<b>Etapas Periodo Vegetativo.</b>	<b>Inicial</b>	<b>Desarrollo.</b>	<b>Medio</b>	<b>Final</b>	<b>Total</b>
<b>Duración (días)</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>75</b>
<b>Kc</b>	<b>0.90</b>	<b>1.00</b>	<b>1.10</b>	<b>1.10</b>	<b>-----</b>

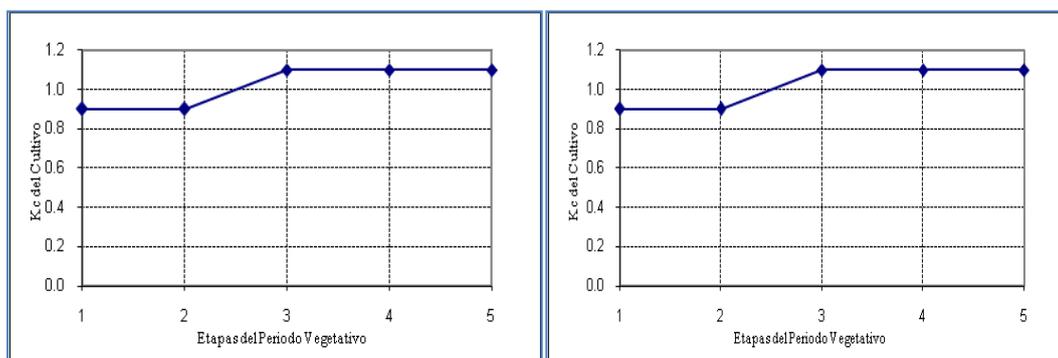
Fuente: Elaboración propia

Cuadro N° 9 Valores de kc para las etapas de desarrollo del cultivo de alfalfa segundo corte que se realiza desde 16 de noviembre de 2013 hasta 15 de enero de 2014.

<b>Etapas Periodo Vegetativo.</b>	<b>Inicial</b>	<b>Desarrollo.</b>	<b>Medio</b>	<b>Final</b>	<b>Total</b>
<b>Duración (días)</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>15</b>	<b>60</b>
<b>Kc</b>	<b>0.90</b>	<b>1.00</b>	<b>1.10</b>	<b>1.10</b>	<b>-----</b>

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 1 Curva del coeficiente de cultivo para alfalfa.



Primer corte

Segundo corte

Para el cálculo de las necesidades de agua del cultivo de alfalfa, Medina (1972) sostiene que el volumen y la frecuencia de riegos de mantenimiento en alfalfa varían en función al tipo de suelo, estación del año y según variedades. Los trabajos de investigación en suelos franco-arenoso, comparando los sistemas de riego por aspersión y gravedad, se ha logrado las más altas conversiones de materia seca por

cada metro cubico de agua empleada, gasto de 20,300 a 26,700 m<sup>3</sup>/Ha/año a través del sistema de riego por aspersión, obteniéndose de 604 a 683 gramos de materia seca por metro cubico de agua; superando a los 408 gramos de materia seca por metro cubico obtenido con el riego por gravedad.

### 3.3.2 Segunda fase: Diseño de los módulos de riego.

#### 3.3.2.1 Diseño de riego por aspersión.

##### 3.3.2.1.1 *Diseño agronómico del sistema de riego por aspersión.*

El diseño agronómico se realizó con la finalidad de que la instalación sea capaz de suministrar la cantidad suficiente de agua, con un control afectivo de las sales y una buena eficiencia en la aplicación del agua, se desarrolló con el siguiente procedimiento y en dos fases:

#### a).- Calculo de las necesidades de agua.

Se determinó las necesidades netas de agua, se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$N_n = ET_c - P_e - A_c \pm \Delta H$$

Donde:

$N_n$  = Necesidades netas

$ET_c$  = Evapotranspiración del cultivo

$P_e$  = Precipitación efectiva

$A_c$  = Aporte capilar

$\Delta H$  = Diferencias de almacenamiento

Para la determinación de las necesidades totales de riego se hizo con la relación:

$$Nt = Nn / Ea = \frac{Nn}{Rp * FL * Fr * Cu}$$

Donde:

$Nt$  = Necesidades totales

$Nn$  = Necesidades netas

$Ea$  = Eficiencias de aplicación en tanto por uno

$Rp$  = Relación de percolación en tanto por uno

$FL$  = Factor de lavado, en tanto por uno

$Fr$  = Factor de rociado, en tanto por uno

$Cu$  = Coeficiente de uniformidad, en tanto por uno

En circunstancias normales el factor de rociado tiene un valor muy próximo a la unidad, por lo que no se consideró en esta fase, relación de percolación y factor de lavado no se consideran simultáneamente, si no que se considera el de menor eficiencia, que es el que produce mayor pérdida de agua.

Si relación de percolación ( $Rp$ ) es menor que el factor de lavado ( $FL$ ), entonces las necesidades de agua totales se calculará:

$$Nt = \frac{Nn}{Rp * Cu}$$

Si, factor de lavado ( $FL$ ) es menor que la relación de percolación profunda ( $Rp$ ), las necesidades totales de agua serán calculados de la siguiente forma:

$$Nt = \frac{Nn}{(1 - RL) * Cu}$$

FL = 1-RL, siendo RL el requerimiento de lavado, en tanto por uno, en riego por aspersión de baja frecuencia el requerimiento de lavado, viene dado por la formula:

$$RL = \frac{CEa}{5CEe - CEa}$$

Y en riego por aspersión de alta frecuencia, el requerimiento de lavado, está determinada por la siguiente relación:

$$RL = \frac{CEa}{2 \max CEe}$$

Dónde:

*RL* =Requerimientos de lavado en tanto por uno

*CEa* =Conductividad eléctrica del agua de riego, en desiciemens por metro (dS/m)

*CEe* =Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, para el cual el descenso de la producción es un porcentaje que se impone, se expresa en (ds/m).

*max CEe* =Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo, para lo cual el descenso de la producción es el 100%, se expresa en dS/m.

#### **b).- Determinación de los parámetros de riego.**

Para el cálculo de la dosis neta de riego por aspersión se ha utilizado la siguiente relación.

$$Ln = HFU * \frac{CC\% - PMP\%}{100} * Da * PR$$

Dónde:

$Ln$  = Lamina neta

$HFU$  = Humedad fácilmente utilizable

$CC\%$  = Capacidad de campo en %

$PMP\%$  = Punto de marchites permanente en %

$Da$  = Densidad Aparente en gr/mc<sup>3</sup>

$PR$  = Profundidad de raíces en cm.

Para la determinación de la lámina real o bruta de la misma forma se utilizó la ecuación siguiente:

$$D'b = \frac{D'n}{Ea}$$

Dónde:

$D'b$  = dosis neta de riego considerando el factor de operación (mm/mes)

$D'n$  = eficiencia de aplicación asumida en (%)

$Ea$  = eficiencias de aplicación

Para la determinación del intervalo entre riegos, se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$Fr = \frac{D'n}{Cd} \quad \text{o} \quad Fr = \frac{D'n}{Et(cultivo)}$$

Dónde:

$Fr$  = Frecuencia de riego en días

$D'n$  = Dosis neta

$Cd$  = Consumo diario de agua

$Et(cultivo)$  = Evapotranspiración de cultivo

Para la determinación del tiempo de riego en cada postura de riego se utilizó la siguiente fórmula:

$$t = \frac{Dt}{Pma}$$

Dónde:

$t$  = Tiempo de riego en horas

$Dt$  = Dosis total

$Pma$  = pluviometría del aspersor

Para el cálculo del caudal de agua necesario se utilizó de la misma forma la siguiente ecuación:

$$Q = 10 \frac{S * Dt}{ir * T}$$

Dónde:

$Q$  = Caudal necesario en m<sup>3</sup> / hora

$S$  = Superficie regada en Ha.

$Dt$  = Dosis total en mm de altura de agua

$ir$  = Número de días empleados en regar, dentro del intervalo de riego

$T$  = Tiempo de riego en horas por día

Para determinar el número de aspersores que funciona simultáneamente se ha utilizado la ecuación:

$$Na = \frac{Q}{q}$$

Dónde:

$N_a$  = Numero de aspersores en cada posesión de riego

$Q$  = Caudal necesario.

$q$  = Caudal de cada aspersor

Para la determinación de la disposición de los emisores a lo largo de la tubería portaaspersores, se hizo utilizando el programa de autocad, en el cual sabiendo el diámetro mojado por cada aspersor se proyecta el espaciamiento entre aspersores y también el espaciamiento entre laterales, considerando que el traslape debe de estar comprendido entre el 15 y 30 % del diámetro mojado por los aspersores.

Número de posesiones por día y por lateral

$$N_{pl} / dia = \frac{Jt}{T_a + T_c}$$

Dónde:

$N_{pl}$  = Numero de posesiones por día por lateral

$Jt$  = Jornal de trabajo

$T_a$  = Tiempo de aplicación

$T_c$  = Tiempo de cambios

### **3.3.2.1.2 Diseño hidráulico del sistema de riego por aspersión.**

Para el cálculo de caudal en el origen del lateral, se procedió con la siguiente ecuación:

$$Q_l = N_a * q_a$$

*Dónde:*

$Ql$  = Caudal en el origen del lateral

$Na$  = Numero de aspersores en el lateral

$qa$  = Caudal de cada aspersor

Para la determinación de la longitud ficticia del lateral, se calculó con la siguiente fórmula:

$$L_f = 1.10 * L_r$$

*Dónde:*

$L_f$  = Longitud ficticia del lateral

$L_r$  = Longitud real, determinada en el campo

1.10 = Factor de Scobey, que propone el 1.10 de la longitud real

Para la determinación de la pérdida de carga en la tubería lateral o porta aspersores, se utilizó la siguiente ecuación:

$$h = J * F * L_f$$

*Dónde:*

$h$  = Perdida de carga en la tubería lateral

$J$  = Perdida de carga unitaria metros de columna de agua (mca)/ml

$F$  = Factor de Crhistiansen

$L_f$  = Longitud ficticia de la tubería secundaria

Para el cálculo de la perdida de carga unitaria en la tubería lateral, se utilizó el abaco 1 del libro de técnicas de Riego autor José Luis Fuentes Y.

Para la determinación de la pérdida de carga admisible, se consideró que estas pérdidas deben ser como máximo, inferiores al 20% de la presión nominal del aspersor

Presión en el origen del lateral, para el cálculo de la presión en el origen de la tubería portaaspersores, se determino con la siguiente expresión:

$$P_o = P_m + 0.75h \pm H_g / 2 + H_a$$

*Dónde:*

*P<sub>o</sub>* = Presión en el origen del lateral

*P<sub>m</sub>* = Presión de trabajo de los aspersores

*h* = Pérdida de carga en el lateral

*H<sub>g</sub>* = Desnivel geométrico del lateral

*H<sub>a</sub>* = altura del tubo portaaspersor

Para determinar el caudal en el origen de las tuberías porta laterales, se utilizó la siguiente expresión:

$$Q = Nl * Ql$$

*Dónde:*

*Q* = Caudal en el origen de la tubería portalateral

*Nl* = Número de laterales que hay en la tubería portalateral

*Ql* = Caudal de la tubería lateral

Para el cálculo de la longitud ficticia de la tubería portalateral, se calculó con la formula siguiente:

$$L_f = 1.10 * L_r$$

Dónde:

$L_f$  = Longitud ficticia de la terciaria

$L_r$  = Longitud real, determinada en el campo

1.10 = Factor de Scobey, que propone el 1.10 de la longitud real

La pérdida de carga en la tubería terciaria se ha determinado con la siguiente expresión:

$$h = J * F * L_f$$

Dónde:

$h$  = Pérdida de carga en la tubería portalateral

$J$  = Pérdida de carga unitaria mca/ml (tubo pvc de 1")

$F$  = Factor de Crhistiansen

$L_f$  = Longitud ficticia de la tubería portalateral

La presión en el origen de la tubería terciaria se ha calculado con la siguiente ecuación:

$$P'o = P_o + 0.75h' \pm H_g / 2 + H_a$$

Dónde:

$P'o$  = Presión en el origen de la tubería portalateral

$P_o$  = Presión en el origen del lateral

$h'$  = Pérdida de carga en la tubería portalateral

$H_g$  = Desnivel geométrico de la tubería portalateral

$H_a$  = altura del tubo portaasensor

### 3.3.2.2 Diseño de riego por goteo.

#### 3.3.2.2.1 *Diseño agronómico del sistema de riego por goteo.*

Una vez determinadas las necesidades de riego, se determinó los parámetros de riego a utilizar como son la dosis o lámina de agua en cada riego, frecuencia o intervalo entre riegos, duración o tiempo de riego en cada postura de riego, número de emisores por planta y disposición de emisores por planta, para lo cual. Primero se realizaron pruebas de descarga de la cinta gotero a utilizar en campo para la determinación de las características que tiene el bulbo húmedo para el tipo de suelo en el ámbito del proyecto, el cual, se realizó de la siguiente forma:

Se dispuso 06 emisores a lo largo de la cinta gotero, como la cinta gotero tiene los emisores separados a 0.30 metros, se tapó 3 emisores siguientes y dejando una libre de esta manera se obtuvo la separación de goteros a 1.20 metros, se utilizó una cinta de 7.00 metros de largo, el primer gotero se dejó funcionar por 1 hora, el segundo durante 2 horas, el tercero por 3 horas, el cuarto por 4 horas, el quinto por 5 horas y el sexto por 6 horas, terminada el riego con diferentes tiempos y caudales, se procedió a excavar las calicatas para cada prueba, determinándose en forma directa las medidas del bulbo húmedo.

En base a los resultados de la prueba preliminar en campo, para determinar las características del bulbo húmedo, se procedió con el diseño agronómico del sistema de riego por goteo. Las características con fines de diseño se muestran en la cuadro N° 10, los mismos que se obtuvieron del catálogo de los fabricantes que proporcionan las casas comerciales en la ciudad de El Pedregal-Arequipa.

Cuadro N° 10: Características de diseño y funcionamiento de la cinta gotero seleccionado para la instalación marca comercial (Rodrip)

DESCRIPCION	SIMBOLO	CANTIDAD	UNIDAD
Diámetro interior	Di =	16.0	mm
Clase	Clase=	5,000	
Espesor	Esp.=	0.127	mm
Espaciamiento de salidas	Eg =	0.3	m
Longitud del rollo	Lr=	3800.0	m
Peso del rollo	Pr=	33.0	Kg.
Tasa de flujo (LPH/100m@.55 bar)	Tf=	185 o 300	
Presión de trabajo	Pt =	7.03	mca
Caudal del gotero	qa =	1.4	lit /h

Fuente: Manual de usuario cinta de riego rodrip.

Para determinar la superficie mojada por emisor, se tomó el criterio que menciona J. Fuentes Y. que la profundidad del bulbo húmedo debe estar comprendido entre el 90 y 120% de la profundidad de las raíces. Por tanto la superficie mojada por emisor se calculará con la ecuación:

$$S = \pi * r^2$$

Dónde:

$S$  = Superficie mojada por emisor

$\pi$  = Valor constante

$r$  = Radio del bulbo húmedo a 40 cm de la superficie del suelo

Para la determinación del porcentaje de superficie mojada se utilizó la siguiente relación

$$P = 10 * \frac{S_{mp}}{S_{op}}$$

Dónde:

$P$  = porcentaje de superficie mojada

$Smp$  = superficie mojada por planta

$Sop$  = superficie ocupada por planta

Para determinar el número de emisores por planta, se utilizó la siguiente relación:

$$e > \frac{Sp * Sr * P}{100 * Dh}$$

Dónde:

$e$  = número de emisores por planta

$Dh$  = Diámetro del círculo mojado del emisor

$Sp$  = Separación entre plantas

$Sr$  = espaciamiento entre hileras de plantas.

Para determinar, la cantidad de agua aplicada en cada riego se calculó con la fórmula:

$$Dt = e * qa * t$$

$$Dt = Nt * I$$

Dónde:

$Dt$  = Dosis total en litros

$e$  = Número de emisores

$qa$  = Caudal de cada emisor, en Litros / hora

$t$  = Tiempo de riego en horas

$Nt$  = Necesidades de riego litros por día

$I$  = Intervalo de riego

De ambas ecuaciones se deduce la siguiente relación:

$$ne * qa * t = Nt * I$$

Ecuación con dos incógnitas, intervalo y tiempo de riego, en donde hay fijar una de ellas. En suelos de textura arenosa, en donde se origina bulbos estrechos y profundos, se tiende a intervalos muy cortos, tiempos breves y número elevado de emisores. En suelos de textura arcillosa, se tiende a intervalos más largos, tiempo de riego más amplio y menor número de emisores.

Así mismo, el tiempo de riego, se calculó con la siguiente ecuación:

$$t = \frac{Nt * I}{e * qa}$$

Finalmente la disposición de emisores, a lo largo del campo experimental, se hizo de acuerdo a los resultados obtenidos en la prueba de campo. Teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Regar en su totalidad la superficie de riego, ya que el cultivo instalado es a voleo por lo tanto se necesita regar todo el área experimental
- No dificultar las labores del cultivo
- Hacer la mínima inversión

#### **3.3.2.2.2      *Diseño hidráulico del sistema de riego por goteo.***

En una subunidad de riego se admite una variación máxima del caudal entre los distintos emisores del 10 % del caudal medio, con estas condiciones, se determinó la variación máxima de la presión utilizando la siguiente relación:

$$dH = \frac{0.1}{x} * H$$

*Dónde:*

$dH$  = Variación máxima de la presión

$x$  = Exponente de descarga del emisor

$H$  = Presión de trabajo del emisor

Se calculo el caudal en el origen del lateral, para lo cual se multiplica el número de goteros que contiene el lateral por el caudal de cada gotero, para una mejor visualización se presenta la ecuación utilizada para este parámetro.

$$Q = ne * qa$$

*Dónde:*

$Q$  = Caudal en el origen del lateral

$ne$  = Número de goteros por lateral

$qa$  = Caudal del emisor

Para determinar la longitud ficticia del lateral, se sumó a la longitud real con la longitud equivalente, la longitud equivalente viene dado por multiplicar con 0.20 a la longitud real en metros.

$$L_f = L_r + L_e$$

*Dónde:*

$L_f$  = Longitud ficticia

$L_r$  = Longitud real

$L_e$  = Longitud equivalente

$$L_e = L_r * 0.2$$

La longitud real del lateral, se determinó en campo de acuerdo al área de la parcela experimental. En este caso es criterio, pero de acuerdo a las especificaciones técnicas y recomendaciones de los fabricantes de las cintas goteros, estas se deben diseñar de acuerdo a la presión de trabajo, pendiente y clase de cinta gotero.

Se determinó el diámetro de la tubería lateral que en este caso se optó por una cinta gotero. Que también es criterio.

Para determinar la pérdida de carga en la tubería lateral, se utilizó el mismo abaco utilizado para el diseño hidráulico en riego por aspersión.

$$hl = J * F * Lf$$

Dónde:

$hl$  = Pérdida de carga del lateral

$J$  = Pérdida de carga unitaria en metros de columna de agua (mca)/ metro lineal

$F$  = Factor de Christiansen

$Lf$  = Longitud ficticia del lateral

Para el cálculo de pérdida de carga unitaria ( $J$ ) se utilizó el Abaco 1 del libro Técnicas de riego FUENTES (2003), Departamento de suelos y riegos (CRIDA)-11 INIA Para un caudal de 0.03 m<sup>3</sup>/hora, para tubería de 16 mm tiene una pérdida de carga de 1.9 mca / 100 m

Para determinar la pérdida de carga admisible en el lateral se utilizó la siguiente fórmula:

$$ha = \frac{0.055}{x} * H$$

Dónde:

$h_a$  = Pérdida de carga admisible

$x$  = Exponente de descarga del emisor

$H$  = Presión de trabajo de los goteros (mca)

Para determinar la presión en el origen del lateral, se utilizó la siguiente fórmula: que ha sido recopilado del libro Técnicas de riego, autor J. Fuenstes Y.

$$P_o = P_m + 0.73h \pm H_g / 2$$

Dónde:

$P_o$  = Presión en el origen del lateral

$P_m$  = Presión de trabajo del gotero

$h$  = Pérdida de carga en el lateral

$H_g$  = Desnivel geométrico del lateral

Para calcular el caudal en el origen de las tuberías porta lateral o terciaria, se determinó con la relación siguiente:

$$Q = Nl * Ql$$

Dónde:

$Nl$  = Número de laterales

$Ql$  = Caudal de cada lateral

Para determinar la longitud ficticia y real de las tuberías terciarias, se tiene que: la longitud real de la tubería terciaria es de 22 metros lineales, de acuerdo al plano y el tamaño del área de riego, y la longitud equivalente fue determinado con la ecuación:

$$L_f = L_r + L_e$$

*Dónde:*

$L_f$  = Longitud ficticia de la tubería terciaria

$L_r$  = Longitud real de la tubería terciaria

$L_e$  = Longitud equivalente de la tubería terciaria

$$L_e = L_r * 0.2$$

Para el cálculo de la pérdida de carga unitaria tubo polietileno de baja densidad de  $\frac{3}{4}$ " en la tubería terciaria, se utilizó el Abaco 1 del libro Técnicas de Riego 4ª edición autor José Luis Fuentes Y. del Departamento de suelos y riegos (CRIDA)-11 INIA. Luego para el cálculo de la pérdida de carga total de la tubería terciaria se utilizó la siguiente fórmula:

$$h = J * F * L_f$$

*Dónde:*

$h$  = Pérdida de carga en la tubería terciaria

$J$  = Pérdida de carga unitaria mca/ml (tubo pvc de  $\frac{3}{4}$ " )

$F$  = Factor de Crhistiansen

$L_f$  = Longitud ficticia de la tubería terciaria

Para determinar la pérdida de carga admisible en la tubería terciaria, para el cálculo de este parámetro se utilizó la siguiente fórmula:

$$h'a = \frac{0.1}{x} * H - h$$

*Dónde:*

$h'a$  = Pérdida de carga admisible en la tubería terciaria

$h$  = Pérdida de carga real en la terciaria (tubo pvc de  $\frac{3}{4}$ " )

$H$  = Presión de trabajo del emisor

$x$  = Exponente de descarga de los goteros

Presión en el origen de la tubería terciaria, para el cálculo de la presión en el origen de la terciaria se utilizó la siguiente fórmula:

$$P'_{o} = P_{o} + 0.73h' \frac{Hg}{2}$$

*Dónde:*

$P'_{o}$  = Presión en el origen de la tubería terciaria

$P_{o}$  = Presión en el origen de la tubería lateral

$Hg$  = Desnivel geométrico entre los extremos de la terciaria

$h'$  = Pérdida de carga en al terciaria

Para determinar el caudal en el origen de la tubería secundaria, se realizó tomando en cuenta que en el presente trabajo de investigación se tiene 03 unidades de riego que funcionan independientemente, por lo tanto el modelamiento se realizó con la siguiente relación

$$h = J * F * L_f$$

*Dónde:*

$h$  = Pérdida de carga en la tubería secundaria

$J$  = Pérdida de carga unitaria metros de columna de agua (mca)/ml (tubo de 1")

$F$  = Factor de Christiansen

$L_f$  = Longitud ficticia de la tubería secundaria tramo AD

Para la determinación de la presión necesaria en el origen de la tubería secundaria, se calculó con la siguiente ecuación:

$$P'_{os} = P_o + 0.73h's \frac{Hg}{2}$$

*Dónde:*

$P_{os}$  = Presión en el origen de la tubería secundaria

$P_o$  = presión en el origen de la tubería terciaria

$h's$  = pérdida de carga en la tubería secundaria

$Hg$  = desnivel geométrico (+)

### **3.3.3 Tercera fase: Proceso de estimación del presupuesto para la instalación del experimento.**

Se elaboró la planilla de sustentación de metrados, para lo cual se generó las partidas y acciones a realizar en cada una de las instalaciones de módulos de riego, para luego calcular el presupuesto de la instalación del sistema de riego.

Cuadro N° 11 Planilla de metrados riego por aspersión

ITEM	DESCRIPCION	VEC	LAR	ANC	ALT	PAR	TOTAL	UND
01	Sistema de riego por aspersión							
01.01	Hidrantes							
01.01.01	Trabajos preliminares							
01.01.01.01	Limpieza de terreno manual	1	0.40	0.40		0.16	0.16	m2
01.01.01.02	Trazo y replanteo preliminar	1	0.40	0.40		0.16	0.16	m2
01.01.02	Movimiento de tierras							
01.01.02.01	Excavación manual	1	0.40	0.40	0.50	0.08	0.08	m3
01.01.03	Obras de concreto simple							
01.01.03.01	Concreto f'c=175 kg/cm2 en muros de hidrantes	1	1.20	0.10	0.50	0.06	0.06	m3
01.01.03.02	Encofrado y desencofrado	2	1.20		0.50	1.20	1.20	m2
01.01.04	Tarrajeos							
01.01.04.01	Tarrajeo en exteriores (mortero 1:5)	1	1.20		0.50	0.60	0.60	m2
01.01.05	Accesorios							
01.01.05.01	Suministro y colocación de tapa metálica					1.00	1.00	und
01.01.05.02	Suministro y colocación de accesorios en hidrantes	1				1.00	1.00	und
01.02	Módulo de riego por aspersión							
01.02.01	Instalación de modulo de aspersores (equipo móvil)	1				2.00	2.00	und

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 12 Planilla de metrados riego por goteo

	DESCRIPCION	VEC	LAR	ANC	ALT	PAR	TOTAL	UND
01	Sistema de riego por goteo							
01.01	Hidrantes							
01.01.01	Trabajos preliminares							
01.01.01.01	Limpieza de terreno anual	1	0.40	0.40		0.16	0.16	m2
01.01.01.02	Trazo y replanteo reliminar	1	0.40	0.40		0.16	0.16	m2
01.01.02	Movimiento de tierras							
01.01.02.01	Excavación manual	1	0.40	0.40	0.50	0.08	0.08	m3
01.01.03	Obras de concreto simple							
01.01.03.01	Concreto f'c=175 kg/cm2 en muros de hidrantes	1	1.20	0.10	0.50	0.06	0.06	m3
01.01.03.02	Encofrado y desencofrado	2	1.20		0.50	1.20	1.20	m2
01.01.04	Tarrajeos							
01.01.04.01	Tarrajeo en exteriores (mortero1:5)	1	1.20		0.50	0.60	0.60	m2
01.01.05	Accesorios							
01.01.05.01	Suministro y colocación de tapa metálica	1				1.00	1.00	und
01.01.05.02	Suministro y colocación de accesorios en hidrantes	1				1.00	1.00	und
01.02	Modulo de riego por goteo							
01.02.01	Instalación de tuberías porta laterales	1	10			100.00	100.00	m
01.02.02	Instalación de conectores de cintas goteros	1				1.00	1.00	und
01.02.04	Instalación de cintas goteros	1				1.00	1.00	HA

Fuente. Elaboración Propia.

Para calcular el costo directo se utilizó el software S 10 (costos y presupuestos), partiendo de los costos unitarios por cada partida, tanto en mano de obra, materiales y equipos a utilizar en la instalación del sistema de riego.

Cuadro N° 13 Costo directo de la instalación de riego por aspersión

Item	Descripción	Und.	Met	Cost Unit S/.	Parcial S/.
01	Sistema de riego por aspersión				2,536.27
01.01	Hidrantes				84.94
01.01.01	Trabajos preliminares				0.15
01.01.01.01	Limpieza de terreno manual	m2	0.25	0.21	0.05
01.01.01.02	Trazo y replanteo preliminar	m2	0.25	0.41	0.10
01.01.02	Movimiento de tierras				0.54
01.01.02.01	Excavación manual	m3	0.13	4.12	0.54
01.01.03	Obras de concreto simple				22.11
01.01.03.01	Concreto f'c=175 kg/cm2 en muros de Hidrantes	m3	0.09	219.97	19.80
01.01.03.02	Encofrado y desencofrado	m2	0.50	4.62	2.31
01.01.04	Tartajeos				2.78
01.01.04.01	Tartajeo en exteriores (mortero1:5)	m2	0.50	5.55	2.78
01.01.05	Accesorios				59.36
01.01.05.01	Suministro y colocación de tapa metálica	und	1.00	18.02	18.02
01.01.05.02	Suministro y colocación de accesorios en hidrantes	und	1.00	41.34	41.34
01.02	Modulo de riego por aspersión				2451.33
01.02.01	Instalación de modulo de aspersores (equipo móvil)	und	3.00	817.11	2,451.33
	Costo directo				2,536.27

Fuente: Elaboración propia.

Para la estimación del costo directo de instalación del sistema de riego por aspersión y goteo, se calcularon las cantidades de materiales, mano de obra, equipos y herramientas manuales necesarios, además se hicieron las cotizaciones en las diferentes casas comerciales de la ciudad de Juliaca, Puno, Arequipa. Los costos indirectos también se estimaron por global tomando un porcentaje del costo directo, que en este caso se destinó para los gastos imprevistos un 5 % del costo directo y para los gastos administrativos un 8 %, de esta manera se calculó el presupuesto para la instalación de una hectárea de terreno con sistema de riego por aspersión y goteo.

Cuadro N° 14 Costo directo de la instalación de riego por goteo

Item	Descripción	Und.	Metrado	Cost Unit S/.	Parcial S/.
01	Sistema de riego por goteo				3,204.19
01.01	Hidrantes				84.94
01.01.01	Trabajos preliminares				0.15
01.01.01.01	Limpieza de terreno manual	m2	0.25	0.21	0.05
01.01.01.02	Trazo y replanteo preliminar	m2	0.25	0.41	0.10
01.01.02	Movimiento de tierras				0.54
01.01.02.01	Excavación manual	m3	0.13	4.12	0.54
01.01.03	Obras de concreto simple				22.11
01.01.03.01	Concreto f'c=175 kg/cm2 en muros de hidrantes	m3	0.09	219.97	19.80
01.01.03.02	Encofrado y desencofrado	m2	0.5	4.62	2.31
01.01.04	Tarrajeos				2.78
01.01.04.01	Tarrajeo en exteriores (mortero 1:5)	m2	0.5	5.55	2.78
01.01.05	Accesorios				59.36
01.01.05.01	Suministro y colocación de tapa metálica	Und	1	18.02	18.02
01.01.05.02	Suministro y colocación de accesorios en hidrantes	Und	1	41.34	41.34
01.02	Modulo de riego por goteo				3,119.25
01.02.01	Instalación de tuberías porta laterales	M	100	3.03	303.00
01.02.02	Instalación de conectores de cintas goteros	Und	1	313.74	313.74
01.02.04	Instalación de cintas goteros	HA	1	2502.51	2,502.51
	Costo directo				3,204.19

Fuente: Elaboración propia.

También se calculó los costos de operación de riego y la labores culturales requeridos durante la campaña agrícola del cultivo de Alfalfa, se tomo en cuenta el personal requerido para la operación del sistema de riego de acuerdo al diseño y el cronograma de riego establecido para el presente trabajo, como también las labores agrícolas necesarios referente al control de malezas, abonamiento, control de plagas, y otros factores adversos a ser controlados.

### **3.3.4 Cuarta fase: Instalación y riego del módulo de riego por aspersión y goteo**

#### **3.3.4.1 Instalación del sistema de riego por aspersión.**

La instalación del sistema de riego por aspersión se realizó de la siguiente forma: se instaló la red de tubería de derivación del sistema de conducción con tubo pvc de 2", esto porque la instalación del pequeño sistema de riego de la comunidad se realizó recientemente, en este caso la red de derivación fue enterrada en el suelo, que deriva de la red primaria del sistema de riego de la comunidad, luego se construye un hidrante para el control de presión y caudales así como el tiempo de riego y otros, posteriormente se instaló la red de tuberías secundarias o portalaterales de tubo polietileno de alta densidad de 1", posteriormente se instaló los laterales o porta aspersores de tubo polietileno de baja densidad de ¾" , en seguida se instaló los elevadores de aspersores con sus respectivos trípodes metálicos, finalmente se instaló ,los aspersores, de forma simultanea se instalaron todos los accesorios necesarios en el sistema de riego. Estos trabajos se realizaron el día 30 de agosto de 2013.

#### **3.3.4.2 Instalación del sistema de riego por goteo.**

De manera similar la instalación del sistema de riego por goteo, se empezó con la instalación de tubería secundaria tubo PE de 1", ya que la derivación para este sistema es el mismo que se utilizó para el de aspersión, luego se instaló la red de tuberías terciarias con tubo PE de 3/4" para tres módulos de riego, posteriormente se instalaron los conectores de cinta de riego, que consta de un conector y su

respectiva goma, para su acoplamiento a la tubería portateral se tubo que hacer orificios equidistantes a 0.80 metros de separación entre cintas, luego se instaló las cintas goteros de la marca RO DRIP que tiene una descarga de 1.4 lit/h, los distanciamientos entre goteros fue de 0.30 metros.

Se colocaron llaves de paso en cada una de las tuberías que alimenta a cada módulo de riego, ya que es requerido estos accesorios para tener un riego independiente y de esta manera controlar la frecuencia de riegos que se plantearon para cada sistema.

#### **3.3.4.3 Riego del campo experimental.**

El riego en campo experimental del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.), se realizó de acuerdo al diseño obtenido para cada sistema de riego, utilizando para la programación de riego el SOFTWARE "CROPWAT", de esta manera se realizó la conducción del campo experimental, el personal requerido solo fue un peón a medio tiempo en los momentos requeridos, que se detallara en los resultados. La programación de riego fue de la siguiente forma:

Para el riego por aspersión, el primer riego se realizó el 01 de setiembre de 2013, se tuvo tres frecuencias de riego, los cuales se regaron cada cuatro, seis y ocho días respectivamente, con tiempo de riego variable de acuerdo a la etapa de desarrollo del cultivo, terminándose el riego un día antes del corte del cultivo .

Las frecuencias optadas obedecen al diseño agronómico de cada sistema, que en este caso fue de 4 días para el riego por aspersión, por motivos de comparación de

la frecuencia de riegos en el rendimiento de biomasa forrajera, esto se ha variado cada dos días.

Para el riego por goteo, el primer riego se realizó el 02 de setiembre de 2013, del mismo modo se tuvo que regar con tres frecuencias de riego diferentes, que fue de dos, tres y cuatro días respectivamente, de acuerdo a los resultados obtenidos en el diseño agronómico del presente trabajo de investigación se debe regar cada tres días. Por lo tanto con fines de comparación de frecuencias de riego en la influencia del rendimiento de la biomasa forrajera se tuvo de regar con estas frecuencias.

Las labores culturales en el transcurso del desarrollo del cultivo durante la campaña fueron las siguientes:

**Primer corte:**

- Para el control de malezas, el primer deshierbo se realizó el día 30 de setiembre de 2013.
- En cuanto a la fertilización de mantenimiento se aplicó 10 kg. De superfosfato triple de calcio, o sea una dosis de 150 kg/ha, en fecha de 10 de setiembre de 2013.
- El corte del cultivo se realizó el día 15 de noviembre del 2013, realizándose el corte por metro cuadrado, para luego estimar los rendimientos por hectárea.

**Segundo corte:**

- El primer deshierbo realizado fue en la fecha de 15 de diciembre de 2013, esta vez ya para el segundo corte.

- La fertilización de mantenimiento se realizó el día 15 de diciembre de 2013, la misma dosis de superfosfato triple de calcio aplicado en el primer corte.
- La cosecha del cultivo de alfalfa se realizó una vez llegado al momento óptimo de corte del cultivo. En este caso se realizó el día 15 de enero del 2014, utilizando la metodología de corte por metro cuadrado.

### 3.3.5 Diseño experimental.

El presente proyecto de investigación ha sido instalado y conducido bajo el diseño experimental de bloques divididos con tres repeticiones, utilizando dos métodos de riego (aspersión y goteo) que representa el factor en estudio A, y con tres frecuencias de riego, que representa el factor en estudio B; donde las parcelas son los sistemas de riego y las subparcelas son las frecuencias, que ha sido aplicados de acuerdo al diseño realizado para cada sistema. Haciendo un total de 18 unidades experimentales. El análisis de varianza se muestra en el cuadro 18; mientras, la distribución de los tratamiento resultantes en el cuadro 19.

Cuadro N° 15 Análisis de varianza (ANVA)

F.V.	G.L.
Entre parcelas (P)	5
Rep. (R)	2
Factor A (métodos de riego)	1
Error exp. 1	2
Dentro de parcelas (S)	12
Factor B (Frecuencias de riego)	2
Interacción A x B	2
Error exp. 2	8
Total	17

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 16 Distribución de tratamientos módulos y frecuencias de riego

Tratamiento.	Método de riego	Frecuencia de riego	Clave	Descripción
T1	Ra	F1 (4 días)	RaF1	Riego por aspersión, cada 4 días
T2	Ra	F2 (6 días)	RaF2	Riego por aspersión, cada 6 días
T3	Ra	F3 (8 días)	RaF3	Riego por aspersión, cada 8 días
T4	Rg	F1 (1 día)	RgF1	Riego por goteo, cada 1 días
T5	Rg	F2 (2 días)	RgF2	Riego por goteo, cada 2 días
T6	Rg	F3 (3 días)	RgF3	Riego por goteo, cada 3 días

Fuente. Elaboración propia.

### 3.3.6 Quinta fase: Proceso de evaluación económica del proyecto de investigación.

El horizonte del proyecto se proyecta en 10 años, entre los cuales el primero corresponde a la ejecución de obras.

Para la determinación de los costos actuales se considero solamente los costos de instalación a nivel parcelario, para la instalación de los dos sistemas de riego por hectárea, no se estimó los contos referentes a las obras de captación, conducción y distribución del sistema de riego a nivel de la comunidad.

Para el cálculo del valor actual neto (VAN), se utilizó la siguiente ecuación:

$$(1) \quad VAN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i_t)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{I_t}{(1+i_t)^t} + \sum_{t=0}^n \frac{G_t}{(1+i_t)^t}$$

$$(2) \quad VAN = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1 + i_t)^t}$$

$$(3) \quad VAN = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1 + i_t)^t}$$

Dónde:

$VAN$  = Valor Actual Neta

$B_t$  = Beneficio Neto en el horizonte (t)

$I_t$  = Gastos de Inversión en el horizonte (t)

$G_t$  = Gastos de Operación en el horizonte (t)

$C_t$  = Costo del Proyecto en el horizonte (t)

$BN_t$  = Beneficio Neto en el horizonte (t)

$i_t$  = Tasa de rendimiento requerida en el horizonte (t)

$t$  = Horizonte del proyecto

Para determinar la Tasa Interna de Retorno (TIR), se utilizó la siguiente ecuación:

$$(1) \quad \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1 + i_t)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1 + i_t)^t} = 0$$

$$(2) \quad \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1 + i_t)^t} = 0$$

Dónde:

$i$  = Tasa Interna de retorno (TIR)

$B_t$  = Flujo de Beneficio Brutos en el periodo t

$C_t$  = Flujo de Ingresos Brutos en el Periodo t

$BN_t$  = Flujo de Fondos Netos en el periodo t

$n$  = Último Periodo del Movimiento de caja

Para la determinación de índice de rentabilidad (IR), hizo con la relación:

$$IR = \frac{UN}{CT} * 100$$

Dónde:

$IR$  = Índice de rentabilidad

$UN$  = Utilidad neta

$CT$  = Costo total de la producción

La determinación del coeficiente beneficio costo se determinó por la relación:

$$B/C = \frac{B_1 x f_1 + \dots + B_n x f_n}{C_1 x f_1 + \dots + C_n x f_n}$$

Dónde:

$B_1$  = valor Bruto de los beneficios

$C_1$  = Costos

$f_1$  = Factor de descuento

## CAPITULO IV

### 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE RIEGO ASPERSION Y GOTEO PARA EL CULTIVO DE ALFALFA (*Medicago sativa L.*).

Para realizar el diseño del sistema de riego primero se calculó la demanda de agua de riego para el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa L.*).

##### 4.1.1 Demanda hídrica del cultivo de alfalfa (*Medicago sativa L.*).

Los resultados de la estimación de la evapotranspiración potencial utilizando la metodología de Penman-Monteith, tomando los datos meteorológicos de serie desde el año 2007 a 2012 para la zona del proyecto, se detalla en la tabla N° 17.

Cuadro N° 17 Evapotranspiración potencial (mm/día) en Juli-Puno, método de Penman – Monteith (SOFTWARE CROPWAT) versión para Windows.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3.13	3.08	3.02	2.92	2.55	2.29	2.36	2.76	3.09	3.48	3.45	3.41

Fuente. Elaboración propia.

Los resultados del cálculo de la evapotranspiración potencial nos indica que la evapotranspiración es mayor en verano, en cambio en los meses de frío que es el invierno la evapotranspiración es menor, por otro lado los resultados obtenidos por MOLINA (2009), tesis titulado, diseño de sistema de riego presurizado en Ancoaque-Juli, obtuvo los siguientes resultados que se presenta en la tabla N° 18.

Cuadro N° 18 Evapotranspiración potencial (mm/día) Ancoaque Juli-Puno, método de Hargreaves. Función temperatura

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
3.92	3.71	3.34	3.13	2.61	2.23	2.30	2.80	3.51	4.21	4.65	4.58

Fuente: Tesis FIA-UNA. Puno-Perú

Estas diferencias se deben a la metodología utilizada y también los datos meteorológicos utilizados, ya que en el presente trabajo de investigación se utilizó datos meteorológicos desde el año 2007 hasta el 2012, en cambio Molina utilizó promedio de 10 años desde el año 1998-2008.

En cuanto a la demanda hídrica, para los dos cortes, los cálculos se realizaron con el método de Penman-Monteith (CROPWAT) versión para Windows, los resultados se detallan en los anexos 6, 7, 8, 9,10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18 del presente trabajo de investigación. En la tabla N° 19 se resume las cantidades de agua total por cosecha, requerida por hectárea para el cultivo de alfalfa.

Cuadro N° 19 Requerimiento hídrico del cultivo de alfalfa para producción de forraje en la localidad de Juli-Puno.

	Riego por aspersión				Riego por goteo			
	Primer corte		Segundo corte		Primer corte		Segundo corte	
Frecuencia Riego	Altura mm	Volumen m3	Altura mm	Volumen m3	Altura mm	Volumen m3	Altura mm	Volumen m3
F1	361.04	3610.39	305.96	3059.58	280.79	2807.86	237.97	2379.65
F2	360.78	3607.75	305.86	3058.59	280.78	2807.75	237.99	2379.9
F3	360.85	3608.54	306.16	3061.57	280.91	2809.13	237.78	2377.84

Fuente: Elaboración propia:

Estos resultados similares se deben a que se ha utilizado el mismo valor de evapotranspiración potencial para cada día. Para el primer corte la demanda de

agua para riego en el cultivo de alfalfa es mayor para las tres frecuencias, esto debido a que las precipitaciones pluviales no aporta cantidad significativas de agua al suelo, además el segundo corte solamente duró 60 días en cambio el primer corte duró 75 días, ya que para el primer corte se riega desde el 01 de septiembre hasta el 15 de noviembre, en cambio, para el segundo corte se riega desde el 16 de noviembre del 2013 hasta el 15 de enero del año 2014, además para efectos de comparación de rendimientos de la biomasa forrajera en el cultivo de alfalfa por los métodos de riego por aspersión y goteo, es que se ha programado la misma lamina neta solo la diferencia esta en las eficiencias de aplicación, que en este caso para el riego por aspersión se asumió un 70 % y para goteo 90%, para las frecuencias de riego no hay diferencias, puesto que se riega de acuerdo a la evapotranspiración de cultivo (Fuentes, 2003). Para el sistema de riego por gravedad, las eficiencias de riego fluctúan entre 21.01 % a 83.00 % con canales de infraestructura mejorada para el altiplano de Puno. (Olarte W., 1992) (Palao J., 1996)

#### 4.1.2 Diseño agronómico de los métodos de riego.

##### 4.1.2.1 Diseño agronómico de riego por aspersión.

Cuadro N° 20 Resumen de los parámetros calculados en el diseño agronómico de riego por aspersión en Juli-Puno.

Dosis neta en (mm)	13.28
Dosis total en (mm)	18.97
intervalo de riego (días)	3.47
Tiempo de riego (horas)	1.64
Caudal m <sup>3</sup> /hora	1.85
Numero de laterales	3.00
Longitud de laterales	19.00
Numero de aspersores por lateral	3.00
Pluviometría del aspersor	11.57
Presión de trabajo aspersor	18.00
Traslape del diámetro mojado	2.48

Fuente: Elaboración propia

La dosis neta se calculó utilizando los parámetros de humedad a la capacidad de campo, punto de marchites permanente, densidad aparente, y profundidad de raíces. En este caso la dosis total es de 18.97 mm, lo que significa que necesitamos regar por lo menos dos horas en cada postura de riego, el intervalo entre riegos es de 4 días, es por eso de que se ha programado las frecuencia de riegos de 4, 6, 8 días, en la ejecución de riego esta demanda varía de acuerdo a la frecuencia utilizada, el tiempo de riego también es variable, por que a mayor número de días en la frecuencia de riego necesita mayor tiempo de riego. Los detalles de esta parte se pueden ver con mayor detalle en el anexo 12 del presente trabajo de investigación.

El aspersor optado para la instalación es la que se muestra en la tabla 20 y que cumple con las especificaciones mostradas.

En el campo experimental se ha instalado tres laterales que funcionan independientemente, cada lateral cuenta con llaves de control para el cambio de turnos de riego, y cada lateral cuenta con tres aspersores, en este caso cada aspersor pertenece a una frecuencia de riego y las tres que están instaladas en un lateral hacen las repeticiones correspondientes, instalándose en total 9 aspersores, también se aclara que el sistema es fijo hasta realizar el corte una vez llegada el momento óptimo de corte.

#### 4.1.2.2 Diseño agronómico de riego por goteo.

Realizada la prueba de descarga de los goteros en el campo de cultivo, se llegó a los siguientes resultados que se muestra en la tabla 21.

Cuadro N° 21 Resultados de la prueba de campo de los goteros.

<b>Tiempo</b>	<b>Caudal</b>	<b>Radio de bulbo</b>	<b>Profundidad de bulbo</b>
<b>horas</b>	<b>litros</b>	<b>cm</b>	<b>cm</b>
1	1.4	21	30
2	2.8	35	52
3	4.2	55	72
4	5.6	63	91
5	7	69	98
6	8.4	76	104

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las características del bulbo húmedo, obtenido mediante ensayo en campo experimental, se eligió los parámetros que debe cumplir el concepto teórico que menciona J. Fuentes Y. en el libro técnicas de riego, de que la profundidad del bulbo húmedo debe estar comprendido entre el 90 y 120 % de la profundidad de las raíces. Es por eso de que se ha elegido el tiempo de riego de 3 horas con un caudal

de 4.2 litros, radio del bulbo húmedo a los 35 cm de la superficie del suelo es de 55 cm., y una profundidad de 72 cm., a mayor profundidad del bulbo corresponde mayor tiempo de riego y mayor diámetro del bulbo. Realizada la apertura de calicata para ver el desarrollo radicular del cultivo de alfalfa en el campo experimental, se determinó que la profundidad promedio de las raíces es de 80 cm.

Cuadro N° 22 Resumen de los parámetros calculados en el diseño agronómico de riego por goteo en Juli-Puno.

Superficie mojada por emisor	m <sup>2</sup>	0.95
Porcentaje de superficie mojada	%	100%
Numero teórico de emisores por parcela	Unidad	51.56
Número real de emisores por parcela	Unidad	207.00
Dosis total de riego	Litros	869.4
Tiempo de riego	Horas	3
Intervalo entre riegos	días	4

Fuente: Elaboración propia.

La superficie mojada por emisor es de 0.95 m<sup>2</sup>, por que el diámetro del bulbo húmedo es de 1.10 metros, por tanto teóricamente el número de emisores para una parcela experimental que tiene un área total de 49 m<sup>2</sup> es de 52 unidades, ya que se necesita mojar el 100 % de la superficie del suelo, pero como la cinta de riego tiene sus goteros a 30 cm se incrementa el número de goteros por parcela, por otro lado tiene que haber traslape entre el diámetro mojado por emisor que debe ser de 15 a 30 % del diámetro. Haciendo los cálculos se determinó de que la separación entra cintas debe ser de 80 cm caso contrario no se llegaría a regar el 100 % del suelo. Entonces el número real de emisores por parcela fue de 207 unidades.

Finalmente la disposición de los laterales se ha realizado a 80 cm de separación, se instaló nueve parcelas experimentales para el riego por goteo, para tres frecuencias de riego que son de 2, 3 y 4 días respectivamente, con tres repeticiones cada una, el área total de riego por goteo fue de 500 metros cuadrados.

Las frecuencias de riego optado para efectos de comparación de rendimientos y comportamiento del cultivo a estas frecuencias, es por que de acuerdo al diseño se debe regar cada tres días, entonces lo que se quiere comprobar es que sucede cuando se baja y sube en el intervalo entre riegos.

#### 4.1.3 Diseño hidráulico de los métodos de riego.

##### 4.1.3.1 Diseño hidráulico del sistema de riego por aspersión

Especificaciones de diseño de los aspersores, para efectos de diseño, los aspersores que se han utilizado en el presente trabajo de investigación, tiene las siguientes características:

Cuadro N° 23 Características hidráulicas de los aspersores marca Naan 427

Diámetro de boquillas del aspersor	$f = 3.0$	mm
Espaciamento de aspersores	$Ea = 7.2$	m
Espaciamento de laterales	$El = 7.2$	m
Lluviometría del aspersor	$Pp = 3.54$	mm / h
Presión de trabajo	$Po = 18$	mca
Caudal del aspersor $qa$	$qa = 0.6$	m <sup>3</sup> / h
Diametro de alcance de chorro	$D = 10.0$	m

Fuente: Catálogo de materiales de riego tienda comercial Líder

Cuadro N° 24 Materiales para módulo de aspersión

Descripción Recurso	Unidad	Cantidad
Aspersores de impacto Ø = 3/4"	Unidad	09
Elevador (h = 1m) Ø = 3/4" pvc	Unidad	09
Trípode metálico	Unidad	09
Codo pvc 25mm X 3/4" hembra	Unidad	06
Tee de 25mm X 3/4"	Unidad	06
Tubo pvc de Ø 3/4"	Metro lineal	52
Llave de bronce de 3/4" en hidrantes	Unidad	03
Niple pvc de 3/4"	Unidad	06
Unión universal pvc de 3/4"	Unidad	06
Adaptador pvc de 3/4"	Unidad	06
Tubo pvc de 1"	Metro lineal	50
Llave de bronce de 1" en porta lateral	Unidad	01
Niple pvc de 1"	Unidad	02
Unión universal pvc de 1"	Unidad	02
Adaptador pvc de 1"	Unidad	02

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 25 Materiales para hidrantes

Descripción Recurso	Unidad	Cantidad
Cemento rumi	Bolsa	450
Hormigón	Metro cubico	270
Arena fina	Metro cubico	54
Madera	Pie cubico	30
Tapa metálica	Unidad	90

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 26 Resumen de los parámetros calculados en el diseño hidráulico de riego por aspersión en Juli-Puno.

Descripción del parámetro	Unidad	Cantidad
Caudal en el origen del lateral portaaspersores (Q).	m <sup>3</sup> /hora	2.70
Longitud ficticia del lateral (Lf):	m.	20.10
Perdida de carga en el lateral (h):	mca.	1.88
Perdida de carga admisible en el lateral (ha)	mca	4.00
Presión en el origen del lateral (Po)	mca	21.91
Caudal en el origen de la secundaria o portalateral (Q).	m <sup>3</sup> /hora	8.10
Longitud ficticia de tubería secundaria (LF).	m	23.10
Perdida de Carga en tubería secundaria porta lateral (h')	mca	3.44
Perdida de carga admisible en la tubería secundaria (h'a):	mca	4.00
Presión en el origen de la secundaria (P'o):	mca	25.79

Fuente: elaboración propia.

Como información de partida para el diseño hidráulico, se tubo las características hidráulicas de los aspersores marca Naan-427, que se compró en la ciudad del Pedregal Arequipa, que tiene una descarga de 0.6 m<sup>3</sup> por hora, con el cual se determinó el caudal necesario en el origen del lateral portaaspersores, la longitud real del lateral fue de 19 metros lineales, la perdida de carga en la tubería lateral está dentro del rango admisible. Para el cálculo de J se utilizó el abaco 1 del libro Técnicas de riego FUENTES (2003), Departamento de suelos y riegos (CRIDA)-11 INIA para un caudal de 2.21 m<sup>3</sup>/h, para tubería de 20.4 mm tiene una pérdida de carga de 25.1 mca / 100 m, por tanto la perdida de carga unitaria para el lateral es de 0.25 metros/metro lineal de tubería. En cuanto a la presión en el origen de lateral se manifiesta de que no tuvo inconvenientes en el funcionamiento los aspersores.

#### 4.1.3.2 Diseño hidráulico del sistema de riego por goteo

En la cuadro N° 27 se detalla los materiales utilizados para la instalación del sistema de riego por goteo que han sido utilizados.

Cuadro N° 27 Materiales para modulo de goteo

Descripción Recurso	Unidad	Cantidad
Goterros autocompensantes Q = 4 litros/hora	Unidad	450
Tubo pvc de Ø 1/2"	Metro lineal	270
Tubo pvc de Ø 3/4"	Metro lineal	54
Tubo pvc de 1"	Metro lineal	30
Tee de pvc 3/4" con reducción a 1/2"	Unidad	90
Codo pvc de Ø 3/4"	Unidad	03
Llave de bronce de 3/4" en hidrantes	Unidad	03
Niple pvc de 3/4"	Unidad	06
Unión universal pvc de 3/4"	Unidad	06
Adaptador pvc de 3/4"	Unidad	06
Cinta teflon	Unidad	20
Llave de bronce de 1" en porta lateral	Unidad	01
Niple pvc de 1"	Unidad	02
Unión universal pvc de 1"	Unidad	02
Adaptador pvc de 1"	Unidad	02

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro N° 28 Resumen de los parámetros calculados en el diseño hidráulico de riego por goteo en Juli-Puno.

Descripción del parámetro	Unidad	Cantidad
Calculo de la variación máxima de la presión (dH)	mca	2.00
Calculo de caudal en el origen del lateral (Q)	lit/hora	32.20
Longitud ficticia del lateral (Lf):	m.	8.40
Perdida de carga en el lateral (h):	mca.	0.07
Perdida de carga admisible en el lateral (ha):	mca	0.88
Presión en el origen del lateral (Po)	mca	7.75
Caudal en el origen de la terciaria (Q)	Lts/h	869.40
longitud ficticia de tubería terciaria (Lf)	m	26.40
Perdida de carga en terciaria (h')	mca	0.36
Perdida de carga admisible en la terciaria (h'a):	mca	1.53
Presión en el origen de la terciaria (P'o):	mca	8.51
Caudal en el origen de la secundaria (Q)	Lts/hora	2608.20
longitud ficticia de tubería secundaria Lf)	m	16.80
Perdida de carga en tubería secundaria (h')	mca	0.31

Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo para el diseño hidráulico del sistema de riego por goteo se tomó como punto de partida el caudal del emisor que fue de 1.4 litros por hora, con esta información se procedió al cálculo del caudal en el origen del lateral, esto se calculó para cada lateral, en una parcela experimental se tuvo 9 laterales, cada lateral mide 7 metros lineales, de manera que se tuvo en total 81 laterales que fueron conformados por cintas goteros.

Para el cálculo de los parámetros hidráulicos en la tubería porta lateral primero se tuvo que elegir la clase de tubería que fue de polietileno de baja densidad de  $\frac{3}{4}$ ", luego se hicieron las comprobaciones de pérdida de carga para el caudal que se requiere utilizando el abaco 1 del mismo libro citado en el diseño hidráulico para riego por aspersión, el diámetro elegido es válido.

Para el dimensionamiento de la tubería secundaria que alimenta a las tuberías portlaterales se tuvo que proceder del mismo modo, en este caso se eligió tubo de polietileno de alta densidad de 1", haciendo las comprobaciones de la pérdida de carga para el caudal requerido la tubería elegida es válida por que está dentro del rango permisible.

En general se manifiesta de que los procedimientos detallados del diseño hidráulico tanto en riego por aspersión y goteo se muestran en el anexo 12 y 19 del presente trabajo de investigación.

## **4.2 ANÁLISIS COMPARATIVO DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE ALFALFA (*Medicago sativa* L.) APLICANDO LOS DOS METODOS DE RIEGO TECNIFICADO.**

### **4.2.1 Análisis estadístico**

Los supuestos que se hacen (hipótesis) para cada factor en estudio, son validados mediante una prueba de F, mediante la extensión del análisis de varianza ANVA, en un diseño de bloques con parcelas divididas, se procede para determinar si los efectos de cada factor en estudio son distintos ( $t_1 \neq t_2 \neq \dots t_n$ ) o no ( $t_1 = t_2 = \dots t_n$ ), y si estos interactúan mutuamente. Para este estudio se toma como referencia los rendimientos alcanzados en cuanto a la producción de alfalfa en materia verde ( $\text{Kg/m}^2$ ) tanto en la primera y segunda cosecha, los resultados se muestran en la tabla 29; además, se procedió mediante la prueba de medias de Duncan según corresponda para cada caso.

Cuadro N° 29 Rendimiento de alfalfa en Kg/m<sup>2</sup>, según tratamientos.

Corte	Bloque	Riego por aspersión			Riego por goteo		
		F1	F2	F3	F1	F2	F3
1 <sup>er</sup> Corte	1	2.39	2.42	2.40	2.48	2.51	2.50
	2	2.37	2.41	2.38	2.45	2.53	2.48
	3	2.35	2.39	2.40	2.42	2.49	2.51
Promedio		2.37	2.41	2.39	2.45	2.51	2.50
2 <sup>do</sup> Corte	1	3.47	3.49	3.48	3.60	3.65	3.63
	2	3.45	3.50	3.50	3.53	3.58	3.60
	3	3.44	3.47	3.49	3.56	3.61	3.60
Promedio		3.45	3.49	3.49	3.56	3.61	3.61

Fuente. Elaboración propia.

#### 4.2.2 Rendimiento de biomasa foliar de alfalfa en materia verde (kg/m<sup>2</sup>), primer corte

De acuerdo al análisis de varianza para rendimiento de biomasa foliar de alfalfa en el primer corte (cuadro 30), se puede observar que para el factor repeticiones (bloques) no existe diferencias significativas, deduciéndose que la disposición de los bloques en el campo experimental no influye en los rendimientos de la alfalfa; Sin embargo, para el factor A (métodos de riego) resulta ser altamente significativo, es decir para una probabilidad del 99%, indicándonos que existen diferencias en los promedios de rendimiento entre el método de riego por aspersión y goteo; del mismo modo, para el factor en estudio B (frecuencias de riego) también resulta significativo, con un margen de error solo al nivel 0.01, deduciéndose por tanto, que el efecto de las frecuencias de riego influyen sobre el rendimiento de alfalfa; en tanto de la interacción de factores A x B (met.de riego x frec. de riego), se puede observar que

resulta ser no significativo, esto nos indica que tanto el método de riego como la frecuencia de riego no interactúan entre sí, es decir son independientes en sus efectos. En tanto el coeficiente de variabilidad obtenido es de 0.82%, un valor bajo, que indica la poca variación en los datos experimentales, es decir el rango de fluctuación de los datos experimentales es bastante estrecho, y representa la confiabilidad del estudio.

Cuadro N° 30 Análisis de varianza para rendimiento de biomasa foliar de alfalfa (primer corte) en Kg/m<sup>2</sup>.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					0.05	0.01	
Entre parcelas (P)	5	0.0428	0.0085				
Rep. (R)	2	0.0016	0.0008	16	19	99	N.S.
Factor A (mét.de riego)	1	0.0411	0.0411	822	18.51	98.5	**
Error exp. 1	2	0.0001	0.00005				
Dentro de parcelas (S)	12	0.0109	0.0009				
Factor B (Frec. de riego)	2	0.0075	0.0038	9.5	4.46	8.65	**
Interacción A x B	2	0.0005	0.0003	0.75	4.46	8.65	N.S.
Error exp. 2	8	0.0029	0.0004				
Total	17	0.0537					

CVa =0.82%

Fuente: elaboración Propia.

#### 4.2.2.1 Efecto de los sistemas de riego sobre el rendimiento de biomasa foliar de alfalfa, primer corte.

Según la prueba de Duncan para método de riego sobre el rendimiento de biomasa foliar de alfalfa, primer corte (tabla 31), se puede observar que existe una superioridad del método de riego por goteo respecto al método por aspersión, el primero con un promedio de 2.63 Kg/m<sup>2</sup> y el segundo con 2.49 Kg/m<sup>2</sup>, estadísticamente presentan diferencias significativas.

Cuadro N° 31 Prueba de rango múltiple de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) para efecto del método de riego sobre el rendimiento de biomasa foliar de alfalfa, primer corte.

Ord. de merito	Tratamiento	Prom. Rendimiento (Kg/m <sup>2</sup> )	Clave
1°	Rg (riego por goteo)	2.63	a
2°	Ra (riego por aspersión)	2.49	b

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2.2 Efecto de la frecuencia de riego sobre el rendimiento de biomasa foliar de alfalfa, primer corte

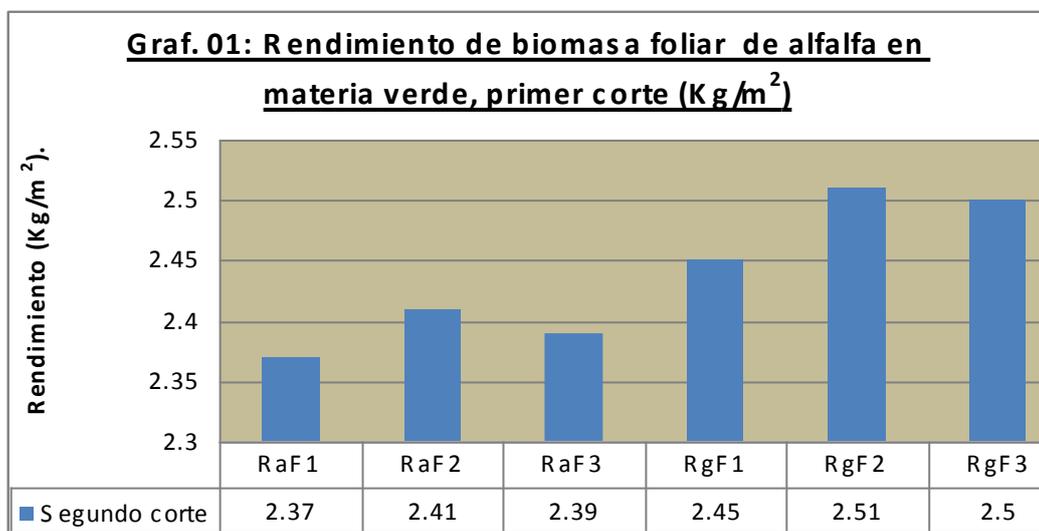
Según la prueba de Duncan para la frecuencia de riego sobre el rendimiento de biomasa foliar de alfalfa, primer corte (tabla 32), se puede observar que la frecuencia de riego F2 con 2.46 Kg/m<sup>2</sup> presenta diferencias significativas con la frecuencia F1 que ostenta un valor de 2.41 Kg/m<sup>2</sup>, mas no así con la frecuencia F3 con un rendimiento de 2.45 Kg/m<sup>2</sup>, se puede apreciar la superioridad de la frecuencia de riego F2 y F3 sobre la frecuencia F1.

Cuadro N° 32 Prueba de rango múltiple de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) para efecto frecuencia de riego sobre el rendimiento de biomasa foliar de alfalfa, primer corte.

Ord. de merito	Tratamiento	Prom. Rendimiento (Kg/m <sup>2</sup> )	Clave
1°	F2	2.46	a
2°	F3	2.45	a
3°	F1	2.41	b

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 2 Rendimiento de biomasa foliar de alfalfa en materia verde, primer corte (kg/m<sup>2</sup>)



Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3 Rendimiento de biomasa foliar de alfalfa en materia verde (kg/m<sup>2</sup>), segundo corte

De acuerdo al análisis de varianza para rendimiento de biomasa foliar de alfalfa en el segundo corte (Cuadro 33), se puede observar que para el factor repeticiones (bloques) no existe diferencias significativas, deduciéndose que la disposición de los bloques en el campo experimental no influye en los rendimientos de la alfalfa para este corte; no obstante, para el factor A (métodos de riego) resulta ser significativo al nivel del 0.05, es decir para una probabilidad del 95%, indicándonos que existen ligeras diferencias en los promedios de rendimiento entre el método de riego por aspersión y goteo; así mismo, para el factor en estudio B (frecuencias de riego) resulta ser altamente significativo, con un margen de error solo al nivel 0.01, deduciéndose por tanto, que el efecto de las frecuencias de riego influyen sobre el rendimiento de alfalfa y estos difieren entre si; respecto a la interacción de factores A

x B (met.de riego x frec. de riego), se puede observar que resulta ser no significativo, indicando que tanto el método de riego como la frecuencia de riego no interactúan entre sí, es decir cada factor es independiente en sus efectos. En tanto el coeficiente de variabilidad obtenido es de 1.05%, un valor bajo, que demuestra la poca variación en los datos experimentales, y representa la confiabilidad del estudio.

Cuadro N° 33 Análisis de varianza para rendimiento de biomasa foliar de alfalfa (segundo corte) en Kg/m<sup>2</sup>.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft		Sig.
					0.05	0.01	
Entre parcelas (P)	5	0.069	0.01381				
Rep. (R)	2	0.0027	0.00134	0.98	19	99	N.S.
Factor A (mét.de riego)	1	0.0636	0.06361	46.4	18.51	98.5	*
Error exp. 1	2	0.0027	0.00137				
Dentro de parcelas (S)	12	0.0084	0.0007				
Factor B (Frec. de riego)	2	0.0069	0.00347	22.3	4.46	8.65	**
Interacción A x B	2	0.0002	0.00011	0.67	4.46	8.65	N.S.
Error exp. 2	8	0.0012	0.00016				
Total	17	0.0774					

CV(a) =1.05% CV (b) =0.35 % Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3.1 Efecto del sistema de riego sobre el rendimiento de biomasa foliar de alfalfa, segundo corte

Según la prueba de Duncan para método de riego sobre el rendimiento de biomasa foliar de alfalfa, segundo corte (Cuadro 34), se puede observar que el método de riego por goteo presenta diferencias significativas con el método por aspersión, el primero con un promedio de 3.60 Kg/m<sup>2</sup> y el segundo con 3.48 Kg/m<sup>2</sup>, evidentemente se puede observar la superioridad de método de riego por goteo (Rg) para el estudio de esta variable (rendimiento de alfalfa).

Cuadro N° 34 Prueba de rango múltiple de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) para efecto del método de riego sobre el rendimiento de biomasa foliar de alfalfa, segundo corte.

Ord. de merito	Tratamiento	Prom. Rendimiento (Kg/m <sup>2</sup> )	Clave
1°	Rg (riego por goteo)	3.6	a
2°	Ra (riego por aspersión)	3.48	b

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.3.2 Efecto de la frecuencia de riego sobre el rendimiento de biomasa foliar de alfalfa, segundo corte

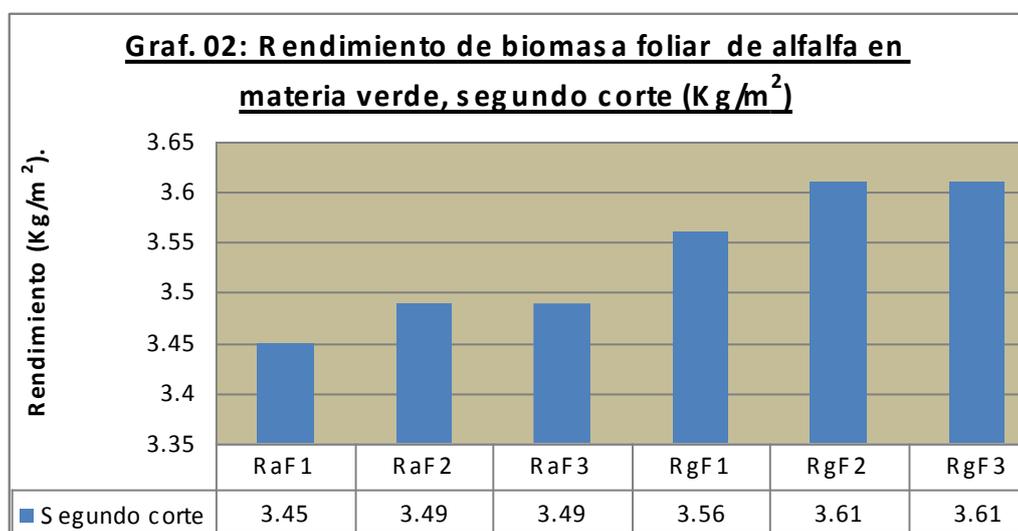
Según la prueba de Duncan para la frecuencia de riego sobre el rendimiento de biomasa foliar de alfalfa, segundo corte (tabla 35), se puede observar que la frecuencia de riego F3 con 3.55 Kg/m<sup>2</sup> presenta diferencias significativas con la frecuencia F1 que ostenta un valor de 3.51 Kg/m<sup>2</sup>, mas no así con la frecuencia F2 que reporta un rendimiento promedio de 3.55 Kg/m<sup>2</sup>, se puede apreciar la superioridad de las dos frecuencias F2 y F3 sobre la frecuencia F1.

Cuadro N° 35 Prueba de rango múltiple de Duncan ( $p \leq 0.05$ ) para efecto de frecuencia de riego sobre el rendimiento de biomasa foliar de alfalfa, segundo corte.

Ord. de merito	Tratamiento	Prom. Rendimiento (Kg/m <sup>2</sup> )	Clave
1°	F3	3.55	a
2°	F2	3.55	a
3°	F1	3.51	b

Fuente: Elaboración propia

Gráfico N° 3 Rendimiento de biomasa foliar de alfalfa en materia verde, primer corte (kg/m<sup>2</sup>)



Fuente: Elaboración propia

#### 4.3 EVALUACION ECONOMICA DE LAS DOS ALTERNATIVAS DE SISTEMA DE RIEGO COMPARADO

Cuadro N° 36: Resultados de la evaluación económica del proyecto

Indicador económico	Símbolo	Resultado
Rentabilidad del cultivo en el primer corte con riego por aspersión	lr	0.83
Rentabilidad del cultivo en el primer corte con riego por goteo	lr	0.88
Rentabilidad del cultivo en el segundo corte con riego por aspersión	lr	1.77
Rentabilidad del cultivo en el segundo corte con riego por goteo	lr	1.75
Valor actual neto del proyecto con riego por aspersión	VAN	3,913.41
Valor actual neto del proyecto con riego por goteo	VAN	348.21
Tasa interna de retorno con riego por aspersión	TIR	24%
Tasa interna de retorno con riego por goteo	TIR	15%
Coficiente beneficio costo riego por aspersión	B/C	1.23
Coficiente beneficio costo riego por goteo	B/C	1.12

Fuente: Elaboración propia

Los costos de producción y los cálculos económicos en nuevos soles por hectárea corresponden a la campaña agrícola 2013 – 2014, se detalla en los anexos 26, 27,

28, 29, el estimado económico se hizo en base a los precios y costos vigentes al mes de abril de 2014.

En la tabla N° 36 se muestra los resultados correspondientes a la evaluación económica del presente trabajo de investigación y se aprecia que:

El costo total de producción por hectárea, en el primer corte, con riego por aspersión haciende a 1,976.24 nuevos soles, esto incluye la instalación del sistema de riego, el ingreso bruto fue de 3,615.00 nuevos soles, el ingreso neto fue de 1,638.76, esto quiere decir que el cultivo es rentable, por lo tanto la rentabilidad es positivo (0.83). Indica que las ganancias que se obtienen alcanzan un 83 % del capital invertido.

El costo de producción por hectárea, en el primer corte, con riego por goteo fue de 2,000.41 nuevos soles, también incluye la instalación del sistema de riego, el ingreso bruto fue de 3,765.00 nuevos soles, el ingreso neto es 1,764.58, el índice de rentabilidad es positivo (0.88). Indica que las ganancias que se obtienen alcanzan un 88 % del capital invertido.

El costo de producción por hectárea en el segundo corte, con riego por aspersión haciende a 1,891.19 nuevos soles, el ingreso bruto es de 5,235.00 nuevos soles, el ingreso neto es de 3,343.81 nuevos soles, la rentabilidad es de 1.77, lo que indica que en esta etapa la producción se hace más rentable.

El costo de producción por hectárea, en el segundo corte, con riego por goteo es de 1,966.36 nuevos soles, el ingreso bruto es de 5,415.00 nuevos soles, el ingreso neto es de 3,448.61 nuevos soles, por tanto la rentabilidad es de 1.75.

En cuanto al costo de instalación del sistema de riego, el costo de recuperación del capital se distribuyó en seis partes, ya que al año se logra realizar tres cortes, la vida útil del material de riego es aproximadamente tres años por lo que se fraccionó en seis partes.

Para el cálculo del valor actual neto (VAN), primero se realizó el flujo de caja, con los costos de operación y mantenimiento del sistema de riego, costos de producción del cultivo de alfalfa, flujo de ingresos del proyecto, que en este caso se asume que al año se realizan tres cortes, para un horizonte de 10 años, una vez realizada el flujo de caja se determinó el VAN que es de 3,913.41 para riego por aspersión, y 347.21 para riego por goteo, lo que indica que a largo plazo el sistema de riego por aspersión es mas sostenible superando al riego por goteo, pero en ambos casos el proyecto es viable y se acepta, ya que el valor actual neto es mayor que cero, esto debido a que a largo plazo el riego por aspersión genera más beneficios económicos, por el tema de costo de los materiales utilizados, porque los materiales utilizados en el riego por goteo no dura como lo de aspersión, es por eso de que se cambia en el horizonte del proyecto tres veces para el goteo en cambio para aspersión solo se cambia dos veces. Los detalles ver en flujo de caja anexo 30.

La tasa interna de retorno para riego por aspersión es de 24 % y para riego por goteo es 15 %. Esto indica que el proyecto es rentable en ambos casos, haciendo la comparación entre los dos métodos de riego el riego por aspersión es más rentable que el riego por goteo a largo plazo. Esto por la vida útil de los materiales utilizados en el sistema de riego, ya que las cintas goteros en todo el horizonte del proyecto se cambiara tres veces, en cambio el de riego por aspersión solo se cambiara dos

veces, lo que hace que los costos aumenten en riego por goteo y en riego por aspersión sea menor.

El coeficiente beneficio costo del sistema de riego por aspersión también es superior a la del riego por goteo, con esto se concluye que el riego por aspersión es más sostenible desde el punto de vista económico.

## CAPITULO V

### 5 CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

#### 5.1 CONCLUSIONES

- En el diseño agronómico el tiempo de riego para riego por goteo es de tres horas, con un caudal de 17.38 m<sup>3</sup>/ha/3 horas, mientras que para el riego por aspersión es de 189.68 m<sup>3</sup>/ha/2 horas. Además, el suelo tiene una capacidad de retención de humedad muy buena, puesto que el intervalo de riego se puede prolongar hasta 8 días con riego por aspersión, comportándose casi igual que las demás frecuencias. En cuanto al diseño hidráulico de los sistemas de riego se concluye de que ha sido diseñado correctamente, puesto que no se ha tenido inconvenientes en el funcionamiento, ni problemas de roturas por exceso de presiones.
- En cuanto al rendimiento de biomasa forrajera, comparando los dos métodos de riego, en el primer corte, la diferencia es favorable para el método de riego por goteo, con 25,100 kg/ha como promedio general, y 24,100 kg/ha para el riego por aspersión. En el segundo corte la ventaja sigue siendo para el riego por goteo con un rendimiento de 36,100 kg/ha y 34,900 kg/ha para riego por aspersión.
- En cuanto a la evaluación económica, se tiene que en el primer corte, el riego por goteo tiene una rentabilidad de 88 % y el de aspersión de 83 %, la ventaja es para el riego por goteo, en el segundo corte el riego por goteo tiene una rentabilidad de 175 % y el riego por aspersión 177 %, la ventaja en este caso es para el riego por aspersión. El valor actual neto en nuevos soles es favorable

para el riego por aspersión con 3,913.91 y para goteo de 348.21. Con respecto a la tasa interna de retorno, también es favorable para el riego por aspersión, que fue de 24 % y para goteo de 15 %. En cuanto al coeficiente beneficio costo, se concluye que también el resultado es favorable para el riego por aspersión con 1.23 y para goteo de 1.12. Entonces en general se concluye que el riego por aspersión es la que genera mayores beneficios económicos brinda a lo largo del horizonte del proyecto.

## 5.2 SUGERENCIAS

- Realizar el comparativo de estos métodos de riego con los diferentes cultivos de la región, para obtener datos reales en cuanto al consumo de agua, rendimiento y beneficios para que esta sirva como punto de partida para la formulación de proyectos de inversión pública en irrigaciones, en el sector agrario.
- Realizar la investigación utilizando diferentes tipos de emisores como son los mini aspersores, goteros autocompensantes y otros, para ver cuál de ellas es la que se adapta mejor en esta región, para de esta manera mejorar la eficiencia de riego en la región.
- Se recomienda también la búsqueda de implementación de proyectos de riego para la zona de Molino que cuenta con fuente de agua, ya que para la formulación de proyectos y realizar el análisis de beneficios y costos, este trabajo nos proporcionara datos importantes como son el gasto de agua, rendimiento de biomasa forrajera y la rentabilidad.

## 6 Bibliografía

- Alcántara M.A. (2005). *Proyectos de inversión*. Mexico: Mac Hill.
- Andrade E.S. (1986). *Formulacion y Evaluacion de Proyectos*. Lima-Peru: cuarta edicion Lucero.
- Armonis S.L. (1984). *Riego por aspersion y su Tecnologia*. Madrid España: Mundi-Prensa. 3° edicion.
- Chahuares E. M. (2005). *Proyectos agropecuarios*. Puno-Peru: Edicion UNA-Puno.
- Choque J. . (2005). *Produccion y manejo de especies forrajeras*. Puno-Peru: Oficina Universitaria de Investigacion UNA-Puno.
- Choque M. (2005). *Diseño de sistema de riego por goteo en Tambillo Pomata-Puno*. Puno-Peru: Tesis FIA-UNA.
- Del Pozo. (1996). *Cultivos Forrajeros*. Trillas: Segunda Edicion Mexico.
- Fuentes J. (1996). *Tecnicas de Riego*. España: Segunda Edicion Madrid.
- Fuentes J. (1998). *Tecnicas de Riego*. España: Segunda Edicion Madrid.
- Fuentes J. (2003). *Tecnicas de riego*. Madrid-España: Ediciones Mundi-Prensa. Cuarta Edicion.
- Garcia C.-Briones S. (1997). *Sistema de riego por aspersion y goteo*. Mexico: Primera edicion Trillan UAAAN.
- Hector S. (2003). *Evaluacion economica de Proyectos*. Lima-Peru: Ediciones UNA la Molina.
- Israelsen O.-Hansen V. (1975). *Principios y aplicaciones de riego*. España: Editorial Reverte.
- Medina A. (2009). *Diseño del sistema de riego presurizado Ancoaque-Juli*. Puno-Peru: Tesis FIA-UNA.

- Medina S. (1988). *Riego por goteo*. Madrid España: Editorial Mundi Prensa.
- Olarte W. (1992). *Produccion Agricola Alto Andina bajo riego*. Cusco-Peru: UNSAAC.
- Palao J. (1996). *Irrigacion y riego en el altiplano*. Puno-Peru: PELT/INADE-COSUDE.
- Pepg. (1999). *Riego Por goteo*. Moquegua-Peru: Ediciones Proyecto Especial Pasto Grande. Primera edicion.
- Pizarro F. (1992). *Riego localizado de alta frecuencia*. Madrid-España: Ediciones Mundi-Prensa.
- Pnto G. H. (2005). *Evaluacion economica de proyectos de inversion publica*. Mexico: Ediciones Mac Hill.
- Razuri R. (1988). *Diseño de riego por goteo*. Merida-Venezuela: Editorial Cidiat.
- Taha H. (1987). *Investigacion de operacion de riego*. Madrid-España: Ediciones Mundi Prensa.
- Tarjuelo M. (2005). *Tecnologia de riego*. Mexico: Ediciones Mac Hill.
- Vasquez V.-Chang L. (1992). *El riego, principios basicos*. Lima-Peru: Tomo I.
- Villon M. (1982). *Riego por aspercion*. Lima-Peru: UNALM. Departamento de Recurso Agua y Tierra. Editorial EUBIDRAT-publicacion N° 106.

Anexo 1  
PRECIPITACION TOTAL MENSUAL SERIE DE 1971-2011 (mm) EN LA LOCALIDAD DE JULI

ESTACION		JULI												CODIGO
														110880
MICROCUENCA	MOLINO	LATITUD	16°12'13.6" S										REGION	PUNO
RIO	MOLINO	LONGITUD	69°27'35.7" W										PROV	CHUCUITO
TIPO		ALTITUD	3812 MSNM										DIST	JULI
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	
1971.00	64.80	95.50	52.70	27.50	12.20	0.00	0.00	0.00	13.00	58.60	66.90	98.60	489.80	
1972.00	68.00	172.10	191.70	66.40	45.10	0.00	0.00	0.00	44.90	30.30	5.70	177.10	801.30	
1973.00	134.30	212.00	193.80	27.00	0.00	30.70	10.00	20.00	30.90	3.50	85.50	41.10	788.80	
1974.00	172.10	164.00	87.40	31.80	8.30	7.00	1.80	9.10	22.40	23.10	17.30	98.40	642.70	
1975.00	148.50	196.70	166.30	44.50	3.80	0.20	3.50	0.00	30.70	34.00	24.40	177.50	830.10	
1976.00	166.80	345.90	71.00	74.90	0.00	23.00	0.00	11.50	0.00	29.50	98.90	134.90	956.40	
1977.00	288.90	221.00	169.20	17.80	12.90	2.70	3.80	1.60	26.90	13.40	50.00	148.50	956.70	
1978.00	271.40	189.90	145.40	109.20	3.00	0.00	8.10	17.10	44.60	45.40	30.90	68.60	933.60	
1979.00	269.00	357.00	60.00	193.00	55.00	4.20	0.20	101.00	22.00	32.00	29.00	38.00	1160.40	
1980.00	184.00	266.00	156.00	16.00	44.00	9.70	0.00	12.00	36.00	95.00	35.00	280.00	1133.70	
1981.00	331.00	201.00	136.00	21.00	44.00	1.00	2.40	43.00	63.40	9.50	5.90	51.00	909.20	
1982.00	91.00	275.00	222.00	5.40	0.00	0.00	14.50	1.00	57.60	66.40	62.80	114.90	910.60	
1983.00	250.00	99.00	117.00	19.00	0.20	0.00	4.00	8.00	22.00	0.90	88.20	147.00	755.10	
1984.00	197.00	117.00	229.00	80.00	2.00	0.00	14.10	2.20	4.10	47.10	115.50	133.10	941.30	
1985.00	190.00	91.40	253.00	3.40	2.40	1.40	11.00	33.00	101.00	40.20	106.40	25.00	858.20	
1986.00	126.00	112.00	106.00	55.00	18.00	7.80	1.30	4.20	18.80	29.00	40.00	113.00	631.10	
1987.00	166.00	239.00	137.00	60.00	18.00	8.40	0.50	9.90	26.00	23.00	36.00	120.00	843.80	
1988.00	202.00	245.00	128.00	55.00	10.00	9.20	2.00	15.00	24.00	25.00	49.00	107.00	871.20	
1989.00	219.00	242.00	119.00	61.00	15.00	1.90	3.10	19.20	26.40	34.80	39.70	129.60	910.70	
1990.00	128.00	304.00	162.00	110.00	34.00	26.00	0.00	22.00	89.00	13.00	164.00	163.00	1215.00	
1991.00	131.00	260.00	171.00	107.00	4.30	0.00	3.60	37.00	15.00	29.00	23.00	139.00	919.90	
1992.00	296.00	70.00	82.00	37.00	5.50	8.70	19.20	1.30	18.60	64.20	155.00	43.00	800.50	
1993.00	300.00	70.00	249.00	124.00	9.00	0.20	1.00	0.00	22.00	58.00	27.00	96.00	956.20	
1994.00	160.00	176.00	195.00	11.30	16.00	3.80	6.30	17.30	18.10	3.70	45.00	58.40	710.90	
1995.00	192.00	50.00	51.00	47.00	13.00	48.00	0.00	18.00	19.00	69.00	64.00	173.00	744.00	
1996.00	147.00	101.00	152.00	70.00	10.00	31.00	3.80	0.60	11.80	49.80	30.90	74.00	681.90	
1997.00	159.00	130.00	40.00	32.00	0.00	0.70	3.70	40.90	0.00	24.00	72.60	60.70	563.60	
1998.00	219.00	88.00	185.00	30.00	7.60	2.90	0.00	35.10	21.00	73.00	122.00	69.00	852.60	
1999.00	186.00	149.00	109.00	55.00	11.00	1.00	1.60	0.80	7.10	14.30	69.00	165.00	768.80	
2000.00	128.00	105.00	134.00	19.00	6.10	0.00	0.60	7.20	17.80	26.00	71.00	117.00	631.70	
2001.00	195.00	127.00	137.00	32.00	18.00	0.00	9.10	38.00	4.50	26.60	77.20	101.60	766.00	
2002.00	264.00	220.00	162.00	61.00	11.00	0.00	0.00	64.00	79.00	36.00	79.00	86.50	1062.50	
2003.00	132.00	77.00	150.00	62.00	0.00	13.60	0.00	0.00	12.30	75.00	66.00	51.00	638.90	
2004.00	158.00	278.00	309.00	61.00	28.00	2.20	3.10	1.90	58.00	130.00	18.50	94.00	1141.70	

2005.00	275.00	236.00	138.00	16.00	10.00	14.00	0.60	17.00	1.20	62.00	1.90	119.00	890.70
2006.00	324.00	251.00	239.00	57.00	7.90	1.90	12.00	30.90	18.80	67.00	13.80	116.00	1139.30
2007.00	145.00	216.00	239.00	134.00	8.60	16.50	42.40	10.90	3.70	39.40	37.40	107.00	999.90
2008.00	229.00	142.00	304.00	39.00	23.00	0.00	5.90	12.60	42.00	24.00	25.00	89.00	935.50
2009.00	322.00	115.00	68.00	54.00	11.00	2.00	34.00	49.00	25.00	11.10	25.70	85.00	801.80
2010.00	139.00	189.00	78.00	29.00	1.50	0.00	0.00	1.00	24.00	61.00	54.00	98.00	674.50
2011.00	320.00	210.00	120.00	32.00	5.00	3.00	2.00	6.00	5.40	15.00	13.50	78.00	809.90
Nº DATOS	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	
MEDIA	197.29	180.62	151.57	53.35	13.03	6.90	5.59	17.54	27.51	39.31	54.70	106.99	854.40
DESV.STD.	72.52	78.78	66.90	39.08	13.72	10.76	8.89	20.79	23.52	26.92	38.96	48.71	449.55
MIN	64.80	50.00	40.00	3.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	1.90	25.00	186.00
MAX	331.00	357.00	309.00	193.00	55.00	48.00	42.40	101.00	101.00	130.00	164.00	280.00	2111.40
PRO.5 UL.T.AN	250.57	194.14	169.43	51.57	9.57	5.34	13.84	18.20	17.16	39.93	24.47	98.86	893.09
MEDIANA	186.00	189.00	145.40	47.00	10.00	2.00	2.40	11.50	22.00	32.00	45.00	101.60	793.90

Fuente: SENAMHI-PUNO.

Nexo 2

VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s) SERIE DE 1991-2011 EL LA LOCALIDAD DE JULI.

ESTACION		JULI												CODIGO
														110880
MICROCUENCA	MOLINO	LATTITUD										16°12'13.6" S	REGION	PUNO
RIO	MOLINO	LONGITUD										69°27'35.7" W	PROV	CHUCUITO
TIPO		ALTITUD										3812 MSNM	DIST	JULI
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM.	
1991	3.10	3.00	3.20	2.40	3.00	3.10	3.40	2.80	2.60	3.20	3.10	2.40	2.94	
1992	1.80	1.80	2.30	2.30	2.60	2.60	2.80	3.00	2.80	3.20	3.20	3.00	2.62	
1993	2.40	2.90	2.90	2.90	2.80	2.70	2.80	2.60	2.90	2.80	2.60	2.80	2.76	
1994	2.90	3.00	2.70	2.60	3.10	2.30	2.30	2.00	2.60	2.30	2.70	2.90	2.62	
1995	2.10	2.30	2.30	2.30	2.10	2.20	2.40	2.80	2.60	2.80	3.00	3.00	2.49	
1996	2.40	2.90	2.70	2.30	2.30	2.30	2.60	2.60	3.70	3.00	3.20	2.60	2.72	
1997	3.00	2.80	2.60	2.30	2.40	2.40	2.50	2.70	2.90	2.70	2.80	3.20	2.69	
1998	3.00	2.70	2.00	2.80	2.50	2.70	2.80	2.80	2.70	3.10	2.00	2.90	2.67	
1999	2.40	2.20	2.30	2.00	2.50	2.30	2.40	2.50	2.60	2.40	3.00	2.30	2.41	
2000	2.40	2.10	2.10	2.10	2.30	2.50	2.40	2.20	2.80	2.80	2.80	2.40	2.41	
2001	2.40	2.40	2.30	2.20	2.40	2.30	2.20	2.00	2.40	2.30	2.60	2.60	2.34	
2002	2.30	2.20	2.10	2.10	2.50	2.10	2.00	2.50	2.70	2.40	2.60	2.30	2.32	
2003	1.90	1.90	2.10	1.80	2.20	2.00	2.10	2.20	2.20	2.40	2.30	2.30	2.12	
2004	2.30	1.90	2.20	1.70	2.00	2.00	2.10	2.10	2.80	2.50	2.50	2.70	2.23	
2005	2.60	2.30	2.10	2.30	2.20	2.20	2.30	2.50	2.80	2.80	2.80	2.80	2.48	
2006	2.30	2.30	1.90	2.20	2.40	2.30	2.80	2.80	3.00	2.90	3.60	3.40	2.66	
2007	2.20	2.40	2.10	2.50	2.40	2.60	2.40	2.10	2.60	2.80	3.20	2.90	2.52	
2008	2.70	2.40	2.30	2.30	2.20	2.70	3.00	2.90	3.10	3.30	3.20	2.70	2.73	
2009	2.40	2.50	1.90	2.50	2.50	2.30	3.20	3.10	2.80	2.60	3.10	2.80	2.64	
2010	1.90	2.30	1.90	2.30	2.40	2.20	2.70	2.50	2.70	3.10	2.60	2.80	2.45	
2011	2.00	2.00	1.90	2.20	2.20	2.20	2.20	2.40	3.30	3.00	2.70	2.70	2.40	
Nº DATOS	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	21.00	40.00	
MEDIA	2.40	2.40	2.28	2.29	2.43	2.38	2.54	2.53	2.79	2.78	2.84	2.74	2.53	
DESV STD.	0.37	0.37	0.35	0.28	0.27	0.27	0.37	0.33	0.31	0.31	0.37	0.29	0.20	
MIN	1.80	1.80	1.90	1.70	2.00	2.00	2.00	2.00	2.20	2.30	2.00	2.30	2.12	
MAX	3.10	3.00	3.20	2.90	3.10	3.10	3.40	3.10	3.70	3.30	3.60	3.40	2.94	
PROM. 5 AÑO	2.25	2.32	2.00	2.33	2.35	2.38	2.72	2.63	2.92	2.95	3.07	2.88	2.57	
MEDIANA	2.40	2.30	2.20	2.30	2.40	2.30	2.40	2.50	2.80	2.80	2.80	2.80	2.52	

Fuente: SENAMHI - PUNO

Anexo 3

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C) SERIE 1991-2011 EN LA LOCALIDAD DE JULI													
JULI												CODIGO	
ESTACION												110880	
MICROCUENCA												PUNO	
RIO												CHUCUITO	
TIPO												JULI	
LATTITUD													
	16°12'13.6" S												
LONGITUD													
	69°27'35.7" W												
ALTITUD													
	3812 MSNM												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM.
1991	10.10	9.50	10.00	9.40	8.00	6.40	5.10	6.90	8.00	8.60	8.50	9.10	8.30
1992	9.60	9.00	9.20	8.70	6.00	5.60	4.30	6.10	7.50	8.40	9.60	9.60	7.80
1993	9.40	9.20	9.00	9.20	7.50	6.00	5.80	7.00	8.40	9.30	10.40	10.90	8.51
1994	10.00	10.10	9.80	9.20	7.80	6.10	6.20	7.90	8.90	9.30	10.00	10.30	8.80
1995	9.50	9.00	9.00	8.50	7.60	6.90	5.70	6.70	8.20	9.60	10.10	10.30	8.43
1996	9.30	8.70	9.00	8.70	7.70	5.60	5.10	6.40	7.60	9.60	10.20	9.60	8.13
1997	8.40	10.10	9.80	9.10	8.00	5.20	5.60	6.60	7.50	9.00	9.00	9.00	8.11
1998	8.40	8.30	8.80	8.30	7.70	6.60	5.50	5.30	7.10	8.60	8.60	9.70	7.74
1999	8.70	8.40	8.00	8.50	7.20	5.20	5.60	5.90	7.70	8.70	9.60	9.80	7.78
2000	9.30	9.30	8.80	8.90	7.20	5.50	5.80	6.60	7.70	8.90	9.80	9.40	8.10
2001	9.90	10.00	9.60	9.00	7.50	5.90	6.40	7.70	8.50	9.60	8.40	7.90	8.37
2002	9.30	9.40	9.40	9.20	7.60	6.20	5.50	7.40	8.10	9.60	9.50	10.00	8.43
2003	9.50	9.30	9.00	8.10	7.00	5.50	6.70	6.70	8.70	9.50	10.30	11.20	8.46
2004	11.20	11.50	11.40	10.50	8.30	7.40	6.80	7.70	8.30	9.30	9.60	10.40	9.37
2005	9.40	8.90	8.50	8.00	6.50	5.20	5.70	6.40	7.20	7.80	8.70	9.70	7.67
2006	8.70	8.60	8.60	8.20	7.10	4.90	4.60	6.20	7.40	8.70	9.80	9.50	7.69
2007	8.60	9.20	8.80	8.30	6.90	6.20	5.30	6.20	7.90	9.20	10.40	9.50	8.04
2008	9.50	9.70	9.80	8.80	7.50	6.80	5.40	6.60	8.10	9.50	10.10	10.30	8.51
2009	10.00	10.00	9.70	8.80	6.00	5.90	5.80	6.20	6.90	8.90	9.80	10.60	8.22
2010	9.50	9.70	10.00	9.30	6.00	5.60	6.10	6.50	8.00	9.50	10.20	10.70	8.43
2011	10.00	9.50	10.10	9.50	7.60	5.60	6.40	6.20	7.90	9.30	9.70	9.60	8.45
Nº DATOS	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
MEDIA	9.38	9.45	9.50	8.82	6.85	5.83	5.60	6.32	7.70	9.18	10.00	10.03	8.25
DESV. STD.	0.66	0.72	0.74	0.58	0.67	0.64	0.63	0.64	0.52	0.49	0.64	0.74	0.41
MIN	8.60	8.60	8.60	8.20	6.00	4.90	4.60	6.20	6.90	8.70	9.70	9.50	7.67
MAX	10.00	11.50	11.40	10.50	8.30	7.40	6.80	7.90	8.90	9.60	10.40	11.20	9.37
PROM. 5 AÑO	9.38	9.45	9.50	8.82	6.85	5.83	5.60	6.32	7.70	9.18	10.00	10.03	8.22
MEDIANA	9.50	9.30	9.20	8.80	7.50	5.90	5.70	6.60	7.90	9.30	9.80	9.70	8.30

Fuente: SENAMHI - PUNO



Anexo 5

**CUADRO DE INFORMACION METEOROLOGICA PROMEDIO DE 5 AÑOS 2006-2011 ESTACION JULI**

FUENTE: SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA - PUNO

**INFORMACION GEOGRAFICA :**

LATITUD : 16° 13' 47" SUR

LONGITUD : 69° 24' 52" OESTE

ALTITUD : 3830 hasta 3840 m.s.n.m.

**INFORMACION METEOROLOGICA : SERIE AÑO 2006 - 2011**

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Temperatura												
Maxima °C	10.00	11.50	11.40	10.50	8.30	7.40	6.80	7.90	8.90	9.60	10.40	11.20
Minima °C	8.60	8.60	8.60	8.20	6.00	4.90	4.60	6.20	6.90	8.70	9.70	9.50
Media °C	9.38	9.45	9.50	8.82	6.85	5.83	5.60	6.32	7.70	9.18	10.00	10.03
Precipitacion (mm)	250.6	194.1	169.4	51.57	9.57	5.34	13.84	18.20	17.16	39.93	24.47	98.86
Humedad Relativa %	78.17	81.83	78.17	69.50	60.00	57.50	59.17	62.00	64.67	69.83	73.33	74.50
Veloc. Viento (m/s)	2.25	2.32	2.00	2.33	2.35	2.38	2.72	2.63	2.92	2.95	3.07	2.88
Horas de Sol (horas)	6.70	6.80	7.20	8.70	9.40	9.20	9.50	9.50	8.50	9.20	8.00	7.40

CALCULO DE LA EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL ETP

**METODO DE PENNMAN-MONTEITH (SOFTWARE CROPWAT) version para Windows**

LATTUD ABSOLUTA :	16.0 Para usar la tabla de Factor de Latitud
ALTTUD PROMEDIO :	3835 Para la Correccion por Altitud

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Numero del Me	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
N° de días del mes	31.0	28.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0	31.0	30.0	31.0	30.0	31.0
ETP (mm/mes)	97.0	86.2	93.6	87.6	79.1	68.7	73.2	85.6	92.7	107.9	103.5	105.7
ETP (mm/día)	3.13	3.08	3.02	2.92	2.55	2.29	2.36	2.76	3.09	3.48	3.45	3.41

$$\underline{\text{ETP}_{\text{maxima}} = 3.48 \text{ mm/día}}$$

REQUERIMIENTO HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGO POR ASPERSION (SOFTWARE-CROPWAT)													
Anexo 6:													
TIEMPO DE RIEGO PROMEDIO = 2 HORAS													
INTERVALO ENTRE RIEGOS = 04 DIAS													
EFICIENCIA DE RIEGO = 70 %													
TRATAMIENTO = FRECUENCIA (F1) PRIMER CORTE													
FECHA	Eto mm/perd	Kc/period	Req. Neto mm/Period	Precipitaci mm/period	Precip. Efe mm/period	Req.net.ried mm/period	Req.net.ried m3/Ha.	Eficiencias de Aplicac.	Req. mm/period	Req. Total mm/3Ha.	Infiltracion Basica mm	Precip.mec Asper. mm/	Tiempo de Riego (
01/09/2013	11.71	0.90	10.54	4.20	3.34	10.54	105.39	0.70	15.06	150.56	24.00	11.6	1
05/09/2013	11.87	0.90	10.68	4.64	3.59	10.68	106.83	0.70	15.26	152.61	24.00	11.6	1
09/09/2013	12.03	0.90	10.83	4.92	3.76	10.83	108.27	0.70	15.47	154.67	24.00	11.6	1
13/09/2013	12.20	0.90	10.98	5.04	3.84	10.98	109.80	0.70	15.69	156.86	24.00	11.6	1
17/09/2013	12.35	0.94	11.61	5.01	3.85	11.61	116.09	0.70	16.58	165.84	24.00	11.6	1
21/09/2013	12.51	0.97	12.13	4.83	3.80	12.13	121.35	0.70	17.34	173.35	24.00	11.6	1
25/09/2013	12.67	1.01	12.80	4.54	3.69	12.80	127.97	0.70	18.28	182.81	24.00	11.6	2
29/09/2013	12.82	1.06	13.59	4.16	3.54	13.59	135.89	0.70	19.41	194.13	24.00	11.6	2
03/10/2013	12.96	1.09	14.13	3.72	3.36	14.13	141.26	0.70	20.18	201.81	24.00	11.6	2
07/10/2013	13.10	1.10	14.41	3.26	3.17	14.41	144.10	0.70	20.59	205.86	24.00	11.6	2
11/10/2013	13.23	1.10	14.55	2.80	2.80	14.55	145.53	0.70	20.79	207.90	24.00	11.6	2
15/10/2013	13.35	1.10	14.69	2.39	2.39	14.69	146.85	0.70	20.98	209.79	24.00	11.6	2
19/10/2013	13.46	1.10	14.81	2.05	2.05	14.81	148.06	0.70	21.15	211.51	24.00	11.6	2
23/10/2013	13.57	1.10	14.93	1.82	1.82	14.93	149.27	0.70	21.32	213.24	24.00	11.6	2
27/10/2013	13.66	1.10	15.03	1.73	1.73	15.03	150.26	0.70	21.47	214.66	24.00	11.6	2
31/10/2013	13.74	1.10	15.11	1.79	1.79	15.11	151.14	0.70	21.59	215.91	24.00	11.6	2
04/11/2013	13.81	1.10	15.19	2.04	2.04	15.19	151.91	0.70	21.70	217.01	24.00	11.6	2
08/11/2013	13.87	1.10	15.26	2.48	2.48	15.26	152.57	0.70	21.80	217.96	24.00	11.6	2
12/11/2013	10.43	1.10	11.47	2.27	2.27	11.47	114.73	0.70	16.39	163.90	24.00	11.6	1
<b>MINIMO</b>	<b>10.43</b>	<b>0.90</b>	<b>10.54</b>	<b>1.73</b>	<b>1.73</b>	<b>10.54</b>	<b>105.39</b>	<b>0.70</b>	<b>15.06</b>	<b>150.56</b>	<b>24.00</b>	<b>11.60</b>	<b>1.30</b>
<b>MAXIMO</b>	<b>13.87</b>	<b>1.10</b>	<b>15.26</b>	<b>5.04</b>	<b>3.85</b>	<b>15.26</b>	<b>152.57</b>	<b>0.70</b>	<b>21.80</b>	<b>217.96</b>	<b>24.00</b>	<b>11.60</b>	<b>1.88</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>12.81</b>	<b>1.04</b>	<b>13.30</b>	<b>3.35</b>	<b>2.91</b>	<b>13.30</b>	<b>133.01</b>	<b>0.70</b>	<b>19.00</b>	<b>190.02</b>	<b>24.00</b>	<b>11.60</b>	<b>1.64</b>
<b>TOTAL</b>	<b>243.34</b>		<b>252.73</b>	<b>63.69</b>	<b>55.31</b>	<b>252.73</b>	<b>2527.27</b>	<b>13.30</b>	<b>361.04</b>	<b>3610.39</b>		<b>220.40</b>	<b>31.12</b>

Fuente: elaboracion propia

REQUERIMIENTO HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGO POR ASPERSION (SOFTWARE-CROPWAT)

TIEMPO DE RIEGO PROMEDIO = 3 HORAS														
INTERVALO ENTRE RIEGOS = 06 DIAS														
EFICIENCIA DE RIEGO = 70 %														
TRATAMIENTO = FRECUENCIA (F2) PRIMER CORTE														
FECHA	Eto mm/perd	Kc/period	Req. Neto mm/Period	Precipitaci mm/period	Precip. mm/period	Efeci mm/period	Req.net.rie mm/period	Req.net.rie m3/Ha.	Eficiencias de Aplicac.	Req. Total mm/period.	Req.net.rie m3/Ha.	Infiltracion Basica mm	Precip.mec mm/ de Riego	Tiempo
01/09/2013	17.63	0.90	15.87	6.48	5.11	5.11	15.87	158.67	0.70	22.67	226.67	24.00	11.6	2
07/09/2013	17.99	0.90	16.19	7.29	5.58	5.58	16.19	161.91	0.70	23.13	231.30	24.00	11.6	2
13/09/2013	18.35	0.91	16.70	7.56	5.77	5.77	16.70	166.99	0.70	23.86	238.55	24.00	11.6	2
19/09/2013	18.71	0.96	17.96	7.32	5.72	5.72	17.96	179.62	0.70	25.66	256.59	24.00	11.6	2
25/09/2013	19.06	1.02	19.44	6.67	5.48	5.48	19.44	194.41	0.70	27.77	277.73	24.00	11.6	2
01/10/2013	19.39	1.08	20.94	5.75	5.11	5.11	20.94	209.41	0.70	29.92	299.16	24.00	11.6	3
07/10/2013	19.70	1.10	21.67	4.71	4.63	4.63	21.67	216.70	0.70	30.96	309.57	24.00	11.6	3
13/10/2013	19.98	1.10	21.98	3.74	3.74	3.74	21.98	219.78	0.70	31.40	313.97	24.00	11.6	3
19/10/2013	20.23	1.10	22.25	2.99	2.99	2.99	22.25	222.53	0.70	31.79	317.90	24.00	11.6	3
25/10/2013	20.46	1.10	22.51	2.62	2.62	2.62	22.51	225.06	0.70	32.15	321.51	24.00	11.6	3
31/10/2013	20.64	1.10	22.70	2.77	2.77	2.77	22.70	227.04	0.70	32.43	324.34	24.00	11.6	3
06/11/2013	20.78	1.10	22.86	3.54	3.54	3.54	22.86	228.58	0.70	32.65	326.54	24.00	11.6	3
12/11/2013	10.43	1.10	11.47	2.27	2.27	2.27	11.47	114.73	0.70	16.39	163.90	24.00	11.6	1
<b>MINIMO</b>	<b>10.43</b>	<b>0.90</b>	<b>11.47</b>	<b>2.27</b>	<b>2.27</b>	<b>2.27</b>	<b>11.47</b>	<b>114.73</b>	<b>0.70</b>	<b>16.39</b>	<b>163.90</b>	<b>24.00</b>	<b>11.60</b>	<b>1.41</b>
<b>MAXIMO</b>	<b>20.78</b>	<b>1.10</b>	<b>22.86</b>	<b>7.56</b>	<b>5.77</b>	<b>5.77</b>	<b>22.86</b>	<b>228.58</b>	<b>0.70</b>	<b>32.65</b>	<b>326.54</b>	<b>24.00</b>	<b>11.60</b>	<b>2.82</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>18.72</b>	<b>1.04</b>	<b>19.43</b>	<b>4.90</b>	<b>4.26</b>	<b>4.26</b>	<b>19.43</b>	<b>194.26</b>	<b>0.70</b>	<b>27.75</b>	<b>277.52</b>	<b>24.00</b>	<b>11.60</b>	<b>2.39</b>
<b>TOTAL</b>	<b>243.35</b>		<b>252.54</b>	<b>63.71</b>	<b>55.33</b>	<b>55.33</b>	<b>252.54</b>	<b>2525.43</b>		<b>360.78</b>	<b>3607.75</b>		<b>150.80</b>	<b>31.10</b>

Fuente: elaboracion propia

Anexo 8:

**REQUERIMIENTO HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGO POR ASPERSION (SOFTWARE-CROPWAT)**

FECHA	Eto mm/perd	Kc/period	Req. Neto mm/Period	Precipitaci mm/period	Precip. mm/period	Efe mm/period	Req.net.rie mm/period	Req.net.rie m3/Ha.	Eficiencias de Aplicac.	Req. Total mm/period	Req.net.rie m3/Ha.	Infiltracion Basica mm	Precip.mec Asper..mm/	Tiempo de Riego (t
01/09/2013	23.58	0.90	21.22	8.84	6.93	21.22	212.22	303.17	0.70	30.32	303.17	24.00	11.6	3
09/09/2013	24.23	0.90	21.81	9.96	7.60	21.81	218.07	311.53	0.70	31.15	311.53	24.00	11.6	3
17/09/2013	24.87	0.95	23.63	9.84	7.65	23.63	236.27	337.52	0.70	33.75	337.52	24.00	11.6	3
25/09/2013	25.48	1.03	26.24	8.70	7.22	26.24	262.44	374.92	0.70	37.49	374.92	24.00	11.6	3
03/10/2013	26.06	1.10	28.67	6.98	6.54	28.67	286.66	409.51	0.70	40.95	409.51	24.00	11.6	4
11/10/2013	26.58	1.10	29.24	5.19	5.19	29.24	292.38	417.69	0.70	41.77	417.69	24.00	11.6	4
19/10/2013	27.03	1.10	29.73	3.88	3.88	29.73	297.33	424.76	0.70	42.48	424.76	24.00	11.6	4
27/10/2013	27.40	1.10	30.14	3.52	3.52	30.14	301.40	430.57	0.70	43.06	430.57	24.00	11.6	4
04/11/2013	27.68	1.10	30.45	4.52	4.52	30.45	304.48	434.97	0.70	43.50	434.97	24.00	11.6	4
12/11/2013	10.43	1.10	11.47	2.27	2.27	11.47	114.73	163.90	0.70	16.39	163.90	24.00	11.6	1
<b>MINIMO</b>	<b>10.43</b>	<b>0.90</b>	<b>11.47</b>	<b>2.27</b>	<b>2.27</b>	<b>11.47</b>	<b>114.73</b>	<b>163.90</b>	<b>0.70</b>	<b>16.39</b>	<b>163.90</b>	<b>24.00</b>	<b>11.60</b>	<b>1.41</b>
<b>MAXIMO</b>	<b>27.68</b>	<b>1.10</b>	<b>30.45</b>	<b>9.96</b>	<b>7.65</b>	<b>30.45</b>	<b>304.48</b>	<b>434.97</b>	<b>0.70</b>	<b>43.50</b>	<b>434.97</b>	<b>24.00</b>	<b>11.60</b>	<b>3.75</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>24.33</b>	<b>1.04</b>	<b>25.26</b>	<b>6.37</b>	<b>5.53</b>	<b>25.26</b>	<b>252.60</b>	<b>360.85</b>	<b>0.70</b>	<b>36.09</b>	<b>360.85</b>	<b>24.00</b>	<b>11.60</b>	<b>3.11</b>
<b>TOTAL</b>	<b>243.34</b>		<b>252.60</b>	<b>63.70</b>	<b>55.32</b>	<b>252.60</b>	<b>2525.98</b>	<b>3608.54</b>	<b>7.00</b>	<b>360.85</b>	<b>3608.54</b>		<b>3.54</b>	<b>31.11</b>

Fuente: elaboracion propia

**Anexo 9:**

**REQUERIMIENTO HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGO POR ASPERSION (SOFTWARE-CROPWAT)**

REQUERIMIENTO HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGO POR ASPERSION (SOFTWARE-CROPWAT)													
TIEMPO DE RIEGO PROMEDIO = 2 HORAS													
INTERVALO ENTRE RIEGOS = 04 DIAS													
EFICIENCIA DE RIEGO = 70 %													
TRATAMIENTO = FRECUENCIA (F1) SEGUNDO CORTE													
FECHA	Eto mm/perd	Kc/period	Req. Neto mm/Period	Precipitaci mm/period	Precip. mm/period	Efe mm/period	Req.net.rie mm/period	Req.net.rie m3/Ha.	Eficiencias de Aplicac.	Req. Total mm/period.	Req.net.rie m3/Ha.	Infiltracion Basica mm	Precip.med mm/de Riego (t
16/11/2013	13.94	0.90	12.55	3.98	3.98	3.98	12.55	125.46	0.70	17.92	179.23	24.00	11.6
20/11/2013	13.96	0.90	12.56	5.05	5.05	5.05	12.56	125.64	0.70	17.96	179.49	24.00	11.6
24/11/2013	13.97	0.91	12.71	6.33	6.33	5.98	12.71	127.13	0.70	18.16	181.61	24.00	11.6
28/11/2013	13.95	0.96	13.39	7.80	7.80	6.85	13.39	133.92	0.70	19.13	191.31	24.00	11.6
02/12/2013	13.93	1.01	14.07	9.45	9.45	7.81	14.07	140.69	0.70	20.10	200.99	24.00	11.6
06/12/2013	13.89	1.07	14.86	11.26	11.26	8.84	14.86	148.62	0.70	21.23	212.32	24.00	11.6
10/12/2013	13.84	1.10	15.22	13.19	13.19	9.93	15.22	152.24	0.70	21.75	217.49	24.00	11.6
14/12/2013	13.77	1.10	15.15	15.23	15.23	11.06	15.15	151.47	0.70	21.64	216.39	24.00	11.6
18/12/2013	13.70	1.10	15.07	17.33	17.33	12.21	15.07	150.70	0.70	21.53	215.29	24.00	11.6
22/12/2013	13.61	1.10	14.97	19.46	19.46	13.36	14.97	149.71	0.70	21.39	213.87	24.00	11.6
26/12/2013	13.51	1.10	14.86	21.58	21.58	14.48	14.86	148.61	0.70	21.23	212.30	24.00	11.6
30/12/2013	13.40	1.10	14.74	22.93	22.93	15.19	14.74	147.40	0.70	21.06	210.57	24.00	11.6
03/01/2014	13.36	1.10	14.70	24.22	24.22	15.79	14.70	146.96	0.70	20.99	209.94	24.00	11.6
07/01/2014	13.34	1.10	14.67	26.15	26.15	16.73	14.67	146.74	0.70	20.96	209.63	24.00	11.6
11/01/2014	13.31	1.10	14.64	27.92	27.92	17.62	14.64	146.41	0.70	20.92	209.16	24.00	11.6
<b>MINIMO</b>	<b>13.31</b>	<b>0.90</b>	<b>12.55</b>	<b>3.98</b>	<b>3.98</b>	<b>3.98</b>	<b>12.55</b>	<b>125.46</b>	<b>0.70</b>	<b>17.92</b>	<b>179.23</b>	<b>24.00</b>	<b>11.60</b>
<b>MAXIMO</b>	<b>13.97</b>	<b>1.10</b>	<b>15.22</b>	<b>27.92</b>	<b>27.92</b>	<b>17.62</b>	<b>15.22</b>	<b>152.24</b>	<b>0.70</b>	<b>21.75</b>	<b>217.49</b>	<b>24.00</b>	<b>11.60</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>13.70</b>	<b>1.04</b>	<b>14.28</b>	<b>15.46</b>	<b>15.46</b>	<b>10.99</b>	<b>14.28</b>	<b>142.78</b>	<b>0.70</b>	<b>20.40</b>	<b>203.97</b>	<b>24.00</b>	<b>11.60</b>
<b>TOTAL</b>	<b>205.48</b>		<b>214.17</b>	<b>231.88</b>	<b>231.88</b>	<b>164.88</b>	<b>214.17</b>	<b>2141.70</b>	<b>10.50</b>	<b>305.96</b>	<b>3059.58</b>		<b>174.00</b>

Fuente: elaboracion propia

Anexo 10:

**REQUERIMIENTO HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGO POR ASPERSION (SOFTWARE-CROPWAT)**

REQUERIMIENTO HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGO POR ASPERSION (SOFTWARE-CROPWAT)													
TIEMPO DE RIEGO = 3 HORAS													
INTERVALO ENTRE RIEGOS = 06 DIAS													
EFICIENCIA DE RIEGO = 70 %													
TRATAMIENTO = FRECUENCIA (F1) SEGUNDO CORTE													
FECHA	Eto mm/perd	Kc/period	Req. Neto mm/Period	Precipitaci mm/period	Precip. Efe mm/period	Req.net.rie mm/period	Req.net.rie m3/Ha.	Eficiencias de Aplicac.	Req. Total mm/period	Req.net.rie m3/Ha.	Infiltracion Basica mm	Precip.med mm/ha	Tiempo de Riego (t
16/11/2013	20.92	0.90	18.83	6.36	6.36	18.83	188.28	0.70	26.90	268.97	24.00	11.6	2
22/11/2013	20.95	0.91	19.06	9.00	8.65	19.06	190.65	0.70	27.24	272.35	24.00	11.6	2
28/11/2013	20.92	0.97	20.29	12.31	10.63	20.29	202.92	0.70	28.99	289.89	24.00	11.6	2
04/12/2013	20.85	1.05	21.89	16.20	12.87	21.89	218.93	0.70	31.28	312.75	24.00	11.6	3
10/12/2013	20.74	1.10	22.81	20.55	15.31	22.81	228.14	0.70	32.59	325.91	24.00	11.6	3
16/12/2013	20.58	1.10	22.64	25.21	17.88	22.64	226.38	0.70	32.34	323.40	24.00	11.6	3
22/12/2013	20.37	1.10	22.41	29.99	20.46	22.41	224.07	0.70	32.01	320.10	24.00	11.6	3
28/12/2013	20.14	1.10	22.15	33.98	22.57	22.15	221.54	0.70	31.65	316.49	24.00	11.6	3
03/01/2014	20.03	1.10	22.03	37.06	24.04	22.03	220.33	0.70	31.48	314.76	24.00	11.6	3
09/01/2014	19.98	1.10	21.98	41.22	26.10	21.98	219.78	0.70	31.40	313.97	24.00	11.6	3
<b>MINIMO</b>	<b>19.98</b>	<b>0.90</b>	<b>18.83</b>	<b>6.36</b>	<b>6.36</b>	<b>18.83</b>	<b>188.28</b>	<b>0.70</b>	<b>26.90</b>	<b>268.97</b>	<b>24.00</b>	<b>11.60</b>	<b>2.32</b>
<b>MAXIMO</b>	<b>20.95</b>	<b>1.10</b>	<b>22.81</b>	<b>41.22</b>	<b>26.10</b>	<b>22.81</b>	<b>228.14</b>	<b>0.70</b>	<b>32.59</b>	<b>325.91</b>	<b>24.00</b>	<b>11.60</b>	<b>2.81</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>20.55</b>	<b>1.04</b>	<b>21.41</b>	<b>23.19</b>	<b>16.49</b>	<b>21.41</b>	<b>214.10</b>	<b>0.70</b>	<b>30.59</b>	<b>305.86</b>	<b>24.00</b>	<b>11.60</b>	<b>2.64</b>
<b>TOTAL</b>	<b>205.48</b>		<b>214.10</b>	<b>231.88</b>	<b>164.87</b>	<b>214.10</b>	<b>2141.01</b>	<b>7.00</b>	<b>305.86</b>	<b>3058.59</b>		<b>116.00</b>	<b>26.37</b>

Fuente: elaboracion propia

Anexo 11:

**REQUERIMIENTO HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGO POR ASPERSION (SOFTWARE-CROPWAT)**

FECHA	Eto mm/perd	Kc/period	Req. Neto mm/Period	Precipitaci mm/period	Precip. Efe mm/period	Req.net.rie mm/period	Req.net.rie m3/Ha.	Eficiencias de Aplicac.	Req. Total mm/period	Req.net.rie m3/Ha.	Infiltracion Basica mm	Precip.med Asper. mm/	Tiempo de Riego (t
16/11/2013	27.91	0.90	25.12	9.04	9.03	25.12	251.19	0.70	35.88	358.84	24.00	3.54	10
24/11/2013	27.92	0.94	26.24	14.13	12.83	26.24	262.45	0.70	37.49	374.93	24.00	3.54	11
02/12/2013	27.82	1.04	28.93	20.70	16.65	28.93	289.33	0.70	41.33	413.33	24.00	3.54	12
10/12/2013	27.61	1.10	30.37	28.42	20.98	30.37	303.71	0.70	43.39	433.87	24.00	3.54	12
18/12/2013	27.30	1.10	30.03	36.79	25.56	30.03	300.30	0.70	42.90	429.00	24.00	3.54	12
26/12/2013	26.91	1.10	29.60	44.51	29.67	29.60	296.01	0.70	42.29	422.87	24.00	3.54	12
03/01/2014	26.70	1.10	29.37	50.37	32.53	29.37	293.70	0.70	41.96	419.57	24.00	3.54	12
11/01/2014	13.31	1.10	14.64	27.92	17.62	14.64	146.41	0.70	20.92	209.16	24.00	3.54	6
<b>MINIMO</b>	<b>13.31</b>	<b>0.90</b>	<b>14.64</b>	<b>9.04</b>	<b>9.03</b>	<b>14.64</b>	<b>146.41</b>	<b>0.70</b>	<b>20.92</b>	<b>209.16</b>	<b>24.00</b>	<b>3.54</b>	<b>5.91</b>
<b>MAXIMO</b>	<b>27.82</b>	<b>1.10</b>	<b>30.37</b>	<b>50.37</b>	<b>32.53</b>	<b>30.37</b>	<b>303.71</b>	<b>0.70</b>	<b>43.39</b>	<b>433.87</b>	<b>24.00</b>	<b>3.54</b>	<b>12.26</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>25.69</b>	<b>1.05</b>	<b>26.79</b>	<b>28.99</b>	<b>20.61</b>	<b>26.79</b>	<b>267.89</b>	<b>0.70</b>	<b>38.27</b>	<b>382.70</b>	<b>24.00</b>	<b>3.54</b>	<b>10.81</b>
<b>TOTAL</b>	<b>205.48</b>	<b>1.10</b>	<b>214.31</b>	<b>231.88</b>	<b>164.87</b>	<b>214.31</b>	<b>2143.10</b>	<b>5.60</b>	<b>306.16</b>	<b>3061.57</b>		<b>28.32</b>	<b>86.48</b>

Fuente: elaboracion propia

Anexo 12:

**DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION**

REGION	PUNO
PROVINCIA:	CHUCUTO
DISTRITO:	JULI
CENTRO POBLADO:	MOLINO
LOCALIDAD:	VILCALLAM
MICROCUCIENCA:	MOLINO

**A Información Requerida:**

Evapotranspiración potencial	ETP = 3.48 mm/día
Coefficiente del cultivo	Kc = 1.10 Máximo
Evapotranspiración real	ETR = 3.83 mm/día
Área ha irrigar	A = 0.05 Has
Velocidad del viento	Vv = 2.54 m / s
Velocidad de infiltración básica	Ib = 24.0 mm/h
Cultivo proyectado	ALFALFA
Eficiencia de riego	Er = 70 %
Caudal disponible manantial	Qd = 5.4 lt / seg

**B Diseño Agronómico**

**1.- Determinación de la dosis en mm**

$$L_n = HFU \times \frac{(CC \% - PM \%)}{100} \times D_a \times PR$$

Profundidad de raíces  
 Capacidad de campo % del peso seco del suelo  
 Punto de marchitamiento % del peso seco del suelo  
 Fracción de agotamiento de agua disponible  
 Densidad aparente del suelo

Dn = 13.28 mm
Dn = 132.78 m3/Ha
H = 0.80 m
Cc = 24.42 %
Pm = 13.73 %
f = 0.55
Da = 1.40 Tn/m3

**2.- Determinación de dosis total**

$$D_t = \frac{N_n}{E_a}$$

Necesidades netas de agua  
 Eficiencia de aplicación

Dt = 18.97 mm
Dt = 189.68 m3/Ha
Nn = 13.28 mm
Ea = 70.00 %

**3.- Determinación del intervalo entre riegos**

$$I_r = \frac{D_n}{ET (cultivo)}$$

Necesidades netas de agua de riego  
 Evapotranspiración real o de cultivo

IR = 4 Días
Nn = 13.28 mm/día
ETc = 3.83 mm/día

**4.- Tiempo de riego**

$$t = \frac{D_t}{P_{ma}}$$

Necesidades totales de agua de riego  
 Pluviometría de los aspersores

t = 2 horas
Nt = 18.97 mm/día
Pma = 11.57 mm/hora

**5.- Caudal necesario**

$$Q = 10 \frac{S \cdot D_t}{I_r \cdot T}$$

Superficie regada en Ha  
 Dosis total en mm de altura de agua  
 Número de días empleados en regar  
 Tiempo de riego en Horas/día

Q = 1.9 m3/hora
S = 0.05 Ha
Dt = 18.97 mm
Ir = 1.00 día
T = 4.92 horas

**6.- Disposición de tuberías en el campo**

Número de tuberías laterales  
 Longitud de las tuberías laterales  
 Número de aspersores por lateral

Nl = 3.00 Und
LI = 19.00 m
Na = 3.00 Und

7.- Selección del aspersor

Características hidráulicas de los aspersores

Especificaciones de diseño de los aspersores marca : NAAN **NAAN 427**

Diámetro de boquillas del aspersor	f =	3.0	mm
Espaciamiento de aspersores Ea	Ea =	7.2	m
Espaciamiento de laterales El	El =	7.2	m
Pluviometría del aspersor Pp	Pp =	11.6	mm / h
Presión de trabajo de los aspersores	Po =	18.00	mca
Caudal del aspersor qa	qa =	0.6	m3/h
Diametro de alcance de chorro	D =	10.0	m

8.- Obtención de la Pluviometría Real:

$$Pp = \frac{qa * 1000}{Ea * El}$$

Caudal del aspersor qa  
Espaciamiento de aspersores Ea  
Espaciamiento de laterales El

qa =	0.6	m3/h
Ea =	7.2	m
El =	7.2	m

Comprobación de la pluviometría:

$$Pp < lb$$

Pluviometría del aspersor Pp

Pp	<	lb
11.6	<	24.0
mm / h	OK!	mm / h

9.- Traslape del diámetro mojado de los aspersores

Radio del diametro mojado de aspersores  
Traslape debe estar comprendido entre el 15 - 30 %

r =	4.75	m
Trasp =	2.48	m

C Diseño Hidráulico

Cálculo de tuberías laterales

1.- Caudal en el origen del lateral portaaspersores (Q).

$$Q = ns * q$$

Número de salidas  
Caudal de cada salida

Q =	1.80	m3/hora
-----	------	---------

ns =	3.00	
q =	0.6	m3/hora

2.- Longitud ficticia del lateral (Lf):

$$Lf = Lr * 1.10$$

Longitud real:  
Longitud equivalente o multiplicar por 1.10:

Lf =	20.10	m.
------	-------	----

Lr =	19.00	m
Le =	1.10	m

3.- Pérdida de carga en el lateral (h):

$$h = J * F * Lf$$

pérdida de carga unitaria mca/ml:  
Factor de Christiansen (F):  
Longitud ficticia del lateral (Lf) m:  
Tubería PE de 3/4"

Qc =	1.88	mca.
------	------	------

J =	0.25	mca/ml
F =	0.37	
Lf =	20.10	m
Di =	19.00	mm

Para el cálculo de J se utilizó el Abaco 1 del del libro Técnicas de riego FUENTES (2003), Departamento de suelos y riegos (CRIDA)-11 INIA Para un caudal de 2.21 m3/h, para tubería de 20.4 mm tiene una pérdida de carga de 25.1 mca / 100 m

4.- Pérdida de carga admisible en el lateral (ha)

Porcentaje de presión nominal del aspersor  
Presión de trabajo de los aspersores

ha =	3.60	mca
------	------	-----

Pn =	0.2	
Po =	18.0	mca

<p>5.- Presión en el origen del lateral (Po)</p> $Po = Pm + 0.75h + Ha$ <p>si el lateral es horizontal</p> $Po = Pm + 0.75h \pm Hg / 2 + Ha$ <p>si el lateral tiene pendiente</p> <p>Presión en el origen del lateral                  Presión de trabajo del aspersor                  Pérdida de carga en el lateral                  Desnivel geométrico del lateral                  Altura del tubo portaaspersor                  Hg/2 = (+) si el lateral es ascendente                  Hg/2 = (-) si el lateral es descendente</p> <p><b>Cálculo de tuberías secundarias o porta laterales</b></p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Po =</td> <td style="text-align: center;">19.91</td> <td style="text-align: right;">mca</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Po =</td> <td style="text-align: center;">19.91</td> <td style="text-align: right;">mca</td> </tr> <tr> <td>Pm =</td> <td style="text-align: center;">18.00</td> <td style="text-align: right;">mca</td> </tr> <tr> <td>h =</td> <td style="text-align: center;">1.88</td> <td style="text-align: right;">mca</td> </tr> <tr> <td>Hg =</td> <td style="text-align: center;">0.60</td> <td style="text-align: right;">m</td> </tr> <tr> <td>Ha =</td> <td style="text-align: center;">0.80</td> <td style="text-align: right;">m</td> </tr> </table>	Po =	19.91	mca	Po =	19.91	mca	Pm =	18.00	mca	h =	1.88	mca	Hg =	0.60	m	Ha =	0.80	m
Po =	19.91	mca																	
Po =	19.91	mca																	
Pm =	18.00	mca																	
h =	1.88	mca																	
Hg =	0.60	m																	
Ha =	0.80	m																	
<p>1.- Caudal en el origen de la secundaria (Q).</p> $Q = NI * Ql$ <p>Número de laterales                  Caudal de cada lateral</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Q =</td> <td style="text-align: center;">5.40</td> <td style="text-align: right;">m3/hora</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Nl =</td> <td style="text-align: center;">3.00</td> <td style="text-align: right;">Und</td> </tr> <tr> <td>Ql =</td> <td style="text-align: center;">1.80</td> <td style="text-align: right;">Lts/h</td> </tr> </table>	Q =	5.40	m3/hora	Nl =	3.00	Und	Ql =	1.80	Lts/h									
Q =	5.40	m3/hora																	
Nl =	3.00	Und																	
Ql =	1.80	Lts/h																	
<p>2.- Longitud ficticia de tubería secundaria (Lf).</p> $Lf = Lr * 1.10$ <p>Longitud real                  Longitud equivalente o multiplicado po 1.10                  Diámetro preliminar de tubería porta lateral</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Lf =</td> <td style="text-align: center;">23.10</td> <td style="text-align: right;">m</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Lr =</td> <td style="text-align: center;">22.00</td> <td style="text-align: right;">m</td> </tr> <tr> <td>Le =</td> <td style="text-align: center;">1.1</td> <td style="text-align: right;">m</td> </tr> <tr> <td>D =</td> <td style="text-align: center;">25.0</td> <td style="text-align: right;">mm</td> </tr> </table>	Lf =	23.10	m	Lr =	22.00	m	Le =	1.1	m	D =	25.0	mm						
Lf =	23.10	m																	
Lr =	22.00	m																	
Le =	1.1	m																	
D =	25.0	mm																	
<p>3.- Pérdida de carga en tubería secundaria porta lateral (h')</p> $h' = J * F * Lf$ <p>Pérdida de carga unitaria mca/ml:                  Factor de Christiansen (F):                  Longitud ficticia de la terciaria (Lf) m:                  Tubo. PE</p> <p>Para el cálculo de J se utilizó el abaco 1 del del libro Técnicas de riego FUENTES (2003), Departamento de suelos y riegos (CRIDA)-11 INIA Para un caudal de 8.10 m3/h, para tubería de 1 " tiene una pérdida de carga de 40 mca / 100 m</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>h' =</td> <td style="text-align: center;">3.44</td> <td style="text-align: right;">mca</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>J =</td> <td style="text-align: center;">0.40</td> <td style="text-align: right;">mca</td> </tr> <tr> <td>F =</td> <td style="text-align: center;">0.372</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lf =</td> <td style="text-align: center;">23.1</td> <td style="text-align: right;">m</td> </tr> <tr> <td>D =</td> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: right;">Pulg.</td> </tr> </table>	h' =	3.44	mca	J =	0.40	mca	F =	0.372		Lf =	23.1	m	D =	1	Pulg.			
h' =	3.44	mca																	
J =	0.40	mca																	
F =	0.372																		
Lf =	23.1	m																	
D =	1	Pulg.																	
<p>4.- Pérdida de carga admisible en la tubería secundaria (h'a):</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>h'a =</td> <td style="text-align: center;">3.60</td> <td style="text-align: right;">mca</td> </tr> </table>	h'a =	3.60	mca															
h'a =	3.60	mca																	
<p>5.- Presión en el origen de la secundaria (P'o):</p> $P'o = Po + 0.75h' \frac{Hg}{2} + Ha$ <p>Presión en el origen del lateral                  Pérdida de carga en la tubería secundaria                  Densivel geométrico (+)                  Altura de tubo porta aspersor</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>h' =</td> <td style="text-align: center;">23.79</td> <td style="text-align: right;">mca</td> </tr> </table> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Po =</td> <td style="text-align: center;">19.91</td> <td style="text-align: right;">mca</td> </tr> <tr> <td>h' =</td> <td style="text-align: center;">3.44</td> <td style="text-align: right;">mca</td> </tr> <tr> <td>Hg =</td> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td style="text-align: right;">m</td> </tr> <tr> <td>Ha =</td> <td style="text-align: center;">0.8</td> <td style="text-align: right;">m</td> </tr> </table>	h' =	23.79	mca	Po =	19.91	mca	h' =	3.44	mca	Hg =	1.0	m	Ha =	0.8	m			
h' =	23.79	mca																	
Po =	19.91	mca																	
h' =	3.44	mca																	
Hg =	1.0	m																	
Ha =	0.8	m																	

Anexo 13

REQUERIMIENTO HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGO POR GOTEO (SOFTWARE CROPWAT)

REQUERIMIENTO HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGO POR GOTEO (SOFTWARE CROPWAT)												
TIEMPO DE RIEGO = 03 HORAS												
INTERVALO ENTRE RIEGOS = 04 DIAS												
EFICIENCIA DE RIEGO = 90 %												
TRATAMIENTO = FRECUENCIA (F1) PRIMER CORTE												
FECHA	Eto mm/perd	Kc/period	Req. Neto mm/Period	Precipitacion mm/period	Precip. Efectiva mm/period	Req.net.riego mm/period	Eficiencias de Aplicac.	Req. Total mm/period.	Req. Total m3/Ha.	Descarga Got. M3/ha	Tiempo de Riego (h)	
01/09/2013	11.71	0.90	10.54	4.20	3.34	10.54	0.90	11.71	117.10	58	2.5	
05/09/2013	11.87	0.90	10.68	4.64	3.59	10.68	0.90	11.87	118.70	58	2.5	
09/09/2013	12.03	0.90	10.83	4.92	3.76	10.83	0.90	12.03	120.30	58	2.6	
13/09/2013	12.20	0.90	10.98	5.04	3.84	10.98	0.90	12.20	122.00	58	2.6	
17/09/2013	12.35	0.94	11.61	5.01	3.85	11.61	0.90	12.90	128.99	58	2.7	
21/09/2013	12.51	0.97	12.13	4.83	3.80	12.13	0.90	13.48	134.83	58	2.8	
25/09/2013	12.67	1.01	12.80	4.54	3.69	12.80	0.90	14.22	142.19	58	3.0	
29/09/2013	12.82	1.06	13.59	4.16	3.54	13.59	0.90	15.10	150.99	58	3.1	
03/10/2013	12.96	1.09	14.13	3.72	3.36	14.13	0.90	15.70	156.96	58	3.2	
07/10/2013	13.10	1.10	14.41	3.26	3.17	14.41	0.90	16.01	160.11	58	3.3	
11/10/2013	13.23	1.10	14.55	2.80	2.80	14.55	0.90	16.17	161.70	58	3.3	
15/10/2013	13.35	1.10	14.69	2.39	2.39	14.69	0.90	16.32	163.17	58	3.3	
19/10/2013	13.46	1.10	14.81	2.05	2.05	14.81	0.90	16.45	164.51	58	3.3	
23/10/2013	13.57	1.10	14.93	1.82	1.82	14.93	0.90	16.59	165.86	58	3.4	
27/10/2013	13.66	1.10	15.03	1.73	1.73	15.03	0.90	16.70	166.96	58	3.4	
31/10/2013	13.74	1.10	15.11	1.79	1.79	15.11	0.90	16.79	167.93	58	3.4	
04/11/2013	13.81	1.10	15.19	2.04	2.04	15.19	0.90	16.88	168.79	58	3.4	
08/11/2013	13.87	1.10	15.26	2.48	2.48	15.26	0.90	16.95	169.52	58	3.4	
12/11/2013	10.43	1.10	11.47	2.27	2.27	11.47	0.90	12.75	127.48	58	2.7	
<b>MINIMO</b>	<b>10.43</b>	<b>0.90</b>	<b>10.54</b>	<b>1.73</b>	<b>1.73</b>	<b>10.54</b>	<b>0.90</b>	<b>11.71</b>	<b>117.10</b>	<b>58.00</b>	<b>2.52</b>	
<b>MAXIMO</b>	<b>13.87</b>	<b>1.10</b>	<b>15.26</b>	<b>5.04</b>	<b>3.85</b>	<b>15.26</b>	<b>0.90</b>	<b>16.95</b>	<b>169.52</b>	<b>58.00</b>	<b>3.42</b>	
<b>PROMEDIO</b>	<b>12.80</b>	<b>1.04</b>	<b>13.40</b>	<b>3.31</b>	<b>2.88</b>	<b>13.40</b>	<b>0.90</b>	<b>14.89</b>	<b>148.88</b>	<b>58.00</b>	<b>3.07</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>243.34</b>		<b>252.73</b>	<b>63.69</b>	<b>55.31</b>	<b>252.73</b>	<b>17.10</b>	<b>280.81</b>	<b>2808.08</b>	<b>1102.00</b>	<b>57.92</b>	

Anexo 14

REQUERIMIENTO HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGO POR GOTEO (SOFTWARE CROPWAT)

REQUERIMIENTO HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGO POR GOTEO (SOFTWARE CROPWAT)												
TIEMPO DE RIEGO = 03 HORAS												
INTERVALO ENTRE RIEGOS = 02 DIAS												
EFICIENCIA DE RIEGO = 90 %												
TRATAMIENTO = FRECUENCIA (F2)												
FECHA	Eto mm/perd	Kc/period	Req. Neto mm/Period	Precipitacion mm/period	Precip. Efectiva mm/period	Req.net.riego mm/period	Eficiencias de Aplicac.	Req. Total mm/period.	Req. Total m3/Ha.	Descarga Got. M3/ha	Tiempo de Riego (h)	
01/09/2013	5.83	0.90	5.25	2.04	1.63	5.25	0.90	5.83	58.30	58	1.0	
03/09/2013	5.87	0.90	5.28	2.17	1.71	5.28	0.90	5.87	58.70	58	1.0	
05/09/2013	5.92	0.90	5.33	2.28	1.77	5.33	0.90	5.92	59.20	58	1.0	
07/09/2013	5.96	0.90	5.36	2.37	1.82	5.36	0.90	5.96	59.60	58	1.0	
09/09/2013	6.00	0.90	5.40	2.44	1.86	5.40	0.90	6.00	60.00	58	1.0	
11/09/2013	6.04	0.90	5.44	2.49	1.89	5.44	0.90	6.04	60.40	58	1.0	
13/09/2013	6.08	0.90	5.47	2.52	1.92	5.47	0.90	6.08	60.80	58	1.0	
15/09/2013	6.12	0.90	5.51	2.53	1.93	5.51	0.90	6.12	61.20	58	1.1	
17/09/2013	6.16	0.92	5.67	2.52	1.93	5.67	0.90	6.30	62.97	58	1.1	
19/09/2013	6.20	0.94	5.83	2.49	1.92	5.83	0.90	6.48	64.76	58	1.1	
21/09/2013	6.24	0.96	5.99	2.45	1.91	5.99	0.90	6.66	66.56	58	1.1	
23/09/2013	6.28	0.99	6.22	2.39	1.89	6.22	0.90	6.91	69.08	58	1.2	
25/09/2013	6.31	1.00	6.31	2.31	1.86	6.31	0.90	7.01	70.11	58	1.2	
27/09/2013	6.35	1.02	6.48	2.23	1.83	6.48	0.90	7.20	71.97	58	1.2	
29/09/2013	6.39	1.04	6.65	2.13	1.79	6.65	0.90	7.38	73.84	58	1.3	
01/10/2013	6.43	1.07	6.88	2.03	1.75	6.88	0.90	7.64	76.45	58	1.3	
03/10/2013	6.46	1.09	7.04	1.92	1.70	7.04	0.90	7.82	78.24	58	1.3	
05/10/2013	6.50	1.10	7.15	1.80	1.66	7.15	0.90	7.94	79.44	58	1.4	
07/10/2013	6.53	1.10	7.18	1.69	1.61	7.18	0.90	7.98	79.81	58	1.4	
09/10/2013	6.57	1.10	7.23	1.57	1.56	7.23	0.90	8.03	80.30	58	1.4	
11/10/2013	6.60	1.10	7.26	1.46	1.46	7.26	0.90	8.07	80.67	58	1.4	
13/10/2013	6.63	1.10	7.29	1.35	1.35	7.29	0.90	8.10	81.03	58	1.4	
15/10/2013	6.66	1.10	7.33	1.24	1.24	7.33	0.90	8.14	81.40	58	1.4	
17/10/2013	6.69	1.10	7.36	1.15	1.15	7.36	0.90	8.18	81.77	58	1.4	
19/10/2013	6.72	1.10	7.39	1.06	1.06	7.39	0.90	8.21	82.13	58	1.4	
21/10/2013	6.75	1.10	7.43	0.99	0.99	7.43	0.90	8.25	82.50	58	1.4	

23/10/2013	6.77	1.10	7.45	0.93	0.93	0.93	7.45	0.90	8.27	82.74	58	1.4
25/10/2013	6.80	1.10	7.48	0.89	0.89	0.89	7.48	0.90	8.31	83.11	58	1.4
27/10/2013	6.82	1.10	7.50	0.87	0.87	0.87	7.50	0.90	8.34	83.36	58	1.4
29/10/2013	6.84	1.10	7.52	0.86	0.86	0.86	7.52	0.90	8.36	83.60	58	1.4
31/10/2013	6.86	1.10	7.55	0.88	0.88	0.88	7.55	0.90	8.38	83.84	58	1.4
02/11/2013	6.88	1.10	7.57	0.92	0.92	0.92	7.57	0.90	8.41	84.09	58	1.4
04/11/2013	6.90	1.10	7.59	0.98	0.98	0.98	7.59	0.90	8.43	84.33	58	1.5
06/11/2013	6.91	1.10	7.60	1.06	1.06	1.06	7.60	0.90	8.45	84.46	58	1.5
08/11/2013	6.93	1.10	7.62	1.17	1.17	1.17	7.62	0.90	8.47	84.70	58	1.5
10/11/2013	6.94	1.10	7.63	1.31	1.31	1.31	7.63	0.90	8.48	84.82	58	1.5
12/11/2013	6.95	1.10	7.65	1.47	1.47	1.47	7.65	0.90	8.49	84.94	58	1.5
14/11/2013	3.48	1.10	3.83	0.80	0.80	0.80	3.83	0.90	4.25	42.53	58	0.7
<b>MINIMO</b>	<b>3.48</b>	<b>0.90</b>	<b>3.83</b>	<b>0.80</b>	<b>0.80</b>	<b>0.80</b>	<b>3.83</b>	<b>0.90</b>	<b>4.25</b>	<b>42.53</b>	<b>58.00</b>	<b>0.73</b>
<b>MAXIMO</b>	<b>6.95</b>	<b>1.10</b>	<b>7.65</b>	<b>2.53</b>	<b>2.53</b>	<b>2.53</b>	<b>7.65</b>	<b>0.90</b>	<b>8.49</b>	<b>84.94</b>	<b>58.00</b>	<b>1.46</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>6.35</b>	<b>1.03</b>	<b>6.60</b>	<b>1.68</b>	<b>1.68</b>	<b>1.45</b>	<b>6.60</b>	<b>0.90</b>	<b>7.34</b>	<b>73.38</b>	<b>58.00</b>	<b>1.27</b>
<b>TOTAL</b>	<b>243.37</b>		<b>252.70</b>	<b>63.76</b>	<b>63.76</b>	<b>55.33</b>	<b>252.70</b>		<b>280.78</b>	<b>2807.75</b>	<b>2204.00</b>	<b>48.41</b>

Anexo 15

REQUERIMIENTO HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGO POR GOTEO (SOFTWARE CROPWAT)

TIEMPO DE RIE = 03 HORAS												
INTERVALO ENTRE RIEGOS = 03 DIAS												
EFICIENCIA DE RIEGO = 90 %												
TRATAMIENTO = FRECUENCIA (F3)												
FECHA	Eto mm/perd	Kc/period	Req. Neto mm/Period	Precipitacion mm/period	Precip. Efectiva mm/period	Req.net.riego mm/period	Eficiencias de Aplicac.	Req. Total mm/period.	Req. Total m3/Ha.	Descarga Got. M3/ha	Tiempo de Riego (h)	
01/09/2013	8.77	0.90	7.89	3.11	2.48	7.89	0.90	8.77	87.70	58	2	
04/09/2013	8.86	0.90	7.97	3.37	2.63	7.97	0.90	8.86	88.60	58	2	
07/09/2013	8.95	0.90	8.06	3.58	2.75	8.06	0.90	8.95	89.50	58	2	
10/09/2013	9.04	0.90	8.14	3.71	2.83	8.14	0.90	9.04	90.40	58	2	
13/09/2013	9.13	0.90	8.22	3.78	2.88	8.22	0.90	9.13	91.30	58	2	
16/09/2013	9.22	0.92	8.48	3.78	2.90	8.48	0.90	9.42	94.25	58	2	
19/09/2013	9.31	0.95	8.84	3.72	2.88	8.84	0.90	9.83	98.27	58	2	
22/09/2013	9.40	0.98	9.21	3.60	2.84	9.21	0.90	10.24	102.36	58	2	
25/09/2013	9.49	1.01	9.58	3.44	2.78	9.58	0.90	10.65	106.50	58	2	
28/09/2013	9.57	1.04	9.95	3.23	2.70	9.95	0.90	11.06	110.59	58	2	
01/10/2013	9.65	1.07	10.33	3.00	2.60	10.33	0.90	11.47	114.73	58	2	
04/10/2013	9.73	1.10	10.70	2.75	2.50	10.70	0.90	11.89	118.92	58	2	
07/10/2013	9.81	1.10	10.79	2.49	2.40	10.79	0.90	11.99	119.90	58	2	
10/10/2013	9.88	1.10	10.87	2.23	2.23	10.87	0.90	12.08	120.76	58	2	
13/10/2013	9.96	1.10	10.96	1.98	1.98	10.96	0.90	12.17	121.73	58	2	
16/10/2013	10.02	1.10	11.02	1.76	1.76	11.02	0.90	12.25	122.47	58	2	
19/10/2013	10.09	1.10	11.10	1.57	1.57	11.10	0.90	12.33	123.32	58	2	
22/10/2013	10.15	1.10	11.17	1.42	1.42	11.17	0.90	12.41	124.06	58	2	
25/10/2013	10.20	1.10	11.22	1.33	1.33	11.22	0.90	12.47	124.67	58	2	
28/10/2013	10.25	1.10	11.28	1.29	1.29	11.28	0.90	12.53	125.28	58	2	
31/10/2013	10.30	1.10	11.33	1.33	1.33	11.33	0.90	12.59	125.89	58	2	
03/11/2013	10.34	1.10	11.37	1.44	1.44	11.37	0.90	12.64	126.38	58	2	
06/11/2013	10.38	1.10	11.42	1.63	1.63	11.42	0.90	12.69	126.87	58	2	
09/11/2013	10.41	1.10	11.45	1.91	1.91	11.45	0.90	12.72	127.23	58	2	
12/11/2013	10.43	1.10	11.47	2.27	2.27	11.47	0.90	12.75	127.48	58	2	

MINIMO	8.77	0.90	7.89	1.29	1.29	7.89	0.90	8.77	87.70	58.00	1.51
MAXIMO	10.43	1.10	11.47	2.90	3.78	11.47	0.90	12.75	127.48	58.00	2.20
PROMEDIO	9.72	1.03	10.08	2.20	2.55	10.08	0.90	11.20	112.01	58.00	1.93
TOTAL	243.34		252.82	55.33	63.72	252.82	22.50	280.91	2809.13	3.54	48.43

Anexo 16:

REQUERIMIENTO HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGO POR GOTEO (SOFTWARE CROPWAT)

REQUERIMIENTO HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGO POR GOTEO (SOFTWARE CROPWAT)												
TIEMPO DE RIEGO PROMEDIO = 1 HORA												
INTERVALO ENTRE RIEGOS = 04 DIA												
EFICIENCIA DE RIEGO = 90 %												
TRATAMIENTO = FRECUENCIA(F1) SEGUNDO CORTE												
FECHA	Eto mm/perd	Kc/period	Req. Neto mm/Period	precipitacion mm/period	recip. Efec mm/period	efec.net.rieg mm/period	Eficiencias de Aplicac.	Req. Total mm/period.	Req. Total m3/Ha.	Descarga got m3/Ha de	Tiempo de Riego (h)	
16/11/2013	13.94	0.90	12.55	3.98	3.98	12.55	0.90	13.94	139.40	58	2	
20/11/2013	13.96	0.90	12.56	5.05	5.05	12.56	0.90	13.96	139.60	58	2	
24/11/2013	13.97	0.91	12.71	6.33	5.98	12.71	0.90	14.13	141.25	58	2	
28/11/2013	13.95	0.96	13.39	7.80	6.85	13.39	0.90	14.88	148.80	58	3	
02/12/2013	13.93	1.01	14.07	9.45	7.81	14.07	0.90	15.63	156.33	58	3	
06/12/2013	13.89	1.07	14.86	11.26	8.84	14.86	0.90	16.51	165.14	58	3	
10/12/2013	13.84	1.10	15.22	13.19	9.93	15.22	0.90	16.92	169.16	58	3	
14/12/2013	13.77	1.10	15.15	15.23	11.06	15.15	0.90	16.83	168.30	58	3	
18/12/2013	13.70	1.10	15.07	17.33	12.21	15.07	0.90	16.74	167.44	58	3	
22/12/2013	13.61	1.10	14.97	19.46	13.36	14.97	0.90	16.63	166.34	58	3	
26/12/2013	13.51	1.10	14.86	21.58	14.48	14.86	0.90	16.51	165.12	58	3	
30/12/2013	13.40	1.10	14.74	22.93	15.19	14.74	0.90	16.38	163.78	58	3	
03/01/2014	13.36	1.10	14.70	24.22	15.79	14.70	0.90	16.33	163.29	58	3	
07/01/2014	13.34	1.10	14.67	26.15	16.73	14.67	0.90	16.30	163.04	58	3	
11/01/2014	13.31	1.10	14.64	27.92	17.62	14.64	0.90	16.27	162.68	58	3	
<b>MINIMO</b>	<b>13.31</b>	<b>0.90</b>	<b>12.55</b>	<b>3.98</b>	<b>3.98</b>	<b>12.55</b>	<b>0.90</b>	<b>13.94</b>	<b>139.40</b>	<b>58.33</b>	<b>2.39</b>	
<b>MAXIMO</b>	<b>13.97</b>	<b>1.10</b>	<b>15.22</b>	<b>27.92</b>	<b>17.62</b>	<b>15.22</b>	<b>0.90</b>	<b>16.92</b>	<b>169.16</b>	<b>58.33</b>	<b>2.90</b>	
<b>PROMEDIO</b>	<b>13.70</b>	<b>1.04</b>	<b>14.28</b>	<b>15.46</b>	<b>10.99</b>	<b>14.28</b>	<b>0.90</b>	<b>15.86</b>	<b>158.64</b>	<b>58.33</b>	<b>2.72</b>	
<b>TOTAL</b>	<b>205.48</b>		<b>214.17</b>	<b>231.88</b>	<b>164.88</b>	<b>214.17</b>	<b>13.50</b>	<b>237.97</b>	<b>2379.67</b>	<b>874.95</b>	<b>40.80</b>	

Fuente: Elaboracion propia

Anexo 17

REQUERIMIENTO HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGO POR GOTEO (SOFTWARE CROPWAT)

REQUERIMIENTO HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGO POR GOTEO (SOFTWARE CROPWAT)														
TIEMPO DE RIEGO PROMEDIO =														
INTERVALO ENTRE RIEGOS = 02														
EFICIENCIA DE RIEGO = 90 %														
TRATAMIENTO = FRECUENCIA(F2) SEGUNDO CORTE														
FECHA	Eto mm/perd	Kc/period	Req. Neto mm/Period	Recipitacio/mm/period	Recip. mm/period	Efec/mm/period	Eq.net.mm/period	mm/period	de	Aplicac.	Req. Total mm/period.	Eq.net.rieg m3/Ha.	Descarga got m3/Ha de	Tiempo de Riego (h)
16/11/2013	6.97	0.90	6.27	1.87	1.87	1.87	6.27	6.27	0.90	6.97	69.70	58	1.2	
18/11/2013	6.98	0.90	6.28	2.11	2.11	2.11	6.28	6.28	0.90	6.98	69.80	58	1.2	
20/11/2013	6.98	0.90	6.28	2.38	2.38	2.38	6.28	6.28	0.90	6.98	69.80	58	1.2	
22/11/2013	6.98	0.90	6.28	2.67	2.67	2.67	6.28	6.28	0.90	6.98	69.80	58	1.2	
24/11/2013	6.98	0.90	6.28	2.99	2.99	2.89	6.28	6.28	0.90	6.98	69.80	58	1.2	
26/11/2013	6.98	0.92	6.42	3.34	3.09	3.09	6.42	6.42	0.90	7.14	71.35	58	1.2	
28/11/2013	6.98	0.95	6.63	3.70	3.31	3.31	6.63	6.63	0.90	7.37	73.68	58	1.3	
30/11/2013	6.98	0.97	6.77	4.10	3.54	3.54	6.77	6.77	0.90	7.52	75.23	58	1.3	
02/12/2013	6.97	1.00	6.97	4.51	3.78	3.78	6.97	6.97	0.90	7.74	77.44	58	1.3	
04/12/2013	6.96	1.03	7.17	4.94	4.03	4.03	7.17	7.17	0.90	7.97	79.65	58	1.4	
06/12/2013	6.95	1.05	7.30	5.39	4.29	4.29	7.30	7.30	0.90	8.11	81.08	58	1.4	
08/12/2013	6.94	1.08	7.50	5.86	4.55	4.55	7.50	7.50	0.90	8.33	83.28	58	1.4	
10/12/2013	6.93	1.10	7.62	6.35	4.82	4.82	7.62	7.62	0.90	8.47	84.70	58	1.5	
12/12/2013	6.91	1.10	7.60	6.85	5.10	5.10	7.60	7.60	0.90	8.45	84.46	58	1.4	
14/12/2013	6.90	1.10	7.59	7.35	5.39	5.39	7.59	7.59	0.90	8.43	84.33	58	1.4	
16/12/2013	6.88	1.10	7.57	7.87	5.67	5.67	7.57	7.57	0.90	8.41	84.09	58	1.4	
18/12/2013	6.86	1.10	7.55	8.40	5.96	5.96	7.55	7.55	0.90	8.38	83.84	58	1.4	
20/12/2013	6.84	1.10	7.52	8.93	6.25	6.25	7.52	7.52	0.90	8.36	83.60	58	1.4	
22/12/2013	6.82	1.10	7.50	9.46	6.54	6.54	7.50	7.50	0.90	8.34	83.36	58	1.4	
24/12/2013	6.79	1.10	7.47	10.00	6.82	6.82	7.47	7.47	0.90	8.30	82.99	58	1.4	
26/12/2013	6.77	1.10	7.45	10.53	7.10	7.10	7.45	7.45	0.90	8.27	82.74	58	1.4	
28/12/2013	6.74	1.10	7.41	11.05	7.38	7.38	7.41	7.41	0.90	8.24	82.38	58	1.4	
30/12/2013	6.71	1.10	7.38	11.57	7.65	7.65	7.38	7.38	0.90	8.20	82.01	58	1.4	
01/01/2014	6.69	1.10	7.36	11.36	7.54	7.54	7.36	7.36	0.90	8.18	81.77	58	1.4	
03/01/2014	6.68	1.10	7.35	11.86	7.78	7.78	7.35	7.35	0.90	8.16	81.64	58	1.4	
05/01/2014	6.68	1.10	7.35	12.36	8.02	8.02	7.35	7.35	0.90	8.16	81.64	58	1.4	
07/01/2014	6.67	1.10	7.34	12.84	8.25	8.25	7.34	7.34	0.90	8.15	81.52	58	1.4	
09/01/2014	6.67	1.10	7.34	13.31	8.48	8.48	7.34	7.34	0.90	8.15	81.52	58	1.4	

11/01/2014	6.66	1.10	7.33	13.75	8.70	7.33	0.90	8.14	81.40	58	1.4
13/01/2014	6.65	1.10	7.32	14.17	8.92	7.32	0.90	8.13	81.28	58	1.4
<b>TOTAL</b>	<b>205.50</b>		<b>214.19</b>	<b>231.87</b>	<b>164.88</b>	<b>214.19</b>		<b>237.99</b>	<b>2379.90</b>		<b>40.80</b>

Fuente. Elaboracion propia

Anexo 18

REQUERIMIENTO HIDRICO Y PROGRAMACION DE RIEGO POR GOTEO (SOFTWARE CROPWAT)

TIEMPO DE RIE = 10 HORAS  
 INTERVALO ENTRE RIEGOS = 08  
 EFICIENCIA DE RIEGO = 70 %  
 TRATAMIENTO = FRECUENCIA (F3)

FECHA	Eto mm/perd	Kc/period	Req. Neto mm/period	precipitacion mm/period	recip. mm/period	Efec mm/period	eq.net.rieg mm/period	Eficiencias de Aplicac. mm/period	Req. Total mm/period.	eq.net.rieg m3/Ha.	Descarga got m3/Ha	Tiempo de Riego (h)
16/11/2013	10.46	0.90	9.41	2.90	2.90	9.41	9.41	0.90	10.46	104.60	58	2
19/11/2013	10.47	0.90	9.42	3.47	3.47	9.42	9.42	0.90	10.47	104.70	58	2
22/11/2013	10.47	0.90	9.42	4.13	4.09	9.42	9.42	0.90	10.47	104.70	58	2
25/11/2013	10.47	0.91	9.53	4.87	4.56	9.53	9.53	0.90	10.59	105.86	58	2
28/11/2013	10.47	0.95	9.95	5.70	5.05	9.95	9.95	0.90	11.05	110.52	58	2
01/12/2013	10.46	0.99	10.36	6.61	5.58	10.36	10.36	0.90	11.51	115.06	58	2
04/12/2013	10.44	1.03	10.75	7.58	6.14	10.75	10.75	0.90	11.95	119.48	58	2
07/12/2013	10.41	1.07	11.14	8.62	6.73	11.14	11.14	0.90	12.38	123.76	58	2
10/12/2013	10.39	1.10	11.43	9.71	7.34	11.43	11.43	0.90	12.70	126.99	58	2
13/12/2013	10.35	1.10	11.39	10.84	7.97	11.39	11.39	0.90	12.65	126.50	58	2
16/12/2013	10.31	1.10	11.34	12.01	8.61	11.34	11.34	0.90	12.60	126.01	58	2
19/12/2013	10.27	1.10	11.30	13.20	9.26	11.30	11.30	0.90	12.55	125.52	58	2
22/12/2013	10.21	1.10	11.23	14.40	9.91	11.23	11.23	0.90	12.48	124.79	58	2
25/12/2013	10.16	1.10	11.18	15.59	10.55	11.18	11.18	0.90	12.42	124.18	58	2
28/12/2013	10.10	1.10	11.11	16.77	11.17	11.11	11.11	0.90	12.34	123.44	58	2
31/12/2013	10.04	1.10	11.04	17.21	11.40	11.04	11.04	0.90	12.27	122.71	58	2
03/01/2014	10.02	1.10	11.02	17.98	11.76	11.02	11.02	0.90	12.25	122.47	58	2
06/01/2014	10.01	1.10	11.01	19.08	12.29	11.01	11.01	0.90	12.23	122.34	58	2
09/01/2014	10.00	1.10	11.00	20.13	12.81	11.00	11.00	0.90	12.22	122.22	58	2
12/01/2014	9.98	1.10	10.98	21.10	13.30	10.98	10.98	0.90	12.20	121.98	58	2
TOTAL	205.49		214.01	231.90	164.89	214.01	214.01	18.00	237.78	2377.84		40.77

Fuente: Elaboracion propia

Anexo 19:

**DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO**

REGION	PUNO
PROVINCIA:	CHUCUTO
DISTRITO:	JULI
CENTRO POBLADO:	MOLINO
LOCALIDAD:	VILCALLAMI
MICROCUENCA:	MOLINO

**A Informacion Requerida:**

Evapotranspiracion potencial	ETP = 3.13 mm/dia
Coefficiente del cultivo	Kc = 1.10 Maximo
Evapotranspiracion real	ETR = 3.44 mm/dia
Area ha Irrigar	A = 500.00 m2
Velocidad de infiltración básica	lb = 24.0 mm/h
Cultivo proyectado	ALFALFA
Jornal, horas de trabajo	J = 12 horas/dia
Eficiencia de riego	Er = 90 %
Caudal disponible manantial	Qd = 5.4 lt / seg

**B Cálculos de Demanda Hídrica**

1.- Lámina neta ( Ln ): Ln = 15.26 mm

CULTIVO	LAMINA REQUERIDA
ALFALFA	Ln = 15.26 mm
LAMINA NETA MAX	Ln = 15.26 mm

2.- Lámina real o bruta ( Lr ):  $Lr = (Ln/Er)$

Lr = 16.95 mm/dia
Vol= 169.50 m3/dia/Ha
Vol= 169500.0 Lit/dia/Ha
Vol= 867.50 Lit/dia/Parc

Area de parcela por tratamiento = 49 m2  
 Lámina neta ( Ln ): Ln = 15.26 mm  
 Eficiencia de riego Er = 90 %

**C Prueba de descarga en campo de las cintas goteros**

Tiempo	Caudal	Radio de bulbo	Profundidad de Bulbo
Horas	Litros	cm	cm
1	1.4	21	30
2	2.8	35	52
3	4.2	55	72
4	5.6	63	91
5	7	69	98
6	8.4	76	104

**D Características hidráulicas de las cintas goteros**

**Especificaciones de diseño de las cintas goteros**

**RODRIP**

Diámetro interior	Di = 16.0	mm
Clase	Clase= 5000.0	
Espesor	Esp.= 0.127	mm
Espaciamento de salidas	Eg = 0.3	m
Longitud del rollo	Lr= 3810.0	m
Peso del rollo	Pr= 33.0	Kg.
Tasa de flujo (LPH/100m @ .55 bar)	Tf= 185 o 300	
Presión de trabajo en	Pt = 7.03	mca
Caudal de cada gotero	qa = 1.4	lit /h

**E Diseño Agronomico**

1.- Superficie mojada por emisor	S = 0.95 m <sup>2</sup>
profundidad de raices de alfalfa	pr = 0.80 m
Profundidad del bulbo a 90%	Pb 90% = 0.72 m
Profundidad del bulbo a 120%	Pb 120% = 0.96 m

la superficie mojada por emisor se determino en campo, en este caso teóricamente la profundidad del bulbo debe estar comprendido entre el 90 y 120 % de la profundidad de la raíz, en las pruebas de campo se observa que a una profundidad de 72 cm le corresponde un radio de 55 cm y un caudal 3.9 litros en 3 horas

$$S = \pi * r^2$$

2.- Porcentaje de superficie mojada	P = 100%
-------------------------------------	----------

$$P = 10 * \frac{Sup .Moj .planta}{Sup .Ocup .planta}$$

3.- Numero de emisores por planta, como se moja el 100% del suelo, en este caso el numero de emisores se calculó para una parcela experimental que tiene un ara de 49 m<sup>2</sup> y que pertenece a una frecuencia de riego.

$$Ne = \frac{Sup .Ocup .planta * P}{100 * Sup .Moj .emisor} \qquad Ne > \frac{Sp * Sr * P}{100 * Dh}$$

Número de emisores por parcela teoricamente (Ne)	Ne = 51.56 Und
Diámetro del círculo mojado del emisor	Dh = 0.95 m <sup>2</sup>
Área de la parcela experimental	a = 49.00 m <sup>2</sup>

4.- Profundidad del bulbo	Pb = 72.00 cm
---------------------------	---------------

5.- Dosis, intervalo de riego y tiempo de riego

$$Dt = e * qa * t$$

$$Dt = Nt * l$$

Dosis total en litros/ parcela	Dt = 869.400 Lit.
Número real de emisores/parcela	ne = 207 Und
Caudal de cada emisor, en Litros / hora	qa = 1.4 lit/h
Tiempo de riego en horas	t = 3.0 h
Necesidades de riego litros por día	Nt = 867.5 lit/día
Intervlo de riego	l = 1 días

En el cálculo de la dosis total de riego se aclara que teóricamente el número de emisores por parcela es de 52 unidades, pero al utilizar cintas goteros que vienen definidas el distanciamiento entre goteros a 0.30 m, el número total de emisores será entonces de 207 unidades ya que la longitud del lateral es de 7 m, en el cual hay 23 emisores, se tiene 9 laterales en una parcela experimental.

**F Diseño Hidráulico:**

**Calculo del lateral**

1.- Calculo de la variación máxima de la presión	dH = 2.00 mca
$dH = \frac{0.1}{x} * H$	
Presión de trabajo del emisor	H= 10.00 mca
Exponente de descarga del emisor	x= 0.5

1.- Cálculo de Caudal en el origen del lateral (Q)	Q = 32.20 lit/hora
$Q = e * qa$	Q = 0.03 m <sup>3</sup> /hora
Caudal del emisor:	qa = 1.4 lit /h
Número de goteros por lateral:	e = 23.0 Und

2.- Longitud ficticia del lateral (Lf):	Lf = 8.40 m.
$Lf = Lr + Le$	
Longitud real:	Lr = 7.00 m
Longitud equivalente:	Le = 1.40 m
$Le = Lr * 0.2$	

3.-	Pérdida de carga en el lateral (h): $h = J * F * L_f$ Pérdida de carga unitaria mca/ml: Factor de Christiansen (F): Longitud ficticia del lateral (L <sub>f</sub> ) m: Cinta gotero de diámetro interior	<table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr><td><math>Q_c =</math></td><td>0.07</td><td>mca.</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr><td><math>J =</math></td><td>0.02</td><td>mca/ml</td></tr> <tr><td><math>F =</math></td><td>0.44</td><td></td></tr> <tr><td><math>L_f =</math></td><td>8.40</td><td>m</td></tr> <tr><td><math>D_i =</math></td><td>16.00</td><td>mm</td></tr> </table>	$Q_c =$	0.07	mca.	$J =$	0.02	mca/ml	$F =$	0.44		$L_f =$	8.40	m	$D_i =$	16.00	mm
$Q_c =$	0.07	mca.															
$J =$	0.02	mca/ml															
$F =$	0.44																
$L_f =$	8.40	m															
$D_i =$	16.00	mm															

Para el cálculo de J se utilizó el Abaco 1 del del libro Técnicas de riego FUENTES (2003), Departamento de suelos y riegos (CRIDA)-11 INIA Para un caudal de 0.03 m<sup>3</sup>/h, para tubería de 16 mm tiene una pérdida de carga de 1.9 mca / 100 m

4.-	Pérdida de carga admisible en el lateral (h <sub>a</sub> ):  $h_a = \frac{0.055}{x} * H$ Exponente de descarga (x) Presión de trabajo de los goteros (H)	<table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr><td><math>h_a =</math></td><td>0.77</td><td>mca</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr><td><math>x =</math></td><td>0.5</td><td></td></tr> <tr><td><math>H =</math></td><td>7.0</td><td>mca</td></tr> </table>	$h_a =$	0.77	mca	$x =$	0.5		$H =$	7.0	mca
$h_a =$	0.77	mca									
$x =$	0.5										
$H =$	7.0	mca									

5.-	Presión en el origen del lateral (P <sub>o</sub> ) $P_o = P_m + 0.73 h$ si el lateral es horizontal $P_o = P_m + 0.73 h \pm H_g / 2$ si el lateral tiene pendiente  Presión en el origen del lateral Presión de trabajo del gotero Pérdida de carga en el lateral Desnivel geométrico del lateral H <sub>g</sub> /2 = (+) si el lateral es ascendente H <sub>g</sub> /2 = (-) si el lateral es descendente	<table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr><td><math>P_o =</math></td><td>6.78</td><td>mca</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr><td><math>P_o =</math></td><td>6.78</td><td>mca</td></tr> <tr><td><math>P_m =</math></td><td>7.03</td><td>mca</td></tr> <tr><td><math>h =</math></td><td>0.07</td><td>mca</td></tr> <tr><td><math>H_g =</math></td><td>0.60</td><td>m</td></tr> </table>	$P_o =$	6.78	mca	$P_o =$	6.78	mca	$P_m =$	7.03	mca	$h =$	0.07	mca	$H_g =$	0.60	m
$P_o =$	6.78	mca															
$P_o =$	6.78	mca															
$P_m =$	7.03	mca															
$h =$	0.07	mca															
$H_g =$	0.60	m															

**Cálculo de tuberías terciarias o porta laterales**

1.-	Caudal en el origen de la terciaria (Q)  $Q = NI * Q_l$ Número de laterales Caudal de cada lateral	<table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr><td><math>Q =</math></td><td>869.40</td><td>Lts/h</td></tr> <tr><td><math>Q =</math></td><td>0.87</td><td>m<sup>3</sup>/h</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr><td><math>NI =</math></td><td>27.00</td><td>Und</td></tr> <tr><td><math>Q_l =</math></td><td>32.20</td><td>Lts/h</td></tr> </table>	$Q =$	869.40	Lts/h	$Q =$	0.87	m <sup>3</sup> /h	$NI =$	27.00	Und	$Q_l =$	32.20	Lts/h
$Q =$	869.40	Lts/h												
$Q =$	0.87	m <sup>3</sup> /h												
$NI =$	27.00	Und												
$Q_l =$	32.20	Lts/h												

4.-	Caudal del Sistema: $Q_s = Q_c * N_c$  Caudal por conductor: Número de Tuberías de Conducción	<table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr><td><math>Q_c =</math></td><td>lts/seg.</td></tr> <tr><td><math>N_c =</math></td><td>Conduct.</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr><td><math>Q_s =</math></td><td>lts/seg.</td></tr> </table>	$Q_c =$	lts/seg.	$N_c =$	Conduct.	$Q_s =$	lts/seg.
$Q_c =$	lts/seg.							
$N_c =$	Conduct.							
$Q_s =$	lts/seg.							

2.-	longitud ficticia de tubería terciaria (L <sub>f</sub> ) $L_f = L_r + L_e$ $L_e = L_r * 0.2$ Longitud real Longitud equivalente Diámetro preliminar de Tubería terciaria	<table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr><td><math>L_f =</math></td><td>26.40</td><td>m</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr><td><math>L_r =</math></td><td>22.00</td><td>m</td></tr> <tr><td><math>L_e =</math></td><td>4.4</td><td>m</td></tr> <tr><td><math>D =</math></td><td>19.1</td><td>mm</td></tr> </table>	$L_f =$	26.40	m	$L_r =$	22.00	m	$L_e =$	4.4	m	$D =$	19.1	mm
$L_f =$	26.40	m												
$L_r =$	22.00	m												
$L_e =$	4.4	m												
$D =$	19.1	mm												

3.-	Pérdida de Carga en terciaria (h') $h' = J * F * L_f$ Pérdida de carga unitaria mca/ml: Factor de Christiansen (F): Longitud ficticia de la terciaria (L <sub>f</sub> ) m: Tubo. PE	<table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr><td><math>h' =</math></td><td>0.36</td><td>mca</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr><td><math>J =</math></td><td>0.04</td><td>mca</td></tr> <tr><td><math>F =</math></td><td>0.387</td><td></td></tr> <tr><td><math>L_f =</math></td><td>26.4</td><td>m</td></tr> <tr><td><math>D =</math></td><td>3/4</td><td>Pulg.</td></tr> </table>	$h' =$	0.36	mca	$J =$	0.04	mca	$F =$	0.387		$L_f =$	26.4	m	$D =$	3/4	Pulg.
$h' =$	0.36	mca															
$J =$	0.04	mca															
$F =$	0.387																
$L_f =$	26.4	m															
$D =$	3/4	Pulg.															

Para el cálculo de J se utilizó el abaco 1 del del libro Técnicas de riego FUENTES (2003), Departamento de suelos y riegos (CRIDA)-11 INIA Para un caudal de 0.81 m<sup>3</sup>/h, para tubería de 3/4 " tiene una pérdida de carga de 3.5 mca / 100 m

4.-	Pérdida de carga admisible en la terciaria (h' <sub>a</sub> ):  $h'_a = \frac{0.1}{x} * H - h$ Presión de trabajo del emisor Exponente de descarga de gotero Pérdida de carga real en lateral	<table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr><td><math>h'_a =</math></td><td>1.34</td><td>mca</td></tr> </table> <table border="1" style="margin-bottom: 5px;"> <tr><td><math>H =</math></td><td>7.03</td><td>mca</td></tr> <tr><td><math>x =</math></td><td>0.5</td><td></td></tr> <tr><td><math>h =</math></td><td>0.07</td><td>mca</td></tr> </table>	$h'_a =$	1.34	mca	$H =$	7.03	mca	$x =$	0.5		$h =$	0.07	mca
$h'_a =$	1.34	mca												
$H =$	7.03	mca												
$x =$	0.5													
$h =$	0.07	mca												

5.- Presión en el origen de la terciaria (P'o):

$h' = 7.54$	mca
-------------	-----

$$P'o = P_o + 0.73 h' \frac{Hg}{2}$$

Presión en el origen del lateral  
Pérdida de carga en la terciaria  
Desnivel geométrico (+)

$P_o = 6.78$	mca
$h' = 0.36$	mca
$Hg = 1.0$	m

**Cálculo de tuberías secundarias:**

1.- Caudal en el origen de la secundaria (Q)

$Q = 2608.20$	Lts/h
$Q = 2.61$	m <sup>3</sup> /h

$$Q = Nt * Qt$$

Número de terciarias  
Caudal de cada terciaria

$Nt = 3.00$	Und
$Qt = 869.40$	Lts/h

2.- Longitud ficticia de tubería secundaria Lf)

$Lf = 16.80$	m
--------------	---

$$L_f = L_r + L_e$$

$$L_e = L_r * 0.2$$

Longitud real  
Longitud equivalente  
Diámetro preliminar de tubería terciaria

$L_r = 14.00$	m
$L_e = 2.8$	m
$D = 1.0$	"

1.- Pérdida de carga en tubería secundaria (h')

$h' = 0.31$	mca
-------------	-----

$$h' = J * F * L_f$$

Pérdida de carga unitaria mca/m:  
Factor de Christiansen (F):  
Longitud ficticia del lateral (Lf) m:  
Longitud real m:  
Tubo. PE de alta densidad 1"

$J = 0.05$	mca
$F = 0.4$	
$L_f = 16.8$	m
$L_r = 14.0$	m
$D = 1$	Pulg.

**Anexo 20:**

**PLANILLA DE METRADOS RIEGO POR ASPERSION**

ITEM	DESCRIPCION	VECES	LARGO	ANCHO	ALTURA	PARCIAL	TOTAL	UND
01	<b>SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION</b>							
01.01	<b>HIDRANTES</b>							
01.01.01	<b>TRABAJOS PRELIMINARES</b>							
01.01.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	1	0.40	0.40		0.16	<b>0.16</b>	m2
01.01.01.02	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	1	0.40	0.40		0.16	<b>0.16</b>	m2
01.01.02	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>							
01.01.02.01	EXCAVACION MANUAL	1	0.40	0.40	0.50	0.08	<b>0.08</b>	m3
01.01.03	<b>OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>							
01.01.03.01	CONCRETO FC=175 KG/CM2 EN MUROS DE HIDRANTES	1	1.20	0.10	0.50	0.06	<b>0.06</b>	m3
01.01.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2	1.20		0.50	1.20	<b>1.20</b>	m2
01.01.04	<b>TARRAJEOS</b>							
01.01.04.01	TARRAJEO EN EXTERIORES (MORTERO1:5)	1	1.20		0.50	0.60	<b>0.60</b>	m2
01.01.05	<b>ACCESORIOS</b>							
01.01.05.01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TAPA METALICA					1.00	<b>1.00</b>	und
01.01.05.02	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS EN HIDRANTES	1				1.00	<b>1.00</b>	und
01.02	<b>MODULO DE RIEGO POR ASPERSION</b>							
01.02.01	INSTALACION DE MODULO DE ASPERSORES (EQUIPO MOVIL)	1				2.00	<b>2.00</b>	und

**Anexo 21:**

**PLANILLA DE METRADOS RIEGO POR GOTEO**

ITEM	DESCRIPCION	VECES	LARGO	ANCHO	ALTURA	PARCIAL	TOTAL	UND
01	SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO							
01.01	HIDRANTES							
01.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES							
01.01.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	1	0.40	0.40		0.16	0.16	m2
01.01.01.02	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	1	0.40	0.40		0.16	0.16	m2
01.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS							
01.01.02.01	EXCAVACION MANUAL	1	0.40	0.40	0.50	0.08	0.08	m3
01.01.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE							
01.01.03.01	CONCRETO FC=175 KG/CM2 EN MUROS DE HIDRANTES	1	1.20	0.10	0.50	0.06	0.06	m3
01.01.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	2	1.20		0.50	1.20	1.20	m2
01.01.04	TARRAJEOS							
01.01.04.01	TARRAJEO EN EXTERIORES (MORTERO1:5)	1	1.20		0.50	0.60	0.60	m2
01.01.05	ACCESORIOS							
01.01.05.01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TAPA METALICA	1				1.00	1.00	und
01.01.05.02	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS EN HIDRANTES	1				1.00	1.00	und
01.02	MODULO DE RIEGO POR GOTEO							
01.02.01	INSTALACION DE TUBERIAS PORTA LA TERALES	1	100.00			100.00	100.00	m
01.02.02	INSTALACION DE CONECTOTES DE CINTAS GOTEROS	1				1.00	1.00	und
01.02.04	INSTALACION DE CINTAS GOTEROS	1				1.00	1.00	HA

**Anexo 22:**

**COSTO DIRECTO PARA LA INSTALACION DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA.

PUNO - CHUCUITO - JULI

Item	Descripción	Und.	Metrado	Cost Unit S/.	Parcial S/.
01	SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION				2,536.27
01.01	HIDRANTES				84.94
01.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES				0.15
01.0101.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	0.25	0.21	0.05
01.0101.02	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	0.25	0.41	0.10
01.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				0.54
01.0102.01	EXCAVACION MANUAL	m3	0.13	4.12	0.54
01.0103	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				22.11
01.0103.01	CONCRETO F'c=175 KG/CM2 EN MUROS DE HIDRANTES	m3	0.09	219.97	19.80
01.0103.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	0.50	4.62	2.31
01.01.04	TARRAJEOS				2.78
01.0104.01	TARRAJEO EN EXTERIORES (MORTERO 15)	m2	0.50	5.55	2.78
01.01.05	ACCESORIOS				59.36
01.0105.01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TAPA METALICA	und	100	18.02	18.02
01.0105.02	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS EN HIDRANTES	und	100	41.34	41.34
01.02	MODULO DE RIEGO POR ASPERSION				2451.33
01.02.01	INSTALACION DE MODULO DE ASPERORES (EQUIPO MOVIL)	und	3.00	817.11	2,451.33
	COSTO DIRECTO				2,536.27
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>2,536.27</b>

**Anexo 23:**

<b>COSTO DIRECTO PARA LA INSTALACION DE RIEGO POR GOTEO</b>					
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA.					
PUNO - CHUCUITO - JULI					
Cliente					
Lugar					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Cost Unit S/.	Parcial S/.
01	SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO				3,204.19
01.01	HIDRANTES				84.94
01.01.01	TRABAJOS PRELIMINARES			0.15	0.15
01.0101.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	0.25	0.21	0.05
01.0101.02	TRAZO Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	0.25	0.41	0.10
01.01.02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				0.54
01.0102.01	EXCAVACION MANUAL	m3	0.13	4.12	0.54
01.01.03	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE				22.11
01.0103.01	CONCRETO F'c=175 KG/CM2 EN MUROS DE HIDRANTES	m3	0.09	219.97	19.80
01.0103.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO	m2	0.5	4.62	2.31
01.01.04	TARRAJEOS				2.78
01.0104.01	TARRAJEO EN EXTERIORES (MORTERO15)	m2	0.5	5.56	2.78
01.01.05	ACCESORIOS				59.36
01.0105.01	SUMINISTRO Y COLOCACION DE TAPA METALICA	und	1	18.02	18.02
01.0105.02	SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACCESORIOS EN HIDRANTES	und	1	41.34	41.34
01.02	MODULO DE RIEGO POR GOTEO				3,119.25
01.02.01	INSTALACION DE TUBERIAS PORTA LATERALES	m	100	3.03	303.00
01.02.02	INSTALACION DE CONECTOTES DE CINTAS GOTEROS	und	1	313.74	313.74
01.02.04	INSTALACION DE CINTAS GOTEROS	HA	1	2502.51	2,502.51
	COSTO DIRECTO				3,204.19
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>3,204.19</b>



Anexo 25:

**COSTO DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE ALFALFA ETAPA INSTALACION**

DEPARTAMENTO: Puno		PERIODO VEGETATIVO: Perenne			
PROVINCIA: Chucuito		RENDIMIENTO (Kg/ha) M.V. 35-40 mil			
ÁMBITO: Comunidad Vilcallame-Juli		NIVEL TECNOLÓGICO: Medio-alto			
CULTIVO: ALFALFA (Medicago sativa L.)		RIEGO: Goteo			
FECHA DE SIEMBRA:		FECHA DE ELABORACIÓN:			
FECHA DE COSECHA:					
VARIEDAD: Ranger					
<b>Nº</b>	<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>CANTIDAD POR (Ha)</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>COSTO PARCIAL</b>
<b>I.</b>	<b>COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>1.0</b>	<b>Preparación del Terreno</b>				<b>565.00</b>
	Riego de machaco	Jornal	1.00	15.00	15.00
	Aradura	H/M	4.00	45.00	180.00
	Rastra	H/M	2.50	40.00	100.00
	Desterronado	H/M	3.00	30.00	90.00
	Limpieza del terreno	Jornal	2.00	15.00	45.00
	Nivelado y melgado	H/M	3.00	45.00	135.00
<b>2.0</b>	<b>Siembra</b>				<b>1,722.00</b>
	Semilla de alfalfa	Kg.	30.00	30.00	900.00
	Inoculante	Bolsa	1.00	18.00	18.00
	Roca fosfórica (50 Kg.)	Bolsa	4.00	15.00	60.00
	Fosfato diamonico	Kg.	260.00	1.50	390.00
	Cloruro de potasio	Kg.	150.00	1.50	225.00
	Inoculación	Jornal	0.60	15.00	9.00
	Traslado de insumos	Jornal	1.00	15.00	15.00
	Fertilización	Jornal	1.00	15.00	15.00
	Siembra manual	Jornal	1.00	15.00	15.00
	Retapado manual	Jornal	5.00	15.00	75.00
<b>3.0</b>	<b>Labores Culturales</b>				<b>150.00</b>
	Deshierbo manual	Jornal	10.00	15.00	150.00
<b>4.0</b>	<b>Cosecha</b>				<b>210.00</b>
	Siega manual	Jornal	10.00	15.00	150.00
	Recojo de forraje	Jornal	2.00	15.00	30.00
	Traslado del forraje	Jornal	2.00	15.00	30.00
<b>5.0</b>	<b>Almacenado</b>				<b>30.00</b>
	Almacenado del forraje	Jornal	2.00	15.00	30.00
	<b>SUB TOTAL DE COSTOS DIRECTOS/ (Há)</b>				<b>2,677.00</b>

<b>6.0</b>	<b>Imprevistos</b>				
	5% de costos directos	%	5		133.85
	<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS O VARIABLES</b>				<b>2,810.85</b>
<b>II.</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
<b>7.0</b>	<b>Gastos Administrativos</b>				
	8% de costos directos	%	8		224.87
	<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCION (I+II)</b>				<b>3,035.72</b>
	<b>ANALISIS DE RENTABILIDAD</b>				
	Costo total de la produccion				3,035.72
	Rendimiento comercial estimado (Kg/Ha)				25,100.00
	Costo / Kg. (S/.)				0.12
	Precio Estimado S/. X Kg.				0.15
	Ingreso Total (S/.)				3,765.00
	Ingreso Neto (S/.)				729.28
	Rentabilidad				24.02%

<b>Anexo 26:</b>					
<b>COSTO DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE ALFALFA</b>					
<b>PRIMER CORTE</b>					
	DEPARTAMENTO: Puno			PERIODO VEGETATIVO: Perenne	
	PROVINCIA: Chucuito			RENDIMIENTO (Kg/ha) M.V. 35-40 mil	
	ÁMBITO: Comunidad Vilcallame-Juli			NIVEL TECNOLÓGICO: Medio-alto	
	CULTIVO: ALFALFA (Medicago sativa L.)			RIEGO: Aspersión	
	FECHA DE SIEMBRA:			FECHA DE ELABORACIÓN:	
	FECHA DE COSECHA:				
	VARIEDAD: Ranger				
Nº	RUBROS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD POR (Ha)	PRECIO UNITARIO	COSTO PARCIAL
<b>I.</b>	<b>COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>1.0</b>	<b>Fertilización</b>				<b>1,052.71</b>
	Instalacion de sistema de riego	Global	1.00	422.71	422.71
	Traslado de insumos	Jornal	1.00	15.00	15.00
	Fosfato diamonico	Kg.	260.00	1.50	390.00
	Cloruro de potasio	Kg.	150.00	1.50	225.00
<b>3.0</b>	<b>Labores Culturales</b>				<b>450.00</b>
	Deshierbo manual	Jornal	10.00	15.00	150.00
	Riego complementario	Jornal	20.00	15.00	300.00
<b>4.0</b>	<b>Cosecha</b>				<b>210.00</b>
	Siega manual	Jornal	10.00	15.00	150.00
	Recojo de forraje	Jornal	2.00	15.00	30.00
	Traslado del forraje	Jornal	2.00	15.00	30.00
<b>5.0</b>	<b>Almacenado</b>				<b>30.00</b>
	Almacenado del forraje	Jornal	2.00	15.00	30.00
	<b>SUB TOTAL DE COSTOS DIRECTOS/ (Há)</b>				<b>1,742.71</b>
<b>6.0</b>	<b>Imprevistos</b>				
	5% de costos directos	%	5		87.14
	<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS O VARIABLES</b>				<b>1,829.85</b>
<b>II.</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
<b>7.0</b>	<b>Gastos Administrativos</b>				
	8% de costos directos	%	8		146.39
	<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCION (I+II)</b>				<b>1,976.24</b>



**Anexo 27:  
COSTO DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE ALFALFA**

**PRIMER CORTE**

	DEPARTAMENTO: Puno		PERIODO VEGETATIVO: Perenne		
	PROVINCIA: Chucuito		RENDIMIENTO (Kg./ha) M.V. 35-40 mil		
	ÁMBITO: Comunidad Vilcallame-Juli		NIVEL TECNOLÓGICO: Medio-alto		
	CULTIVO: ALFALFA (Medicago sativa L.)		RIEGO: Goteo		
	FECHA DE SIEMBRA:		FECHA DE ELABORACIÓN:		
	FECHA DE COSECHA:				
	VARIEDAD: Ranger				
<b>Nº</b>	<b>RUBROS</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>CANTIDAD POR (Ha)</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>COSTO PARCIAL</b>
<b>I.</b>	<b>COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>1.0</b>	<b>Fertilización</b>				<b>1,164.03</b>
	Instalacion de sistema de riego	Global	1.00	534.03	534.03
	Traslado de insumos	Jornal	1.00	15.00	15.00
	Fosfato diamonico	Kg.	260.00	1.50	390.00
	Cloruro de potasio	Kg.	150.00	1.50	225.00
<b>3.0</b>	<b>Labores Culturales</b>				<b>330.00</b>
	Deshierbo manual	Jornal	10.00	15.00	150.00
	Riego complementario	Jornal	36.00	5.00	180.00
<b>4.0</b>	<b>Cosecha</b>				<b>240.00</b>
	Siega manual	Jornal	10.00	15.00	150.00
	Recojo de forraje	Jornal	2.00	15.00	30.00
	Traslado del forraje	Jornal	2.00	15.00	30.00
	Recojo de cintas goteros	Jornal	2.00	15.00	30.00
<b>5.0</b>	<b>Almacenado</b>				<b>30.00</b>
	Almacenado del forraje	Jornal	2.00	15.00	30.00
	<b>SUB TOTAL DE COSTOS DIRECTOS/ (Há)</b>				<b>1,764.03</b>
<b>6.0</b>	<b>Imprevistos</b>				
	5% de costos directos	%	5		88.20
	<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS O VARIABLES</b>				<b>1,852.23</b>
<b>II.</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
<b>7.0</b>	<b>Gastos Administrativos</b>				
	8% de costos directos	%	8		148.18
	<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCION (I+II)</b>				<b>2,000.41</b>



<b>Anexo 28:</b>					
<b>COSTO DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE ALFALFA</b>					
<b>SEGUNDO CORTE</b>					
	DEPARTAMENTO: Puno			PERIODO VEGETATIVO: Perenne	
	PROVINCIA: Chucuito			RENDIMIENTO (Kg./ha) M.V. 35-40 mil	
	ÁMBITO: Comunidad Vilcallame-Juli			NIVEL TECNOLÓGICO: Medio-alto	
	CULTIVO: ALFALFA (Medicago sativa L.)			RIEGO: Aspersión	
	FECHA DE SIEMBRA:			FECHA DE ELABORACIÓN:	
	FECHA DE COSECHA:				
	VARIEDAD: Ranger				
Nº	RUBROS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD POR (Ha)	PRECIO UNITARIO	COSTO PARCIAL
<b>I.</b>	<b>COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>1.0</b>	<b>Fertilización</b>				<b>1,052.71</b>
	Instalacion de sistema de riego	Global	1.00	422.71	422.71
	Traslado de insumos	Jornal	1.00	15.00	15.00
	Fosfato diamonico	Kg.	260.00	1.50	390.00
	Cloruro de potasio	Kg.	150.00	1.50	225.00
<b>3.0</b>	<b>Labores Culturales</b>				<b>375.00</b>
	Deshierbo manual	Jornal	10.00	15.00	150.00
	Riego complementario	Jornal	15.00	15.00	225.00
<b>4.0</b>	<b>Cosecha</b>				<b>210.00</b>
	Siega manual	Jornal	10.00	15.00	150.00
	Recojo de forraje	Jornal	2.00	15.00	30.00
	Traslado del forraje	Jornal	2.00	15.00	30.00
<b>5.0</b>	<b>Almacenado</b>				<b>30.00</b>
	Almacenado del forraje	Jornal	2.00	15.00	30.00
	<b>SUB TOTAL DE COSTOS DIRECTOS/ (Há)</b>				<b>1,667.71</b>
<b>6.0</b>	<b>Imprevistos</b>				
	5% de costos directos	%	5		83.39
	<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS O VARIABLES</b>				<b>1,751.10</b>
<b>II.</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
<b>7.0</b>	<b>Gastos Administrativos</b>				
	8% de costos directos	%	8		140.09
	<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCION (I+II)</b>				<b>1,891.19</b>

<b>ANALISIS DE RENTABILIDAD</b>				
	Costo total de la produccion			1,891.19
	Rendimiento comercial estimado (Kg/Ha)			34,900.00
	Costo / Kg. (S/.)			0.05
	Precio Estimado S/. X Kg.			0.15
	Ingreso Total (S/.)			5,235.00
	Ingreso Neto (S/.)			3,343.81
	Rentabilidad			1.77

<b>Anexo 29:</b>					
<b>COSTO DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE ALFALFA</b>					
<b>SEGUNDO CORTE</b>					
	DEPARTAMENTO: Puno			PERIODO VEGETATIVO: Perenne	
	PROVINCIA: Chucuito			RENDIMIENTO (Kg./ha) M.V. 35-40 mil	
	ÁMBITO: Comunidad Vilcallame-Juli			NIVEL TECNOLÓGICO: Medio-alto	
	CULTIVO: ALFALFA (Medicago sativa L.)			RIEGO: Goteo	
	FECHA DE SIEMBRA:			FECHA DE ELABORACIÓN:	
	FECHA DE COSECHA:				
	VARIEDAD: Ranger				
Nº	RUBROS	UNIDAD DE MEDIDA	CANTIDAD POR (Ha)	PRECIO UNITARIO	COSTO PARCIAL
<b>I.</b>	<b>COSTOS DIRECTOS</b>				
<b>1.0</b>	<b>Fertilización</b>				<b>1,164.03</b>
	Instalacion de sistema de riego	Global	1.00	534.03	534.03
	Traslado de insumos	Jornal	1.00	15.00	15.00
	Fosfato diamonico	Kg.	260.00	1.50	390.00
	Cloruro de potasio	Kg.	150.00	1.50	225.00
<b>3.0</b>	<b>Labores Culturales</b>				<b>300.00</b>
	Deshierbo manual	Jornal	10.00	15.00	150.00
	Riego complementario	Jornal	30.00	5.00	150.00
<b>4.0</b>	<b>Cosecha</b>				<b>240.00</b>
	Siega manual	Jornal	10.00	15.00	150.00
	Recojo de forraje	Jornal	2.00	15.00	30.00
	Traslado del forraje	Jornal	2.00	15.00	30.00
	Recojo de cintas goteros	Jornal	2.00	15.00	30.00
<b>5.0</b>	<b>Almacenado</b>				<b>30.00</b>
	Almacenado del forraje	Jornal	2.00	15.00	30.00
	<b>SUB TOTAL DE COSTOS DIRECTOS/ (Há)</b>				<b>1,734.03</b>
<b>6.0</b>	<b>Imprevistos</b>				
	5% de costos directos	%	5		86.70
	<b>TOTAL COSTOS DIRECTOS O VARIABLES</b>				<b>1,820.73</b>
<b>II.</b>	<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
<b>7.0</b>	<b>Gastos Administrativos</b>				
	8% de costos directos	%	8		145.66
	<b>COSTO TOTAL DE PRODUCCION (I+II)</b>				<b>1,966.39</b>

ANALISIS DE RENTABILIDAD				
	Costo total de la produccion			1,966.39
	Rendimiento comercial estimado (Kg/Ha)			36,100.00
	Costo / Kg. (S/.)			0.05
	Precio Estimado S/. X Kg.			0.15
	Ingreso Total (S/.)			5,415.00
	Ingreso Neto (S/.)			3,448.61
	Rentabilidad			1.75

Anexo 30:

FLUJO DE COSTOS E INGRESOS DEL PROYECTO

Horizonte del proyecto	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>1 Flujo de costos de operación y mantenimiento riego por aspersión</b>	<b>360.92</b>	<b>360.92</b>	<b>360.92</b>	<b>360.92</b>	<b>360.92</b>	<b>1,553.07</b>	<b>360.92</b>	<b>360.92</b>	<b>360.92</b>	<b>360.92</b>
1.1 Operación y mantenimiento del sistema de riego por aspersión	319.40	319.40	319.40	319.40	319.40	1,374.40	319.40	319.40	319.40	319.40
Insumos y materiales de origen nacional	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	1,080.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Remuneraciones	75.00	75.00	75.00	75.00	75.00	150.00	75.00	75.00	75.00	75.00
Tanja de agua (Gasto=3610 m3), costo por 1m3 = S/. 0.04	144.40	144.40	144.40	144.40	144.40	144.40	144.40	144.40	144.40	144.40
1.2 Gastos por imprevistos	15.97	15.97	15.97	15.97	15.97	68.72	15.97	15.97	15.97	15.97
1.3 Gastos administrativos	25.55	25.55	25.55	25.55	25.55	109.95	25.55	25.55	25.55	25.55
<b>2 Flujo de costos de operación y mantenimiento riego por goteo</b>	<b>262.48</b>	<b>262.48</b>	<b>3,177.88</b>	<b>262.48</b>	<b>262.48</b>	<b>3,177.88</b>	<b>262.48</b>	<b>262.48</b>	<b>3,177.88</b>	<b>262.48</b>
2.1 Operación y mantenimiento del sistema de riego por goteo	232.28	232.28	2,812.28	232.28	232.28	2,812.28	232.28	232.28	2,812.28	232.28
Insumos y materiales de origen nacional	100.00	2,500.00	100.00	100.00	100.00	2,500.00	100.00	100.00	2,500.00	100.00
Remuneraciones	20.00	200.00	20.00	20.00	20.00	200.00	20.00	20.00	200.00	20.00
Tanja de agua (Gasto=2807 m3), costo por 1m3 = S/. 0.04	112.28	112.28	112.28	112.28	112.28	112.28	112.28	112.28	112.28	112.28
2.2 Gastos por imprevistos	11.61	140.61	140.61	11.61	11.61	140.61	11.61	11.61	140.61	11.61
2.3 Gastos administrativos	18.58	224.98	224.98	18.58	18.58	224.98	18.58	18.58	224.98	18.58
<b>3 Flujo de costos de producción con riego por aspersión</b>	<b>7,800.55</b>	<b>6,411.12</b>								
3.1 costo de producción con riego por aspersión	6,903.14	5,673.56	5,673.56	5,673.56	5,673.56	5,673.56	5,673.56	5,673.56	5,673.56	5,673.56
3.2 Gastos por imprevistos	345.16	283.68	283.68	283.68	283.68	283.68	283.68	283.68	283.68	283.68
3.3 Gastos administrativos	552.25	453.88	453.88	453.88	453.88	453.88	453.88	453.88	453.88	453.88
<b>4 Flujo de costos de producción con riego por goteo</b>	<b>7,912.85</b>	<b>6,666.07</b>								
4.1 costo de producción con riego por goteo	7,002.52	5,899.18	5,899.18	5,899.18	5,899.18	5,899.18	5,899.18	5,899.18	5,899.18	5,899.18
4.2 Gastos por imprevistos	350.13	294.96	294.96	294.96	294.96	294.96	294.96	294.96	294.96	294.96
4.3 Gastos administrativos	560.20	471.93	471.93	471.93	471.93	471.93	471.93	471.93	471.93	471.93
<b>5 total flujo de costos con aspersión (1+3)</b>	<b>7,800.55</b>	<b>6,772.04</b>	<b>6,772.04</b>	<b>6,772.04</b>	<b>6,772.04</b>	<b>7,964.19</b>	<b>6,772.04</b>	<b>6,772.04</b>	<b>6,772.04</b>	<b>6,772.04</b>
<b>6 total flujo de costos con goteo (2+4)</b>	<b>7,912.85</b>	<b>6,928.54</b>	<b>9,843.94</b>	<b>6,928.54</b>	<b>6,928.54</b>	<b>9,843.94</b>	<b>6,928.54</b>	<b>6,928.54</b>	<b>9,843.94</b>	<b>6,928.54</b>
<b>7 Flujo de ingresos del proyecto con riego por aspersión</b>	<b>5,711.86</b>	<b>10,031.44</b>								
7.1 Flujo de ingresos con riego por aspersión	5,711.86	10,031.44	10,031.44	10,031.44	10,031.44	10,031.44	10,031.44	10,031.44	10,031.44	10,031.44
<b>8 Flujo de ingresos del proyecto con riego por goteo</b>	<b>5,942.48</b>	<b>10,345.82</b>								
8.1 Flujo de ingresos con riego por goteo	5,942.48	10,345.82	10,345.82	10,345.82	10,345.82	10,345.82	10,345.82	10,345.82	10,345.82	10,345.82

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 31:

RESULTADOS DE LA EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO CON RIEGO POR ASPERSION

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de Fondos Netos a precios										
Flujo de ingresos con riego por aspersion		5,711.86	10,031.44	10,031.44	10,031.44	10,031.44	10,031.44	10,031.44	10,031.44	10,031.44
Flujo de costos totales con riego	7,800.55	6,772.04	6,772.04	6,772.04	6,772.04	7,964.19	6,772.04	6,772.04	6,772.04	6,772.04
<b>FFN</b>	<b>(7,800.55)</b>	<b>(1,060.18)</b>	<b>3,259.41</b>	<b>3,259.41</b>	<b>3,259.41</b>	<b>2,067.26</b>	<b>3,259.41</b>	<b>3,259.41</b>	<b>3,259.41</b>	<b>3,259.41</b>
Tasa descuento	14%									
Valor actual neto (VAN)	3,913									
Tasa interna de retorno (TIR)	24%									
Coficiente beneficio costo (B/C)	1.23									

Anexo 32

RESULTADOS DE LA EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO CON RIEGO POR GOTEO

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Flujo de Fondos Netos a precios										
Flujo de ingresos con riego por goteo		5,942.48	10,345.82	10,345.82	10,345.82	10,345.82	10,345.82	10,345.82	10,345.82	10,345.82
Flujo de costos totales con riego	7,912.85	6,928.54	9,843.94	6,928.54	6,928.54	9,843.94	6,928.54	6,928.54	9,843.94	6,928.54
<b>FFN</b>	<b>(7,912.85)</b>	<b>(986.07)</b>	<b>501.88</b>	<b>3,417.28</b>	<b>3,417.28</b>	<b>501.88</b>	<b>3,417.28</b>	<b>3,417.28</b>	<b>501.88</b>	<b>3,417.28</b>
Tasa descuento	14%									
Valor actual neto (VAN)	348									
Tasa interna de retorno (TIR)	15%									
Coefficiente beneficio costo (B/C)	1.12									