

# UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS, FORESTALES Y VETERINARIAS

“Dr. MARTÍN CÁRDENAS”



## EVALUACIÓN DEL RIEGO POR ASPERSIÓN EN PARCELAS DE LADERA COMUNIDAD CH'ULLKU MAYU, MUNICIPIO DE TIRAQUE

REPORTE DE INVESTIGACIÓN

LIMBERT HIDALGO.

COCHABAMBA - BOLIVIA

2011

## RESUMEN

La presente Investigación, estaba centrada en la evaluación de un sistema de riego por aspersión en condiciones de ladera, manejado por agricultores bajo un sistema comunal. Al una de las primeras experiencias en este tipo de sistemas comunales, los agricultores de la comunidad de Ch'ullku Mayu, tienen poca experiencia en el manejo de los equipos de riego por aspersión.

Para este propósito, se empleó la metodología de la instalación de una red de pluviómetros en forma de cuadrícula con espaciamientos de 3X3, la misma metodología utilizada por Llanos, 2007, y Jiménez, 2003, en las mismas condiciones que el agricultor maneja. De igual forma se evaluó, aspersores individuales para lograr analizar las curvas de humedecimiento, estas evaluaciones se realizaron con la metodología de la instalación de una red de pluviómetros en forma de cruz con espaciamiento de 1m, esto con los aspersores más utilizados en la zona (Aspersor Truper y aspersor Naan 233). En ambos métodos los parámetros de eficiencia y uniformidad de riego calculados fueron: Coeficiente de Uniformidad de Christiansen (CUC), Uniformidad de Aplicación (UD), Eficiencia de Aplicación (EA) y Eficiencia de Almacenamiento (Ealm).

Al final del proceso de evaluación se encontró valores de CUC=60% y 77%, y para la UD=47% y 62%, viendo estos valores podrían tomarse como aceptables para la zona por las características topográficas de la zona y la baja experiencia de los agricultores, a pesar de que el rango para el CUC, para considerarse aceptable es del 80%, en condiciones de terreno plano. En el caso de EA, se han encontrado valores de 17% y 48%, relacionando con los valores de Ealm=100%, se ha manifestado que se trata de un sobre riego, aprovechándose solo el 17% del agua aplicado en el primer caso y 48% en el segundo caso. La razón de que los valores de CUC y UD sean bajos se ha atribuido a factores de manejo del equipo dentro la parcela, especialmente al espaciamiento entre ramales y a la ubicación del porta aspersor en forma perpendicular a la pendiente.

## SUMMARY

This research was focused on the evaluation of a sprinkler system in terms slope, run by farmers under a communal system. At an early experience in this type of communal systems, farmers Ch'ullku Mayu community, have little experience in the management of sprinkler irrigation equipment.

For this purpose, we used the method of installing a network of rain gauges in a grid with a spacing of 3X3, the same methodology used by Llanos, 2007 and Jimenez, 2003, under the same conditions as the farmer driving. Likewise, we evaluated individual sprinklers to achieve wetting curves analyze these assessments were performed with the method of installing a network of rain gauges in a cross with 1m spacing, that the most commonly used sprinklers in the area (Naan 233 sprinkler and Truper sprinkler). In both methods the parameters of irrigation efficiency and uniformity were calculated: Christiansen Uniformity Coefficient (CUC), Uniformity of Application (UD), Application Efficiency (EA) and Storage Efficiency (Ealm).

At the end of the evaluation process is found values of CUC=60% and 77%, and the UD=47% and 62%, seeing these values might be acceptable for the area by the topography of the area and the low experience farmers, although the range for the CUC to be considered acceptable is 80% living in flat terrain. In the case of EA, have found values of 17% and 48%, relating to the values of Ealm=100%, has stated that this is an over-irrigation, taking advantage of only 17% of water applied in the first case and 48% in the second case. The reason that values are low CUC and UD has been attributed to the team management factors within the plot, especially the spacing between branches and the location of sprinkler holder perpendicular to the slope.

## **I. INTRODUCCION**

La constante demanda de agua que existe en el mundo y en nuestro país, ha llevado a que el riego a nivel nacional y mundial tome una importancia relevante, ya que la constante falta de agua en la producción agrícola ha generado que se luche cada vez más por las formas de acceder al agua para regar. En muchos lugares del mundo desde el siglo pasado se ha tratado de utilizar el agua lo más eficiente posible, implementando sistemas de aprovechamiento más eficientes como el riego presurizado, especialmente el riego por aspersión, el cual potencialmente logra las eficiencias de riego más altos que los métodos de riego tradicionales (riego superficial).

La FAO, estima que unos 90 millones de hectáreas hoy regadas en el mundo necesitan ser mejoradas en cuanto al sistema de distribución y de aplicación de agua de riego, así también menciona que el 95% del riego mundial utiliza tecnología muy elemental o tradicional obteniéndose en ellos eficiencias de riego muy bajas. (Jiménez, 2003).

La posibilidad de aprovechar mejor el agua disponible a través de riego presurizado, efectivamente puede traducirse en la optimización de uso de este recurso. Sin embargo, el cambio de un sistema de riego por gravedad a riego presurizado, implica no sólo la necesidad de incorporar cambios sustanciales en cuanto a la infraestructura, si no también compatibilizar la experiencia de riego de los usuarios con los requerimientos de uso, a fin de garantizar la sostenibilidad de gestión del sistema de riego mejorado.

En el contexto de las comunidades campesinas de nuestro país, en su generalidad la práctica del riego superficial o por gravedad, les ha permitido desarrollar conocimientos amplios y sólidos a las familias campesinas en cuanto al manejo del agua (distribución y aplicación de agua en la parcela) en función a su disponibilidad de agua. No obstante, dada la creciente escasez de recursos hídricos, existe cada vez mayor necesidad de implementar nuevas formas de aplicación del agua a nivel de las parcelas de cultivo, de manera que permita mayor economía del agua como es el caso del riego presurizado. (Montaño, 2007).

Delgadillo (2003), afirma que el cambio del método de riego por superficie a otros, potencialmente más eficientes (aspersión y goteo principalmente), o el mejoramiento de los métodos de riego practicados por los agricultores, son principalmente argumentados por la

reducción de las pérdidas de agua en busca de un ahorro. Sin embargo, la reducción de las pérdidas de agua no es solamente la única ventaja potencial de la tecnología de riego presurizado sino también otras tales como el ahorro de mano de obra, adaptabilidad a las diferencias en topografía y a suelos no óptimos, altos rendimientos, mayor utilización de la tierra y otros. Sin embargo, hay dudas respecto al cambio de tecnología en la práctica, por los altos costos (instalación y operación), calidad de agua y restricciones de reparto, etc. que están limitando o podrían limitar los procesos de cambio tecnológico, siendo más pronunciado en países en desarrollo.

Este es el cambio que se ha dado en la comunidad de Ch'ullku Mayu, y para esto, según Salcedo, 1996, se deben identificar tres principios básicos que debe sostener un proyecto de riego por aspersión:

- ✚ Necesidad primordial de agua de riego que motive la cohesión de la organización de los usuarios del agua, esto se determina verificando un orden en la distribución de agua e intentos por mejorar el sistema de riego tradicional.
- ✚ Predisposición del campesino para asumir o adaptar tecnologías a su medio, esto se determina verificando indicios de uso de tecnología.
- ✚ Inter relación comercial de los campesinos con mercados locales y regionales que permita la sostenibilidad económica del proyecto, esto se determina verificando, el uso de artículos adquiridos en mercados locales o regionales.

Cabe resaltar que en nuestro medio existen pocos estudios del desempeño del riego por aspersión (Jiménez, 2003 y Llanos, 2007) y superficial (prácticamente ninguno) en laderas, en términos de eficiencia y uniformidad de riego, que han sido estudiados parcialmente (solo el riego por aspersión), descuidando el riego superficial que en las condiciones de ladera es una incógnita total, asumiéndose *a priori*<sup>1</sup> que es más ineficiente que el riego por aspersión.

Las características de los sistemas implantados de riego por aspersión en la región y en zonas de ladera son distintas, así en Mishka Mayu son equipos móviles (solo a nivel de parcela), en el caso de Kholuyo el sistema es presurizado modular (solo para una fracción de la

---

<sup>1</sup> Esto significa que se asumen valores más inferiores al riego por aspersión.

comunidad), donde los usuarios tienen aún poca experiencia en el manejo, y el caso de Ch'ullku Mayu que es un sistema nuevo, donde prácticamente toda el sistema de riego comunitario está presurizado y los usuarios casi no tienen nada de experiencia.

Al ser Ch'ullku Mayu un sistema nuevo, requiere varios ajustes a distintos niveles: a nivel de sistema, distribución y aplicación.

A pesar de que existe mucha certidumbre sobre las ventajas del riego por aspersión sobre todo en condiciones de ladera, frente al riego superficial, sobre todo en términos de eficiencia y uniformidad de riego, no se tiene evidencia al respecto. Precisamente, para ello el desarrollo metodológico de evaluación del riego por superficie en ladera es incipiente (Delgadillo, 2009: comunicación personal).

En este sentido el estudio de caso de Ch'ullku Mayu, un sistema nuevo presurizado completamente en toda la comunidad, pretende realizar una evaluación de este sistema presurizado (aspersión) en condiciones de ladera (nivel parcela) y gestionado colectivamente con el otro método también practicado en el lugar (riego superficial) en términos de eficiencia y uniformidad de riego. De esta manera se apreciara con evidencias claras las verdaderas ventajas que la tecnología de riego por aspersión, especialmente en términos de eficiencia y uniformidad de riego. De la misma forma esta investigación permitirá la elaboración de una guía metodológica para el riego por aspersión en condiciones de ladera, tomando como base otros estudios realizados también en ladera.

## **OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación en la comunidad de Ch'ullku Mayu, se ha planteado principalmente con los siguientes objetivos (general y específicos):

### **a) Objetivo General:**

Contribuir al fortalecimiento de los procesos de innovación tecnológica en sistemas colectivos de riego, a través de la evaluación del riego parcelario (aspersión) en parcelas de ladera en la comunidad de Ch'ullku Mayu, Provincia Tiraque.

### **b) Objetivos Específicos:**

- ✚ Evaluar el riego por aspersión tomando parámetros de eficiencia y uniformidad de riego (Eficiencia de aplicación y uniformidad de distribución) en un sistema de riego colectivo en ladera.
- ✚ En base a los resultados obtenidos contribuir con recomendaciones para que los agricultores puedan mejorar los criterios de riego a nivel de parcela, asimismo puedan ajustar sus equipos de riego.
- ✚ Elaborar una guía metodológica para evaluar la eficiencia y uniformidad de riego en condiciones de ladera

## **PREGUNTA CENTRAL**

¿Cómo es el riego por aspersión en condiciones de ladera en la comunidad de Ch'ullku Mayu, en términos de eficiencia y uniformidad de riego?

## **II. DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO.**

Para un mejor entendimiento de la zona de estudio, la descripción se detallará por partes, tomando en cuenta todas las características geográficas, climáticas y vegetación.

### **2.1. Ubicación.**

El área de estudio (zona de riego de la comunidad de Ch'ullku Mayu) (Fig. 1), políticamente pertenece al departamento de Cochabamba, provincia Tiraque, dentro el municipio del mismo nombre, se ubica a 86km de la ciudad de Cochabamba, sobre la carretera antigua hacia Santa Cruz.

Geográficamente está ubicada entre las coordenadas 65° 32'30'' y 65° 33'30'' de Longitud Oeste y 17° 29'55'' a 17° 27'30'' de Latitud Sur, a una altura media de 3486msnm.

Pertenece a la subcentral de Koari, y limita al este con la comunidad de Ch'ullku Mayu B, al oeste con Condorniyoj Qhochi, al Norte con la comunidad de Villa San Isidro, y al sur con la comunidad de Koari Bajo.

## 2.2. Clima.

Según los datos de la estación meteorológica de Toralapa, las precipitaciones en el lugar son escasas, las precipitaciones máximas se registran desde diciembre hasta marzo (185 – 240mm) y las precipitaciones mínimas se registran en los meses mayo y julio (14mm).

Las temperaturas son variables según la época del año, según los datos de la estación experimental de Toralapa las temperaturas mínimas se registran en los meses de junio y julio ( $-2.9^{\circ}C$ ) y las temperaturas máximas se registran en los meses de abril y mayo ( $19.4 - 19.9^{\circ}C$ ) y los meses de octubre y noviembre ( $19.7-19.8^{\circ}C$ ). Estas temperaturas bajas registradas en los meses de junio y julio, son los que normalmente causan problemas de escarcha en el cultivo de la papa (siembra temprana o *mishka*).

Un factor que perjudica en el riego por aspersión es el viento, las cuales son igualmente variables según la época del año y también durante el día. Según los datos de la estación de Plano Alto, los vientos más fuertes se registran en los meses de septiembre y octubre ( $2.8 - 2.9m/s$ ) y los vientos menos fuertes se registran entre noviembre hasta junio ( $0.5 - 0.9m/s$ ). Durante el día los vientos menos fuertes son durante la mañana, luego los vientos más fuertes son por las tardes. El viento es muy importante en la comunidad, porque pareciera para algunos de los agricultores que es el único factor que afecta en el riego por aspersión.

## UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

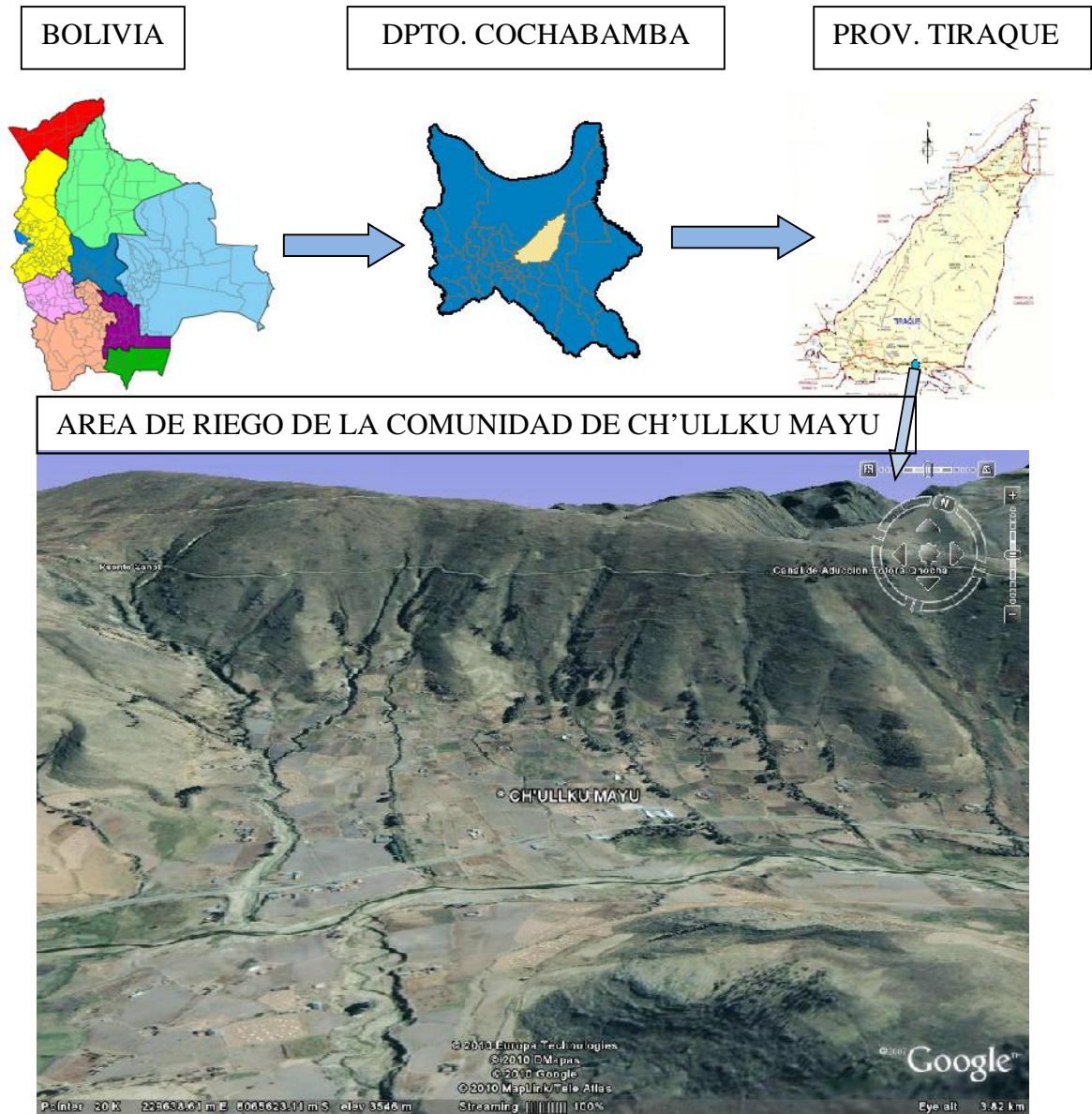


Fig. 1 Ubicación de la zona de estudio.

### 2.3. Suelo y Topografía.

La mayor parte de la comunidad de Ch'ullku Mayu, es en condiciones de ladera, con unas pendientes muy variables que van desde 11% hasta superiores a 45% en parcelas cercanas a

las montañas, en los cuales la agricultura sigue practicándose. Los suelos de la zona presentan predominantemente una textura franco arcilloso (FY).

#### 2.4. Vegetación.

Las principales especies que predominan como vegetación de la zona de estudio se enlistan en el Cuadro No. 1:

**Cuadro No. 1 Especies que componen la vegetación de la zona de estudio.**

NOMBRE VULGAR	NOMBRE CIENTIFICO	USO
Ichu	<i>Stipa ichu</i>	Especie Forrajera, fabricación de colchón.
T'ola	<i>Lepidophyllum cuadrangulare</i>	Especie silvestre.
Eucalipto	<i>Eucaliptus globulus</i>	Especie forestal.
Pino	<i>Pinus radiata</i>	Especie forestal.
Qewiña	<i>Polylepsis incana</i>	Especie silvestre.
Ch'illka	<i>Bacharis perulata</i>	Especie Silvestre.
Wira Wira	<i>Dodonea viscosa</i>	Especie medicinal.
Khiska Khiska	<i>Berberis divaricata</i>	Especie silvestre.
Qayara	<i>Puya raimundi</i>	Especie silvestre turística.
Nabo silvestre	<i>Brasica campestris</i>	Especie maleza.
Guinda	<i>Prunus avium</i>	Especie frutal.
Wajchabarbero	<i>Poligonium labtifolium</i>	Pasto forrajero.
Trébol	<i>Trifolium repens</i>	Especie forrajera.
Leche Leche	<i>Euphorbia peplis</i>	Especie medicinal.
Muña	<i>Mintostachis spicata</i>	Especie medicinal y repelente.
Pasto Falansia	<i>Phalaris canaviensis</i>	Especie forrajera y de protección
Loq`o loq`o	<i>Rumex crispus</i>	Especie silvestre.

**Fuente: Elaboración propia.**

Algunas de las especies que se citan en el cuadro No. 1 fueron introducidas, pero la mayoría de ellas son especies nativas.

#### 2.5. Producción agrícola en la zona de estudio.

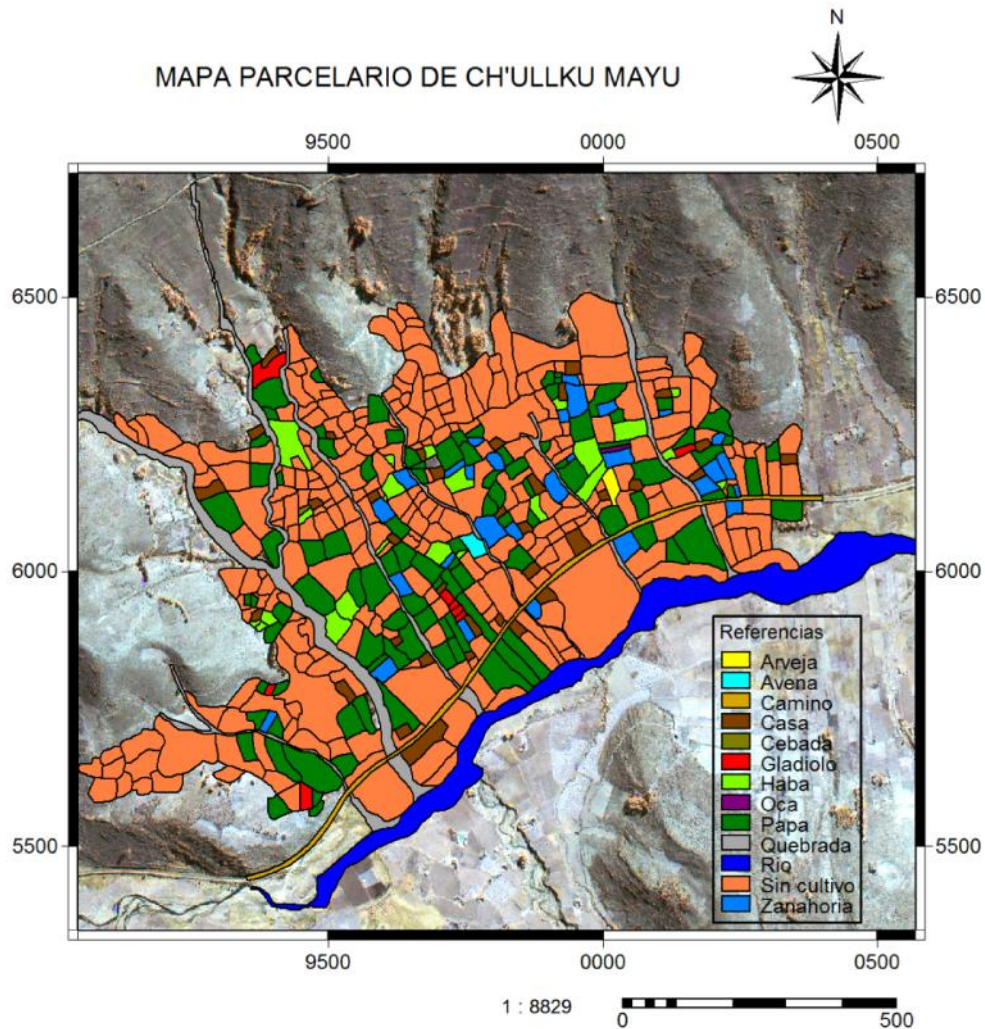
La comunidad de Ch'ullku Mayu por ser una zona netamente agrícola, produce, los siguientes cultivos que se citan según su importancia: Papa (*Solanun tuberosun andigenun*), Zanahoria (*Daucus carota* Fig. 3), Haba (*Vicia faba* Fig. 4), Arveja (*Pisun sativum*), Cebada (*Hordeun vulgare*), Avena (*Avena sativa*), Oca (*Oxalis tuberosa*), Papalisa (*Ullucus tuberosus*) y

además también algunos agricultores se dedican en pequeñas parcelas a la floricultura, generalmente Gladiolos (*Gladiolus gandavensis* Fig. 5). La distribución de estos cultivos, se muestra en el mapa parcelario de la Fig. 2 y en el cuadro No 2 se detalla el calendario agrícola de la comunidad.

**Cuadro No. 2 Calendario agrícola de la comunidad de Ch'ullku Mayu.**

CULTIVO	2009							2010					
	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A	M	J
PAPA MISHKA		■	■	■	■	■	■						
PAPA			■	■	■	■	■	■					
ZANAHORIA		■	■	■	■	■	■						
HABA	■	■	■	■	■	■	■						
GLADIOLO					■	■	■	■	■	■			
ARVEJA		■	■	■	■	■	■						
AVENA						■	■	■	■	■			

**Fuente.** Elaborado en base a los datos del Primer Concurso de Riego por Aspersión en Ch'ullku Mayu.



**Fig. 2 Mapa Parcelario.**



**Fig. 3 Zanahoria.**



**Fig. 4 Haba.**



**Fig. 5 Gladiolo.**

## **2.6. Tenencia y acceso a la tierra.**

La tenencia de las tierras en la comunidad de Ch'ullku Mayu, es por parcelas, es decir, un comunario puede poseer diferentes parcelas distribuidas a lo largo y ancho de la comunidad, pero también existen los pegujales<sup>2</sup>, los cuales son una extensión de terreno dejado por un hacendado a un número de comunarios después de la Reforma Agraria. Las parcelas son generalmente de  $\frac{1}{4}$  de hectárea, o parcelas pequeñas que no llegan ni a  $\frac{1}{4}$  hectárea, superficies pequeñas, en los cuales se cultiva papa, y zanahoria especialmente. Las parcelas de descanso sirven como zonas de pastoreo, sobretodo del ganado ovino. Una forma de acceder a la tierra es a través del arriendo, o en la siembra de compañía<sup>3</sup>, este último consiste en que un agricultor cultiva en el terreno de otro y al final de la cosecha los productos deben ser repartidos entre ambos. También se da la compra directa del terreno como una forma de acceder a la tierra.

## **2.7. Características sociales y económicas.**

Son importantes mencionar, población, educación y actividad económica de la comunidad.

### **2.7.1. Población.**

En base a los datos del censo de población y vivienda de 2001, la comunidad de Ch'ullku Mayu tiene la siguiente población citada en el cuadro No. 3.

---

<sup>2</sup> Los pegujales, eran extensiones de tierra que el hacendado dotaba al colono a cambio de su trabajo en la hacienda. Con la reforma agraria de 1953, los pegujaleros recibieron una dotación de tierra por esta relación.

<sup>3</sup> La siembra de compañía, está referido a que el dueño de la parcela y el que lo trabaja, se reparten la cosecha en partes iguales. Para esto el dueño de la parcela coloca la semilla, y el otro coloca el abono y la mano de obra (riego, labores culturales, etc.).

**Cuadro No. 3 Población de la comunidad de Ch'ullku Mayu.**

DESCRIPACION	POBLACION	HOMBRES	MUJERES	No. VIVIENDAS
Comunidad Ch'ullku Mayu	286	137	149	82

Fuente: Censo de población y vivienda 2001. [www.ine.gov.bo](http://www.ine.gov.bo)

Según los datos del primer concurso de riego por aspersión en la comunidad, la población migrante no ha cambiado mucho con la implementación del sistema de riego por aspersión, el cuadro No. 4 refleja la población migrante en la comunidad.

**Cuadro No. 4 Migraciones de la población de Ch'ullku Mayu.**

Población Migrante	Destino de Migración	Dedicación en el destino	Tiempo de estancia (años)
Jóvenes	Argentina, España, Dpto. Santa Cruz, Chaparé.	Trabajo, Albañil	1- 3
Cholitas	Argentina, España	Trabajo, Costura, Vendedora.	1 – 2
Padres	Argentina, España, Dpto. Santa Cruz, Chaparé.	Trabajo, Albañil	1

Fuente: Elaborado en base a los datos del Primer Concurso de Riego por Aspersión.

La migración de la comunidad, no ha cambiado mucho, ya que mayormente jóvenes y cholitas son los que más salen de la comunidad con los destinos mencionados en el cuadro No. 4 a buscar mejores condiciones de vida.

### **2.7.2. Actividad económica.**

La comunidad de Ch'ullku Mayu, como todas las comunidades de la región, es netamente agrícola, por lo cual la actividad económica gira en torno a la agricultura, especialmente en torno a los cultivos más importantes de la comunidad como la papa y zanahoria. Estos

cultivos representan más del 85% de los ingresos de la familia, el restante, proviene de actividades menores como la venta de colchones, venta de animales, mano de obra, etc. Los últimos 2 a 4 años se está implementando a gran escala la producción de gladiolos, lo cual representa un porcentaje significativo en los ingresos de las familias de la comunidad.

Una de las actividades a la cual se dedican algunas familias a gran escala, es la fabricación de colchones. Estos son fabricados de paja brava (*Icchu*), y mediante el empleo de un molde son costurados con hilos y forrados con gangocho. Estos a su término son comercializados en el mismo lugar, ya que existen compradores que van hasta el lugar y compran para venderlas en las ferias de Punata y Cochabamba.

### **2.7.3. Educación.**

Según los datos del Censo de Población y Vivienda de 2001(Cuadro No. 5), la provincia Tiraque, tiene los siguientes datos de la educación:

**Cuadro No. 5 Datos de la educación de la Provincia de Tiraque.**

<b>Descripción</b>	<b>Población total</b>	<b>Lee y escribe</b>	<b>No lee ni escribe</b>	<b>Tasa de alfabetismo</b>	<b>Tasa de analfabetismo</b>
TIRAQUE	17.109	11.407	5.702	66,67	33.33

Fuente: Censo de población y vivienda, 2001. [www.ine.gov.bo](http://www.ine.gov.bo)

Para la educación del nivel primario, la comunidad cuenta con una Unidad Educativa desde el primer grado hasta el sexto grado, y después de esto, los padres de familia según su economía, decide mandar o no al colegio de Qayarani, Koari, Tiraque o Punata a concluir el Bachillerato, ya después algunos deciden seguir los estudios superiores, en la Universidad Mayor de San Simón de Cochabamba; aunque también se ha visto que algunos han optado por las becas propuestas por los gobiernos de Cuba y Venezuela.

### **III. MARCO CONCEPTUAL.**

La presente investigación se realizó tomando en cuenta parámetros que este bajo la influencia de lo que son: riego por aspersión en ladera y riego colectivo; entonces a continuación se

describen cada uno de los conceptos que se ha creído que es pertinente citar para esta investigación.

### **3.1. Riego por aspersión en ladera.**

Tarjuelo (1995), afirma que este método de riego implica una lluvia más o menos intensa y uniforme sobre la parcela con el objetivo de que el agua se infiltre en el mismo punto donde cae. El proceso de aplicación de agua de un aspersor consiste en un chorro de agua a gran velocidad que se dispersa en el aire en un conjunto de gotas, distribuyéndose, sobre la superficie del terreno, con la pretensión de conseguir un reparto uniforme entre varios aspersores. Como efectos derivados de esta aplicación están:

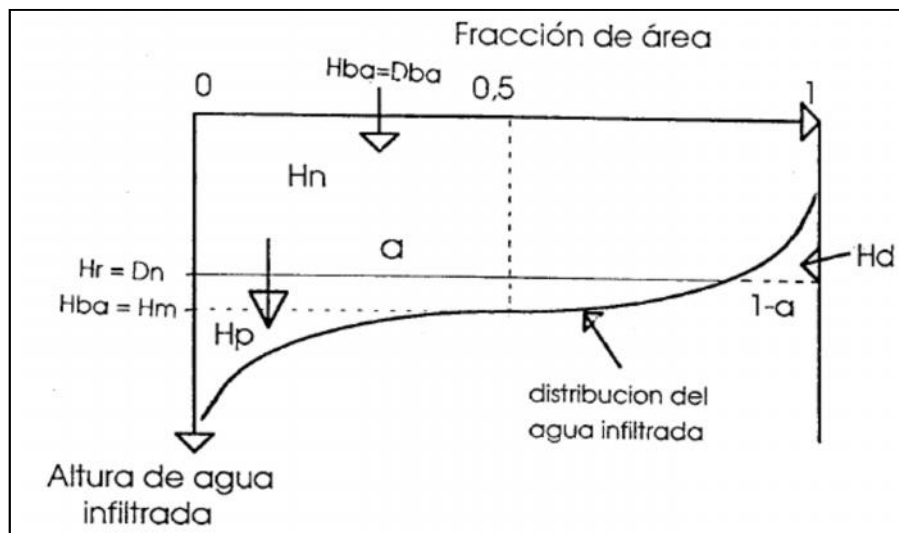
- ✚ La relación entre la velocidad de aplicación (pluviometría del sistema) y la capacidad de infiltración de agua del suelo produciéndose escorrentía si la primera supera a la segunda.
- ✚ El posible deterioro de la superficie del terreno por el impacto de las gotas si estas son muy grandes, y su repercusión en la infiltración, formación de costra, erosión, etc.
- ✚ La uniformidad de distribución en superficie y su gran dependencia de la acción del viento en intensidad y dirección.
- ✚ La redistribución dentro del suelo por diferencias de potencial hidráulico a distancias entre 1 y 3m, que mejora sensiblemente la uniformidad real del agua del suelo.
- ✚ La aplicación uniforme del agua depende principalmente de: el “*modelo*” de reparto de agua del aspersor y de la disposición de los aspersores en el campo (*marco de riego*).

A estos factores hay que añadir otro que es el *viento* (principal distorsionador de la uniformidad de reparto), que juega un papel fundamental en las “perdidas por evaporación y arrastre” producidas durante el proceso de aplicación y donde el tamaño de gota y la longitud de su trayectoria de caída son factores fundamentales.

Para Solomon (1990), el único problema para los sistemas de aspersión es que el modelo de aplicación de agua es susceptible a la distorsión por el viento. Mientras no se controlan la velocidad del viento y la variación de la dirección, su efecto en la uniformidad de riego es significativo, además si durante un evento de riego la uniformidad de la velocidad del viento y la dirección son variables afecta directamente en la uniformidad de riego.

En la aplicación del agua al suelo por el método de riego por aspersión, siempre es muy necesario tomar en cuenta la tasa de infiltración del suelo, ya que aplicaciones mayores de agua a la tasa de infiltración del suelo, puede provocar el lavado de la capa arable, lo cual es un problema frecuente que suele ocurrir en sistemas de aspersión: entonces en un plan de sistema de riego por aspersión se debe cumplir la siguiente regla; la proporción de la aplicación no debe exceder la tasa de infiltración básica del suelo el cual se está regando. Un diagrama típico de la distribución de agua en un riego por aspersión, puede ser como el que se muestra en la Fig. 6, que ilustra lo que ocurre cuando se infiltra en el suelo una lámina de riego para satisfacer sus necesidades del cultivo definidos por la dosis neta pretendida.

Este diagrama puede obtenerse realizando un ensayo de evaluación al sistema de riego, y nos indica que hay unas zonas que reciben más agua que otras, concretamente, un 50% del área recibe más del valor medio del agua infiltrada y el otro 50% recibe menos. Para una determinada distribución del agua por el sistema de riego, nosotros podemos decidir que fracción de área queremos que quede bien regada ( $a$ ), es decir, que reciba al menos la dosis neta pretendida, no resultando económicamente rentable en la generalidad de los casos que toda la parcela reciba al menos esa  $D_n$ .



**Fig. 6 Ejemplo de distribución normal de altura de agua aplicada, mostrando la fracción del área adecuadamente o sobre regada.**

En la figura Fig. 6:

$H_r = D_n$ : es la altura de agua necesaria para reponer en su totalidad el déficit de agua en el suelo, satisfaciendo las necesidades del cultivo.

$H_p$ : es la altura media del agua percolada en el área sobre regada (a).

$H_d$ : es la altura media del agua que representa el déficit en el área infraregada (1 - a).

$H_n$ : es la altura neta, que corresponde a la parte de la altura de agua aplicada ( $H_{ba}$ ) que queda almacenada en la zona radicular.

$H_{ba}$ : es la altura de agua aplicada al terreno (o dosis bruta que llega al suelo  $D_{ba}$ ), que coincide con la altura media infiltrada  $H_m$  al suponer que no existe escorrentía. Se cumplirá entonces que  $H_{ba} = H_n + H_p$ . (Tarjuelo, 1995).

El mismo autor cita como ventajas del riego por aspersión que se derivan principalmente de los aspectos fundamentales:

- ✚ El control del riego sólo está limitado por las condiciones atmosféricas (pérdidas por evaporación o arrastre y efecto del viento sobre la uniformidad de reparto).
- ✚ La uniformidad de aplicación es independiente de las características hidrofísicas del suelo.
- ✚ Puesto que la dosis de riego únicamente es función del tiempo de cada postura puede adaptarse tanto a dosis grandes como a dosis pequeñas.
- ✚ Al poder modificarse fácilmente la pluviometría es capaz de adaptarse a terrenos muy permeables o muy impermeables, e incluso a terrenos con características heterogéneas.
- ✚ No necesita nivelaciones, adaptándose a topografías onduladas. Esto permite conservar la fertilidad natural del suelo.
- ✚ En el interior de las parcelas no necesita, en general, ningún tipo de sistematización, lo que permite una buena mecanización. Únicamente en el caso de sistemas con tuberías en superficie durante la campaña de riegos se dificultaría esta mecanización.
- ✚ Se adapta a la rotación de cultivos y a los riegos de socorro. En el primer caso con la condición de que el dimensionamiento se realice para el cultivo más exigente, ya que la cantidad de agua a aplicar solo es función del tiempo por postura una vez

dimensionada la instalación. Dada la eventualidad de los riegos de socorro, los sistemas que mejor se adaptan serán los móviles o semifijos.

- ✚ Dosifica de forma rigurosa los riegos ligeros, lo cual es importante en la nacencia por la posibilidad de ahorra agua, de ahí que se recomienda la aspersion cuando la dosis de riego sea inferior a 40mm. Para riegos ligeros los sistemas semifijos requieren mucho más mano de obra.
- ✚ Puede conseguirse altos grados de automatización, con el consiguiente ahorro de mano de obra, a costa de normalmente de una mayor inversión.
- ✚ Evita la construcción de acequias y canales, aumentando la superficie útil, a la vez que es más cómodo y de más fácil manejo que el riego por superficie.
- ✚ Este método de riego protege a los cultivos de las heladas, con mayor facilidad, por la operación rápida del equipo.
- ✚ Los acueductos cerrados evitan la contaminación del agua para riego.
- ✚ En los sistemas fijos y semi-fijos de riego por aspersion, existe completo dominio en la operación con poco trabajo.

Para Montaña (2007), las principales desventajas del riego por aspersion en condiciones de ladera son:

- ✚ Elevado costo de la primera instalación y de gasto de explotación, debido a la alta energía necesaria para garantizar la presión del agua a la salida de los aspersores. Sin embargo, este costo se compensa con la supresión de otros costos (nivelación, construcción de acequias, etc.).
- ✚ En algunos cultivos y en algunas fechas la vegetación puede verse perjudicada por un incremento de enfermedades criptogámicas en las plantas mojadas o porque se dificulta la fecundación cuando se riega en época de floración.
- ✚ El viento dificulta el reparto uniforme del agua.
- ✚ No se puede utilizar aguas salinas sobre el follaje de las plantas sensibles a la sal, debido al riesgo de quemaduras en las hojas.
- ✚ Lavado de insecticidas y fungicidas.

Según Anten y Willet (2000), son componentes de un sistema de riego por aspersion en Ladera los siguientes:

- ✚ Sistema de Captación.
- ✚ Línea de Conducción.
- ✚ Tanques de repartición.
- ✚ Red de distribución.
- ✚ Sectores de Riego.
- ✚ Reservorio/cámara de carga.
- ✚ Hidrantes.
- ✚ Línea de Riego fijo (Enterrado).
- ✚ Línea de Riego móvil.

Viendo y analizando las ventajas y desventajas del riego por aspersión en la zona de Ch'ullku Mayu, por sus condiciones de fisiografía, topografía, etc., es una zona donde con facilidad funciona el riego por aspersión, primeramente el alto costo que se da en condiciones de terrenos planos, en esta región es compensada por la condición de ladera, la energía necesaria es producida por la velocidad del agua al bajar por la ladera, un factor muy importante en estas condiciones es la ubicación de los porta aspersores, los cuales según Jiménez (2003), son ubicados por los agricultores perpendicularmente a la pendiente del terreno.

### **3.2. Parámetros técnicos importantes a considerar para la evaluación del riego.**

En un sistema de riego, muchos son los factores que influyen para hacer que la disponibilidad de agua sea mayor o que el efecto sobre los cultivo sea lo más beneficioso posible. Haciendo énfasis en el efecto que tiene el riego sobre un cultivo, existe un criterio importante cuando se pretende mejorar el desempeño del riego a nivel parcelario que consiste en optimizar el riego mediante una adecuada aplicación del agua al suelo; nos referimos tanto a la calidad de aplicación misma del riego como a los rendimientos en los cultivos regados dentro las parcelas.

Dentro de este criterio de optimización del riego encontramos como componentes importantes de la evaluación de desempeño parcelario la estimación de la calidad de aplicación, a través de las eficiencias de aplicación, almacenamiento y uniformidad Son tres parámetros cuantitativos que expresan cuan suficiente, adecuado y uniforme (respectivamente) ha sido un

riego. Los tres parámetros componen el valor total de lo que se conoce como eficiencia de aplicación, que se resume en la fórmula:

$$E_{apl\ total} \sim E_{alm} * E_{apl} * E_{unif}$$

La eficiencia total de aplicación ( $E_{apl\ total}$ ) emite un criterio de evaluación acerca de la calidad del riego efectuado; su principal objetivo es identificar cuáles son los cambios más factibles y efectivos en el manejo y configuración del sistema, tanto para mejorar la eficiencia del riego mismo como los rendimientos propios del cultivo usando las prácticas de riego necesarias para el efecto.

Una evaluación puede mostrar que las altas eficiencias son posibles reduciendo la duración del caudal de entrada a un intervalo requerido. También puede mostrar oportunidades para mejorar el funcionamiento del sub-sistema de riego parcelario a través de cambios en el tamaño y topografía del campo. La evaluación de estas eficiencias son útiles en un sin número de análisis y operaciones, particularmente para las que son esenciales en el manejo y control del agua a nivel parcelario.

Las tres eficiencias citadas en los acápites anteriores son descritas claramente en el acápite **4.5 (Eficiencias de riego)**.

### **3.3. Sistema colectivo de riego:**

Se entiende por sistema colectivo de riego, al usufructo del recurso agua por un grupo de personas (regantes): en este uso, están involucrados distintos elementos que son:

La gestión de agua en este tipo de sistema y otros, está comprendida principalmente por:

Organización para la distribución, operar, mantener la infraestructura y la solucionar conflictos. El sistema de aprovechamiento del agua está comprendida desde la fuente de agua, infraestructura de aprovechamiento, el área de servicio y el agua excedente (casi no existe en ningún sistema). Todas las actividades de mantenimiento son reguladas por un grupo de gente o usuarios del sistema, para esto existe las normas y acuerdos en para la organización y reparto del agua.

Derechos de agua; Es uno de los temas más críticos, ya que en uso personal de agua, esta disputa por derechos no existe, más en cambio en sistemas colectivos, la historia es muy diferente, los derechos de agua deben ser expresados de tal forma que todos los actores queden satisfechos y no así descontentos. En otras palabras, según Gerbrandy y Hoogendam (1998), citado por Delgadillo (2005), los derechos de agua como en cualquier sistema incluyen:

- ✚ El derecho al usufructo del agua
- ✚ El derecho al uso de la infraestructura de aprovechamiento
- ✚ Coparticipación en la gestión
- ✚ Exclusión de ajenos
- ✚ Enajenación

Pero también implica obligaciones como el pago de cuotas, aportes y asistir a trabajos de mantenimiento.

Organización en torno al agua; La organización a veces, es una de las partes más difíciles, ya que todos los actores centrales tratan de buscar su conveniencia personal y no así de la organización que pretende usar el agua colectivamente, para beneficiar a las mayorías. Generalmente estas organizaciones persiguen ciertos objetivos, en torno a la utilización del agua.

Distribución de agua; En caso de sistemas colectivos de riego, la distribución de agua, se debe realizar de la forma más equitativa y flexible posible entre todos los actores centrales, ya que de ello depende en parte el buen funcionamiento del sistema, entonces como parte de la gestión de riego, la distribución de agua es cuando las reglas y normas se hacen visible y entran en vigencia. (Montaño, 2007).

Para VEGA (s.f.), citado por Delgadillo (2005), los elementos que ayudan a caracterizar la distribución de agua son los siguientes:

- ✚ Reparto de agua
- ✚ Operación
- ✚ Acuerdos y organización para la distribución

✚ Niveles de distribución

✚ Principios campesinos para la distribución

Mantenimiento del sistema; Es una de las actividades, donde el sistema colectivo de agua tiene mucha influencia, las actividades de mantenimiento del sistema deben ser realizados, por todos los actores centrales. Cuando el riego es familiar, o la familia tiene su propio sistema, entonces la actividad de mantenimiento está bajo la plena responsabilidad de esta familia. Sin embargo, no ocurre lo mismo bajo un sistema colectivo de riego, ya que el mantenimiento en esta situación debe ser realizada por todos los usuarios, y es en esta actividad donde pueden existir desacuerdos entre ellos lo cual afecta directamente en la funcionalidad de la infraestructura y vida útil del sistema de riego. Según Montaña (2007), el mantenimiento de la infraestructura es otra de las actividades importantes de la gestión de riego. En todos los sistemas, estas actividades se constituyen en la participación masiva de los usuarios para la conservación de la infraestructura.

El manejo de la infraestructura, en un sistema colectivo de riego es por todos los usuarios, en sistemas presurizados, estos pueden ser tomas, tuberías de transporte, tuberías de distribución, hidrantes, etc., los cuales son los que alimenta de agua a todo el sistema. En el mantenimiento, de esta infraestructura de esta tecnología de riego por aspersión es clave en el buen funcionamiento del sistema.

Viendo estos factores que influyen en uso colectivo de agua, la comunidad campesina de Ch'ullku Mayu está bajo este sistema, donde el uso de agua por un agricultor afecta al uso de agua de otro agricultor. La red de distribución es a base de hidrantes, entonces, si un agricultor riega con un hidrante en un extremo, esto afectará directamente sobre la presión de los demás hidrantes, lo cual no ocurre en sistemas de uso de agua a nivel familiar, caso muy específico de agricultores de Mishka Mayu, donde la utilización del agua por un agricultor no afecta en nada en la presión de otro agricultor que este regando al mismo tiempo y por tanto en la eficiencia de su riego.

### **3.4. Parámetros a tomar en la evaluación del riego por aspersión:**

La evaluación de un sistema de riego por aspersión según la JUNTA DE ANDALUCIA (s.f.), es un proceso por el que se puede saber si la instalación y el manejo que se hace de ella

reúne las condiciones necesarias para aplicar los riegos adecuadamente, esto es, cubriendo las necesidades del cultivo para la obtención de máximas producciones y al mismo tiempo minimizando las pérdidas de agua.

Las evaluaciones se realizan en las condiciones normales de funcionamiento, de forma que lo observado coincida con la situación usual durante la aplicación de los riegos.

Para la JUNTA DE ANDALUCIA (s.f.), en una evaluación de riego por aspersión es necesario:

- ✚ Comprobar el estado de los diferentes componentes de la instalación y si el mantenimiento es adecuado.
- ✚ Determinar los caudales reales aplicados por los aspersores a la presión de trabajo y la lámina de agua aplicada al campo por una unidad de tiempo.
- ✚ Determinar la uniformidad de distribución y la eficiencia de aplicación del agua de riego.
- ✚ Detectar y analizar los problemas de funcionamiento de la instalación y plantear las soluciones más sencillas y económicas.
- ✚ Analizar los criterios seguidos por el usuario del riego para decidir la lámina de agua aplicada.

### ***Eficiencias de Riego:***

La eficiencia de un sistema de riego, (PRONAR 1997, citado por Montaña 2007) se define como la relación entre el volumen de agua utilizado por los cultivos (evapotranspiración) y el volumen de agua suministrado desde la fuente: tiene tres componentes principales, tal caso se expresa en la siguiente relación:

$$\mathbf{Efic. Total = Efic. Conducción * Efic. Distribución * Efic. Aplicación}$$

En sistema de captaciones de agua del río y/o derivaciones de embalses, se deberá también considerar un cuarto componente la “eficiencia de captación” y “eficiencia de almacenamiento para el caso de presas o embalses.

La eficiencia de conducción corresponde a la relación que existe entre el caudal que llega al sistema de distribución y el caudal captado en la fuente de agua del sistema (rio, embalse o reservorio). Usualmente se considera hasta los canales secundarios e inclusive terciarios, pues luego viene el sistema de distribución (canales parcelarios o ramales).

Esta eficiencia depende de muchos factores: longitud de los canales, amplitud del área regable, características del canal, tipo de revestimiento, grado de mantenimiento y de la modalidad de operación del sistema. Pero también depende del tipo de operación del sistema de riego: continuo o internamente. A pesar de que la eficiencia de conducción es el componente más susceptible a ser mejorado por ejemplo mediante revestimientos con hormigones, pero no siempre se logra superar el 90% en situación con proyecto; generalmente varía entre 75 a 90%. En condiciones sin mejoramiento (sistema rustico) las eficiencias suelen reportar valores entre 45 a 60%, obviamente es muy variable de un sistema de riego a otro y de un área geográfica a otra.

La eficiencia de distribución se refiere a la relación que existe entre el caudal que llega a las parcelas y el que fue entregado al sistema de distribución en sus respectivas tomas de distribución o repartición según sus tradiciones en cada zona de riego, esta eficiencia depende del tipo de canales, dimensiones, longitud, tamaño de las unidades de riego y el manejo de agua a nivel parcelario.

#### **3.4.1. Eficiencia de aplicación (Ea):**

La eficiencia de aplicación es el tanto por ciento del agua de riego que es realmente utilizada por el cultivo con respecto al total de agua aplicada, para lo cual hay que considerar las pérdidas de agua originadas por infiltración profunda y las perdidas por escorrentía. En caso de riego por aspersión, la escorrentía suele ser nula cuando el sistema está bien diseñado y no se producen fugas, pero en cambio es preciso incluir las perdidas por evaporación y arrastre del viento.

Lujan (2000), citado por Jiménez (2003), define la eficiencia de aplicación en un sistema de riego por aspersión como: el grado de efectividad con que se utilizan los aspersores, se valoran por la relación entre el agua que queda retenida en la zona radicular, a disposición del cultivo, y la cantidad de agua total aplicada. Si el riego es excesivo una parte del agua

aplicada se pierde por percolación y el valor de la eficiencia baja. Si el riego es insuficiente solo existirá pérdidas por evaporación, puesto que no hay pérdidas por percolación.

Para Montaña (2007), la eficiencia de aplicación (expresada en fracciones o porcentajes), es la relación existente entre la cantidad real de agua almacenada en la zona radicular directamente disponible para el cultivo y la cantidad total de agua aplicada al terreno. Por término medio, en la mayoría de los planes de riego, la eficiencia de aplicación no rebasa el 60%. Se refiere a la eficiencia con la que se riega propiamente en el interior de la parcela o unidad de riego. Toda el agua aplicada en exceso con respecto a las necesidades reales de los cultivos se considera como pérdida para los fines de cálculo de este tipo de eficiencia, y este va a depender de diferentes factores como el tipo de suelo a regar, del tipo de cultivo, del método de riego empleado, etc.

Esta eficiencia de aplicación depende en gran manera del método de riego aplicado, para Gurovich (1985), citado por Jiménez (2003), en condiciones adecuadas de diseño y manejo se puede obtener las siguientes eficiencias por los distintos métodos de riego: riego por inundación 40%, riego por surcos 55%, riego por bordes 60% y riego por aspersión 90%.

Viendo estos valores, claramente se puede afirmar que el método de riego por aspersión es el más eficiente, pero cabe mencionar, que estos valores han sido calculados para terrenos normales sin ondulación lo cual hace que estos valores sean más confiables para terrenos planos, entonces para terrenos con pendientes fuertes o moderado no son valores confiables para la calificación de la calidad de riego.

Anten y Willet (2000), después de realizar estudios de investigación sobre la eficiencia de los sistemas de riego tanto en condiciones normales de terreno y condiciones de ladera, expresan los siguientes valores para los métodos de riego presurizado más usados en el Perú:

Riego por aspersión de 65 – 75%, riego por micro aspersión 65 – 75% y riego por goteo de 85 – 90% de eficiencia de aplicación.

Tarjuelo (1995), afirma que existen múltiples formas para cuantificar el uso eficiente del agua de riego.

Prescindiendo de la eficiencia de transporte, el concepto más manejado suele ser la eficiencia de aplicación ( $E_a$ ) definida como:

$$E_a = \frac{\text{Agua almacenada en la zona radicular durante el riego}}{\text{Agua aportada con el riego}}$$

A este concepto se le escapan aspectos importantes y por eso se define la eficiencia de potencial de aplicación  $E_{Pa}$  como:

$$E_{Pa} = \frac{\text{Agua almacenada en la zona radicular, cuando es igual al DPM}}{\text{Agua de riego aportada para tal fin}}$$

Siendo:

DPM: Déficit Permisible de Humedad en el suelo de acuerdo con el manejo deseado. Este sería el valor verdadero valor de eficiencia atribuible al sistema ( $E_a$ ).

La eficiencia de aplicación implica una medida de uniformidad, pero no indica la adecuación del riego. El valor puede ser alto por una buena uniformidad de distribución, pero puede tratarse de un riego escaso que no cubre el DPM, un valor bajo puede tratarse tanto de una mala uniformidad de distribución del agua como de un riego excesivo.

### 3.4.2. Uniformidad de distribución (UD):

Jiménez (2003), define la uniformidad de distribución de agua (UDA) para un cierto porcentaje de área ( $a$ ) adecuadamente regada (aquella que recibe una determinada cantidad de agua prefijada o más).

El UD, se obtiene a partir de los datos de campo resultantes de la evaluación y es un indicador de la uniformidad de altura de agua infiltrada en el conjunto de la parcela. Se puede expresar mediante la siguiente relación:

$$UD = \frac{\text{Altura media de agua infiltrada en el 25\% del area menos regada}}{\text{Altura de agua infiltrada en la Parcela}}$$

De esta forma puede darse un significado más útil al concepto de coeficiente de uniformidad, combinando las medidas de uniformidad de aplicación (CU) con el concepto de área adecuadamente regada (a) y obtener una medida de la uniformidad de distribución (UD).

Gurovich (1985), citado por Jiménez (2003), afirma que mediante los distintos tipos de métodos de riego, se obtienen distintos parámetros de uniformidad de distribución pero cuando el sistema está diseñado adecuadamente y manejado adecuadamente:

Riego por inundación 60%, riego por surcos 75%, riego por bordes 70% y riego por aspersión 85% de uniformidad de distribución, claro que estos valores han sido obtenidos en terrenos planos o con mínimas variaciones de pendiente, y tomarlo como dato de inicio en la implementación de un método de riego cualquiera en condiciones de terrenos con pendiente, sería un grave error.

La uniformidad de distribución en un evento de riego puede ser afectado según Solomon, 1990 por los tiempos largos de riego, ya que en este tiempo las variaciones de viento se pueden dar con más consideración, pero la Uniformidad puede ser más alta cuando la velocidad y la dirección del viento pueden ser constantes, los cuales en nuestro medio son poco frecuentes de ocurrir.

### 3.4.3. Coeficiente de uniformidad de Christiansen (CUC):

Tarjuelo (1999), menciona que el coeficiente de uniformidad, es una representación estadística de la uniformidad, utilizando principalmente en los sistemas de aspersión.

Se determina el coeficiente de uniformidad de Christiansen, empleando un procedimiento aritmético simple, establecida en la siguiente fórmula:

$$CU = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n |C_i - M|^2}{n * M^2} * 100$$

Dónde:





CU= Coeficiente de Uniformidad (%).

$C_i$ = Cantidad recogida por cada pluviómetro o puntos de control (cm).

M= Valor media del agua recogida en los pluviómetros (cm).

n= Número total de pluviómetros o puntos de control.

Este coeficiente de uniformidad en el momento del riego es afectado por los siguientes factores:

-  Viento
-  Presión
-  Pendiente
-  Infiltración

Estos factores deben ser tomados en cuenta en el riego, si es que se desea obtener un coeficiente de uniformidad aceptable (Llanos, 2007).

La fórmula del Coeficiente de Uniformidad de Christiansen ha sido criticada por tres razones principales que se deben considerar en el momento de la interpretación de los valores del CU. El primero es que debido al valor absoluto usado en la determinación de la desviación estándar absoluto. El CU trata el sobre y sub-riego (relativo al valor medio) igualmente. La desviación asigna a cada pluviómetro un valor de aplicación con relación a la media, por ejemplo si la diferencia entre la media y el valor más bajo como del valor más alto fuesen la misma esta puede tratarse de puntos que recibieron la misma cantidad de aplicación ya que no distingue la desviación estándar absoluto si el valor representa un sobre o sub-riego en la parcela.

El segundo se trata del cálculo de la desviación estándar absoluto la cual asigna valores en lo que matemáticamente es llamado una moda “lineal”. Esto significa que el valor asignado a cada pluviómetro está en directa proporción a la cantidad por la cual desvía la media. Por ejemplo para una aplicación media de 10, los pluviómetros individuales de 8 y 14 son 43 deducidos a 2 y 4 respectivamente. Se nota que el valor de 14 es dos veces mayor al valor de 8, de acuerdo a la desviación estándar absoluta.

La tercera observación que presenta el CU es la medición promedia. Comparando la desviación absoluta media, con la media aplicada a la parcela, el CU indica sobre la media cuan uniforme es la distribución de los aspersores. No da indicación de cuan malo un área particular localizado podría estar, o cuán grande el área critica podría ser.

No es cuestionable de que el CU ha sido una herramienta valuable en el diseño y evaluación de los sistemas de riego por aspersión. Pero los tres aspectos cuestionados del CU anotados arriba han causado algo para descontar la significancia del CU, pero el mismo autor cuestiona si el sobre y sub riego deberían ser tratados lo mismo, también argumenta que las grandes desviaciones de la media son más significantes que los pequeños. Sugiere que los valores asignados a cada pluviómetro deberían ser más proporcionales a su tamaño. Aún otros sostienen que las condiciones promedio no son concernientes, yo necesito conocer cuan malo son las cosas en el área crítica.

#### **3.4.4. Eficiencia de Almacenamiento (Ealm).**

INCYTH (1993), afirma que la eficiencia de almacenamiento es la relación entre la lámina media almacenada en la zona radicular y la lámina media almacenada (DN), indica además si el perfil del suelo ha quedado en capacidad de campo, a lo largo de toda la unidad del riego después del riego. Esta responde a la siguiente fórmula:

$$Ealm = (\text{Promedio lámina almacenada} / \text{Promedio lámina almacenable}) * 100$$

El valor de Ealm es importante ya sea cuando el riego deja grandes porciones del terreno sin suficiente agua o cuando se espera lluvia y se riega menos de lo necesario a propósito. Este parámetro es el que tiene más relación directa con la producción del cultivo ya que refleja el grado de tensión de la humedad del suelo. Usualmente, regar menos de lo requerido es una buena práctica de conservación del agua en los lugares donde la probabilidad de precipitación es alta, pero el grado de riego o la cantidad a regar en una pregunta difícil de contestar a nivel de agricultor.

#### **Efecto de bordes.**

El efecto de borde está referido a las áreas de los extremos de una parcela, las cuales no reciben el mismo volumen de agua en un evento de riego, esto es debido a que el traslape de los aspersores no llega a cubrir todo el área de la parcela en forma uniforme, por lo cual los extremos de las parcelas siempre van a estar afectados por el efecto de borde, el cual debe ser tomado en cuenta cuando se determina parámetros de uniformidad y eficiencia de riego por aspersión.

Heermann (1983), citado por Jiménez (2003), menciona que la mayoría de los coeficientes de uniformidad para sistemas de riego por aspersión generalmente representan el área interior de un campo regado. Por ejemplo para sistemas estacionarios, la uniformidad es generalmente calculado para el interior de un campo que recibe la cantidad total de aplicación (con traslapes). El contorno de un campo regado no siempre recibe la aplicación total traslapada de los otros aspersores. El área paralela al último set del lateral en cada lado del campo y al final del campo (Hart y Heermann, 1976) reporta cerca de un 10% de pérdida de agua si los laterales son colocados justo en los bordes del campo y si estos alcanzan a los extremos. Heermann y Hein (1968) reporta que el coeficiente de uniformidad de un sistema de riego de pivote central de 0.9 disminuyó a 0.8 cuando los valores de los bordes de distribución son incluidos. Esta reducción en la uniformidad debería ser considerada cuando se evalúan sobre todo las eficiencias de campo. Los sistemas de superficie de surcos generalmente no tienen grandes efectos de borde en su uniformidad y su eficiencia.

En la comunidad de Ch'ullku Mayu, ya viendo el efecto de borde en campo, una solución que dan los mismos agricultores es; si en una parcela el efecto de borde es considerable, entonces, al término de una posición de riego, se hace la instalación de un aspersor al borde de la parcela que no recibió la aplicación de agua en forma uniforme, pero la instalación de este aspersor para compensar el efecto de borde a veces desperdicia más del 50% de agua aplicada por los traslapes que pasan fuera de la parcela a regar. También se da los casos, de que si el efecto de borde no es tan considerable, entonces esto queda tal como está, o en muchos casos es completado con el método tradicional de riego por superficie.

Si el efecto de borde es compensado por la aplicación de agua mediante la instalación de otro aspersor, o mediante la complementación por el método tradicional, la uniformidad de riego

en toda la parcela aumentaría en estas condiciones, pero se daría una baja eficiencia de aplicación por una mayor pérdida de agua.

#### IV. MATERIALES Y METODOLOGIA.

Es muy importante mencionar o citar los materiales que han sido utilizados en la investigación, ya que en la metodología seguida se hablara claramente de ellos, en el momento en el cual han sido utilizados y la finalidad de su utilización.

##### 4.1. Materiales.

Los materiales utilizados en la investigación, son resumidos en el cuadro No. 6.

**Cuadro No. 6 Materiales y equipos empleados.**

EQUIPOS	MATERIALES
<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Aforador RBC (Cap. 4 l/s).</li> <li>✚ Eclímetro.</li> <li>✚ Cámara Fotográfica digital.</li> <li>✚ Pilas para la cámara.</li> <li>✚ Muestreador.</li> <li>✚ Anillas.</li> <li>✚ Balanza electrónica.</li> <li>✚ Calibrador (0.002 mm de precisión).</li> <li>✚ Manómetro de glicerina, graduada de 0 a 10 bares, con accesorios para medir la presión de trabajo de los aspersores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✚ Imágenes Ikono de la comunidad de Ch'ullku Mayu.</li> <li>✚ Balde de 10 lts.</li> <li>✚ Manguera de 1cm de diámetro y 4m de largo.</li> <li>✚ 100 pluviómetros de forma y tamaño uniforme, sin deformaciones.</li> <li>✚ Probeta graduada de 500cc.</li> <li>✚ Cinta métrica de 50m.</li> <li>✚ Hilo de plástico de 200m.</li> <li>✚ Tablero de apuntes de campo.</li> <li>✚ Planillas de evaluación y concurso de riego.</li> <li>✚ Material de escritorio.</li> </ul>

##### 4.2. Metodología.

Para tener más comprensión de las actividades que se han hecho, ya sea antes de la entrada a campo y en la etapa de trabajo de campo, se describirá cada actividad por separado y así la metodología empleada para la evaluación de la eficiencia del riego por aspersión fue de la siguiente manera:

#### **4.2.1. Actividades preliminares.**

Las actividades preliminares están referidas a todas aquellas que se han hecho antes de comenzar con el investigación en la comunidad, para diferenciarlos se ha dividido en revisión de la información secundaria y contacto con la comunidad.

##### **a) Revisión de información secundaria.**

Esta etapa está más que todo referida a la elaboración de la propuesta de investigación, donde se ha revisado información secundaria, especialmente la investigación hecha por Montaña (2007), y además el proyecto de diseño final del proyecto de riego de Ch'ullku Mayu. De la misma forma se ha hecho contactos con personas conocedores de la comunidad, con las cuales se ha entablado conversaciones, para sacar información útil para la investigación.

De igual forma se ha hecho la revisión de información secundaria de investigaciones similares que se han hecho en otros lugares, especialmente las investigaciones hechas por Jiménez (2003) y Llanos (2007). Estas investigaciones concuerdan en muchas maneras con la investigación que se ha hecho.

##### **b) Contacto con la comunidad.**

Ya para iniciar la investigación, fue de forma inmediata el contacto con la comunidad. Se realizó visitando a la comunidad a una reunión ordinaria (Fig. 7), que generalmente se realiza cada primer sábado de cada mes. Se entablo conversación con la dirigente de la comunidad, y en asamblea se planteó la investigación que se quiere realizar en su comunidad. Una vez aceptada, se coordinó con la dirigente para que se nos pueda proporcionar una habitación donde morar durante el transcurso de la investigación, el cual también fue solucionado, ya que se nos facilitó una de las habitaciones de la sede sindical. La visita se realizó con el coordinador del proyecto GIRH, y además con ambos investigadores (Postgrado y pregrado).

#### **4.2.2. Primer concurso de riego por aspersión.**

Para iniciar la investigación era muy necesaria conocer, la forma de organización, manejo y todas las características del sistema de riego. Viendo esta necesidad se planteó en asamblea a la comunidad, la realización de un Primer Concurso de Riego por Aspersión, el cual involucraría a todos los usuarios del sistema. La propuesta no tardó en ser aprobada por la asamblea y esta fue una de las primeras actividades que se realizó en la comunidad.

En líneas generales el primer concurso de riego por aspersión abarco los siguientes aspectos:

- ✚ Descripción de las características de los equipos de riego, marcas y modelos de aspersores, las modificaciones hechas a estos, características de las tuberías y accesorios como acoples y además la descripción de los problemas que se han tenido con estos equipos de riego desde la implementación del sistema.
- ✚ Descripción de los datos del evento de riego. Este es donde el agricultor aporta los criterios de manejo de riego en la parcela. Datos como tiempos de riego, frecuencias de riego y mano de obra participante en el evento de riego.
- ✚ Criterios sobre el uso del equipo de riego por aspersión y criterios de riego parcelario. Aquí se vio claramente la experiencia del agricultor. Además los criterios manejados por ellos con relación a factores como el viento, ubicación en la parcela de los equipos de riego y sobre el conocimiento de otras marcas de equipos de riego.
- ✚ Aspectos de gestión de riego. Son cuestionamientos, acerca de mantenimiento del sistema, mantenimiento de los equipos de riego, de los derechos de riego, de la equidad de derechos.
- ✚ Percepción del agricultor. Este aspecto permitió ver la percepción que tiene los agricultores desde la implementación del sistema presurizado. Los cambios que se han dado en la comunidad en aspectos como el aumento de la producción, aumento de áreas de cultivo, implementación de nuevos cultivares en la comunidad. Se vio de igual forma la percepción del agricultor sobre los efectos e impactos que causó en la comunidad la implementación del sistema presurizado. Especialmente es aspectos como la migración, incentivo en otras comunidades y aumento de compra de insumos agrícolas (Para ver la planilla del concurso de riego ver Anexo. 1).

La información obtenida del concurso de riego, fue la base para la elaboración de la gestión de riego de los dos sistemas de riego existentes en la comunidad.

La realización del concurso de riego, significa también que hay ganadores (Fig. 8), para lo cual se ha hecho la calificación de las planillas, tomando en cuenta parámetros especialmente de criterio del agricultor.



Fig. 7 Contacto con la comunidad.



Fig. 8 Premiación del concurso de riego.

#### 4.2.3. Evaluación del riego por aspersión.

Par la evaluación de parámetros de eficiencia de riego (Uniformidad y Eficiencia), se siguieron de forma gradual los siguientes aspectos.

1. **Selección de parcelas**, se realizó tres evaluaciones en toda la comunidad, para lo cual lo primero que se ha hecho es tener contacto con la comunidad (como se dijo anteriormente), asistiendo a la reunión ordinaria de cada primer sábado de cada mes; y teniendo el permiso de la comunidad, se procedió a la selección de parcelas tomando en cuenta los siguientes aspectos:
  - ✚ Estas parcelas fueron seleccionadas en la comunidad, por su tamaño, accesibilidad y lo más importante que el agricultor este de acuerdo para la realización de la prueba de evaluación, previa explicación de este proceso.
  - ✚ La fecha de riego planificado por el agricultor.
2. La planificación de la evaluación, se tuvo que atener a la fecha que el agricultor va a regar su parcela, ya que la no existencia de turnos de riego, hace que se riegue el día y la hora que al agricultor le parezca bien, entonces necesariamente se tuvo que esperar al agricultor. También fue importante fijarse el grado de desarrollo del cultivo, ya que los últimos riegos, ya no son favorables para la evaluación, de manera que los

tiempos de riego son más largos y esto podría ocasionar que los pluviómetros puedan rebalsar de agua.

3. Traslado del material y armado: una vez fijada la fecha de evaluación, un día antes, o en la mañana, dependiendo de la hora de comienzo del evento de riego, se procedió al traslado de los materiales (estacas y pluviómetros), el traslado se realizó con la ayuda de otro tesista<sup>4</sup>.
4. El armado de la red de pluviómetros (Fig. 9): este armado consistió, en la medición de la parcela con una cinta métrica y cada 3m se procedió con el colocado de una estaca alrededor de la parcela, luego se procedió a realizar una cuadrícula con hilo de plástico y en la intersección de estos se ha colocado los pluviómetros enterrando ligeramente en el terreno de tal manera que no sean volteados en los cambios de posición del equipo de riego. El armado de la red de pluviómetros se realizó con la ayuda de un tesista del Centro AGUA.



**Fig. 9 Instalación de la red de pluviómetros en la parcela con espaciamiento de 3X3m.**

---

<sup>4</sup> El tesista es el Egr. Agr. Carlos Eduardo Álvarez Crespo, el cual ha hecho su tesis de grado en la regional Koari, el tema de sus tesis es “Diagnostico de la distribución de agua a nivel secundario en los sistemas de riego de Koari”.

5. Una vez terminada la instalación de la red de pluviómetros, se procedió al muestreo de suelo, para la medición de la humedad antes del riego (método gravimétrico), con la ayuda de un muestreador, se tomó 8 muestras de 4 puntos diferentes de la parcela, para esto se siguió el método de muestreo al azar en forma de zig zag, y sacando la muestra de suelo se colocó en una anilla, en el cual se anotó el número de muestra con un marcador de alcohol y estas muestras fueron guardadas en una caja de anillas, para luego ser secadas y pesadas en laboratorio.
6. El seguimiento al evento de riego: este seguimiento consistió en:
  - ✚ Se anotó la hora de inicio del evento, la hora de finalización en cada posición y así hasta el término del evento en toda la parcela.
  - ✚ Luego se midió el ángulo de inclinación del porta aspersor, una de las falencias que se vio en todas las evaluaciones es que el agricultor no instala el porta aspersor acorde a la pendiente de la parcela, lo cual influye de mucha manera en la uniformidad de riego, esta inclinación se midió con eclímetro<sup>5</sup>.
  - ✚ Después a los 10 min de iniciada la prueba se procedió a la medición de la presión de trabajo de los aspersores, ya que a los 10 min, la presión de trabajo de cada aspersor se estabiliza, esta medición se hizo en cada posición de riego. La medición de la presión se realizó con la ayuda de un manómetro de glicerina graduada de 0 a 10 bares.
  - ✚ Posteriormente se procedió a realizar una coquización de la ubicación de los aspersores dentro la parcela para cada posición y también la ubicación de los pluviómetros, se ubicó también en el croquis la dirección de ubicación de los aspersores (En dirección de los surcos, o en dirección de la pendiente). Luego de esto se midió la distancia entre aspersores y además el radio de mojado de cada aspersor.
  - ✚ Luego de la conclusión del evento de riego en una posición, se procedió al traslado del equipo de riego a otra posición dentro la parcela, con el cuidado de no voltear la red pluviómetros, y así se procedió hasta terminar toda la parcela.

---

<sup>5</sup> El eclímetro es un instrumento topográfico, que mide la inclinación de una superficie en grados y la pendiente en porcentaje.

✚ Terminada la evaluación en toda la parcela, se procedió a las lecturas de los volúmenes de agua recogidas por cada pluviómetro instalado en la parcela, esta medición se ha realizado con la ayuda de una probeta graduada de 500cc. Cabe mencionar que para entrar en la parcela a realizar las lecturas del volumen de agua recogida por los pluviómetros, se debe esperar un cierto tiempo hasta que el agua infiltre lo suficiente y la parcela este estable, esto para no causar molestias al propietario.

7. Medición de las boquillas: la medición de las boquillas de los aspersores se ha realizado con la ayuda de un calibrador, de una precisión de 0.002mm, esta medición se ha hecho, ya que algunos agricultores han hecho el ensanchamiento de las boquillas de sus aspersores.

#### **4.2.4. Evaluación de las curvas de humedecimiento.**

En la comunidad de Ch'ullku Mayu, el número de aspersores más utilizados son dos: el aspersor Truper (dotado por el proyecto) y el aspersor Naan 233 capuchón rojo (más conocido en la comunidad como Israelita), viendo este aspecto se realizó la evaluación de aspersores individuales al aire libre con el objeto de encontrar las uniformidades máximas a obtenerse y el mejor marco de riego por aspersion que es el adecuado para los equipos de riego por aspersion de la comunidad. Estas pruebas de humedecimiento se realizaron a vientos mínimos en las condiciones en que el agricultor maneja el equipo de riego; la primera prueba fue con el aspersor Truper con ambas boquillas ensanchadas con rompe chorro en la boquilla principal y la segunda prueba fue con el aspersor Naan 233, ambas boquillas sin modificar. Para la realización de estas pruebas de humedecimiento se siguieron los siguientes pasos:

1. Primeramente se ubicó una parcela representativa en la comunidad, con una pendiente vertical de 20% y transversal de 1%, uniforme en ambos casos y se quedó con el agricultor para la prueba en su parcela.

2. Una vez listo todo y conociendo el diámetro máximo de mojado de los aspersores a la presión a que los agricultores manejan se procedió al armado de la red de pluviómetros con cuatro brazos en forma de cruz, con un espaciamiento de 1m y 10 pluviómetros en cada brazo (Fig. 10), esto con el objeto de tener una mayor densidad de datos recolectados para su posterior evaluación.



**Fig. 10 Red de pluviómetros armado para la evaluación de curvas de humedecimiento con un espaciamiento de 1x1m en forma de cruz.**

3. El armado del equipo para la evaluación estuvo conformado por las siguientes partes: Unión al hidrante de 1<sup>1/2</sup> pulgada con reducción a 1 pulgada, tapón del hidrante de 1<sup>1/2</sup> pulgada, politubo de 1 pulgada de 40m. tres acoples de plástico fijos a rosca de 1 pulgada de diámetro, porta aspersor de 0.86m. de altura y 3/4 de pulgada de diámetro y los aspersores Truper y Naan 233.
4. Seguidamente se midió la presión de funcionamiento, el cual fue el manejado por los agricultores, para el aspersor Truper fue de 4.5bares, y para el aspersor Naan 233 2.5bares, la medición se realizó con un manómetro en baño de glicerina graduado de 0 a 10 bares. En ambos casos la evaluación se realizó durante cinco horas y media, ya que es el promedio que se maneja de tiempos de riego en la comunidad. La evaluación

se realizó uno en la mañana y uno por la tarde, en ausencia de viento. Durante la evaluación se calcularon velocidades de viento de hasta 1m/s.

5. Una vez concluida la evaluación se procedió a la lectura del volumen recogido de agua por cada pluviómetro, esto con la ayuda de una probeta graduada de 500cc en ambas pruebas.
6. De la misma forma se realizó la medición de las boquillas de ambos aspersores evaluados, esto con un calibrador de 0.002mm. de precisión, en las condiciones actuales de los aspersores.
7. Al final del proceso se midió también el caudal de descarga de cada uno de los aspersores, para esto se utilizó dos mangueras de 2m. y un balde de 10 litros (Fig. 11), las mangueras se colocaron en ambas boquillas de aspersor y se midió la descarga de agua durante 30seg. para luego calcular el caudal.
8. Seguidamente los datos de los volúmenes recogidos por los pluviómetros fueron introducidos en el programa de simulación de traslapes (CATCH 3D<sup>6</sup>), esto con el objeto de encontrar la mejor opción de riego.



**Fig. 11 Materiales utilizados para medición de caudales de los aspersores.**

---

<sup>1</sup> El programa CATCH 3D, es un programa informático que, nos proporciona la simulación de traslapes de evaluaciones de aspersores individuales, y calcula algunos de los parámetros de eficiencia de riego.

## **V. RESULTADOS Y DISCUSION.**

Los resultados que se mostrara en este capítulo corresponden al riego por aspersión y superficial manejados por los agricultores de la comunidad de Ch'ullku Mayu en terrenos donde hay mucha variación de pendiente, donde ambos métodos son manejados de acuerdo a distintos criterios de riego que varían de un agricultor a otro.

El riego por aspersión en esta zona de ladera, está sujeta a muchos criterios de manejo por el agricultor: El conocimiento sobre el manejo del equipo móvil de riego por aspersión dentro la parcela es muy variable, pudiendo existir agricultores con amplia experiencia, pero también agricultores que tienen poca o nada de experiencia. La ubicación de los aspersores está en función de la forma de la parcela, el cultivo a regar y dirección de los surcos. Estos criterios manejados por los agricultores de la comunidad de Ch'ullku Mayu han sido tomados en cuenta en el desarrollo de la metodología para la evaluación y la posterior determinación de la eficiencia y uniformidad de riego.

De la misma forma el otro método que se emplea en la zona de estudio para la aplicación de agua al suelo (riego superficial por melgas) tiene unas limitantes que son: por ser una zona de ladera el caudal de riego debe ser muy controlado, si no se controlara se provocaría una severa erosión del suelo, dependiendo de qué cultivo se riega se requiere el número de mano de obra.

Al no existir una metodología para la evaluación del riego por superficie en ladera se ha desarrollado una metodología de evaluación de riego por superficie adecuando a las condiciones de la zona de estudio, especialmente a los criterios de riego manejados por los agricultores.

### **5.1. Gestión del sistema de riego.**

Es importante conocer la gestión de riego del sistema, ya que de ello depende el buen funcionamiento en aspectos como reparto de agua, mantenimiento de la infraestructura, y muchos otros aspectos, que he visto convenientes describir como parte de la gestión de riego en la Comunidad:

### 5.1.1. Fuentes de agua y sistemas de riego.

Actualmente en la comunidad de Ch'ullku Mayu existen dos sistemas de riego: el sistema de riego presurizado por aspersión y el sistema de riego antiguos. Para estos dos sistemas de riego la disponibilidad de agua en sus fuentes es permanente, aunque estas se reducen en la época seca y aumentan en las épocas de lluvia, especialmente para el sistema de riego antiguos. En el cuadro No. 7 se muestran las principales características de estos dos sistemas de riego existentes en la comunidad.

**Cuadro No 7 Principales Fuentes de agua en los sistemas de riego de Ch'ullku Mayu.**

Sistemas de Riego	Sindicato	No. de Afiliados	Fuente de Riego
Sistema de riego presurizado por aspersión	Ch'ullku Mayu	44	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Vertiente Yuraj Yacu</li> <li>· Vertiente Condorniyoj Qhochi</li> <li>· Vertiente Juchuy Infiernillos</li> <li>· Sayt'u K'uchu Pampa</li> <li>· Jatun Qhochi Pampa</li> <li>· Rebalse de la laguna Yana Qhochi</li> </ul>
Sistema de riego antiguos	Ch'ullku Mayu	49	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Vertiente K'uchu Monte</li> </ul>
<b>TOTAL</b>			<b>49</b>

**Fuente: Elaboración propia.**

La cuenca B del canal de aducción del sistema Tatora Qhochi, es la toma para el sistema presurizado, y a este punto llegan diferentes vertientes las cuales son:

- *Vertiente Yuraj Yacu:* Esta vertiente tiene obra como captación rustica, esta vertiente alimenta la cuenca B todo el año, de los cuales la comunidad de Ch'ullku Mayu sólo utiliza desde mayo hasta diciembre o hasta enero si es que no llueve mucho.

- *Vertiente Condornioj Qhochi*: De la misma forma no tiene una toma, esta vertiente a la vez tiene un sin fin de pequeñas vertientes que lo alimentan todo el año.
- *Vertiente Juchuy Infiernillos*: Tiene una toma rustica, y el estado actual de esta toma es regular, el periodo que provee agua esta vertiente es desde mayo hasta diciembre, o a veces hasta enero. Existen otras vertientes que son conocidos como *Sayt'u K'uchu Pampa*, *Jatun Qhochi Pampa*, y además del rebalse de la Laguna Yana Qhochá, cada vez que la laguna se llena, este tiempo generalmente es de tres meses, en los cuales la laguna Yana Qhochá, tiene sus propias vertientes que lo alimentan, todas estas aguas se juntan en la toma de la Cuenca B donde son captadas en una sola toma, cabe destacar que el rebalse de la Laguna Yana Qhochá no es sólo para la comunidad, sino para los demás usuarios de esta laguna, especialmente las comunidades de Koari.

Una de las falencias del sistema presurizado es que no abarca a la totalidad de la comunidad, ya que hay una fracción de la comunidad que riega por superficie o en algunos casos utilizando un Equipo Móvil de Riego por Aspersión, utilizando las aguas de la vertiente *K'uchu Monte*, por lo cual el total de familias bajo el sistema presurizado es de 44 y el número de familias que no gozan del sistema presurizado es de 5 haciendo un total de 49 familias en toda la comunidad. Cabe destacar que las 44 familias afiliadas al sistema de riego presurizado por aspersión son también parte del otro sistema que riega con la vertiente *K'uchu Monte* (Sistema de riego antiguos).

### **5.1.2. Infraestructura y área de riego.**

Desde la implementación del sistema presurizado la infraestructura y área de riego ha cambiado notablemente, especialmente en el sistema de riego antiguos, y se han implementado con el sistema presurizado nuevas infraestructuras, las cuales son mencionadas en las siguientes dos párrafos.

#### **a) Sistema de riego por aspersión.**

El sistema de riego por aspersión tiene como fuente todas las vertientes descritas anteriormente y además del rebalse de la laguna Yana Qhochá, las cuales se juntan en la toma

de la Cuenca B. En este punto, la toma es de tipo tirolesa<sup>7</sup> y ya del canal de aducción, se realiza una sub-toma con una compuerta metálica de bastón de 0.25x0.25 m (con una rejilla metálica de 0.43x0.69 m). Para el sistema de riego presurizado de Ch'ullku Mayu, esta toma se realiza a través de tuberías, el primer tramo de la línea de aducción es de tubería PEBD (Polietileno de Baja Densidad) de 8" y el segundo tramo hasta la zona de riego es de tubería PEBD de 6" de diámetro; en la red de distribución a presión, las tuberías PEAD (Polietileno de Alta Densidad) son primero de 6", luego de 4", 3", 2", 1" y 1/4". Además el tramo de conducción consta de 9 válvulas de control de presión (Fig. 12) y dos purgas.

En la zona de riego la distribución es a través de hidrantes distribuidos a lo largo de la comunidad (Fig. 14), las cuales son en número de 28 hidrantes. De estos 5 hidrantes presenta una salida y las demás 23 presentan dos salidas (Fig. 13). La presión de estos hidrantes es muy variable de uno al otro dependiendo de la ubicación del hidrante en la comunidad, pero la descarga a la cual fueron implementadas es de 4 l/s los hidrantes con dos salidas y 2 l/s los hidrantes con una salida. La profundidad de cada hidrante es de 0.6m. Como en la comunidad hay muchas quebradas, entonces en éstas se ha hecho el paso a través del tendido de tuberías de Fierro Galvanizado de 4", 3", 2" y 2" de diámetro. Estas tuberías han sido tendidas sobre cimientos de sujeción, las cuales han sido colocados con hormigón armado, y además sujetadas por cable de 5/8" colocadas en una torre de pendolones. En total se han utilizado 13 piezas de tubería de fierro galvanizado en la comunidad para el paso de quebradas.



**Fig. 12** Cámara rompe presión.



**Fig. 13** Hidrante de dos salidas.

---

<sup>fi</sup> Es una obra de captación que consta de rejillas superpuestas conjuntamente al canal de concreto que facilita la captación de una determinada cantidad de agua.

## Mapa Red Aspersión Ch'uillku Mayu

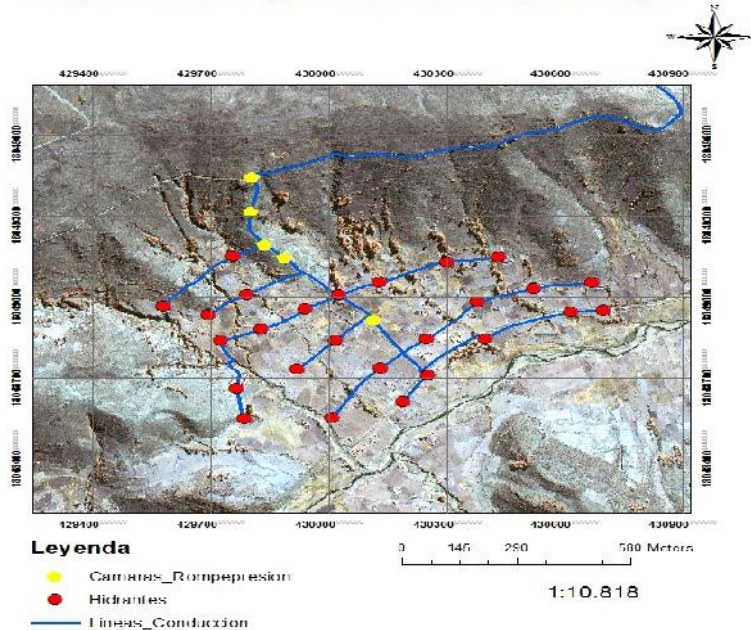
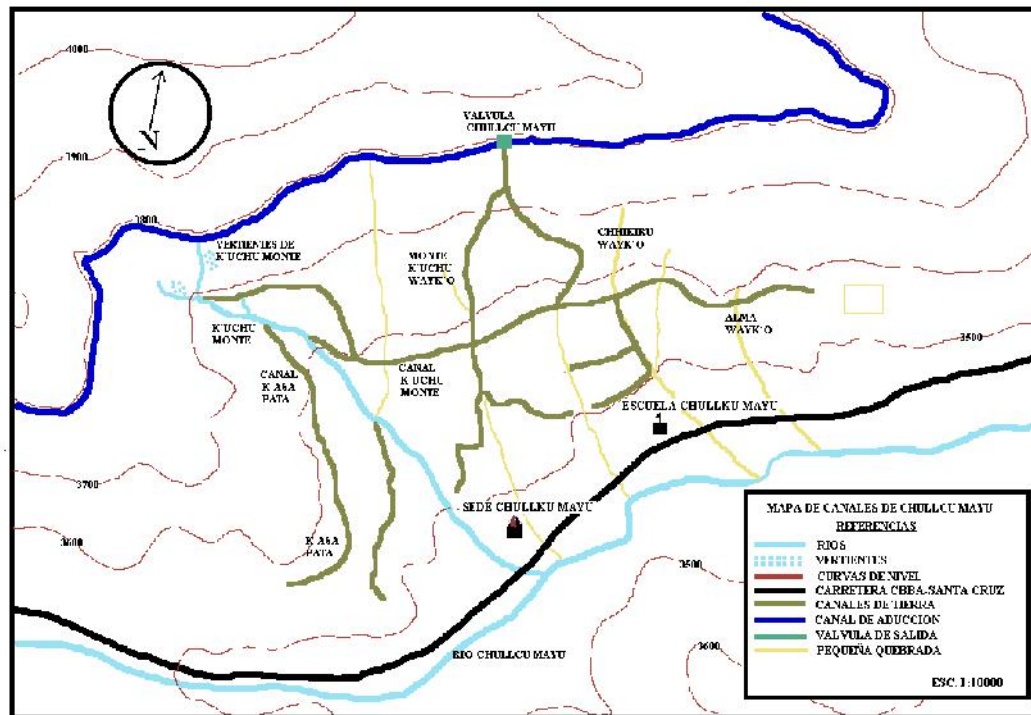


Fig. 14 Red del Sistema de riego por Aspersión.

### b) Sistema de riego antiguos.

Este sistema de riego tiene una sola fuente de agua, que es una vertiente ubicada en la zona de riego denominado vertiente *K'uchu Monte*. Los usuarios de este sistema de riego en realidad son todos los de la comunidad, pero es más utilizado por la fracción de la comunidad que no está bajo el área de influencia del sistema presurizado. La infraestructura de distribución de este sistema está de igual forma en toda la comunidad. Las tomas son rustica de la acequia (Fig. 16 y 17) que trae las aguas de la vertiente y los canales principales de distribución son parcialmente revestidas, pero la totalidad de los canales secundarios y parcelarios son de tierra, las cuales cumplen la función de distribución de las aguas de la vertiente *K'uchu Monte*, pero como la utilización de estas aguas ya no es tan frecuente como en el pasado ya que ha sido remplazado por el riego por aspersión, entonces el mantenimiento de éstas no se realiza cotidianamente como antes, ya que se ha detectado que algunos de los tramos de los canales parcialmente revestidos han sufrido destrozos por la falta de mantenimiento. Se observó también taponamientos en los canales abiertos de tierra. Pero a pesar de todas estas falencias, las aguas de la vertiente *K'uchu Monte* aún son muy necesarias para algunos de los

agricultores, por la falta de conocimiento del manejo del equipo de aspersión. La infraestructura del sistema de riego antiguos se ve claramente detallada en la Fig. 15, como los canales de riego, la válvula que utilizan para captar el agua del rebalse de Yana Qhochá, las fuentes de agua y demás características de este sistema de riego.



**Fig. 15 Red de la infraestructura de riego.**

Cabe destacar que algunos de los canales presentes en la Fig. 15, actualmente están en desuso, por encontrarse bajo el área de influencia del sistema presurizado. Los principales canales que actualmente se siguen utilizando a mayor escala son el canal de K'asa pata y el canal de K'uchu Monte, por ser principales y algunas parte de estas están revestidos con hormigón ciclópeo.



**Fig. 16 Primera toma rustica.**



**Fig. 17 Segunda toma en tubería.**

### **5.1.3. Derechos de agua.**

El origen del sistema presurizado de riego por aspersión en la comunidad, fue por la falta de agua que sufría la comunidad, y para empezar este proyecto cada usuario de ese entonces ha aportado la suma de 10\$, y de esa manera se originó los derechos sobre el sistema presurizado de riego por aspersión, cada usuario desde entonces tiene los mismos derechos que cualquier otro. Además, cada agricultor aportaba de entre 5 a 10Bs para el movimiento de los dirigentes y sus viáticos.

Para adquirir derechos de agua generalmente se debe pertenecer a la comunidad, pero también se puede adquirir por herencia de padres a hijos, y si un usuario nuevo quiere entrar en el sistema entonces debe pagar una cuota de ingreso que es de 1000\$ y además debe afiliarse al sindicato. Para mantener estos derechos, los usuarios deben asistir a todas las asambleas que se realizan el primer sábado de cada mes. Actualmente, existen personas a las cuales se les ha quitado el turno de riego, por acumularse deudas, que generalmente son las faltas a las reuniones o algunas actividades de mantenimiento que la mesa directiva del sistema convoca.

La disponibilidad de agua para el sistema de riego de Ch'ullku Mayu es constante, por lo cual la expresión del derecho al agua es de uso libre, con la única restricción de que en un evento de riego no se puede utilizar más de tres aspersores, salvo que el usuario justifique el uso de más de tres aspersores y hacer una petición al presidente del comité de riego del sistema.

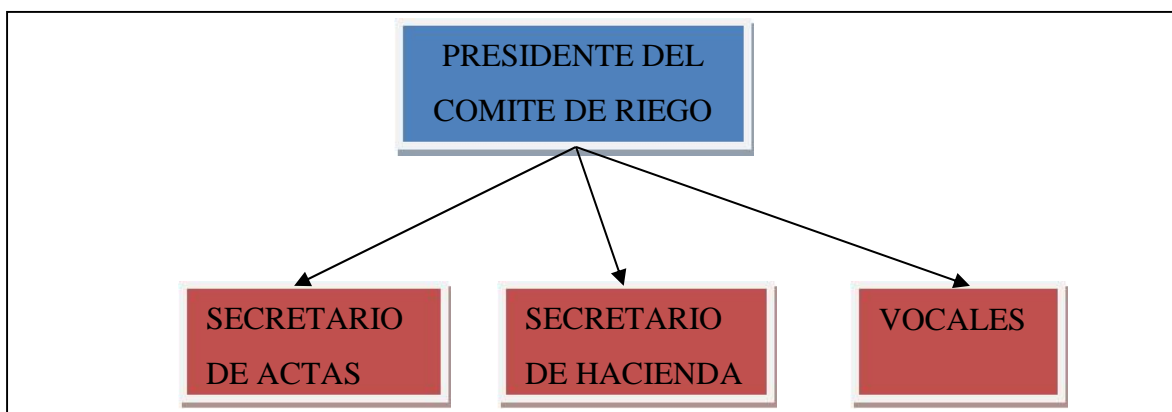
La modalidad de entrega es de tipo continuo y multiflujo<sup>8</sup>, además la entrega no es cuantificada con un tiempo de entrega indefinido e intervalo variable. Como la comunidad esta presurizada, entonces el nivel de distribución es a usuario, con un sólo principio de que *se puede regar a la hora que el usuario requiera (con tres aspersores)*.

Antes del sistema de riego presurizado la expresión de los derechos de agua era muy diferente, era por tiempo y con el caudal que se disponía de la Mit'a<sup>9</sup>, es decir, se designaba 6 horas al usuario, si durante este tiempo no se terminaba de regar, entonces ya era problema del usuario, al tiempo designado se cortaba y entraba el turno de otro usuario.

#### 5.1.4. Organización.

La organización para riego, es en base a una mesa directiva, el cual se escoge por voto en una reunión, pero cabe destacar que en la comunidad existen 3 organizaciones, las cuales son: Sistema de riego antiguos, los cuales riegan con una vertiente denominado *K'uchu Monte*, el cual está en la zona de riego. Sistema de riego por aspersión, el cual es el nuevo en la comunidad. El sindicato Ch'ullku Mayu, que es una organización aparte de los dos sistemas de riego.

La composición de la directiva del sistema de riego por aspersión es la descrita en la Fig. 18:



**Fig. 18 Organización de la mesa directiva del sistema de riego por aspersión Condorniyoj Qhochi.**

En la etapa de la realización de la investigación (Gestión 2009 - 2010) la composición de la mesa directiva es la siguiente (Cabe destacar que las mismas personas de la gestión 2009,

<sup>8</sup> Esta referido a que el agua es disponible todo el tiempo, con caudal dividido en varios flujos.

<sup>9</sup> La Mit'a, es una forma de reparto de agua en que los usuarios tienen derecho a utilizar el agua durante un tiempo determinado, por turnos de día o de noche.

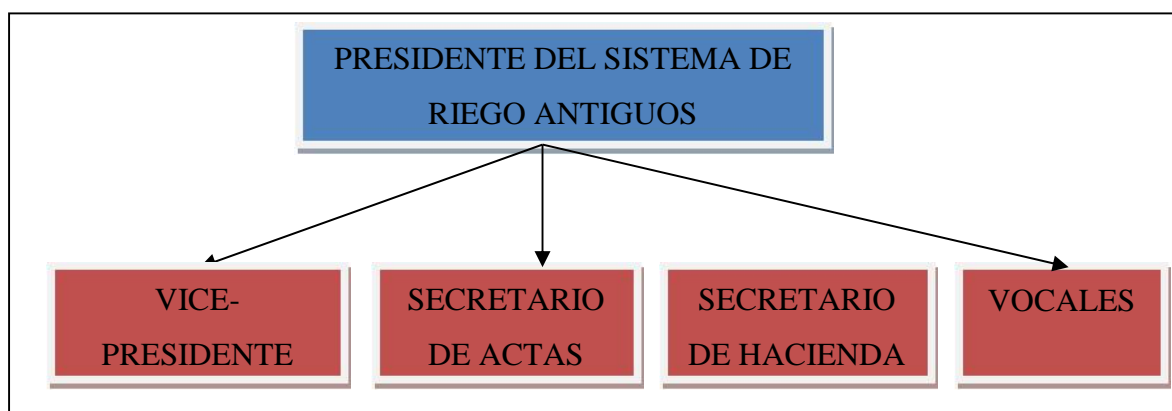
fueron ratificadas para la gestión 2010) cuya nómina se cita a continuación en el cuadro No. 8.

**Cuadro No. 8 Composición de la mesa directiva del sistema de riego por aspersión.**

Nombres y Apellidos	Cargo que desempeña	Gestión de Ingreso/salida
EVARISTO VALLEJOS	PRESIDENTE	2009-2010
CELEDONIO ALVARADO	SECRETARIO ACTAS	2009-2010
MARIA DURAN	SECRETARIA HACIENDA	2009-2010
	VOCAL	2009-2010

**Fuente: Elaboración Propia.**

Una de las organizaciones vigentes también es el sistema de riego antiguos cuya composición es la descrita en la Fig. 19 y cuadro No. 9.



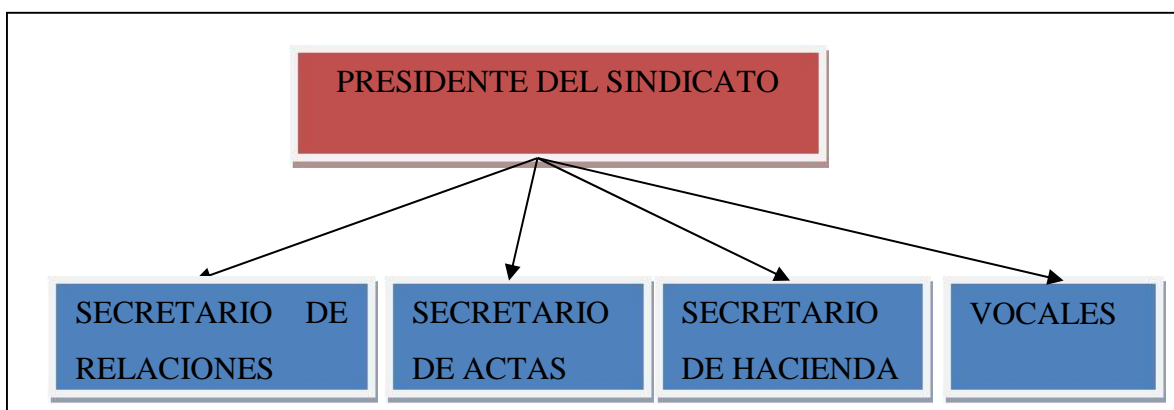
**Fig. 19 Organización de la mesa directiva del sistema de riego antiguos.**

**Cuadro No. 9 Composición de la mesa directiva del sistema de riego antiguos.**

Nombres y Apellidos	Cargo que desempeña	Gestión de Ingreso/salida
RAMON ALVARADO	PRESIDENTE	2009-2010
FIDEL CHOQUE	VICE-PRESIDENTE	2009-2010
OCTAVIO VALLEJOS	SECRETARIO ACTAS	2009-2010
MARIA DURAN	SECRETARIA HACIENDA	2009-2010
CONSTANTINO ROJAS	VOCAL	2009-2010

**Fuente: Elaboración propia.**

Y la organización, más grande es el sindicato agrario Ch'ullku Mayu, el cual tiene una organización diferente a los de más sistemas de riego (la composición de la mesa directiva es la descrita en la Fig. 20 y el cuadro No. 10).



**Fig. 20 Organización de la mesa directiva del sindicato agrario Ch'ullku Mayu.**

**Cuadro No. 10 Composición de la mesa directiva del sindicato agrario Ch'ullku Mayu.**

Nombres y Apellidos	Cargo que desempeña	Gestión de Ingreso/salida
CRISTINA ROJAS	PRESIDENTE	2009-2010
FELIX DURAN	SECRETARIO RELACIONES	2009-2010
REMBERTO DURAN	SECRETARIO ACTAS	2009-2010
ALEJO DURAN	SECRETARIA HACIENDA	2009-2010
	VOCAL	2009-2010

**Fuente: Elaboración propia.**

La designación de estos cargos tiene una duración de un año, y al finalizar la gestión, se elige otra mesa directiva.

Esta organización, actualmente no tiene relación con otras organizaciones externas a la comunidad, pero si existen algunos convenios que ha suscrito, especialmente con los otros usuarios del sistema de riego Yana Qhochá (Koari Alto, Koari Medio, Koari Bajo y Rodeo Chaupi Suyu), este convenio es para el uso equitativo de las aguas de la laguna.

### **5.1.5. Operación.**

La modalidad de operación del sistema presurizado en época de lluvias, es que el encargado de la operación (Tomero), cierra la válvula y el agua que normalmente es disponible para Ch'ullku Mayu es llevado por el canal de aducción a Totorá Qhochá, una vez que pasa la temporada de lluvias y la época de riego llega en la comunidad, entonces otra vez sueltan la válvula y en la comunidad empiezan a regar, de esa manera el agua no se desperdicia ni en época lluviosa y época seca.

El Tomero es el encargado de la operación del sistema, el cual es una persona que se designa en reuniones. Esta persona cumple la función de abrir la válvula en la toma de la cuenca B, también tiene la función de vigilar el buen funcionamiento de la red de conducción y distribución, pero además todos los usuarios, están involucrados en la operación, ya que junto con el Tomero, hay personas que se designan para el control de la conducción y distribución que periódicamente están fijándose para vigilar el buen funcionamiento del sistema. Los principales problemas detectados en la organización para riego es que no se cumple con los trabajos de mantenimiento y con algunas cuotas, a cuya consecuencia de estos incumplimientos se da las sanciones de multas o cortes de turno hasta su cancelación.

#### **a) Distribución de agua.**

Antes del sistema presurizado, se practicaba la modalidad de turnos, la comunidad disponía de las aguas de la Mit'a, con 6 horas de turno para cada usuario, la distribución de turnos era de día y de noche, pero con rotación de horarios de riego, es decir, que si en una Mit'a a un usuario se ha designado de noche el turno de riego, para el siguiente se designaba de día, esto con el objeto de hacer la distribución de una forma equitativa entre todos los usuarios.

Después de la implementación del sistema presurizado la modalidad de distribución ha cambiado totalmente, de una modalidad de turnos a una modalidad de libre uso de agua. La presurización de la comunidad ha favorecido enormemente para que los usuarios se hayan olvidado de regar de noche y de la espera de un turno de riego.

#### **b) Mantenimiento.**

El mantenimiento de la red presurizada se hace cada cuando el Tomero y el presidente del sistema llaman a esta actividad, generalmente, se hace trabajos de destaponamiento de la toma en la cuenca B, ya que algunas personas ajenas al sistema, hace el taponamiento con bolsas de plástico y hojas de pino, entonces siempre se hace un control periódicamente. Las obligaciones que todo usuario tiene al ser parte del sistema, es que debe asistir a las reuniones y además a las actividades de mantenimiento que se realiza. Si un usuario incumple una de estas obligaciones, entonces se le cobra una multa, el cual si no es cumplido, llega a terminar con el corte del agua hasta que cumpla con la multa que se ha acumulado. Estas obligaciones se controlan en las reuniones en presencia de todos los usuarios.

### **c) Normas y reglas para riego.**

Existen normas y reglas que el sistema maneja internamente, las cuales se citan a continuación:

- ✚ Uso de tres aspersores en un evento de riego: Esta es una regla general para todo usuario, es decir el usuario puede regar el tiempo que a él le parezca, pero en su evento de riego puede utilizar solamente 3 aspersores como máximo, salvo en casos que el usuario especifique y justifique la utilización de 4 ó más aspersores y previa solicitud al presidente del comité de riego por aspersión de la comunidad, como ya se había mencionado antes.
- ✚ Reparación de daños en la infraestructura: Esta es una norma general, está referido a que si algún tramo de la infraestructura del sistema, especialmente en la zona de riego (Red de tuberías, y especialmente hidrantes) sufre alguna daño, entonces todos los usuarios que utilizan esa infraestructura deben hacer arreglar estos daños, es decir, si un hidrante sufre algún daño de rajadura por presión o algún otro daño, entonces todos los usuarios que utilizan este hidrante en sus eventos de riego deben solucionar el problema.
- ✚ Asistir a las reuniones y actividades de mantenimiento que se realizan en el sistema, además de poner cuotas, si es que se requiere poner para la movilidad del Dirigente o Tomero.
- ✚ La cancelación obligatoria de 5Bs por mes, como un aporte al sistema presurizado.

## **5.2. Caracterización del riego parcelario de la comunidad de Ch'ullku Mayu.**

La condiciones actuales del desempeño de riego por aspersión y superficial en condiciones de la ladera en la comunidad de Ch'ullku Mayu está en función a los criterios de riego campesino, los cuales son muy diferentes de un método a otro, lo cual hace necesario que se dé una caracterización de cada método de riego separadamente.

### **5.2.1. Riego tradicional.**

Antes de la implementación del sistema de riego presurizado por aspersión en la comunidad, el método que de riego que se empleaba era el método de riego por superficie (riego por

melgas), actualmente una fracción de la comunidad que no está bajo el área de influencia del sistema presurizado aun riega por este método. Los criterios de riego campesino que han desarrollado los agricultores de la comunidad se han basado principalmente en el mejor aprovechamiento del recurso agua en la parcela.

En realidad el riego por melgas practicado en la zona de estudio es un tipo de riego denominado también *riego en peine*. Este tipo de aplicación está basado a un buen manejo de caudales medios dentro la parcela, ya que el riego por melgas, así como se lo aplica en terrenos sin pendiente, no se puede desarrollar en terrenos con pendiente pronunciado, pero lo cual el agricultor ha desarrollado otro tipo de riego por melgas en ladera (*riego en peine*). En este tipo de riego el agricultor define en un principio melgas de un numero de surcos, en el último surco de cada melga definida hace un canal, todo esto antes de empezar el evento de riego. Los caudales que utilizan son definidos tomando los criterios de la pendiente del terreno y la mano de obra disponible para el evento de riego. En el momento de riego es donde se define el *riego en peine* ya que en cada canal hecha en el último surco de cada melga al introducir el agua se hacen unas pequeñas entradas a la melga por donde entra agua a la melga en forma de peine, esto comenzando de la parte final del surco. Este procedimiento no se sigue en riego por melgas de terrenos sin pendiente.

En algunos casos por utilizar mayores caudales, el agricultor ocasiona la erosión de su suelo o por un descuido en la parte final del surco de cada melga.

Cabe resaltar también que dependiendo del tipo de cultivo y del ciclo vegetativo son también los criterios de riego que se toman. Es decir, el riego por superficie varía de muy buena manera de distintos factores relacionados con el cultivo las cuales suelen ser: tipo de cultivo; especialmente el cultivo de zanahoria por no cultivarse en surcos se riega por inundación que comienza en la parte superior de la parcela; ciclo del cultivo; en algunos casos se ha observado que cultivos como la papa y el haba se riegan por surcos en etapas de desarrollo próximos a la floración y después de la floración.

El agricultor tiene pleno conocimiento del método de riego por superficie. El manejo del agua dentro la parcela es de pleno conocimiento del agricultor, el tiempo de riego depende del tamaño de la parcela y también de la cantidad de personas que forman parte del evento de

riego. Por lo cual el riego por superficie en la comunidad es manejado con pleno conocimiento de parte del agricultor, las únicas deficiencias que se puede observar son las condiciones precarias de la infraestructura de riego, como los canales de distribución que son completamente rústicos.

### **5.2.2. Riego de preparación.**

Este tipo de riego se realiza principalmente con en el objeto de facilitar las tareas de labranza, ya que después de la cosecha, el terreno se compacta, entonces es necesario un riego de preparación para descompactar el suelo. El método que generalmente utilizan los agricultores de Ch'ullku Mayu es el riego por inundación, es decir el agricultor suelta el agua de la parte superior de la parcela e inunda toda la parcela, dependiendo de la pendiente de la parcela, el agricultor regula el caudal de riego, para evitar erosión y además para facilitar el manejo del caudal dentro la parcela. Es en este tipo de riego donde más se utiliza las aguas de la vertiente K'uchu Monte.

### **5.2.3. Riego de Siembra.**

El riego de siembra depende mucho del cultivo que se está sembrando, y consiste en regar el suelo preparado unos días antes de la programación de la siembra, esto con el objeto de que el suelo este con muy buena humedad al momento de la siembra. Esto generalmente en los cultivos de papa, haba, y gladiolos. No ocurre lo mismo con el cultivo de zanahoria, ya que el riego se realiza después de terminado la siembra, además no se aplica el riego por superficie, si no se aplica por aspersión, se utilizan caudales pequeños y una lámina pequeña de agua para evitar el arrastre de las semillas. El riego de siembra en el cultivo de zanahoria no se puede aplicar por superficie, ya que la semilla que se siembra al boleto puede ser arrastrado por el agua que recorre por la superficie de la parcela.

Hay también agricultores que prefieren más aplicar el riego de siembra por aspersión, utilizando caudales normales de riego, con el objeto de evitarse el trabajo de riego por superficie.

#### 5.2.4. Riego por melgas:

Especialmente la fracción de la comunidad que no está bajo la influencia del sistema presurizado, practica el método de riego por superficie por melgas, conocido también como “*riego en peine*” (Fig. 21), este tipo de riego requiere de mucha dedicación y destreza de parte del agricultor. Consiste en el manejo de pequeños caudales dentro la parcela y dividiendo la parcela en surcos iguales (melgas) de abajo hacia arriba en sentido contrario a la pendiente, el agricultor suelta el agua por el primer surco de cada melga y la distribución del agua se comienza por el final de surco por donde se hace pequeñas canaletas con la ayuda de un picota, por estas canaletas entra el agua a toda la melga en forma de peine. Una vez terminada la primera melga se pasa a otra melga cortando la entrada de agua a la primera melga, y así se avanza de abajo hacia arriba de la parcela.

Este sistema de riego por melgas, es muy trabajoso, por lo cual el agricultor antes de empezar su evento de riego hace primero sus canales en los primeros surcos de cada melga con picota, para controlar mejor el caudal. En este evento generalmente participan de 2 a 3 personas.

El riego tradicional se ha reducido totalmente desde la implementación del sistema presurizado, ya que son pocos los agricultores que riegan por melgas en el área de influencia del sistema presurizado, las causas principales por las que se riega todavía por melgas en esta área son:

- En la etapa de desarrollo del cultivo, el riego por aspersión es muy intenso, por lo cual el caudal de algunos hidrantes no abastece a los aspersores, lo cual obliga a los agricultores a regar por melgas.
- En algunos casos, los jefes de hogar son mujeres y poco a nada tienen conocimiento sobre el manejo del equipo de riego por aspersión, y con el temor de arruinar su equipo prefieren seguir regando por melgas.
- Se da también los casos de que el equipo de riego por aspersión no alcanza a una cierta parcela, por lo cual el agricultor se ve obligado a regar por melgas o por inundación en caso de cultivos como la zanahoria.

Actualmente son pocas las veces que se entran en el sistema de reparto de la *Mit'a*, ya que el agua abastece todo el año, entonces a los agricultores que riegan por el método tradicional,

pueden hacer sus eventos hasta terminar sus parcelas y no como antes, de esperar su turno de riego y además con un tiempo de riego muy controlado de 6 horas, las cuales a veces no permitía que el agricultor termine de regar una parcela determinada, entonces los agricultores, especialmente del área donde no tiene influencia el sistema presurizado, ya no sufren como antes de escases de agua.



**Fig. 21. Riego tradicional por melgas en la comunidad de Ch'ullku Mayu.**

### **5.3. Riego por aspersión.**

El método de riego por aspersión en la comunidad de Ch'ullku Mayu, está caracterizado por la constante disponibilidad de agua en la red presurizada. Entonces la constante disponibilidad de agua favorece la aplicación oportuna de agua a los cultivos.

El criterio campesino para la aplicación de agua por este método está basado a que el método de aspersión es más práctico desde el punto de vista de que no se pierde tiempo en el evento de riego, no se ocasiona erosión al suelo, además de que se aplica con más uniforme el agua a la parcela.

El desempeño actual del riego por aspersión en la comunidad, de acuerdo a los resultados del primer concurso de riego por aspersión, se puede notar que no existe un conocimiento

necesario sobre el manejo del equipo de riego por aspersión dentro la parcela. Entonces con lo poco que se conoce sobre el manejo de los equipos móviles dentro la parcela no se toma en cuenta los criterios básicos del buen manejo de los EMRA en la parcela, estos podrían ser: ubicación de los porta aspersores de acuerdo a la pendiente; no se ha observado en ninguna parcela que la ubicación del porta aspersor sea perpendicular a la pendiente, más al contrario son ubicadas verticalmente al suelo, esta falla cae directamente en la eficiencia y uniformidad de riego.

La disponibilidad constante de agua en la comunidad en la red presurizada ha hecho también que los agricultores no controlen sus tiempos de riego, ya que algunas veces riegan tiempos que ni ellos mismos conocen. De igual forma el control de presión del hidrante con relación al número de aspersores utilizados en un evento de riego es de acuerdo a criterios que ellos mismos han desarrollado, estos están basados en número de vueltas que se hace girar la llave de paso del hidrante una vez conectada el politubo al hidrante, muchas veces se ha observado la sobrepresión en los aspersores, esto sin duda alguna por la falta de conocimiento del manejo de presiones adecuadas para el funcionamiento de un número de aspersores.

Según el criterio que cada agricultor ha adoptado para mejorar la eficiencia del riego ha hecho unas pequeñas modificaciones en los EMRA, especialmente en los aspersores las cuales han sido ensanchadas la boquilla principal para aumentar el chorro de agua, pero también algunos agricultores han preferido mantener sus aspersores tal como ha dotado el proyecto.

La poca experiencia y conocimiento sobre los equipos de riego ha hecho que los agricultores se mantengan con los equipos de riego que el proyecto ha dotado. Pero algunos agricultores viendo las necesidades de manejo han cambiado por otros equipos especialmente se han hecho cambios de la tubería de politubo de 1" <sup>1/2</sup> a 1", ya que ellos argumentan que las tuberías de mayor diámetro son más pesadas y difíciles de manejar dentro la parcela y al trasladar de una posición a otra se daña el cultivo.

Ahora, después de analizar estos criterios de manejo de los equipos de riego por aspersión dentro la parcela por los agricultores, se debe poner en conocimiento de que los pocos conocimientos que los agricultores han adquirido sobre el manejo de los EMRA fue de las capacitaciones que se han realizado una vez terminada el proyecto de riego presurizado, lo

cual no ha influido casi en ninguna manera en los criterios campesinos que actualmente manejan. Entonces el riego por aspersión por gravedad en la comunidad de Ch'ullku Mayu casi no toma en cuenta ningún criterio técnico de manejo de los EMRA en la parcela, más al contrario han desarrollado sus propias técnicas de riego parcelario a lo largo de estos tres años de funcionamiento del sistema.

### **5.3.1. Sistema presurizado.**

El sistema presurizado de Ch'ullku Mayu fue implementado el año 2007, bajo el programa de Bolivia Cambia Evo Cumple<sup>10</sup>. Fueron partícipes del proyecto, la Alcaldía Municipal de Tiraque, la GTZ PROAGRO y la comunidad de Ch'ullku Mayu poniendo una contra parte mínima y con el apoyo de mano de obra constante en la etapa de ejecución del proyecto.

El sistema presurizado comprende desde la toma en la cuenca B del canal de aducción a Totora Qhocha, la red de conducción, cámaras rompe presión, red de distribución, obras de trasvase de quebradas y finalmente los hidrantes.

### **5.3.2. Equipo de riego por aspersión.**

Los equipos de riego por aspersión han sido implementados por el proyecto de riego presurizado. Hasta la fecha estos equipos han sufrido pocas modificaciones en sus diferentes partes, sólo en algunos casos han implementado otras partes en el equipo de riego.

Este equipo de riego en la comunidad de Ch'ullku Mayu, es un equipo de riego estacionario móvil, esto porque todos los componentes del equipo pueden ser movidos de un evento de riego de una parcela a otra parcela.

Actualmente en la comunidad no se ve mucho la utilización de otras marcas de aspersores, si no las dotadas por el proyecto, que son aspersores de la marca Truper, aspersor que tiene un rompe chorro en la boquilla principal, y que en la mayoría de las veces, por necesidad los agricultores han hecho el ensanchamiento de ambas boquillas (Principal y secundaria). Dos casos se han visto la utilización de aspersores de otras marcas (Rain Bird y Naan Capuchón Rojo). Según algunos testimonios, estos agricultores ya regaban por aspersión antes de la

---

<sup>10</sup> El programa Bolivia Cambia Evo Cumple, es un programa del gobierno que va ejecutando en todo el país, proyectos de riego, salud, educación, seguridad, etc.

implementación del sistema presurizado en la comunidad, por lo cual han hecho distintas modificaciones a estos aspersores, como adaptación de alambres a ambas boquillas y además el ensanchamiento de boquillas. Según relatos de los agricultores son aproximadamente 5 las familias que regaban por aspersión antes de la implementación del sistema presurizado.

Hoy en día las partes del equipo móvil de riego por aspersión, se mantienen con pocas modificaciones hechas desde la implementación del proyecto. En el cuadro No. 11 se detallan las partes del equipo de riego en la comunidad.

**Cuadro No. 11 Partes del equipo de riego.**

<b>PARTES</b>	<b>MATERIAL</b>	<b>LONGITUD (m)</b>	<b>DIAMETRO</b>
Matriz Principal	Politubo	50-100	2", 1" <sup>1/2</sup>
Matriz Secundario	Politubo	24-30-36	1" <sup>1/2</sup> , 1"
Acoples Fijos a Rosca	Plástico	0.15	1" <sup>1/2</sup> , 1"
Porta Aspersor	Plástico	1	3/4"
Estacas	Madera	0.9	-
Trípode	Barra de fierro	0.5	-
Tres aspersores Truper con dos boquillas ensanchadas, boquilla principal con rompe chorro.			

**Fuente:** Elaboración en base a los datos del Primer Concurso de Riego en Ch'ullku Mayu.

Cabe destacar que en la matriz principal las tuberías de politubo<sup>11</sup> utilizadas son muy variables. Los dotados por el proyecto eran de 2", pero por la dificultad que presentaban el manejo de ésta, algunos agricultores han decidido cambiar por tuberías de 1"<sup>1/2</sup>. Lo mismo ha ocurrido en la matriz secundaria, los dotados por el proyecto eran de 1"<sup>1/2</sup>, y muchos agricultores han cambiado por tubería de 1", por el fácil manejo dentro la parcela. De igual forma el material utilizado para la instalación del porta aspersor varía mucho. Hay algunos agricultores que tienen preferencia de la utilización de estacas de madera, pero también hay agricultores que utilizan trípodes de barra de fierro, que de igual forma cumple la misma función que las estacas.

### **5.3.3. Función de las diferentes partes del equipo de riego por aspersión.**

De este factor es lo que depende, en mucha manera la obtención de buenas eficiencias de riego por aspersión, ya que alguna de estas partes falla, entonces, las eficiencias pueden bajar a porcentajes inesperados.

<sup>11</sup> Se refiere como tubería de politubo, al polietileno, así es como se la conoce más en la comunidad.

### 5.3.3.1. Matriz principal.

La matriz principal como parte del equipo de riego cumple la función de trasladar el agua desde el hidrante hasta la parcela. En esta tubería ya no se genera mucha presión, ya que la misma presión del hidrante en algunos casos es más que suficiente para abastecer a tres aspersores.

En la comunidad un 35% utiliza politubo de 2" de diámetro los cuales fueron dotados por el proyecto, mientras en 65% utiliza politubo de 1"<sup>1/2</sup>, las cuales han implementado ellos mismos por la facilidad de manejo. Las longitudes manejadas por los agricultores como matriz principal son de 50 a 100m. Se maneja estas longitudes dependiendo de la longitud de la parcela al hidrante. En algunos casos, la parcela puede estar a pocos metros del hidrante, entonces se maneja matriz principal de esa longitud. En la comunidad sólo se vio un caso de manguera de goma como matriz principal combinado con politubo de 1"<sup>1/2</sup> (Fig. 22 y 23), los demás agricultores utilizan como matriz principal politubo.



Fig. 22 Matriz principal de politubo.



Fig. 23 Matriz principal conectado al hidrante.

### 5.3.3.2. Matriz secundaria de distribución.

La matriz secundaria o de distribución es la parte donde más se ha hecho cambios de tubería, ya que la dotación del proyecto era de tuberías de 1"<sup>1/2</sup>, y por lo dificultoso que es el manejo dentro la parcela, un 80% de los agricultores ha hecho el cambio a tuberías de 1", las cuales son más fáciles de manejar y operar en la parcela, especialmente en el cambio de una posición a otra. Las tuberías de distribución están unidas al porta aspersor por medio de acoples fijos a

rosca de plástico. La matriz secundaria o de distribución es la parte más móvil del equipo (Fig. 24).



**Fig. 24 Matriz secundaria de distribución en funcionamiento.**

### **5.3.3.3. Acoples y porta aspersores.**

En la zona de estudio, la totalidad de los acoples utilizados son fijos a rosca de plástico, lo cual dificulta un poco el traslado de una posición a otra en un evento de riego, o en cambio del equipo de riego a otra parcela. Estos acoples de plástico son de diferentes diámetros dependiendo de la matriz secundaria de distribución (Fig. 25 y 26), y están unidos directo al porta aspersor. No se ha detectado otro tipo de acoples utilizados en la comunidad.

El 100% de los porta aspersores utilizados en la zona de estudio son de plástico de  $\frac{3}{4}$ " y de 1m de altura (Fig. 27). Es una altura adecuada para que el aspersor pueda repartir el chorro de agua en un diámetro adecuado. La instalación del porta aspersor se realiza utilizando estacas de diferentes tamaños, y en algunos casos se lo realiza empleando un trípode de barra de fierro, los cuales se plantan en el suelo en la posición del porta aspersor, y se amarra a éste con ligas de goma o en otros casos con telas delgadas.



**Fig. 25 Acople de plástico del aspersor.**



**Fig. 26 Acople de plástico en matriz principal.**



**Fig. 27 Porta aspersor de plástico.**

#### **5.3.3.4. Aspersor.**

La utilización de aspersores en la zona de estudio esta reducido a una sola marca de aspersor (Truper), el cual ha sido dotado por el proyecto. Desde la implementación del sistema presurizado las modificaciones que se han hecho en los aspersores son pocas, las más representativas que se han hecho son el ensanchamiento de ambas boquillas. Según Solomon (1990), utilizando la boquilla principal de mayor diámetro aumentará el diámetro de mojado del aspersor y se minimizará la distorsión del chorro por el viento.

El aspersor Truper presenta un rompe chorro en la boquilla principal (Fig. 28), en forma de una tuerca el cual cumple la función de dispersar el chorro de agua. Como la mayoría de los agricultores de la zona de estudio no tiene mucha experiencia en marcas de aspersores, no han hecho la introducción de otros aspersores, sólo en dos casos se ha visto la utilización de otras marcas de aspersores: (1) Rain Bird (Fig. 29), aspersor de plástico, al cual se han hecho unas

adaptaciones de alambre a ambas boquillas con el objeto de romper el chorro de agua y además han sido ensanchadas sus boquillas. (2) Naan 233 Capuchón Rojo, aspersor que trabaja a baja presión, también con ambas boquillas ensanchadas. De acuerdo a las normas y reglas del sistema de riego, ningún usuario puede regar con más de tres aspersores en un evento de riego, salvo que se justifique la utilización de más de tres aspersores y el usuario debe hacer su petición de utilizar más de tres aspersores al comité de riego. Pero en muchos casos esto no se respeta, ya que durante la etapa de realización de la investigación se ha visto que muchos agricultores regaban con 4, y más aspersores.



**Fig. 28 Aspersor Truper con rompe chorro.**



**Fig. 29 Aspersor Rain Bird con alambre.**

#### **5.3.4. Riego por aspersión en la parcela.**

La caracterización del riego por aspersión en la parcela, desde el traslado del equipo hasta el término del evento de riego, es muy importante, ya que allí se ven, las falencias de los equipos y también el conocimiento del agricultor sobre el manejo de los equipos de riego. Los párrafos posteriores describen en forma detallada estos aspectos importantes.

##### **5.3.4.1. Traslado del equipo.**

El traslado del equipo de riego se realiza según la ubicación de la parcela, es decir si las parcelas del agricultor pueden ser regados por un mismo hidrante, entonces el traslado es solamente de la matriz secundaria de distribución, pero no ocurre frecuentemente esta situación, ya que de una mayoría de los agricultores, sus parcelas están distribuidas a lo largo y ancho de la comunidad, entonces el traslado del equipo de riego se realiza desde la matriz principal. Por eso ellos mencionan que tuberías de mayores diámetros son más dificultosos de

trasladar de una parcela a otra, pero dependiendo de la distancia de la parcela al hidrante también se toma la decisión del traslado de todo el equipo o sólo lo necesario para el riego. Para realizar el traslado es necesario en algunos casos desarmar todas la tuberías de los acoples, pero en algunos casos se arrastra toda la matriz. El peso es lo que más dificulta el traslado del equipo por las pendientes que hay que arrastrar.

#### **5.3.4.2. Instalación del equipo.**

Para la instalación del equipo de riego, dependiendo de cómo fue el traslado (Todo el equipo o solo matriz secundario), el agricultor empieza con la instalación. Primero, se instala la matriz principal al hidrante, seguidamente la matriz secundaria o de distribución se instala a la matriz principal, utilizando acoples fijos a rosca de plástico. Lo más importante es la instalación de los porta aspersores, que en general se ha visto en la comunidad no se toma para nada la pendiente del terreno, si no se instala según el criterio de cada agricultor<sup>12</sup>. La dirección en la que se pone los porta aspersores en la parcela, es otro criterio que decide el agricultor, muchos prefieren poner en la dirección de los surcos, otros en dirección de la pendiente.

La instalación del porta aspersor algunos agricultores lo realizan con una estaca de madera (Fig. 30 y 32) y algunos lo hacen con un trípode de barra de fierro (Fig. 31), los cuales anclan en el suelo, en caso de la estaca se amarra con ligas de goma.

---

<sup>12</sup> La forma correcta de la instalación del porta aspersor es perpendicular a la pendiente.



**Fig. 30 Porta aspersor instalado con estaca.**



**Fig. 31 Porta aspersor instalado con trípode.**



**Fig. 32 Agricultor construyendo la estaca.**

#### **5.3.4.3. Manejo del equipo de riego dentro la parcela.**

Una vez instalada el equipo de riego en la parcela, el agricultor suelta la llave de paso del hidrante. Para esto el criterio que utilizan los agricultores para que la presión sea la adecuada para tres aspersores, es de hacer girar 2.5 vueltas la llave de paso del hidrante<sup>13</sup>, con esto la presión está regulada para los tres aspersores utilizados, pero esto puede variar con la ubicación del hidrante dentro la comunidad, ya que los primeros hidrantes no tienen la misma presión que los últimos hidrantes o cualquier hidrante ubicado en los tramos medios de la comunidad, entonces las vueltas pueden bajar a 2 vueltas, o subir a 3 vueltas.

Una vez empezado el evento de riego el agricultor se fija que los aspersores estén funcionando bien sin fallas, además que no haya muchas fugas de agua en las tuberías de las matrices y en la conexión al hidrante<sup>14</sup>. También el porta aspersor debe estar parado firmemente, ya que en

<sup>13</sup> Esta regla lo han definido los agricultores que más saben de la instalación del equipo de riego en el hidrante.  
<sup>14</sup> En general, casi en todos los casos se vio que si existen fugas, especialmente en la conexión al hidrante.

algunos casos, la presión hace que estos se caigan por no estar fijados bien los apoyos (Estacas de madera, o trípode de barra de fierro). Una vez que el equipo está funcionando bien, el agricultor lo deja funcionando, por eso es que en los eventos de riego casi no se ve a nadie que esté controlando el riego, el agricultor aparece solamente a cambiar de posición o a finalizar el evento de riego.

Ahora, el tiempo de riego por posición es muy variable y se toma según el criterio de cada agricultor, y variable también para el tipo de cultivo a regar, los tiempos de riego por posición que se han visto son: 6horas (85%), 7horas (10%) y 5horas (5%).

Los principales problemas que se presentan en un evento de riego según el relato de los agricultores son los siguientes:

- El viento es el primer factor que afecta la uniformidad de riego (“*Wayra ujladuma yakuta apacapun*”<sup>15</sup>).
- Existen algunas personas ajenas al sistema que hacen taponamientos con hojas de pino en la toma, y la entrada de estas suciedades ocasiona en algunos casos el taponamiento de las boquillas de los aspersores.

#### **5.4. Parámetros de eficiencia y uniformidad de riego por aspersión.**

La evaluación del desempeño de un sistema de riego presurizado por aspersión, obteniendo parámetros de eficiencia y uniformidad de riego, pueden ser indicadores del conocimiento del manejo de los EMRA por parte de los agricultores en condiciones en las que se han implementado estos sistemas en comunidades y bajo funcionamiento normal en campo de los EMRA. Estos parámetros son también indicadores de cuan eficiente es el riego, el porcentaje de agua que se aprovecha del total de agua aplicado. Estos parámetros son muy importantes a la hora de dar recomendaciones en lo que respecta al mejoramiento del riego.

##### **5.4.1. Parámetros de eficiencia obtenidos en la evaluación.**

Cabe mencionar que los parámetros que se muestran en el cuadro No. 12, fueron calculados en base a las evaluaciones hechas en parcelas diferentes, y además sobre el tipo de riego

---

<sup>15</sup> Un relato en quechua, que dice que el viento se lleva el chorro de agua a otro lado.

practicado en la comunidad de Ch'ullku Mayu, que por la poca experiencia que ellos tienen las eficiencias obtenidas actualmente son muy bajas.

**Cuadro No. 12 Eficiencias alcanzadas en las evaluaciones en Ch'ullku Mayu.**

PARCELA	UD (%)	CUC (%)	EA (%)	Ealm (%)
Parcela 1	47	60	47	100
Parcela 2	62	77	17	100

Fuente: Elaboración propia.

Los valores obtenidos de las evaluaciones, las cuales aparecen en el cuadro No. 12, son datos específicamente de las parcelas que se han evaluado, y no se podría generalizar como promedio para toda la comunidad, ya que la misma experiencia en riego hace que en algunas ocasiones se obtengan eficiencias más mayores a las que se han encontrado en las evaluaciones realizadas, o en alguno casos más menores a las encontradas.

El análisis de los valores obtenidos que se muestran en el cuadro No. 12, pueden ser analizados de la siguiente manera: En el primer caso, el valor obtenido para el UD=47%, un valor de CUC=60%, un valor de EA=47%. El valor de CUC es considerado como bajo, ya que según Keller, (1990), el valor de CUC=80%, es el valor de referencia que se toma para que sea considerado como aceptable en casos de riego agrícola. Y un valor de CUC=60%, no se consideraría aceptable, aun tomando en cuenta las características de la zona de estudio, donde casi la totalidad de las parcelas es ladera. Cabe mencionar también que los valores que recomienda Keller, (1990) es para aquellas prácticas de riego en terrenos planos, o con mínimas variaciones en la pendiente. De igual forma el valor obtenido para UD es un valor muy bajo, esto se debe puede atribuir a distintos factores, principalmente al manejo del equipo de riego dentro la parcela, en cuanto al espaciamiento entre ramales y otros factores como el viento (velocidad y dirección), inclinación del porta aspersor de acuerdo a la pendiente, presión de funcionamiento. Estos factores tienen una directa influencia en los valores de los parámetros de eficiencia y uniformidad.

Para el segundo caso evaluado, los valores obtenidos para los parámetros de eficiencia y uniformidad son: CUC=77, para la UD=62% y para EA=17%. Estos valores viendo desde el punto de vista de Keller, (1990), estarían en el rango de aceptables, especialmente valores de CUC y UD. Viendo las características de la zona de estudio y además de la poca experiencia

que tiene el agricultor, se podrían tomar como valores aceptables. Pero el caso de la Eficiencia de Aplicación EA=17% es un valor relativamente bajo y no aceptable.

Los valores de eficiencia de aplicación en ambos casos, son valores que representan de cuánta agua se ha quedado en la zona radicular del total aplicado, o en qué porcentaje se ha satisfecho los requerimientos del cultivo, en ambos casos nos dice la eficiencia de almacenamiento que se ha satisfecho en un 100 %, pero por los valores obtenidos de Ealm, se puede afirmar que existe un sobre riego, por lo tanto, en el primer caso, del total del agua aplicado solo el 17% es aprovechado por la planta, lo demás se pierde por percolación profunda. Lo mismo en el segundo caso, solo el 47% del total del agua aplicado es aprovechado por el cultivo y lo demás es perdido por percolación profunda. Es obvio que existe un sobre riego.

Los parámetros de eficiencia y uniformidad encontrados en los dos casos evaluados, sin duda alguna han sido afectados por diversos factores, los cuales son necesarios que sean tomados en cuenta en la planificación de riego parcelario, entre estos factores tenemos a los ya mencionados anteriormente: Presión de funcionamiento, velocidad y dirección del viento, ubicación del porta aspersor con relación a la pendiente, y el manejo del equipo dentro la parcela.

### ***Presión de funcionamiento.***

La presión de funcionamiento del aspersor es muy importante, y tiene la directa influencia en los parámetros de funcionamiento. Cada aspersor viene desde su fábrica con una presión óptima de funcionamiento, y si este requerimiento de presión óptima del aspersor no es la óptima, entonces el aspersor empezará a presentar un mal funcionamiento. Especialmente en presiones bajas lo que generalmente se ve es que, el aspersor empieza a botar gotas de agua grandes y estas llegan a provocar erosión o daño al cultivo. Esto no se da en la zona de estudio, ya que la presión es adecuada y esta se puede regular de acuerdo al requerimiento del aspersor. En el cuadro No. 13 se muestran las presiones de funcionamiento de los aspersores durante las evaluaciones y en el cuadro No. 14 las mínimas requeridas por marcas de aspersores.

**Cuadro No. 13 Presión de funcionamiento de los aspersores en las evaluaciones.**

	PRIMERA EVALUACION			SEGUNDA EVALUACION		
Aspersor	Truper	Truper	Truper	Rain Bird	Rain Bird	Rain Bird
Presión (Bar)	3.8	3.8	3.8	2.7	2.6	3

Fuente: Elaboración propia.

**Cuadro No. 14 Presión mínima de funcionamiento de aspersores utilizados en las evaluaciones.**

	ASPERSOR TRUPER (7X2 mm)	ASPERSOR RAIN BIRD (5X4 mm)
Presión Mínima (Bar)	2.7	2

Fuente: Catalogo Vigente Truper y Jiménez, 2003.

Como se ve en el cuadro No. 14, las presiones mínimas requeridas para el óptimo funcionamiento de los aspersores, tanto Truper y Rain Bird, estas son cumplidas en los dos casos de las evaluaciones, y al contrario son superiores a las requeridas por los aspersores. Por lo cual la presión no debería ser tomada como un factor que afecta negativamente en los parámetros de uniformidad y eficiencia en la zona de estudio.

Como la presión en la comunidad es adecuado para el funcionamiento de los aspersores, otros factores relacionados con la presión no son tan relevantes de mencionar, a menos que se quiera cambiar de aspersor en la comunidad. Otras características relacionados con la presión, como el caudal de descarga de los aspersores, ya depende a que presión hace trabajar el agricultor durante el riego. En las evaluaciones realizadas los caudales de descarga medidos son los que se muestran en el cuadro No. 15.

**Cuadro No. 15 Caudales de descarga medidos en las evaluaciones.**

ASPERSOR	TRUPER	NAAN 233	RAIN BIRD
Caudal (l/s)	0.21	0.51	0.52

Fuente: Elaboración propia.

Estos valores fueron medidos en la evaluación de los aspersores individuales bajo las condiciones en las que trabajan normalmente los aspersores en el riego parcelario, es decir a la presión media en la que normalmente trabajan los aspersores.

### ***Angulo de Inclinación del porta aspersor.***

El Angulo de inclinación del porta aspersor, es un aspecto importante que sin duda alguna tiene su repercusión en los valores del Coeficiente de Uniformidad. Para Jiménez, (2003),

este factor es de mucha importancia, ya que tiene mucha influencia en el patrón de humedecimiento del aspersor, y según el alejamiento del grado de perpendicularidad, es cómo influye negativamente en el patrón de mojado del aspersor. En la comunidad de Ch'ullku Mayu, es muy notorio no tiene nada de importancia este factor, ya que la mayoría hace la ubicación del porta aspersor según le parezca, lo más probable que se encuentre en la práctica en la comunidad es porta aspersores ubicados de forma recta en sentido al hilo de la plomada. En algunos casos de igual forma se puede ver porta aspersores con algún grado de inclinación. Pero de ninguna manera hacen la relación de la pendiente de la parcela con el ángulo de inclinación del porta aspersor, cabe mencionar que en la zona de estudio se presentan parcelas con una pendiente que va desde 11 a 45%. En la evaluaciones realizadas se ha encontrado que la el ángulo de inclinación con respecto al suelo del porta aspersor es de  $88^\circ$  en el primer caso, o su equivalente a 195.5%, y para que se cumpla la perpendicularidad debería de ser 200% y en el segundo caso es  $77.3^\circ$  o su equivalente a 172%, y debería ser 200% para que se cumpla la condición de perpendicularidad.

Según Jiménez (2003), la perpendicularidad del porta aspersor es importante, ya que las curvas de humedecimiento de porta aspersores ubicados en forma perpendicular a la pendiente muestran patrones de mojado más uniformes, y porta aspersores ubicados con variaciones a la perpendicularidad muestran patrones de mojado con variaciones negativas en la uniformidad, lo cual repercute en la práctica en la uniformidad de riego.

### ***Manejo del equipo dentro la parcela.***

El manejo del equipo dentro la parcela, personalmente me parece que es uno de los factores más importantes que afectan en los parámetros de eficiencia y uniformidad de riego. Factores como la distancia entre aspersores y distanciamiento entre ramales son factores muy importantes que tienen su repercusión en la uniformidad de riego. En la comunidad de Ch'ullku Mayu estos aspectos a menudo son tomado en cuenta. El proyecto de riego por aspersion de la comunidad, casi a la mayoría de los usuarios entrego las mangueras de politubo, distanciados a 10mt algunos de los cuales ya han sido modificados por los agricultores. En el cuadro de No. 16 se muestra las distancias entre aspersores y el espaciamiento entre ramales de los dos casos evaluados.

**Cuadro No. 16 Distancia entre aspersores y espaciamiento entre ramales.**

ASPERSOR	PRIMERA EVALUACION			SEGUNDA EVALUACION		
	TRUPER	TRUPER	TRUPER	RAIN BIRD	RAIN BIRD	RAIN BIRD
Distancia entre Aspersores (m)	10		10	10		12
Distancia entre Ramales (m)	<b>1ra. – 2da. Posición</b>			<b>1ra. – 2da. Posición</b>		<b>2da. – 3ra. Posición</b>
	<b>15.5</b>			<b>18</b>		<b>15</b>
Diámetro de Mojado (m)	16-17		16-17	18	18	18

Fuente: Elaboración propia.

Si observamos cuidadosamente el cuadro No. 16, veremos claramente que las distancias entre ramales, manejados en las dos evaluaciones durante el riego por cada agricultor no son las mismas, y viendo el diámetro de mojado de cada aspersor, en el sentido de la distancia entre aspersores, si se tiene un traslape efectivo para que el riego sea eficiente, pero en el sentido de la distancia de los ramales, el traslape en algunos casos no llega a cubrir, y quedando áreas muy poco regadas, estas distancias entre ramales generalmente se asumen viendo la dirección del viento y la velocidad del mismo, pero como estos son muy variables durante el riego, entonces tiene igual su efecto en la uniformidad de riego.

Esto también explicaría porque se obtienen valores de uniformidad de riego bajos, ya que la mayoría de los agricultores de la comunidad toman el criterio de ubicar los aspersores según sus criterios y no toman factores como la velocidad y dirección del viento que es uno de los factores que interviene en los traslapes adecuados.

Considero que las distancias adecuadas entre ramales, sería la misma distancia que hay entre aspersores, así se obtendrán traslapes similares en la dirección de los aspersores y en la dirección de los ramales y también se mejoraría la uniformidad de riego.

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

Los tiempos de riego, son en alguna manera dependiente del tipo de cultivo a regar y además del estado del suelo en el momento del riego, también depende mucho del estado fenológico del cultivo. Pero este factor también repercute en la uniformidad y eficiencia del riego, ya que tiempos cortos de riego afectan negativamente a la eficiencia de almacenamiento, es decir no se almacena en la zona radicular la cantidad de agua requerida por el cultivo. Entre tanto, tiempos muy largos de riego, provocan una percolación profunda, o encharcamiento en

terrenos planos. En el cuadro No. 17, se muestra los tiempos de riego que se ha regado por posiciones en los dos casos de evaluación.

**Cuadro No. 17 Tiempos de riego empleados en los dos casos evaluados.**

<b>EVALUACIONES</b>	<b>1ra. POSICION</b>	<b>2da. POSICION</b>	<b>3ra. POSICION</b>
<b>1ra. Evaluación</b>	5 Horas 58min	4 Horas	
<b>2da. Evaluación</b>	6 Horas	6 Horas	6 Horas

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al Primer concurso de Riego por Aspersión, realizado por el Centro AGUA, en la comunidad de Ch'ullku Mayu (Octubre de 2009, a mayo de 2010), la mayoría de los agricultores contestan que emplean un tiempo de riego de entre 5 horas a 6 horas por posición de riego. Los tiempos, empleados en la comunidad de Ch'ullku Mayu son muy superiores a los tiempos empleados en la comunidad de Mishka Mayu, donde Jiménez, (2003), reporta tiempos de riego de entre 1 hora y hasta 2 horas y media. Sin duda alguna esta tremenda variación de tiempos de riego entre estas dos comunidades es debido a la variación de la tenencia de agua, en la comunidad de Mishka Mayu, la repartición de agua es por turnos, y en la comunidad de Ch'ullku Mayu es a demanda libre.

### ***Viento.***

El viento es uno de los principales factores que afecta a la uniformidad del riego. Según la Estación Meteorológica de Toralapa, los vientos más fuertes en la comunidad de Ch'ullku Mayu se presentan entre los meses de junio hasta septiembre, después va disminuyendo gradualmente. En los mencionados meses los vientos llegan a alcanzar velocidades de hasta 5m/s, con variaciones en el día, de tal manera que los vientos más fuertes se presentan en la tarde. Durante las evaluaciones, las velocidades de viento obtenidos son las que se muestran en el cuadro No. 18. Cabe mencionar que en la etapa de evaluación las velocidades de viento no eran las máximas.

**Cuadro No. 18 Velocidades de viento durante las pruebas.**

<b>Etapa</b>	<b>PRIMERA EVALUACION</b>			<b>SEGUNDA EVALUACION</b>		
	<b>Inicio</b>	<b>Durante</b>	<b>Final</b>	<b>Inicio</b>	<b>Durante</b>	<b>Final</b>
<b>V (m/s)</b>	2	2	2	2	3	2

Fuente: Elaboración propia.

Los datos que se muestrean en el cuadro No. 18 son datos del momento de inicio, durante la evaluación y al final de la evaluación. En el caso de la primera evaluación por ejemplo se puede notar que no hay variación en la velocidad del viento, esto debido a que gran parte de la evaluación se ha realizado durante la mañana, donde la velocidad del viento no tiene muchos cambios.

En el caso de la segunda evaluación, la velocidad si tiene variaciones, en la etapa de la evaluación, esto debido a que la evaluación tuvo tres posiciones de riego, entonces la segunda posición se realizó por la tarde y es a estas horas donde la velocidad del viento aumente.

Aunque pareciera que estas velocidades de viento son bajas, pero tiene su influencia en la uniformidad de reparto del agua en la parcela. Ya que en las evaluaciones individuales de aspersores realizado en la comunidad, en condiciones de viento bajo, se ve la clara influencia del viento en el patrón de mojado del aspersor. En las gráficas en 3D obtenidas de estas evaluaciones se puede ver que el efecto del viento hace que el agua se mas rociada en el sentido de la dirección del viento.

Viendo también los resultados del Primer Concurso de Riego por Aspersión en la comunidad una mayoría de agricultores, afirma como uno de los factores que más perjudica en el riego, es el viento, para eso ellos ya han adoptado la medida de regar, por la mañana o en algunos casos por la noche.

### **5.5. Evaluación de curvas de humedecimiento.**

Algunos autores como Keller, (1990), citan las metodologías que se deben seguir para la evaluación del riego por aspersión, y también las pruebas de humedecimiento de aspersores individuales, el procedimiento que se siguió para la evaluación de aspersores individuales es colocar una red de pluviómetros al aire libre alrededor de un aspersor y se estableció el solapamiento para cualquier marco de riego.

Estas evaluaciones de aspersores individuales se han hecho con el objetivo de encontrar en la comunidad los marcos de riego más adecuados que pueden ayudar a obtener un riego más eficiente, además de encontrar las condiciones más ideales de funcionamiento de los aspersores en la comunidad. Para esto se ha hecho la evaluación de aspersores más manejados

por los agricultores en la comunidad, en las condiciones que se manejan, tomando que el riego por aspersión tiene unas limitantes como el viento y la distancia entre aspersores y ramales que se asume.

Las evaluaciones se han hecho con los dos aspersores más utilizados en la comunidad, y bajo las pequeñas modificaciones que se han hecho a los aspersores: el aspersor Truper que representa un 82.95%, el aspersor Naan 233, que representa un 13.64% y otros aspersores que representan tan solo el 3.4%, que no es significativo en la comunidad.

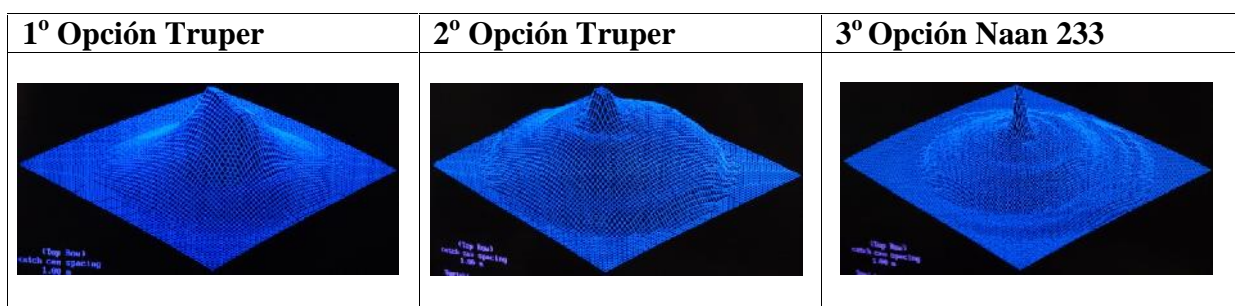
Cabe resaltar que el aspersor Truper por ser la que más se utiliza, se ha evaluado bajo dos condiciones: Un aspersor con boquillas ensanchadas y otra con boquillas normales; para mayor entendimiento se describirán separadamente las tres opciones evaluadas en el cuadro No. 19.

**Cuadro No. 19 Identificación de las características de los aspersores individuales evaluados.**

<b>Características aspersor</b>	<b>Identificación</b>
Aspersor Truper con dos boquillas de 7x2mm	1º Opción Truper
Aspersor Truper con boquillas ensanchadas de 9x6mm	2º Opción Truper
Aspersor Naan 233 con dos boquillas de 6.5x3.5mm	3º Opción Naan 233

**Fuente: Elaboración propia.**

Además de las gráficas en 3D, de las evaluaciones de los aspersores individuales se muestran en la Fig. 33.



**Fig. 33 Curvas de humedecimiento de las tres opciones de aspersores individuales evaluados.**

Con las gráficas en 3D que se muestran en la Fig. 33 analizaremos las características de humedecimiento que presentan las tres opciones más encontradas en la comunidad. Se analizará cuál la influencia del ensanchamiento de las boquillas en el aspersor Truper. Muchos factores pueden afectar en las curvas de humedecimiento de los aspersores, como la

pendiente, ángulo de inclinación del porta-aspersor, este último no se toma en cuenta en la comunidad, razón por la cual la evaluación de aspersores individuales se realizó tomando el mismo criterio que ellos utilizan para instalar el porta-aspersor (no se instala perpendicular a la pendiente, si no en sentido siempre recto hacia arriba).

Una vez descritas, las características sobre las cuales se ha hecho la evaluación y viendo los resultados en la Fig. 33 se analiza de la siguiente manera: Es claro que la presión que se utiliza en el riego es en muchos casos superior a la requerida por el aspersor, por ello algunos de los agricultores deciden ensanchar las boquillas de los aspersores. En la Fig. 33, en la opción 2 se ve la influencia del ensanchamiento, ya presenta un radio de mojado mayor y además más uniforme que un aspersor de boquillas normales. En el caso del aspersor Naan 233, el radio de mojado es aceptable, pero por el diámetro de las boquillas las gotas de agua emitidas son muy grandes y por la presencia de viento en el lugar provocan una desviación de las gotas como se ve en la Fig. 33 la opción 3. Además por la magnitud de las gotas estas pueden provocar algunos problemas como la erosión. Sería necesaria la adaptación de un rompe chorro para reducir la magnitud de las gotas de agua y así mejorar la curva de humedecimiento del aspersor.

En el caso del aspersor Truper, solo pocos han hecho la modificación de las boquillas, pero se trabaja en muchos casos con presiones altas, y allí es donde se ve la pulverización del agua a cuya consecuencia se obtiene una zona de humedecimiento igual o parecido a la opción 1 de la Fig. 33, en donde se ve que solo se riega más el interior del diámetro de mojado del aspersor y no así los extremos.

### **5.6. Simulación de traslapes con las diferentes curvas de humedecimiento.**

El programa informático CATCH-3D, tiene sus limitaciones, ya que asume algunos datos de la evaluación, a continuación se citan algunas de ellas:

Este programa está diseñado para simular y graficar en tres dimensiones, la uniformidad con que un aspersor aplica el agua en un área definida (marco de riego), esto a partir de datos recogidos de la instalación de una red de pluviómetros bajo el área de traslape de un solo aspersor.

Para la simulación de traslape el programa CATCH-3D, toma en cuenta el distanciamiento entre pluviómetros que se ha utilizado en la evaluación, ya que de esto dependerá, los marcos de riego a ser simulados; es decir si en una evaluación la distancia entre pluviómetros es de 1x1m, entonces los marcos de riego a ser simulados tendrían que ser directamente múltiplos de 1, pero como todo número es múltiplo de 1, entonces lo más aconsejable es tomar múltiplos de 3 en la simulación.

Otro detalle a tomar en cuenta en la simulación es que el programa utiliza con propósito informativo los datos de velocidad y dirección del viento, es por tal motivo que se recomienda que las evaluaciones de los aspersores individuales deban ser a velocidades de viento nulas o bajas para no tener muchas variaciones en las simulaciones.

El programa, nos facilita de igual forma el cálculo de distintos parámetros de eficiencia y uniformidad de riego, las más útiles son las siguientes:

Coefficiente de Uniformidad; para este cálculo utiliza la misma fórmula clásica de Christiansen (Descrita en el acápite 3.5.3).

Uniformidad de distribución; para su cálculo emplea la siguiente formula:

$$UD \sim 100 * \frac{\text{Valor del cuarto mas perjudicado}}{\text{precipitacion media de todos los puntos}}$$

Eficiencia de aplicación; para su cálculo utiliza la siguiente formula:

$$EA \sim UD * (\text{eficiencia de captacion de los pluviometros})$$

Son estos tres parámetros que se han tomado en cuenta para la comparación en la simulación de traslapes bajo las diferentes opciones.

### **5.6.1. Simulación de traslape con el programa CATCH-3D (Aspersor Truper con boquillas ensanchadas y Aspersor Truper con boquillas normales).**

Para ver claramente las diferencias entre aspersores con boquillas ensanchadas y boquillas normales, se hará la comparación de estas características, bajo las condiciones en las que se manejan en la comunidad, además la comparación entre estas dos opciones nos mostrara también cual es el mejor marco de riego para cada opción y con cuál de las dos opciones se

puede encontrar los mejores valores de CU, y para un buen manejo del equipo de riego, de esta comparación se deberá elegir la mejor opción de riego que tenga CU con valores más altos.

En el cuadro No. 20 se muestra los valores encontrados para las dos opciones de riego.

**Cuadro No. 20 Simulación de traslapes (Aspersor Truper con boquillas ensanchadas y normales)**

Aspersor Truper con boquillas ensanchadas				Aspersor Truper con boquillas normales			
Marco de riego	CU (%)	UD (%)	EA (%)	Marco de riego	CU (%)	UD (%)	EA (%)
<b>10x10</b>	89.6	90.4	62	<b>10x10</b>	91.8	93.4	76
<b>11x9</b>	91.7	92.5	64.4	<b>10x11</b>	88.2	90.9	72.7
<b>10x8</b>	94.6	94.8	67.1	<b>10x9</b>	93.9	94.2	77.1
<b>11x8</b>	93.8	93.4	65.4	<b>10x8</b>	94.4	94.4	77.3
<b>10x7</b>	94.6	95.2	67.6	<b>10x7</b>	94.3	94.8	77.8
<b>10x6</b>	96.7	96.6	69.2	<b>11x8</b>	91.6	92.1	74.2
<b>10x5</b>	96	96.4	69	<b>11x7</b>	91.6	92.2	74.4

*Para ver a más detalles del cuadro y las gráficas en 3D de las simulaciones, ver anexo 2.*

Como se puede ver claramente en los valores mostrados en el cuadro No. 13, los valores más altos obtenidos de CU, son con el aspersor Truper con boquillas ensanchadas, realizando una comparación con el otro aspersor con boquillas normales (sin ensanchar), pero como en la comunidad se riega de las dos formas, los marcos de riego aconsejados serían los siguientes: para el aspersor con boquillas ensanchadas, el marco de riego de 10x6, es decir 10m de distanciamiento entre aspersores y 6m de distanciamiento entre ramales, con el cual se obtienen valores de CU=96.7%, o los marcos de riego de 10x8, 10x7 y 10x5, con los cuales se obtiene un valor de CU>94% y para el aspersor con boquillas normales, se aconsejaría los marcos de riego 10x8 y 10x7, con los cuales se obtienen valores de CU más o menos aceptables.

### **5.6.2. Simulación de traslapes con el programa CATCH-3D (Aspersor Truper boquillas ensanchadas y aspersor Naan 233).**

El aspersor Naan 233 es una de las opciones que también merece comparación con las otras dos opciones, en el cuadro No. 21, se muestra esta primera comparación.

**Cuadro No. 21 Simulación de traslapes (Aspersor Truper boquillas ensanchadas y aspersor Naan 233).**

Aspersor Truper con boquillas ensanchadas				Aspersor Naan 233			
Marco de riego	CU (%)	UD (%)	EA (%)	Marco de riego	CU (%)	UD (%)	EA (%)
<b>10x10</b>	89.6	90.4	62	<b>10x10</b>	95.7	95.8	38.5
<b>11x9</b>	91.7	92.5	64.4	<b>10x11</b>	95.1	95.4	38.2
<b>10x8</b>	94.6	94.8	67.1	<b>10x12</b>	94.7	94.7	37.8
<b>11x8</b>	93.8	93.4	65.4	<b>10x9</b>	96.5	96.8	39.1
<b>10x7</b>	94.6	95.2	67.6	<b>11x9</b>	95.7	96.3	38.8
<b>10x6</b>	96.7	96.6	69.2	<b>10x8</b>	95.8	96.2	38.8
<b>10x5</b>	96	96.4	69				

*Para ver a más detalles del cuadro y las gráficas en 3D de las simulaciones, ver anexo 4.*

La comparación que se muestra en el cuadro No. 21 es de diferentes aspersores, y se ve claramente que las mejores opciones de marcos de riego encontrados son con el aspersor Truper con boquillas ensanchadas, con relación al aspersor Naan 233, pero como algunos agricultores utilizan también la otra marca de aspersor, entonces se aconseja para el aspersor Naan 233 el marco de riego de 10x9, en el cual se obtendrían valores de CU= 96.5%, y marcos de riego de 10x8, 11x9 y 10x10 con los cuales también se podrían obtener valores de CU más o menos aceptables. En caso del aspersor Truper con boquillas ensanchadas, la opción más aconsejable es el marco de riego de 10x6.

### **5.6.3. Simulación de traslapes con el programa CATCH-3D (Aspersor Truper boquillas normales y aspersor Naan 233).**

El aspersor Truper con boquillas normales, es el más utilizado en la comunidad por lo cual es necesario de igual manera hacer la comparación con el aspersor Naan 233, esta comparación se muestra en el cuadro No. 22 a continuación.

**Cuadro No. 22 Simulación de traslapes (Aspersor Truper boquillas normales y aspersor Naan 233).**

Aspersor Truper con boquillas normales				Aspersor Naan 233			
Marco de riego	CU (%)	UD (%)	EA (%)	Marco de riego	CU (%)	UD (%)	EA (%)
<b>10x10</b>	91.8	93.4	76	<b>10x10</b>	95.7	95.8	38.5
<b>10x11</b>	88.2	90.9	72.7	<b>10x11</b>	95.1	95.4	38.2
<b>10x9</b>	93.9	94.2	77.1	<b>10x12</b>	94.7	94.7	37.8
<b>10x8</b>	94,4	94.4	77.3	<b>10x9</b>	96.5	96.8	39.1
<b>10x7</b>	94.3	94.8	77.8	<b>11x9</b>	95.7	96.3	38.8
<b>11x8</b>	91.6	92.1	74.2	<b>10x8</b>	95.8	96.2	38.8
<b>11x7</b>	91.6	92.2	74.4				

*Para ver a más detalles del cuadro y las gráficas en 3D de las simulaciones, ver anexo 2.*

En esta comparación, los resultados son diferentes a la comparación con el aspersor con boquillas ensanchadas, en este caso los marcos de riego más mejores encontrados son con el aspersor Naan 233 en comparación con el aspersor Truper con boquillas normales, con el aspersor Naan 233, en un marco de riego de 10x9, se obtiene el valor más alto de CU= 95.7%, que sería el marco de riego más aconsejable tomando en cuenta la comparación de estas dos marcas de aspersores, pero cabe mencionar que para el aspersor Truper con boquillas normales, la opción de marco de riego más aconsejable sigue siendo el de 10x8, con un valor de CU= 94.4% que es más o menos aceptable para la comunidad.

## **VI. CONCLUSIONES.**

Luego de haber realizado un diagnóstico del sistema de riego Ch'ullku Mayu y de haber evaluado el riego por aspersión, se llegan a las siguientes conclusiones:

### **6.1. Gestión de los sistemas de riego.**

El sistema de riego presurizado por aspersión de Ch'ullku Mayu, no tiene un funcionamiento del 100% óptimo, ya que presenta falencias como en la conducción del agua desde la fuente. Esto se debe sin duda alguna de los descuidos que se han tenido en la etapa de la ejecución del proyecto. Algunos agricultores mencionaban que en esta etapa, no se hizo un control diario de los trabajos que realizaba la empresa ejecutora, por lo cual, el tramo de la infraestructura de conducción estaría con las falencias de presentar tan solamente tres purgas de aire.

Se ve aun la falta de organización para una buena gestión de riego, y de un uso adecuado del recurso agua. La falta de conocimiento de manejo de equipos de riego por algunos

agricultores hace que se sigan practicando métodos de riego tradicionales, teniendo el acceso al sistema presurizado. Esto repercute directamente a que el sistema no está beneficiando a todos los usuarios, sino simplemente a aquellos agricultores que tienen el conocimiento del manejo de sus equipos de riego.

De igual forma la infraestructura del sistema no abarca a todo el área regable de la comunidad, perjudicando en mucha manera a algunos agricultores que necesitan usar de este sistema. Esto de igual forma fue resultado de una mala organización durante la ejecución del proyecto. Se ve claramente en la comunidad, que en actividades de mantenimiento solo acuden los más interesados. En todo caso estos son los agricultores que más utilizan el riego por aspersión.

Un punto de la gestión de riego que cuidan demasiado es el de proteger los derechos que tienen sobre su fuentes de agua. Especialmente los dirigentes del sistema de riego están atentos, y no siempre seden en decisiones de compartir las fuentes de agua con otros sistemas de riego (especialmente sistemas de riego de Koari y Sistema de riego de Totorá Qhocha). Entonces se puede afirmar que la disponibilidad de agua para el sistema es constante, lo cual favorece en mucha manera el riego constante en la zona de riego.

La distribución de agua es uno de los temas donde no tienen muchas discrepancias, como la infraestructura en la zona de riego está bien distribuida, entonces los agricultores tienen una distribución directamente a usuario. Pero no está por demás mencionar que por pequeñas variaciones que se dan entre los equipos de riego y los hidrantes (variaciones de diámetro especialmente) algunos agricultores prefieren no regar por aspersión al no poder conseguir soluciones a estos problemas (conseguir reductores de 1<sup>1/4</sup>" a 1").

La modalidad de distribución de agua en el sistema es de uso libre de agua. Esta forma de distribución existe en pocos sistemas de riego, generalmente en sistema de riego es en una modalidad de turnos, lo que los agricultores llaman "*Mitha*". La modalidad de uso libre de agua en la comunidad, además de ya tener muchas ventajas con el riego por aspersión le da aún más ventajas al agricultor:

- ✚ No se espera de un turno de riego para utilizar el agua lo que hace que el agricultor pueda planificar de manera personal y según a su tiempo sus eventos de riego.
- ✚ No existe un tiempo de uso de agua o de turno, por lo cual el agricultor puede regar el tiempo que a él le parezca necesario, o hasta terminar su parcela, lo que en muchas casos no ocurre en modalidad de turno (el agricultor no siempre termina de regar su parcela).
- ✚ La libre disponibilidad de agua hace que el agricultor pueda regar al mismo tiempo dos parcelas diferentes.

Viendo estas ventajas que proporciona el sistema de riego por aspersión en la comunidad, se puede afirmar que aún es necesario mejorar la organización en torno al agua, ya que muchas de las falencias que existen en el sistema es a causa de malas organizaciones en el comité de riego.

## **6.2. Equipos de riego por aspersión.**

La forma en que se practica actualmente el riego por aspersión en la comunidad de Ch'ullku Mayu, es una de las más adecuadas, ya que no se tiene deficiencias de presión, al contrario se trabaja a las presiones requeridas para los aspersores utilizados. Pero cabe mencionar que por razones de mal funcionamiento algunos agricultores (pocos) han hecho las modificaciones de boquillas de los aspersores, generalmente ensanchamientos, lo cual ha repercutido directamente en la uniformidad con el que el aspersor distribuye el agua. Pero en general, las condiciones de topografía, presión, y la disponibilidad constante de agua hacen que el sistema no tenga muchas limitaciones, más al contrario muchas ventajas.

### ***Uniformidad de riego.***

Cabe mencionar que en la zona, por la poca experiencia que tiene los agricultores, actualmente no se obtiene una uniformidad de riego aceptable. No toman en cuenta factores como la pendiente para la instalación de los aspersores, además el viento que es muy frecuente en la zona hace de igual manera un factor distorsionador de la uniformidad de riego. Estos factores no son tomados muy en cuenta por los agricultores. De igual forma el manejo

del equipo de riego dentro la parcela especialmente el espaciamiento entre ramales es una de las causantes de las bajas uniformidades de riego en la comunidad.

Así mismo la distancia entre aspersores utilizados en la comunidad no es la adecuada, ya que por ser aspersores de mediana presión, estos aspersores tendrían mejor rendimiento en distanciamientos menores, tal como muestran las simulaciones de Eficiencia y Uniformidad en el programa CATCH 3D, de los dos aspersores más utilizados en la comunidad (Ver resultados, Simulación Traslapos con el Programa CATCH 3D).

Entonces se sugeriría que se adapte a estos distanciamientos donde los aspersores tendrían mejor rendimiento en cuanto a Eficiencia y Uniformidad de riego.

#### ***Metodología de evaluación del riego por aspersión.***

Viendo y analizando la metodología que aconseja Jiménez (2003), para la evaluación de riego por aspersión en condiciones de ladera, empleando el método de la red cuadrícula de 3 x 3m. El mismo autor afirma que este método se adapta y recoge los diferentes criterios de riego que maneja el agricultor. Entonces, en este sentido se utilizó este método para la evaluación, por que la comunidad presenta las mismas características en las cuales realizo la investigación el mencionado autor.

Se analizó también que esta metodología, recoge la mayor cantidad de datos de un evento de riego necesarios para realizar la evaluación de las eficiencias de riego.

#### ***Metodología de evaluación de curvas de humedecimiento.***

A pesar de ser la metodología no aconsejada por Jiménez (2003), para la evaluación de curvas de humedecimiento de aspersores individuales se utilizó la metodología de colocación de pluviómetros en forma de cruz (4 brazos), de 1m de espaciamiento entre pluviómetro. Con esta metodología se evaluaron individualmente los aspersores más utilizados en la comunidad, bajo las mismas características en las que son utilizados por los agricultores.

#### ***Ventajas que trajo el riego por aspersión en la comunidad.***

Ya se iba mencionando algunas de las ventajas que trajo la implementación del sistema de riego por aspersión en la comunidad, con la modalidad de uso libre de agua, pero no son las únicas ventajas, si son varias.

Sin duda alguna el riego por aspersión presenta muchas ventajas sobre el riego tradicional y sobre todo en terrenos de pendiente como es el caso de la comunidad de Ch'ullku Mayu. Los mismos agricultores se han dado cuenta las muchas ventajas que trajo consigo el cambio de método de riego. Ahora ya no sufren de las muchas limitaciones a las cuales estaban sujetas en el pasado. La mano de obra que requerían para el riego tradicional, hoy en día ha sido cambiada por el empleo de nueva tecnología de riego por aspersión, y el tiempo que se tardaba en regar es utilizado en muchos otros trabajos.

En líneas generales, las ventajas que trajo el riego por aspersión a la comunidad de Ch'ullku Mayu son las siguientes:

- ✚ Ha desaparecido por completo la entrega de agua por turnos (*Mit'a*), y ha sido cambiado por una modalidad de libre uso de agua.
- ✚ El agricultor ya no riega de noche sufriendo las inclemencias del tiempo.
- ✚ Se elimina la mano de obra antes utilizada, y además durante el riego el agricultor puede realizar otras actividades.
- ✚ El área bajo riego ha incrementado en más del 50%, y de la misma forma las áreas regables.
- ✚ Con relación al sistema de riego antiguos, el sistema presurizado por aspersión ha mejorado los ingresos de las familias, aumentando la producción de los cultivos.
- ✚ Se obtiene un riego más uniforme y además por los tiempos de riego elevados existe mayor almacenamiento de humedad en la zona radicular de los cultivos.
- ✚ El riego por aspersión ya no ocasiona la erosión de los suelos como el riego tradicional.

## VIII. BIBLIOGRAFIA.

- ANTEN, M.; WILLET, H. 2000. Diseño de Pequeños Sistemas de Riego por Aspersión en Ladera. PRONAMACHCS. Cajamarca, Perú. 61pág.
- CISNEROS, F.; TORRES, P. y FEYEN, J. 2001. Quantitative Analysis of the Performance of Sprinkler Irrigation in the Southern Sierra of Ecuador, on Slopes Steeper than 12%. Cuenca. Ecuador. 23pág.
- DEL CALLEJO, I. 2006. Curso de Riegos y Drenajes. Método de Riego por Superficie. Centro Andino Para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA). Cochabamba. Bolivia. 22pág.
- DELAGADILLO, O. 2005. Algunos Apuntes Sobre Gestión del Agua. Centro Andino Para la Gestión y Uso del Agua (Centro AGUA). Versión Preliminar. Cochabamba. Bolivia. 21pág.
- DELGADILLO, O. 2003. Criterios de Adopción y Adaptación de Tecnologías de Riego por Aspersión en Sistemas de Riego por Gravedad Manejado por Agricultores. WAGENINGEN UNIVERSITY AND RESEARCH CENTRE. Wageningen, Holanda. 98pág.
- INCYTH. 1993. Diseño y Evaluación del Riego por Superficie. Universidad Nacional de Cuyo (UNC), Facultad de Ciencias Agrarias – Departamento de Ingeniería de Riego y Drenaje. Mendoza. Argentina. 74pág.
- INE, 2001. Censo Nacional de Población y Vivienda. [www.ine.gov.bo](http://www.ine.gov.bo)
- JIMENEZ, J. 2003. Eficiencia del Riego por Aspersión en Condiciones de Ladera en la parte baja de la microcuenca de Mishka Mayu. Cochabamba, Bolivia. 92pág.
- JUNTA DE ANDALUCIA. s.f. Procedimiento Para la Realización de Evaluaciones de Riego por Aspersión. 12pág.
- LLANOS, J. 2007. Eficiencia de Aplicación y Coeficiente de Uniformidad de Riego por Aspersión en Condiciones de Ladera en la Comunidad de Kholuyo, Sacaba. Cochabamba. Bolivia. 89pág.
- MEJIA, A.; MARKA, L. 2002. Ventajas y Desventajas del Riego por Aspersión. PRONAR. Cochabamba, Bolivia. 77pág.
- MONTAÑO, H. 2007. Diseño de un Sistema de Riego por Aspersión Presurizado por Gravedad en la Comunidad de Ch'ullku Mayu, Provincia Tiraque. Cochabamba, Bolivia. 121pág.

- ROJAS, C. 2008. Apuntes del Curso de Métodos de Riego. Riego Superficial. Cochabamba. Bolivia. Pág. 1-23.
- ROMERO, R. s.f. Evaluación de Practicas Campesinas Relacionadas con la Uniformidad de Aplicación en Riego Parcelario (Punata). Tesis de Licenciatura en Ingeniería Agronómica.
- SOLOMON, K.H. 1990. La Uniformidad de Riego por Aspersión. Center For Irrigation Technology. California State University. Fresno. California. 14pág.
- TARJUELO, J.M. 1995. El riego por Aspersión y su Tecnología. Sistemas Estacionarios de Riego por Aspersión. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España. Pág. 39-134. Pág. 17-62.

# ANEXOS:

# Anexo No.1

Planilla del primer concurso de riego por aspersión:

## CONCURSO DE RIEGO POR ASPERSION CH'ULLKU MAYU – TIRAQUE

### I. DATOS GENERALES:

<b>FECHA:</b> 10/2009 - 05/2010	<b>RESPONSABLE:</b> Egr. Agr. Limbert Hidalgo Arnez		
<b>COMUNIDAD:</b> <i>Ch'ullku Mayu</i>	<b>PROV. :</b> <i>Tiraque</i>	<b>MUNICIPIO:</b> <i>Tiraque</i>	
<b>NOMBRE DEL AGRICULTOR:</b>			

### II. CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE RIEGO

Número de aspersores.....				de
Marca	Modelo	Material	Boquilla	Alambre
Marca	Modelo	Material	Boquilla	Alambre
Marca	Modelo	Material	Boquilla	Alambre
Marca	Modelo	Material	Boquilla	Alambre
Cuenta con aspersores de reserva.....cuantos.....marca.....				
Distancia entre aspersores.....traslape.....(%) distancia entre laterales.....				
Adquisición por compra.....donde.....en cuanto (Bs).....				
Regalo del proyecto.....si.....no.....				
Otro.....				
Problemas:.....				
.....				
.....				

### Tuberías

<b>Tubería principal:</b>	Longitud	hidrante-
parcela.....material.....	Diámetro.....	
<b>Tubería secundaria:</b>	Longitud total de tuberías	entre

aspersores.....Material.....diámetro.....
Problemas:.....
.....
.....

**Acoples:**

Tipo	de
acoples.....material.....	Diámetro.....
Adquisición: Compra.....	Donde.....con
cuanto.....	
Proyecto.....	Otros.....
Problemas.....	
.....	

<b>Porta</b>	<b>aspersores:</b>
Material.....	longitud.....
Diámetro.....	
Problemas.....	
.....	

**III. DATOS DEL EVENTO DE RIEGO**

No de riego actual.....No de riegos planificados después.....

Día y hora de inicio de turno.....frecuencia de riegos.....

Tiempo de riego: De preparación.....al cultivo.....

Otro.....

Tiempo de riego por posición.....tiempo de cambio de posición del equipo.....

Tiempo de experiencia (Adquisición del equipo).....

Mano de obra (No de participantes) H:.....M:.....N:.....

Presencia de escurrimiento o erosión hídrica.....sí, causa.....

Caudal (l/s).....

Funcionamiento de los aspersores:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**IV. UNIFORMIDAD DE RIEGO:**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

**V. CRITERIOS EN EL USO DEL EQUIPO DE RIEGO POR ASPERSION:**

En cuanto al diámetro de las tuberías.....

.....

.....

Criterios en cuanto al uso de la marca de los aspersores.....

.....

.....

Criterios en cuanto al número de aspersores utilizados.....

.....

.....

Otros.....

.....

.....

**VI. CRITERIOS DE RIEGO PARCELARIO:**

Criterios en cuanto a la ubicación de los aspersores.....

.....



¿Por qué razones ha exigido o solicitado un proyecto de riego por aspersión?

.....  
.....  
.....  
.....

¿Cuál es el factor que más les perjudica en el riego por aspersión?

.....  
.....  
.....  
.....

¿Cómo percibe el incremento de la producción de los cultivos?

.....  
.....  
.....  
.....

¿Ha existido cambio en el tipo de cultivo? ¿Por qué?

.....  
.....  
.....  
.....

¿Qué es lo que quisiera que se mejore en sus condiciones de riego por aspersión actual?, o ¿Cómo cree que mejoraría?

.....  
.....  
.....

Otros comentarios.

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**IX. EFECTOS E IMPACTOS DEL RIEGO POR ASPERSION EN LO PRODUCTIVO:**

¿Con la introducción del riego por aspersión a intensificado el uso de la tierra y cambiado el cultivo?

Antes del RPA que superficie cultivaba.....cuantas veces producía.....

Cultivo	Mes siembra	Mes cosecha	Superficie %	Rendimiento	s/c riego

Después de RPA que superficie cultiva.....cuantas veces.....

Cultivo	Mes siembra	Mes cosecha	Superficie %	Rendimiento	s/c riego

¿Si existe la incorporación de nuevos cultivos cual fue el principal motivo o causa (mayor disponibilidad de agua o mayores ingresos y otros)?

.....  
 .....  
 .....

Como es la rotación de cultivos:

1	2	3	4	5

¿Con la implementación del RPA existe una mayor relación con los mercados?

Si No

Explique.....

.....

Cuales

mercados.....

### **X. EFECTOS SOCIOCULTURALES**

¿Qué cambios se ha producido con la implementación del RPA en cuanto a migración?

ANTES DEL RPA.



Explique.....  
.....  
.....

**XI. EFECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES:**

¿Cree que el RPA implementado en la comunidad ha incentivado el uso de esta tecnología en las demás comunidades de la cuenca?

.....  
.....  
.....

¿Dentro la implementación del RPA el agricultor ha recibido capacitación en cuanto al manejo y criterios de riego (como los capacitaron)?

.....  
.....  
.....

**XII. EFECTOS EN LA EQUIDAD DE ACCESO AL AGUA Y EQUIDAD EN EL USO DE ESTE RECURSO:**

¿Si tiene acceso al sistema de RPA, su derecho de uso de agua es igual a los otros usuarios de la comunidad?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Si no tiene acceso al sistema de RPA, ¿Por qué no tiene acceso al sistema de RPA?

.....  
.....  
.....

¿Qué estrategia de acceso al agua ha adoptado?

.....  
.....  
.....  
.....

¿Qué opina del riego por aspersión?

.....  
.....

.....  
.....  
**XIII. EFECTOS SOBRE LA SUFICIENCIA DEL AGUA EN EL RIEGO.**

¿Es suficiente el agua de riego asignado para la producción de los cultivos?

.....  
.....  
.....  
.....

**XIV. ADAPTABILIDAD DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSION.**

¿Existe fugas de agua a nivel de tuberías y en las conexiones a los hidrantes?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....

.....  
¿Tiene conocimiento de cómo hacer funcionar el sistema de riego por aspersión?

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

# Anexo No. 2

## RESUMEN DE CUADROS DEL PRIMER CONCURSO DE RIEGO POR ASPERSION EN CH'ULLKU MAYU

**Cuadro 1. Rangos de longitud de tubería de presión utilizados actualmente en Ch'ullku Mayu:**

Rangos de longitud de tubería (m)	de de	% Tubería de Presión (Matriz principal)
<50		0
50-70		26.92
71-90		3.85
91-100		46.15
101-130		3.85
131-150		11.54
>150		7.69
Total		100
Min (m)		50
Max (m)		200
Prom (m)		100

**Cuadro 2. Rangos de longitud de tubería de distribución utilizados actualmente en Ch'ullku Mayu.**

Rangos de longitud de tubería (m)	de de	% Tubería de Distribución
<20		3.85
20-30		69.23
31-40		19.23
41-50		0
51-60		3.85
61-70		0
>70		3.85
Total		100
Min (m)		10

Max (m)	100
Prom (m)	30

**Cuadro 3. Material utilizado actualmente en el porta aspersor:**

Material	Frecuencia	%
Plástico	26	100
Otros	0	0
Total	44	100

**Cuadro 4. Proporción actual de uso de los aspersores en Ch'ullku Mayu:**

Marca de aspersor	Cantidad	%
Truper	73	82.95
Rain Bird	2	2.27
Naan	12	13.64
Otros	1	1.14
<b>TOTAL</b>	<b>88</b>	<b>100</b>

**Cuadro 5. Proporción del número de aspersores utilizados actualmente por EMRA:**

No de aspersores	Frecuencia	%
2	3	11.54
3	23	88.46
4	0	0
5	0	0
6	0	0
7	0	0
Total	<b>26</b>	<b>100</b>

**Cuadro 6. Presencia de alambre en el aspersor:**

Presencia de Alambre	Frecuencia	%
Con alambre	2	7.69
Sin alambre	24	92.31
Total	26	100

**Cuadro 7. Proporción de espaciamientos entre aspersores utilizados actualmente**

Espaciamiento entre aspersores	Frecuencia	%
6	0	
7	0	
7.5	0	
8	2	7.69
8.5	0	
9	0	
9.5	0	
10	15	57.69
10.5	0	
11	0	
11.5	0	
12	3	11.54
12.5	0	
13	3	11.54
15	1	3.85
18	2	7.69
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>100</b>
Máximo	18	
Mínimo	8	
Promedio	10	

**Cuadro 8. Rangos de tiempos de cambio de posición del EMRA.**

Tiempo de cambio de posición (min)	Frecuencia	%
2	0	
3	0	
5	1	3.85
7	2	7.69
9	0	
10	1	3.85
12	0	
15	4	15.38
20	8	30.77
25	0	
30	10	38.46
<b>Total</b>	<b>26</b>	<b>100</b>
Máximo	30	
Mínimo	5	
Promedio	15	

# Anexo No. 3

Tabulación de datos del Primer concurso de Riego por Aspersión.

Nº	# \$ " ' fi	" # fiZS / fil fi&*Z&S / fi#) ' S l , % ' i fil , -	/ ZlZ Z	i *Z / S ( % ' , fil " , #) fi# Z Zi#) S / fil fi&*Z&S -	' # S i *Z ,
1	fi" " fi" ) S / " ' , #		i S " % l Z , / S		' E * # , ( + fi fi ( i *Z S
2	fi" Z Z S " S ' fiZ ,		fi , i Z		' i *Z , l , + , # / S , E " , ' / , # / S ' , Z S ) fi l S
3	Z * , # , l + , ' / S ' S Z , (				
4	fi+ , ' Z) S + , l l fiZS ( ) S ' ' Z S				
5	E fi# , ' S / " ' , #				
6	( , l + , / S ' i l S & * fi				
7	fi , # / ' S / " ' , #				
8	" " fi# i l S & * fi				
9	' ' Z / " ' , #				
10	( , #) Z E S + Z , l				
11	fi fi / fi Z S , l " fi# / ' /				
12	fi fi / S # Z , l + , ' / S				
13	' ' S # , l + , ' / S				
14	( , " i l i S & * fi " fi ' i , / S				
15	' ' l S) , + , l l fiZS (				
16	/ S l fi S i l S & * fi				
17	# fi" fi Z i , ( ) ' S				
18	l i Z # S E , ' i Z				
19	/ , " Z # , + Z l , ' ' S fi l				
20	# , ) Z Z , / , l " fi# / ' , (				
21	' i Z / " ' , # ' Z , l / fi /				
22	) Z S) fi S + Z , l / " ' , #				
23	Z , ' Z # , l " fi# / ' , (				
24	fi fi Z & * Z) fi' S (				
25	( Z S # ) ' * Z Z l S				
26	Z * l Z # , ' S / ' Z ' fi /				
27	fi , Z E , ' i Z , l + , ' / S				
28	E ' Z & S / " ' , # + , l l fiZS (				
29	' Z i l S & * fi				
30	' , l Z ' fi fi ' , " fi# fi fi (				
31	l fiZ , # / ' S / " ' , #				

## Crterios sobre el equipo de riego:

CRITERIOS SOBRE EL USO DEL EQUIPO DE RIEGO POR ASPERSION								
N°	NOMBRE	EN CUANTO AL DIAMETRO DE LA TUBERIA?	0 SI NO TIENE NINGUN CRITERIO (NINGUNO)	1 SI TIENE UN ALGUN CRITERIO DEL DIAMETRO QUE UTILIZA (REGULAR)	2 SI TIENE UN CRITERIO EN LA	0 SI EL NUMERO DE ASPERSORES ES ESTABLECIDO POR EL SISTEMA	1 SI EL NUMERO DE ASPERSORES UTILIZADO POR OTROS CRITERIOS COMO EL CAUDAL, ETC.	OTROS COMENTARIOS?
1	REMBERTO DURAN							No conozco mucho, solo riego por super
2	REMIGIO MOREIRA							Es pequeno la parcela
3	JUAN ALVARADO ROJAS		1			0		Hay sanciones de multas
4	EVARISTO VALLEJOS TORRICO		1			0		Todos debemos regar lo mismo debe al
5	GENARO DURAN		1			0		Si puedo conocer puedo ir a comprar a
6	SALVADOR CHOQUE		1			2		Los Rain Bird son mejor pero cuestan ca
7	LEANDRO DURAN		1			2		Los israelitas son mejores
8	RUBEN CHOQUE		2			1		Quero otros aspersores
9	MARIA DURAN		1			0		La mayoría ya se esta tapando los Tupe
10	SANTIAGO VIDAL		0			0		Esta establecido asi regar con tres aspe
11	FEDERICO ALMENDRAZ		1			1		No es muy bueno
12	CELEDONIO ALVARADO		1			1		Esta autorizado 3
13	RAMON ALVARADO		1			0		
14	SAUL CHOQUE MERCADO		1			2		
15	CARLOTA VALLEJOS		1			0		
16	ADOLFO CHOQUE		2			0		
17	NEMECIO CASTRO		2			1		No nos permien mas aspersores
18	LUCIANO GARCIA		1			1		Solo tres si es mas hacen pagar 100Bs
19	DAMIANA VILLARROEL		1			0		
20	NATIVIDAD ALMENDRAS		1			0		No se puede mas se cobra multa
21	LUCIO DURAN RICALDEZ		0			1		
22	TIMOTEO VIDAL DURAN		1			0		No me comprado otro
23	LARION ALMENDRAS		1			1		Pero igual hay algunos que utilizan mas
24	FELIX QUINTEROS		2			0		Asi son los acuerdos, solo tres
25	SIMON TRUJILLO		1			0		
26	JULIANA RODRIGUEZ		1			0		Alguno igual ponen y no se dice nada
27	EDWIN GARCIA ALVARADO		1			0		Solo tres me dio el proyecto
28	AGRIPINO DURAN VALLEJOS		1			1		No tengo acoples por eso solo riego cor
29	LUIS CHOQUE		1			0		
30	AMALIA BECERRA MENEZES		2			0		
31	ALEJANDRO DURAN		1			0		

## Criterios riego parcelario:

No .	Nombre y Apellido	Ubicación aspersores	0 si tiene criterio rescatable	Criterios con relación al Viento	0 si no tiene criterio	Criterios en cuanto a la proximidad a los bordes	0 Si no tiene ningún criterio	Criterios en cuanto al alambre	0 Si no tiene ningún criterio	Otros comentarios
1	REMBERTO DURAN	1	1 algún criterio rescatable	1	1 algún criterio rescatable	1	1 Si tiene algún criterio rescatable	0	1 Si tiene criterio rescatable	Solo estuvieron agujereados
2	REMIGIO MOREIRA	0	2 si tiene buenos criterios	0	2 si tiene buenos criterios	0	2 Si tiene buen criterio	0	2 Si tiene buenos criterios	
3	JUAN ALVARADO ROJAS	2		1		2		0		Pongo al canto y agarra nomas, o utilizo cantoneras
4	EVARISTO VALLEJOST.	1		2		1		2		Hace romper el chorro de agua
5	GENRARO DURAN	2		2		1		1		No uso alambres pero tienen rompechorro
6	SALVADOR CHOQUE	2		2		2		2		El chorro lastimaba al cultivo y para que rompa el chorro he colocado alambre
7	LENADRO DURAN	0		1		1		0		Asi siempre ha venido
8	RUBEN CHOQUE	1		1		2		0		De acuerdo a lo que bota el aspersor
9	MARIA DURAN	1		1		1		0		No uso alambres
10	SANTIAGO VIDAL	1		1		0		0		De acuerdo a eso recurre la ubicacion
11	FEDERICO ALMENDRAZ	1		1		0		2		Es importante el rompechorro porque riega bien, sin ella no riega bien
12	CELEDONIO ALVARADO	1		0		1		0		Coloco un aspersor al borde
13	RAMON ALVARADO	1		1		1		1		
14	SAUL CHOQUE M.	0		2		0		2		
15	CARLOTA VALLEJOS	1		1		1		0		La tubería siempre era así
16	ADOLFO CHOQUE	1		1		1		0		Asi los dejos a veces lo completo con riego superficial
17	NEMECIO CASTRO	1		1		0		0		De acuerdo a los surcos ubico los aspersores
18	LUCIANO GARCIA	0		1		1		0		Alcanza siempre a veces nomás no alcanza
19	DAMIANA VILLARROEL	0		1		0		0		Me da igual en cualquier forma coloco nomas
20	NATIVIDAD ALMENDRAS	1		1		0		0		Ahora me lo han colpodado no mas
21	LUCIO DURAN R.	0		0		0		0		Lo deajo asi, a veces lo completo con riego superficial
22	TIMOTEO VIDAL D.	1		1		1		1		El riego es igual
23	ILARION ALMENDRAS	1		1		0		0		Lo completo con riego superficial
24	FELIX QUINTEROS	1		1		1		0		El viento perjudica el riego
25	SIMON TRUJILLO	1		2		0		0		Lo coloco como para que alcance el aspersor
26	JULIANA RODRIGUEZ	2		1		0		0		El proyecto siempre me ha dado asi
27	EDWIN GARCIA A.	2		1		1		1		Asi era
28	AGRIPINO DURAN V.	2		1		1		0		Lo deajo asi
29	LUIS CHOQUE	2		1		0		0		A veces lo deajo asi
30	AMALIA BECERRA M.	2		1		0		0		Desde los ensayos esta asi
31	ALEJANDRO DURAN	2		1		0		0		No uso alambres

## Crterios en cuanto a la percepci3n del agricultor:

No .	Nombre y Apellido	Por qu3 razones ha solicitado el RPA	0 Si no sabe	Cu3l es el factor que m3s perjudica?	0 Si dice nada	Como percibe el incremento de la producci3n	0 Si dice que es igual	A existido cambio el tipo de cultivos	0 Si dice que no	Existe mayor relaci3n con los mercados despu3s del RPA?
1	REMBERTO DURAN	2	1 Si tiene alguna idea	0	1 alg3n criterio rescatable	1	1 Si tiene alg3n criterio rescatable	0	1 Si tiene criterio rescatable	2
2	REMIGIO MOREIRA	1	2 Si relaciona las ideas de falta de agua	0	2 Si dice basura, viento.	2	2 Si tiene buen criterio	1	2 Si menciona que si	2
3	JUAN ALVARADO ROJAS	2		0		2		0		1
4	EVARISTO VALLEJOST.	2		0		1		2		2
5	GENRARO DURAN	2		2		1		2		1
6	SALVADOR CHOQUE	2		2		1		0		2
7	LENADRO DURAN	0		1		1		0		1
8	RUBEN CHOQUE	1		1		1		0		1
9	MARIA DURAN	2		2		1		0		2
10	SANTIAGO VIDAL	1		0		1		0		2
11	FEDERICO ALMENDRAZ	2		2		2		1		2
12	CELEDONIO ALVARADO	2		0		1		2		2
13	RAMON ALVARADO	2		1		2		0		2
14	SAUL CHOQUE M.	1		0		1		0		2
15	CARLOTA VALLEJOS	1		0		2		0		2
16	ADOLFO CHOQUE	1		1		2		0		2
17	NEMECIO CASTRO	1		1		1		0		2
18	LUCIANO GARCIA	1		1		2		0		2
19	DAMIANA VILLARROEL	1		0		2		0		2
20	NATIVIDAD ALMENDRAS	2		0		2		0		2
21	LUCIO DURAN R.	1		2		1		0		2
22	TIMOTEO VIDAL D.	0		2		0		0		2
23	ILARION ALMENDRAS	2		0		1		0		2
24	FELIX QUINTEROS	1		1		1		0		2
25	SIMON TRUJILLO	1		1		1		0		2
26	JULIANA RODRIGUEZ	1		1		1		0		1
27	EDWIN GARCIA A.	1		1		1		2		1
28	AGRIPINO DURAN V.	2		1		2		2		2
29	LUIS CHOQUE	1		2		1		0		2
30	AMALIA BECERRA M.	1		2		1		1		1
31	ALEJANDRO DURAN	1		1		1		0		2

## Criterios de los impactos socioeconómicos del RPA:

No	Nombre y Apellido	Cambios que ha producido el RPA en la Migración	Ventajas del Riego por Aspersión frente al Tradicional	El RPA ha mejorado los niveles de vida de los Agricultores?
1	REMBERTO DURAN	Jóvenes migran antes y después	Aumento en el área de cultivo si riego con aspersión por la noche es muy fácil y tradicional era muy difícil	Si ha visto mejores ingresos hay ganancias
2	REMIGIO MOREIRA	Antes migraban jóvenes ahora ya no	Riega uniformemente es más fácil de noche también se riega sin problemas	
3	JUAN ALVARADO ROJAS	Sigue lo mismo, migran jóvenes y cholitas	Con el aspersor no hay erosión hídrica como en el superficial	Si hay ganancias en zanañoria lo demás es para suplir la compra de abonos
4	EVARISTO VALLEJOST.	Padres migran, antes y después	Ha visto mucho sacrificio antes en la mitha había que regar de noche antes era en turno de 4 horas	Si ha visto cambios ya no se sufre especialmente mishka
5	GENRARO DURAN	Jóvenes migran antes y después	Ya no regamos de noche ahora ya no regamos por turnos ya no se lleva el suelo como el superficial	Si ha visto ganancias por el incremento
6	SALVADOR CHOQUE	Jóvenes migran antes y después	Ha visto más producción para estos productos de noche no riego sino lo pongo el aspersor nomas	Si depende de la persona aquel que trabaja tiene más ingresos
7	LENADRO DURAN	Jóvenes antes y ahora ya no	Ha sido bueno antes regábamos de noche ahora ya no lleva el suelo o erosiona	Si ha visto ingresos para la familia
8	RUBEN CHOQUE	Jóvenes y padres antes y después	Incremento en el cultivo de zanañoria antes regábamos de noche y ahora ya no	Si especialmente en la zanañoria ha vida incremente en el ingreso
9	MARIA DURAN	Papas y mamas antes ahora solo jóvenes	Ya no riego de noche solo riego de día el aspersor ya no se lleva la tierra	Si ahora sembramos más y hay más ingresos
10	SANTIAGO VIDAL	Jóvenes antes y ahora ya no	Mayor producción en extensión de noche ya no sufro	Si mejor ingresos
11	FEDERICO ALMENDRAZ	Antes no mucho ahora más jóvenes	el riego es más profundo ya no erosiona y riego solo	Si flores zanañoria haba papa
12	CELEDONIO ALVARADO	Jóvenes antes y después	Ya no regamos de noche además ya no falta agua como antes	Si ha vida más ingresos
13	RAMON ALVARADO	Ahora papas migran mas	Ya no riego de noche, ya no perjudica de día, solo lo pongo y me voy	Si hay más, hay más trabajo hay más superficie cultivable
14	SAUL CHOQUE M.	Jóvenes antes y después	Hay más producción de zanañoria, ya no regamos de noche solo cambiamos no masia, antes esperábamos la mitha ahora ya no	Si ha visto incremento del nivel de vida
15	CARLOTA VALLEJOS	Jóvenes antes y ahora papas y jóvenes	Ya no regamos de noche, el aspersor riega de noche antes de noche regábamos en la mitha	Si ahora grave ganan especialmente en zanañoria hay más ganancia
16	ADOLFO CHOQUE	Papas jóvenes y cholitas antes y después	Ha aumentado el cultivo de zanañoria, para nosotros no ha cambiado mucho	Si ha visto especialmente en zanañoria
17	NEMECIO CASTRO		Es muy fácil de regar ya no perdemos tiempo lo ponemos y nos vamos no hay que mirar solo cambiar	Si ya se vende las cosechas hay más ganancia para la familia
18	LUCIANO GARCIA	Jóvenes y papas antes ahora cholitas también	Lo principal que veo es que ya no riego de noche no falta agua eso sería	Si hay más producción y se vende más los productos
19	DAMIANA VILLARROEL	Jóvenes papas y cholitas ahora ya no	Alcanza agua es suficiente ya no hay que pelear por agua como antes	Si es poquito mas ahora para vender también
20	NATIVIDAD ALMENDRAS	Si migran	Ha mejorado mucho ya no falta agua además nos olvidamos de regar de noche	Si ahora ya se vende especialmente zanañoria algunos igual vende gladiolo se gana mas
21	LUCIO DURAN R.	Ahora jóvenes antes no	Es muy ventajoso se tiene más tiempo	Si ha vida ganancias cosecha más antes Si hay más ganancia para la familia
22	TIMOTEO VIDAL D.	Papas y jóvenes antes ahora jóvenes	Ya no hay erosión hídrica ya no se riega de noche	Si ahora ya se vende antes poco se vendía solo era para comer nomas
23	ILARION ALMENDRAS	Antes no, ahora papas y jóvenes	Y ano nos falta agua además ya no hay erosión hídrica	Si por eso ahora sembramos más para vender
24	FELIX QUINTEROS		Ya no regamos de noche pasando frío, además me lo instalan y no tengo que estar todo el rato allí si no solo para cambiar	Si hay más ingresos para la familia para hacer estudiar los hijos igual
25	SIMON TRUJILLO	Antes padres ahora jóvenes	Ya no se lleva la tierra como antes además ya no regamos de noche como antes	Si la mayoría ha mejorado sus ingresos algunos hasta se han comprado autos parece
26	JULIANA RODRIGUEZ	Antes padres ahora jóvenes	No se ha favorecido bastante ya que ya no nos falta casi agua no nos peleamos ya	Si hay más para mantener la familia parece
27	EDWIN GARCIA A.		Ya no riego de noche ya no se lleva el agua la tierra	Si hay introducción antes no había zanañoria
28	AGRIPINO DURAN V.	Ahora jóvenes antes no	Yo no riego mucho con aspersión, tengo miedo de arruinar mis equipos	Si ahora hay más ingresos para la familia
29	LUIS CHOQUE	Ahora jóvenes antes no	No se riega ya de noche es muy fácil regar, superficies llevaba la tierra aspersión no	Si ha visto mejora hay mas producción eso si
30	AMALIA BECERRA M.	Ahora jóvenes antes no	Es más mejor ponemos de noche y no hay que controlar no lleva la tierra como el superficial	Si hay ganancias para la familia
31	ALEJANDRO DURAN		Producto ha mejorado las enfermedades agarraban ahora ya no	Si hay ganancias para la familia y para vender productos igual

## Criterios en cuanto a efectos e impactos del RPA:

No .	Nombre y Apellido	El RPA ha incentivado en otras comunidades?	Ha cambiado el derecho de agua?	Hay Fugas	0 No hay	Puede funcionar el sistema	0 Si
1	REMBERTO DURAN	Ha incentivado en otras comunidades como en Koari.	Todo es igual antes era 6 horas por usuario era muy estricto	0	1 Si hay	0	1 No
2	REMIGIO MOREIRA	Cree que incentivo pero no implemento el proyecto	riegan sin consultar y sin avisar a nadie y todos riegan	0			
3	JUAN ALVARADO ROJAS			0			
4	EVARISTO VALLEJOST.	De otros lados han venido si ellos quieren también	todos tienen el mismo derecho no nos alcanza el agua	0		0	
5	GENRARO DURAN	si quieren están preparando proyectos	todo es por igual no importa el tamaño aunque toda la semana	0		0	
6	SALVADOR CHOQUE	Si quieren están buscando proyectos pero con aspersión	todo es igual para todos es lo mismo	1		0	
7	LENADRO DURAN	Si quieren porque han visto esto y ellos quieren también	tiene el mismo derecho hasta terminar la parcela	1		0	
8	RUBEN CHOQUE	Si quieren mucho en las comunidades vecinas están haciendo proyectos en otras comunidades	para todos es igual	1		1	
9	MARIA DURAN	Si quieren en otras comunidades han venido a ver	para todos es igual cuando ponemos 4 aspersores es 100Bs. La multa	1		1	
10	SANTIAGO VIDAL	En otras comunidades solo viendo han implementado ahora dicen producir más antes que nosotros en Kayarani	Es igual	1		0	
11	FEDERICO ALMENDRAZ	Muchas comunidades quieren y tiene mucha envidia	el derecho es igual para todos y riega por cuantas veces quieras sea hasta terminar			0	
12	CELEDONIO ALVARADO	Quieren mucho los vecinos lugares pero no se hace porque cuesta mucho				0	
13	RAMON ALVARADO	Quieren más nos envidian con ese pensamiento están	es lo mismo para cada riego hay que aportar tres bs.			0	
14	SAUL CHOQUE M.	Si ha incentivado en otras comunidades saben que es fácil y quieren		1		0	
15	CARLOTA VALLEJOS	Si dice que quieren en Koari también	si todos regamos con tres aspersores	0		1	
16	ADOLFO CHOQUE	Si grave envidia nos tienen quieren también en otros lugares	si es el mismo todos regamos con tres aspersores	1		0	
17	NEMECIO CASTRO	Si se ha incrementado quieren en otros lados igual	Es lo mismo todos regamos lo mismo			0	
18	LUCIANO GARCIA	Si quieren en otras comunidades	es igual para todos ya sean nuevos o antiguos	0		0	
19	DAMIANA VILLARROEL	Si dice que en otros lados también quieren poner así como en aquí	si	0		1	
20	NATIVIDAD ALMENDRAS	Si creo que si han venido de otras comunidades	si es el mismo para todos	1		1	
21	LUCIO DURAN R.	Si quieres más nos envidian mucho	no todos regamos lo que queremos	0		0	
22	TIMOTEO VIDAL D.	Si quieren en otros lados	el uso de agua es libre	1			
23	ILARION ALMENDRAS	Si no se en donde ya habían hecho en sacaba dice que ya han hecho	si es el mismo para todos	0		0	
24	FELIX QUINTEROS	Si la anterior igual han venido a ver en micros de no sé qué comunidad	es el mismo para todos regamos lo que queremos con tres aspersores	1		0	
25	SIMON TRUJILLO	Si grave quieren en otros lados agua;	Para todos es lo mismo	1		0	
26	JULIANA RODRIGUEZ	Si en Koari también quieren aquí abajo igual	para todos es igual no hay diferencia			1	
27	EDWIN GARCIA A.	Si ha incentivado en otras comunidades	No accede	0		0	
28	AGRIPINO DURAN V.	Si ha incentivado en otras comunidades saben que es fácil y quieren		1		0	
29	LUIS CHOQUE	Si quieren también en otras comunidades	Es igual para todos riegan lo que quieren con tres aspersores	1		0	
30	AMALIA BECERRA M.	Han venido muchos a ver quieren en otras comunidades	para todos es lo mismo	0		0	
31	ALEJANDRO DURAN	Si en otras comunidades quieren esto igual	Par todos es igual solo con tres aspersores	0		0	

## Datos de los eventos de riego y equipos de riego utilizado:

### No. 1:

No.	Nombre y Apellido	Sindicato	Sistema de Riego	Cultivo	No riego actual	No. Riego después	No de riego total	Frecuencia de riego	Tiempo por posición	Método de riego
1	REMBERTO DURAN	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Haba	2	4	6	7	6	ASPERSION
2	REMIGIO MOREIRA	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa	1	4	5	7	7	ASPERSION
3	JUAN ALVARADO ROJAS	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa	6	2	8	15	7	ASPERSION
4	EVARISTO VALLEJOST.	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa	1	10	11	7	6	ASPERSION
5	GENRARO DURAN	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Haba	2	3	5	7	12	ASPERSION
6	SALVADOR CHOQUE	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Zanahoria	2	1	3	7	6	ASPERSION
7	LENADRO DURAN	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa	2	4	6	6	6	ASPERSION
8	RUBEN CHOQUE	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Zanahoria	8	4	12	3	12	ASPERSION
9	MARIA DURAN	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa	2	10	12	10	6	ASPERSION
10	SANTIAGO VIDAL	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu						4	ASPERSION
11	FEDERICO ALMENDRAZ	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu		4	1	5	7	12	ASPERSION
12	CELEDONIO ALVARADO	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa		5	5	14	6	ASPERSION
13	RAMON ALVARADO	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa				8	6	ASPERSION
14	SAUL CHOQUE M.	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa		5	5		3	ASPERSION
15	CARLOTA VALLEJOS	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa	1	3	4	7	5	ASPERSION
16	ADOLFO CHOQUE	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Zanahoria	4	2	6	7	6	ASPERSION
17	NEMECIO CASTRO	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Zanahoria	6	3	9	10	5	ASPERSION
18	LUCIANO GARCIA	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa				6	4	ASPERSION
19	DAMIANA VILLARROEL	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa				7	5	ASPERSION
20	NATIVIDAD ALMENDRAS	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa	7	3	10	6	6	ASPERSION
21	LUCIO DURAN R.	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa				6	5	ASPERSION
22	TIMOTEO VIDAL D.	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa					2	ASPERSION
23	ILARION ALMENDRAS	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa	6	2	8	7	4	ASPERSION
24	FELIX QUINTEROS	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa				5	6	ASPERSION
25	SIMON TRUJILLO	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa				7	6	ASPERSION
26	JULIANA RODRIGUEZ	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Zanahoria				6	5	ASPERSION
27	EDWIN GARCIA A.	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa				7	4	ASPERSION
28	AGRIPINO DURAN V.	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa				14	12	ASPERSION
29	LUIS CHOQUE	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa				7	5	ASPERSION
30	AMALIA BECERRA M.	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa				7	7	ASPERSION
31	ALEJANDRO DURAN	Ch'ullku Mayu	Ch'ullku Mayu	Papa					5	ASPERSION

### No. 2

No.	Nombre y Apellido	Tiempo cambio posición	Experiencia	Hombre	Mujer	Nino	Asp. 1 Truper	Asp. 2 Rain Bird	Compra/Regalo	Material
1	REMBERTO DURAN	6	3	1	1		3		Regalo	Aluminio
2	REMIGIO MOREIRA	7	0	2			3		Regalo	Aluminio
3	JUAN ALVARADO ROJAS	7	3	1	1		3		Regalo	Aluminio
4	EVARISTO VALLEJOST.	20	5	2			3		Regalo	Aluminio
5	GENRARO DURAN	30	3	2			3		Regalo	Aluminio
6	SALVADOR CHOQUE	30	15	1			2	1	Regalo/Compra	Aluminio/Plástico
7	LENADRO DURAN	5	6	3			3		Regalo	Aluminio
8	RUBEN CHOQUE	20	3	2			3		Regalo	Aluminio
9	MARIA DURAN	30	4	1	1		3		Regalo	Aluminio
10	SANTIAGO VIDAL	30		2			3		Regalo/Compra	Aluminio
11	FEDERICO ALMENDRAZ		2	1			3		Regalo	Aluminio
12	CELEDONIO ALVARADO	30	5	2	1		3		Regalo/Compra	Aluminio
13	RAMON ALVARADO	30	6	2			3		Regalo	Aluminio
14	SAUL CHOQUE M.	10	7	2			3		Regalo	Aluminio
15	CARLOTA VALLEJOS	30	0	1	2		3		Regalo	Aluminio
16	ADOLFO CHOQUE	20	4	2			3		Regalo	Aluminio
17	NEMECIO CASTRO	20	3	2			3		Regalo	Aluminio
18	LUCIANO GARCIA	30	3	2			3		Regalo	Aluminio
19	DAMIANA VILLARROEL	30	3	1	1		3		Regalo	Aluminio
20	NATIVIDAD ALMENDRAS	20	3	1	1		3		Regalo	Aluminio
21	LUCIO DURAN R.	15	1.5	1	1		3		Regalo	Aluminio
22	TIMOTEO VIDAL D.	20	4	1			3		Compra.	Aluminio
23	ILARION ALMENDRAS	15	3	2			3		Regalo	Aluminio
24	FELIX QUINTEROS	20	3	1	1		3		Regalo	Aluminio
25	SIMON TRUJILLO	15	3	2			3		Regalo	Aluminio
26	JULIANA RODRIGUEZ	30	3	1	1		3		Regalo	Aluminio
27	EDWIN GARCIA A.	30	1	1	1		3		Regalo	Aluminio
28	AGRIPINO DURAN V.	30	3	1		3	3		Regalo	Aluminio
29	LUIS CHOQUE	20	2	1	1		3		Regalo	Aluminio
30	AMALIA BECERRA M.	30	3	1	1		3		Regalo	Aluminio
31	ALEJANDRO DURAN	20	3	1	2		3		Regalo	Aluminio

### No. 3.

No.	Nombre y Apellido	Pitón	Alambre	Distancia entre aspersores	Material Matriz	Longitud Hidrante Parcela	Diámetro (Pulg.)	Material Lateral	Longitud Lateral	Diámetro Lateral
1	REMBERTO DURAN	PRESENTE	AUSENTE	10	POLITUBO	100	1.5	POLITUBO	30	1.5
2	REMIGIO MOREIRA	PRESENTE	AUSENTE	8	POLITUBO	130	1.5	POLITUBO	10	1.5
3	JUAN ALVARADO ROJAS	PRESENTE	AUSENTE	10	MANGUERA	70	1- 1.5	POLITUBO	20	1.5
4	EVARISTO VALLEJOST.	PRESENTE	AUSENTE	12	POLITUBO	150	1- 1.5	POLITUBO	36	1
5	GENRARO DURAN	PRESENTE	AUSENTE	8	POLITUBO	100	1.5	POLITUBO	24	1.5
6	SALVADOR CHOQUE	PRESENTE	AU/PRES	12	POLITUBO	70	1	POLITUBO	36	1
7	LENADRO DURAN	PRESENTE	AUSENTE	18	POLITUBO	100	1.5	POLITUBO	54	1
8	RUBEN CHOQUE	PRESENTE	AUSENTE	15	POLITUBO	100	1	POLITUBO	20	1
9	MARIA DURAN	PRESENTE	AUSENTE	8	POLITUBO	100	1- 1.5	POLITUBO	24	1
10	SANTIAGO VIDAL	PRESENTE	AUSENTE	7	POLITUBO	150	1.5	POLITUBO	25	1.5
11	FEDERICO ALMENDRAZ	PRESENTE	AUSENTE	10	POLITUBO	50	1.5	POLITUBO	30	1
12	CELEDONIO ALVARADO	PRESENTE	AUSENTE	10	POLITUBO	100	1	POLITUBO	30	1
13	RAMON ALVARADO	PRESENTE	AUSENTE	10	POLITUBO	200	1	POLITUBO	30	1
14	SAUL CHOQUE M.	PRESENTE	AUSENTE	10	POLITUBO	50	1.5	POLITUBO	30	1.5
15	CARLOTA VALLEJOS	PRESENTE	AUSENTE	10	POLITUBO	100	1- 1.5	POLITUBO	28	1
16	ADOLFO CHOQUE	PRESENTE	AUSENTE	10	POLITUBO	100	1.5	POLITUBO	30	1.5
17	NEMECIO CASTRO	PRESENTE	AUSENTE	10	POLITUBO	100	1.5	POLITUBO	30	1
18	LUCIANO GARCIA	PRESENTE	AUSENTE	13	POLITUBO	150	1- 1.5	POLITUBO	39	1
19	DAMIANA VILLARROEL	PRESENTE	AUSENTE	12	POLITUBO	50	1.5	POLITUBO	36	1
20	NATIVIDAD ALMENDRAS	PRESENTE	AUSENTE	10	POLITUBO	100	1.5	POLITUBO	30	1.5
21	LUCIO DURAN R.	PRESENTE	AUSENTE	10	POLITUBO	180	1.5	POLITUBO	30	1.5
22	TIMOTEO VIDAL D.	PRESENTE	AUSENTE	10	MANGUERA	85	0.5	MANGUERA	20	0.5
23	ILARION ALMENDRAS	PRESENTE	AUSENTE	10	POLITUBO	50	1	POLITUBO	30	1
24	FELIX QUINTEROS	PRESENTE	AUSENTE	13	POLITUBO	100	1	POLITUBO	39	1
25	SIMON TRUJILLO	PRESENTE	AUSENTE	10	POLITUBO	100	1.5	POLITUBO	30	1
26	JULIANA RODRIGUEZ	PRESENTE	AUSENTE	10	POLITUBO	50	1.5	POLITUBO	30	1.5
27	EDWIN GARCIA A.	PRESENTE	AUSENTE	10	POLITUBO	100	1	POLITUBO	30	1
28	AGRIPINO DURAN V.	PRESENTE	AUSENTE	10	POLITUBO	200	1.5	POLITUBO	20	1.5
29	LUIS CHOQUE	PRESENTE	AUSENTE	13	POLITUBO	150	1.5	POLITUBO	30	1
30	AMALIA BECERRA M.	PRESENTE	AUSENTE	18	POLITUBO	50	1.5	POLITUBO	54	1.5
31	ALEJANDRO DURAN	PRESENTE	AUSENTE	10	POLITUBO	150	1.5	POLITUBO	30	1.5

### No. 4.

No.	Nombre y Apellido	Material porta-aspersor	Longitud porta-aspersor	Diámetro porta-aspersor	Material acople	Tipo acople	Diámetro acople	Traslape (%)	Función.	Unifor.
1	REMBERTO DURAN	PLASTICO	1	3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1.5		8	9
2	REMIGIO MOREIRA	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1.5		9	6
3	JUAN ALVARADO ROJAS	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1.5		9	7
4	EVARISTO VALLEJOST.	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1		7	8
5	GENRARO DURAN	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1.5		8	8
6	SALVADOR CHOQUE	PLASTICO	fl	3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1		9	9
7	LENADRO DURAN	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1		8	7
8	RUBEN CHOQUE	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1		9	8
9	MARIA DURAN	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1		8	9
10	SANTIAGO VIDAL	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1.5			
11	FEDERICO ALMENDRAZ	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1.5			
12	CELEDONIO ALVARADO	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1		8	
13	RAMON ALVARADO	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1		8	8
14	SAUL CHOQUE M.	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1.5		8	
15	CARLOTA VALLEJOS	PLASTICO	fl	3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1		8	7
16	ADOLFO CHOQUE	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1.5		8	8
17	NEMECIO CASTRO	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1		7	7
18	LUCIANO GARCIA	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1			
19	DAMIANA VILLARROEL	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1			
20	NATIVIDAD ALMENDRAS	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1.5		8	7
21	LUCIO DURAN R.	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1			
22	TIMOTEO VIDAL D.	PLASTICO	fl	3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	0.5			
23	ILARION ALMENDRAS	PLASTICO	fl	3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1		8	8
24	FELIX QUINTEROS	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1			
25	SIMON TRUJILLO	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1			
26	JULIANA RODRIGUEZ	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1.5			
27	EDWIN GARCIA A.	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1			
28	AGRIPINO DURAN V.	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1.5			
29	LUIS CHOQUE	PLASTICO	fl	3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1			
30	AMALIA BECERRA M.	PLASTICO	fl	3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1.5			
31	ALEJANDRO DURAN	PLASTICO		3/4	PLASTICO	FIJOS A RROSCA	1.5			

# Anexo No. 5

## PLANILLA DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN CONDICIONES DE LADERA

1. Responsable: Limbert Hidalgo Arnez Fecha 30/06/2010 CODI. P3
2. Nombre del agricultor: Dn. Lucio Duran Sindicato: Ch'ullku Mayu
3. Sistema de riego: Ch'ullku Mayu Hidrante: No. 5 Caudal Hidrante (l/s): 4l/s
4. No. de riego: 3 No. de riego planificado después: 6
5. Frecuencia de riego: 15 días
6. Cultivo: Haba Profundidad radicular: 13cm Fase de desarrollo: Segunda Fase
7. Suelo: Textura \_\_\_\_\_
8. Pendiente de la parcela: 20% Altura porta-aspersor: 0.9; 1; 0.9m
9. Espaciamiento entre ramales del (1 y 2) posición \_\_\_\_\_ (2 y 3) \_\_\_\_\_
- (3 y 4) \_\_\_\_\_ (4 y 5) \_\_\_\_\_
10. Características del equipo:

Partes	Material	Longitud (m)	Diámetro (Pulg.)
<b>Hidrante</b>			
<b>Matriz</b>	Politubo	15	1 1/2"
<b>Lateral</b>	Politubo	54	1"
<b>Porta aspersor</b>	Plástico	0.9;1; 0.9	3/4
<b>Acoples</b>	Fijos a rosca (Plástico)		
<b>No. de aspersores</b>	3 aspersores Truper		

### 11. Adaptaciones tecnológicas:

**Boq. Princ.:** Los 3 aspersores Truper con rompe chorro en la boquilla principal, sin modificaciones.

**Boq. Sec.:** Los 3 aspersores Truper sin rompe chorro, sin modificaciones.



### 12. Red de pluviómetros:

**Espaciamiento:** 3X3m

Capacidad: 960 ml

Área: 59.45 cm<sup>2</sup>

13. Ensayo: hora de comienzo: 11:56am

Final: 21:00pm duración: 8 hrs

14. Presión y descarga actual de los aspersores:

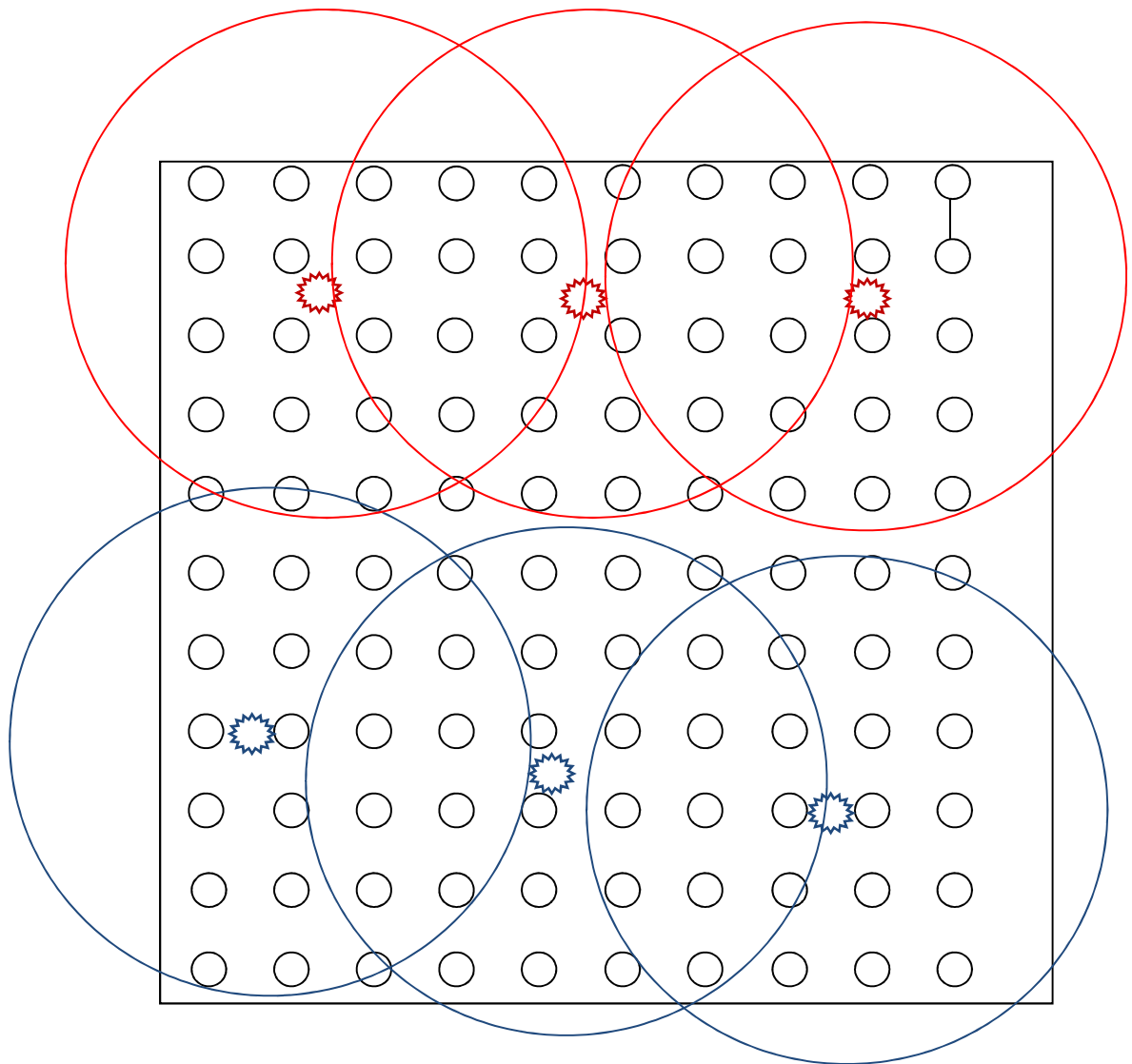
DATOS DE LOS ASPERSORES DURANTE LA PRUEVA DE EVALUACION					
POSICION	MEDICIONES	1°	2°	3°	4°
1 POSICION	Presión de func. (bar)	3.8	3.8	3.8	
	Descarga (l/s)				
	Dist. Entre asp. (m)		10	10	
	Angulo de incl. del porta-aspersor (°)	88°	88°	88°	
	Marca de los asp.	Truper	Truper	Truper	
	Ø de las boquillas(mm)	7x2	7x2	7x2	
	Tiempo del evento	Inicio: 6:00am	Final: 11:58am	Duración:5H58Min	
POSICION	MEDICIONES	1°	2°	3°	4°
2 POSICION	Presión de func. (bar)	3.8	3.8	3.8	
	Descarga (l/s)				
	Dist. Entre asp. (m)		10	10	
	Angulo de incl. del porta-aspersor (°)	88°	88°	88°	
	Marca de los asp.	Truper	Truper	Truper	
	Ø de las boquillas(mm)	7x2	7x2	7x2	
	Tiempo del evento	Inicio: 11:56am	Final: 16:00pm	Duración: 4hrs	

15. VIENTO:

Dirección relativa: inicio SE-NO duración SE-NO final SE-NO

Velocidad (m/s): inicio 2 durante 2 final 2

**CROQUIS DE UBICACIÓN Y HUMEDECIMIENTO DE LOS ASPERSORES EN LA PARCELA P1**



- Ubicación de los Pluviómetros en la parcela
- Aspersores Rain Bird (28m de perímetro mojado)
- Aspersor Truper (24m de perímetro mojado)

Volumen recogido en ml por la red de pluviómetros en la parcela P1.

PLUVIOMETROS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	97	119	132	164	151	129	150	140	101	85
2	101	153	196	169	195	180	200	170	134	98
3	104	289	374	218	227	401	257	245	335	126
4	104	250	337	224	196	325	259	186	449	242
5	91	134	146	203	136	170	198	155	133	115
6	68	124	111	116	100	95	119	90	70	24
7	89	120	137	114	95	91	77	47	68	70
8	174	315	201	236	126	191	176	141	59	76
9	201	558	132	190	393	330	230	258	149	127
10	132	254	270	250	360	330	293	404	355	100
11	0	120	100	165	205	150	275	285	250	47

**21 X 24**

**PLANILLA DE CAMPO PARA LA EVALUACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO  
POR ASPERSION EN CONDICIONES DE LADERA**

1. Responsable: Limbert Hidalgo Arnez Fecha 29/09/2010 CODI. P2
2. Nombre del agricultor: Dn. Salvador Choque Sindicato: Ch'ullku Mayu
3. Sistema de riego: Ch'ullku Mayu Hidrante: No. 2 Caudal Hidrante (l/s): 4l/s
4. No. de riego: 2 No. de riego planificado después: 6
5. Frecuencia de riego: 7 días
6. Cultivo: Zanahoria Profundidad radicular: 10cm Fase de desarrollo: Primera Fase
7. Suelo: Textura \_\_\_\_\_
8. Pendiente de la parcela: 20% Altura porta-aspersor: 0.85, 0.85, 0.81m
9. Espaciamiento entre ramales del (1 y 2) posición \_\_\_\_\_ (2 y 3) \_\_\_\_\_  
(3 y 4) \_\_\_\_\_ (4 y 5) \_\_\_\_\_
10. Características del equipo:

Partes	Material	Longitud (m)	Diámetro (Pulg.)
Hidrante			
Matriz	Politubo	100	1"
Lateral	Politubo	24	1"
Porta aspersor	Plástico	0.85, 0.85, 0.81	3/4
Acoples		Fijos a rosca (Plástico)	
No. de aspersores		3 aspersores Rain Bird	

**11. Adaptaciones tecnológicas:**

**Boq. Princ.:** Los 3 aspersores Rain Bird, tenían rompechorros de alambre, adaptados por el agricultor.

**Boq. Sec.:** Los 3 aspersores Rain Bird, sin modificaciones en las boquillas secundarias.

**12. Red de pluviómetros:**

    Espaciamiento: 3X3m

    Capacidad: 960 ml

    Área: 59.45 cm<sup>2</sup>

**13. Ensayo: hora de comienzo: 11:20am**



**Final: 06:30am duración: 18 hrs. 10 min.**

**14. Presión y descarga actual de los aspersores:**

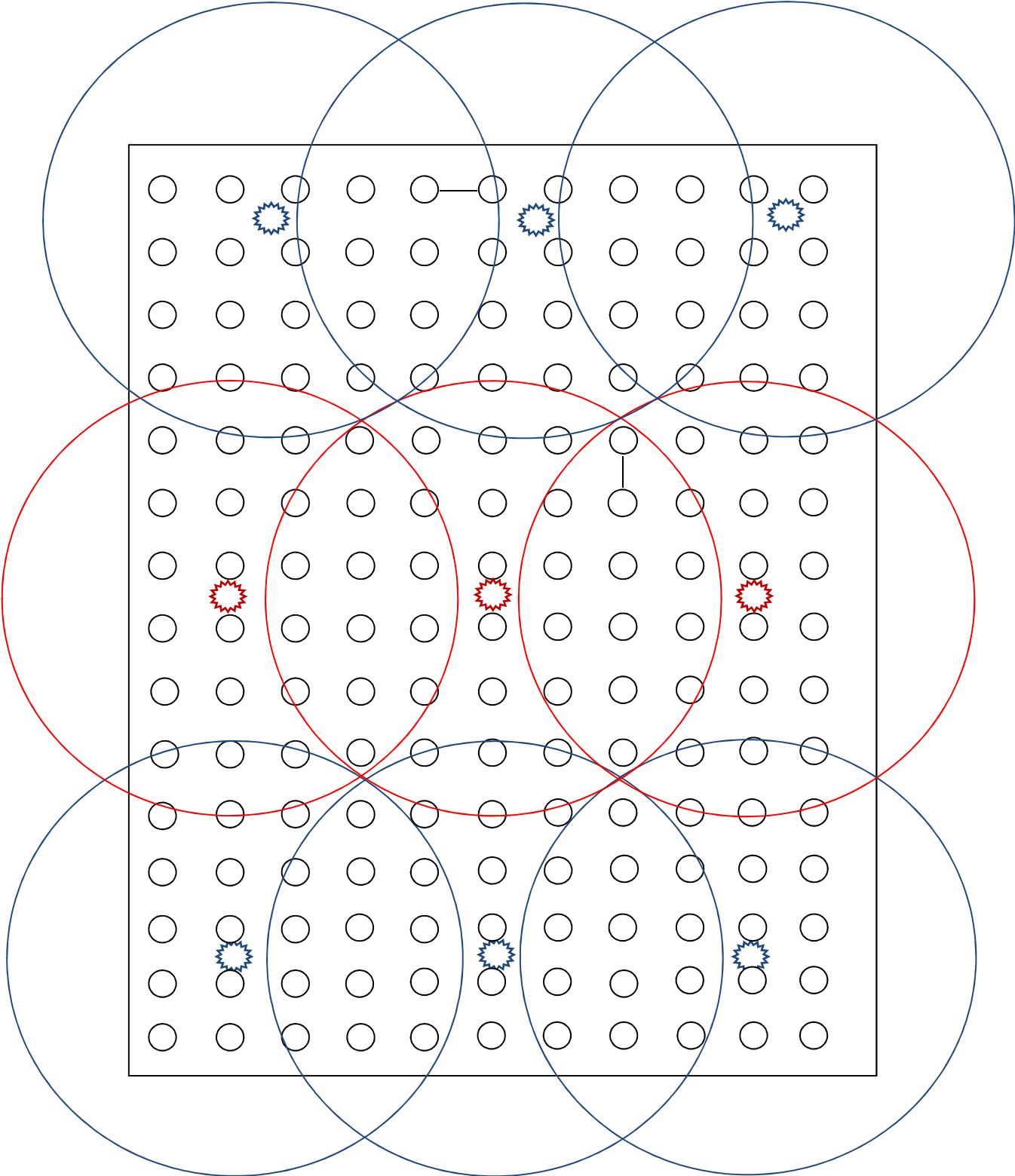
<b>DATOS DE LOS ASPERSORES DURANTE LA PRUEVA DE EVALUACION</b>					
<b>POSICION</b>	<b>MEDICIONES</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>	<b>4°</b>
<b>1 POSICION</b>	Presión de func. (bar)	2.7	2.6	3	
	Descarga (l/s)	0.52	0.52	0.52	
	Dist. Entre asp. (m)		10	12	
	Angulo de incl. del porta-aspersor (%)	77.31	77.31	77.31	
	Marca de los asp.	Rain Bird	Rain Bird	Rain Bird	
	Ø de las boquillas(mm)	4x3.5	5x4	4.5x4	
	Tiempo del evento	Inicio: 11:20am	Final: 17:20pm	Duración: 6hrs	
<b>POSICION</b>	<b>MEDICIONES</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>	<b>4°</b>
<b>2 POSICION</b>	Presión de func. (bar)	3.2	3.1	3.1	
	Descarga (l/s)	<b>0.52</b>	<b>0.52</b>	<b>0.52</b>	
	Dist. Entre asp. (m)		10	12	
	Angulo de incl. del porta-aspersor (%)	77.31	77.31	77.31	
	Marca de los asp.	Rain Bird	Rain Bird	Rain Bird	
	Ø de las boquillas(mm)	4x3.5	5x4	4.5x4	
	Tiempo del evento	Inicio: 17:45am	Final: 23:45pm	Duración: 6hrs	
<b>POSICION</b>	<b>MEDICIONES</b>	<b>1°</b>	<b>2°</b>	<b>3°</b>	<b>4°</b>
<b>3 POSICION</b>	Presión de func. (bar)	3.3	3.1	3.1	
	Descarga (l/s)	<b>0.52</b>	<b>0.52</b>	<b>0.52</b>	
	Dist. Entre asp. (m)		10	12	
	Angulo de incl. del porta-aspersor (%)	77.31	77.31	77.31	
	Marca de los asp.	Rain Bird	Rain Bird	Rain Bird	
	Ø de las boquillas(mm)	4x3.5	5x4	4.5x4	
	Tiempo del evento	Inicio: 00:30am	Final: 06:30am	Duración: 6hrs	

**15. VIENTO:**

**Dirección relativa: inicio**   O-E   **duración**   E-O   **final**   E-O  

**Velocidad (m/s): inicio**   2   **durante**   3   **final**   2

**CROQUIS DE UBICACIÓN Y HUMEDECIMIENTO DE LOS ASPERSORES EN LA PARCELA P1**



- Ubicación de los Pluviómetros en la parcela
- Aspersores Rain Bird (28m de perímetro mojado)
- Aspersor Truper (24m de perímetro mojado)

Volumen recogido en ml por la red de pluviómetros en la parcela P2.

<b>PLUVIOMETROS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>
<b>1</b>	0	242	278	350	506	474	491	605	436	454	345
<b>2</b>	200	248	438	448	489	460	536	556	454	468	356
<b>3</b>	168	255	349	391	421	451	478	496	429	330	261
<b>4</b>	148	156	230	281	385	383	350	395	310	225	200
<b>5</b>	117	150	149	203	270	257	226	262	249	211	209
<b>6</b>	135	210	227	259	258	208	200	222	310	302	255
<b>7</b>	175	232	330	375	371	308	330	410	425	440	329
<b>8</b>	260	375	395	455	442	380	584	564	580	519	357
<b>9</b>	261	340	475	494	474	467	471	550	543	476	345
<b>10</b>	229	314	344	434	420	398	410	445	428	385	271
<b>11</b>	190	274	286	310	380	280	321	372	352	259	239
<b>12</b>	328	405	417	400	360	295	309	393	406	380	322
<b>13</b>	370	352	434	500	467	381	460	529	508	450	415
<b>14</b>	326	415	443	575	585	530	564	545	512	454	351
<b>15</b>	280	292	391	505	425	437	496	464	409	375	274

CAMINO

# Anexo No. 5

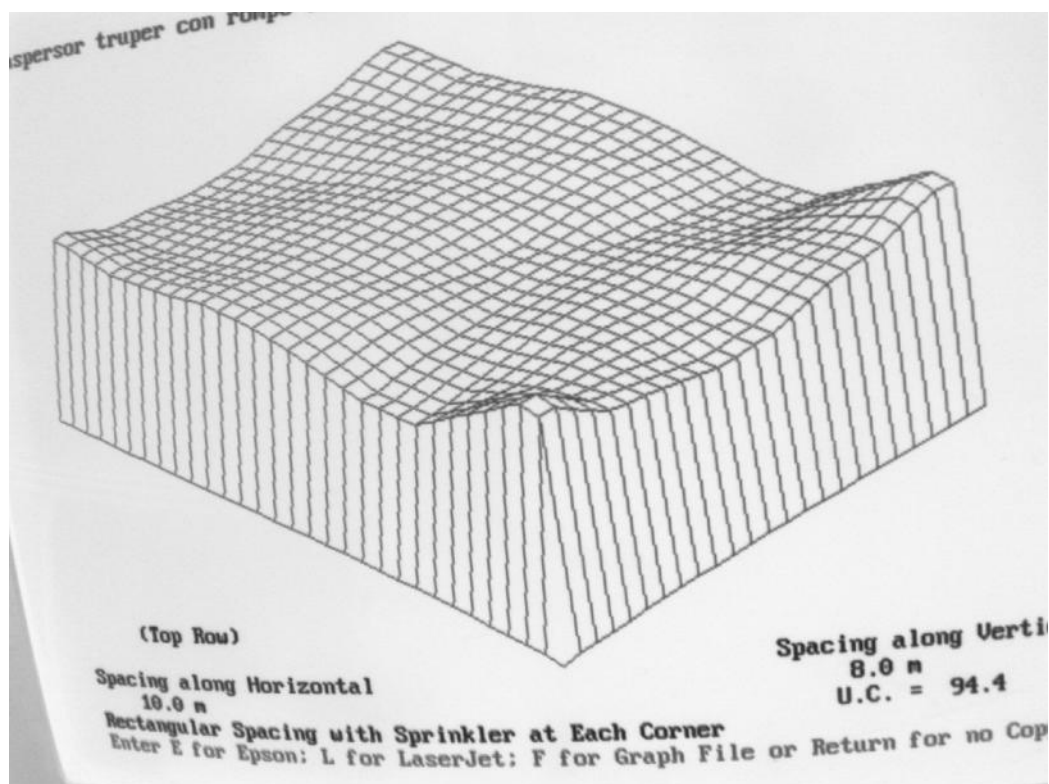
Simulación de traslapes de los aspersores bajo tres condiciones de evaluación en Ch'ullku Mayu.

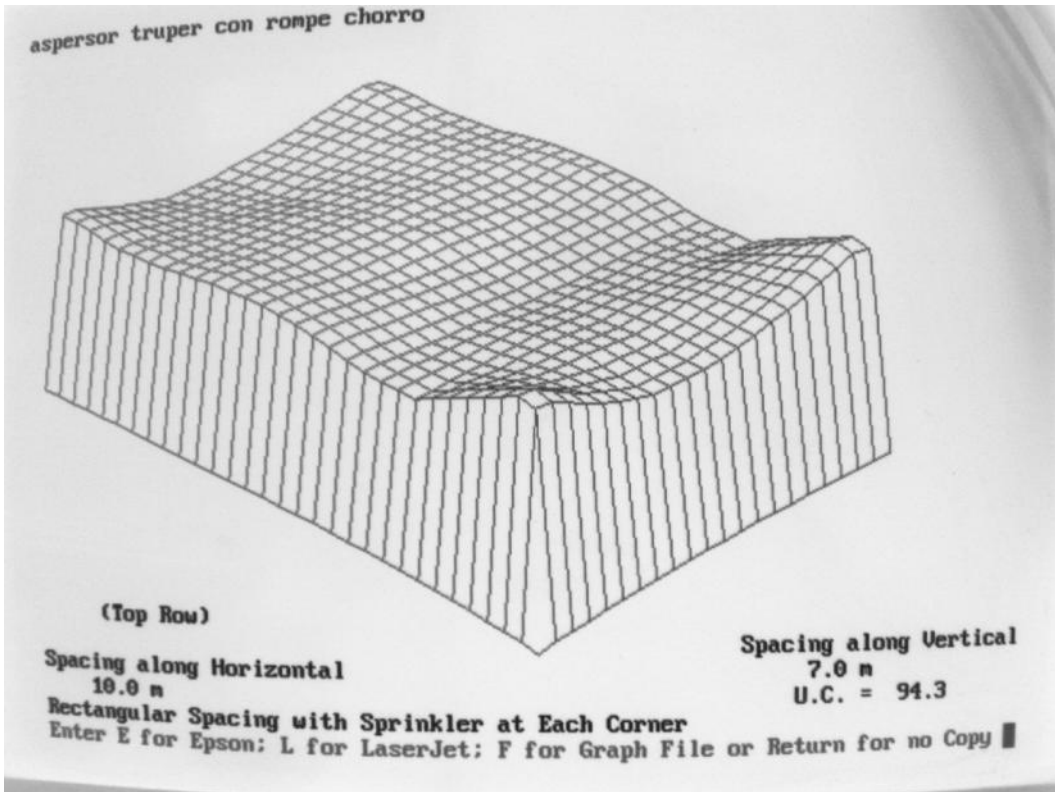
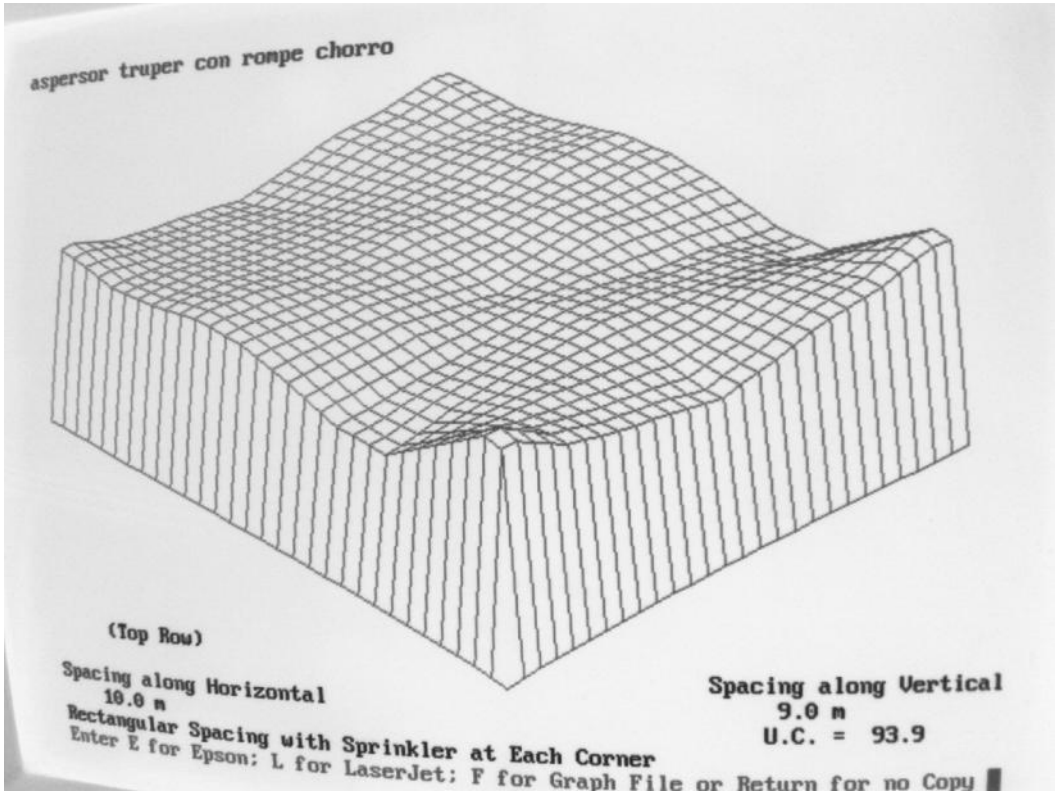
1<sup>ra</sup> Opción Truper.

Aspersor con dos boquillas, con rompe chorro en la boquilla principal y sin modificaciones.

Aspersor Truper con boquillas normales			
Marco de riego	CU (%)	UD (%)	EA (%)
10x10	91.8	93.4	76
10x11	88.2	90.9	72.7
10x9	93.9	94.2	77.1
10x8	94.4	94.4	77.3
10x7	94.3	94.8	77.8
11x8	91.6	92.1	74.2
11x7	91.6	92.2	74.4

Graficas en 3D de las mejores uniformidades de la 1<sup>ra</sup> Opción.



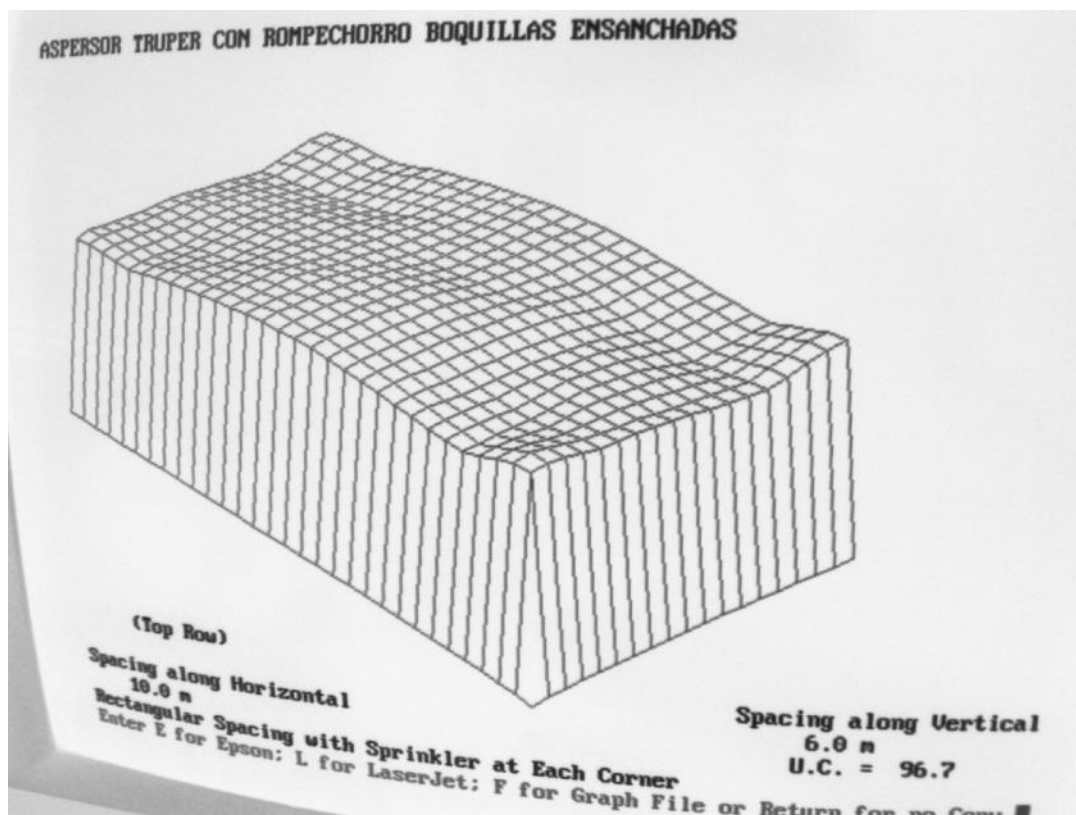


2<sup>ra</sup> Opción Truper.

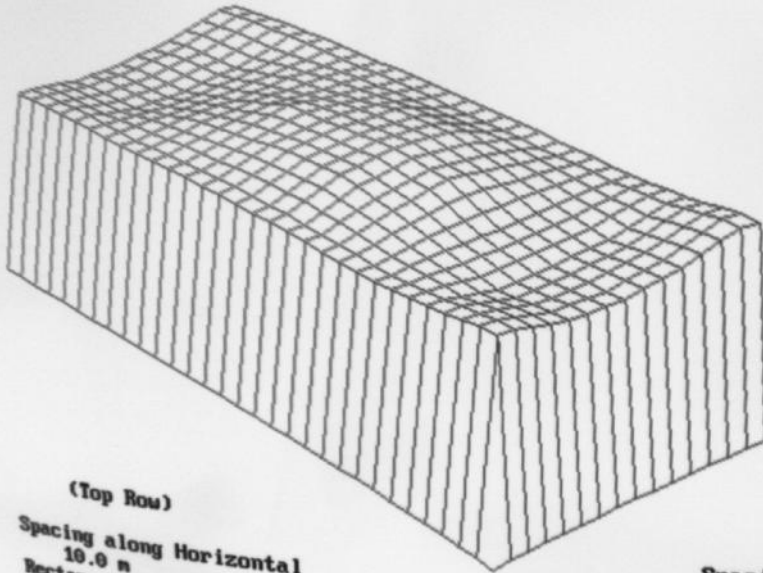
Aspersor con dos boquillas ensanchadas, con rompechorro en la boquilla principal.

Aspersor Truper con boquillas ensanchadas			
Marco de riego	CU (%)	UD (%)	EA (%)
10x10	89.6	90.4	62
11x9	91.7	92.5	64.4
10x8	94.6	94.8	67.1
11x8	93.8	93.4	65.4
10x7	94.6	95.2	67.6
10x6	96.7	96.6	69.2
10x5	96	96.4	69

Graficas en 3D de las mejores uniformidades de la 2<sup>ra</sup> Opción.



ASPERSOR TRUPER CON ROMPECHORRO BOQUILLAS ENSANCHADAS



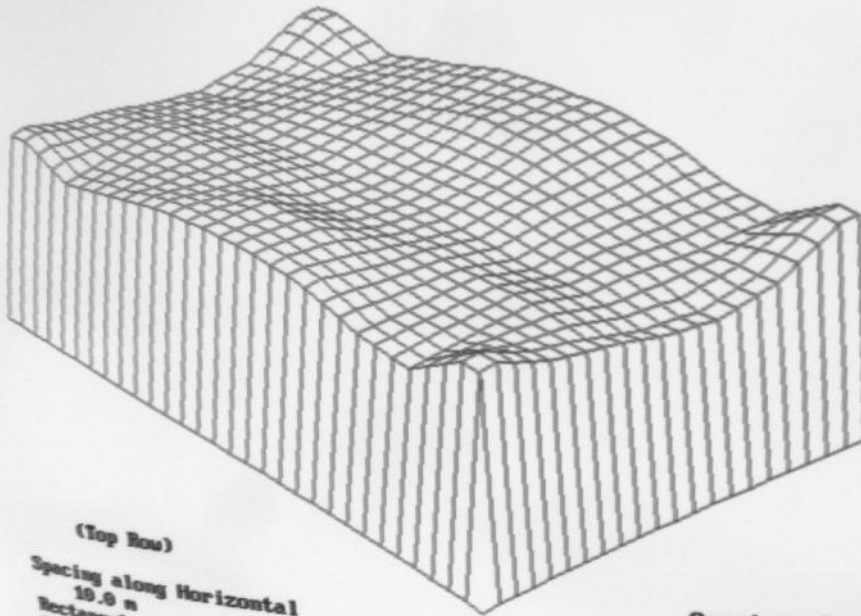
(Top Row)

Spacing along Horizontal  
10.0 m

Rectangular Spacing with Sprinkler at Each Corner  
Enter E for Epson; L for LaserJet; F for Graph File or Return for no Cont. █

Spacing along Vertical  
5.0 m  
U.C. = 96.0

ASPERSOR TRUPER CON ROMPECHORRO BOQUILLAS ENSANCHADAS



(Top Row)

Spacing along Horizontal  
10.0 m

Rectangular Spacing with Sprinkler at Each Corner  
Enter E for Epson; L for LaserJet; F for Graph File or Return for no Cont. █

Spacing along Vertical  
7.0 m  
U.C. = 94.6

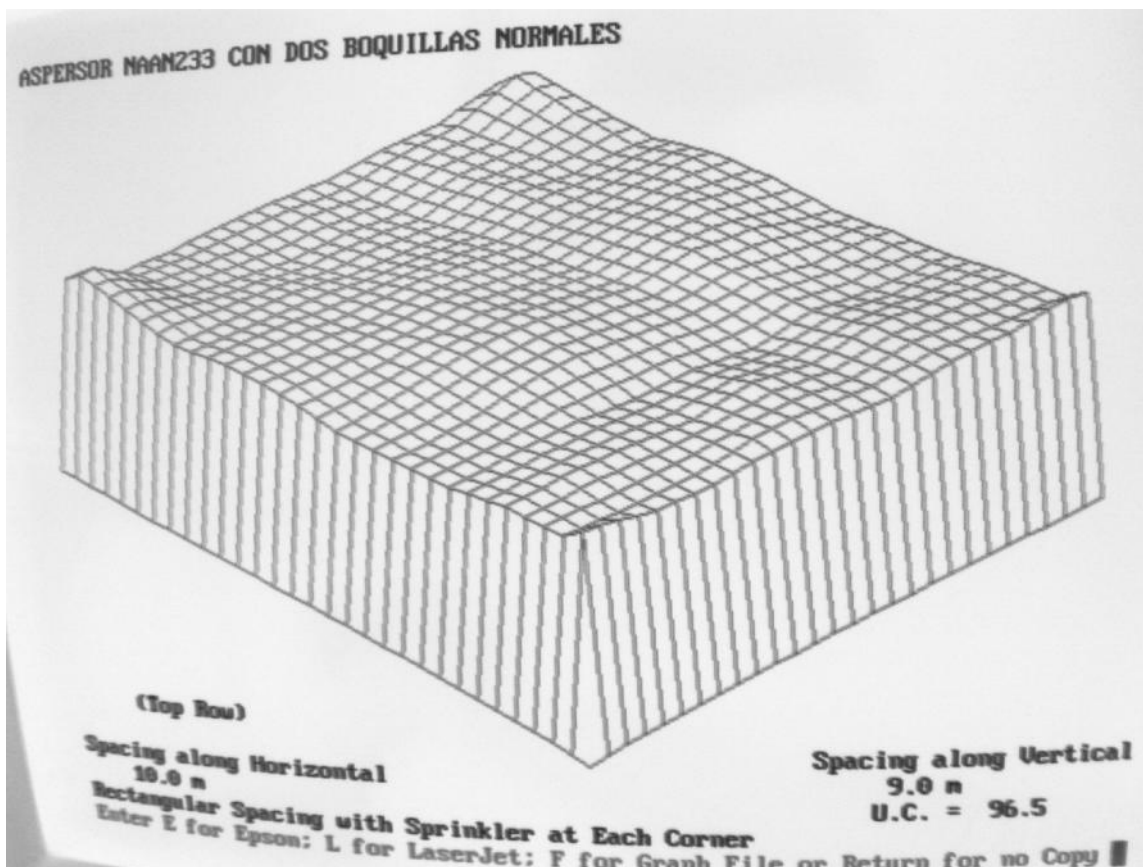
2<sup>ra</sup> 3  
3 3

3<sup>ra</sup> Opción Naan 233.

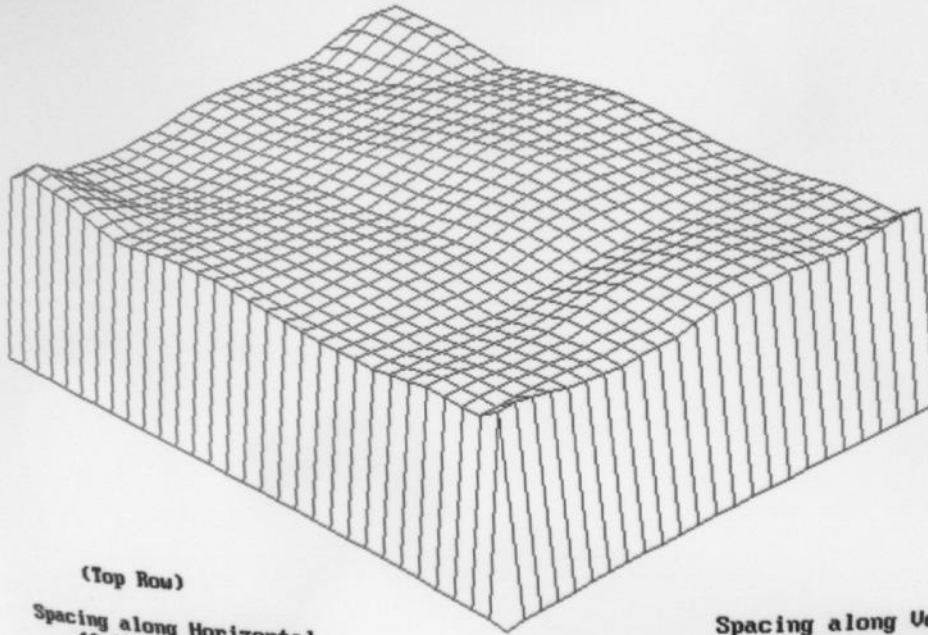
Aspersor con dos boquillas sin modificar, sin adaptaciones ni rompechorros.

Aspersor Naan 233			
Marco de riego	CU (%)	UD (%)	EA (%)
10x10	95.7	95.8	38.5
10x11	95.1	95.4	38.2
10x12	94.7	94.7	37.8
10x9	96.5	96.8	39.1
11x9	95.7	96.3	38.8
10x8	95.8	96.2	38.8

Graficas en 3D de las mejores uniformidades de la 3<sup>ra</sup> Opción.



ASPERSOR NAAN233 CON DOS BOQUILLAS NORMALES



(Top Row)

Spacing along Horizontal  
10.0 m

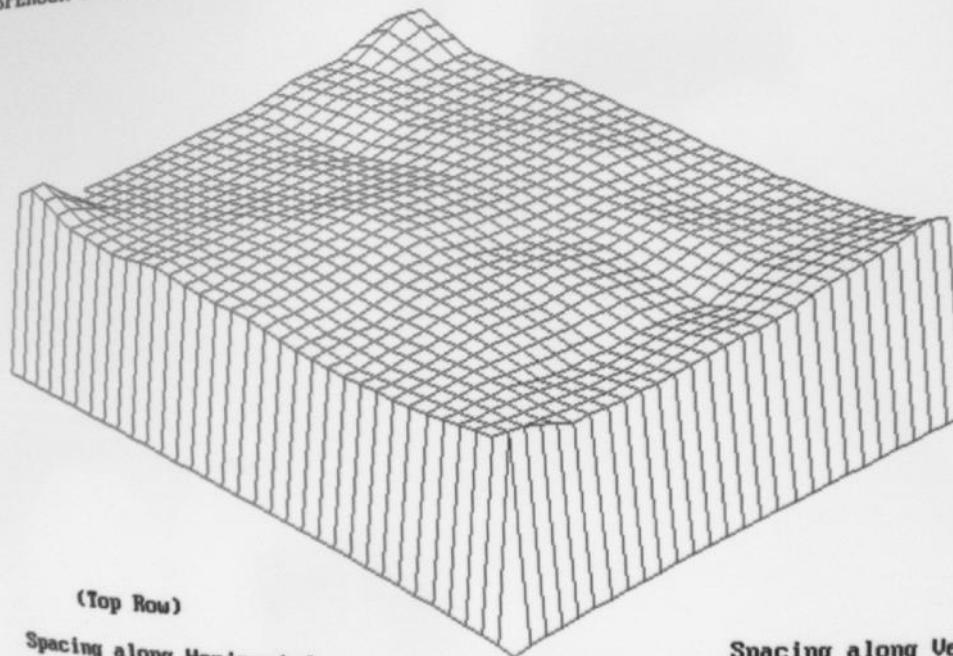
Rectangular Spacing with Sprinkler at Each Corner

Enter E for Epson; L for LaserJet; F for Graph File or Return for no Copy

Spacing along Vertical  
8.0 m

U.C. = 95.8

ASPERSOR NAAN233 CON DOS BOQUILLAS NORMALES



(Top Row)

Spacing along Horizontal  
11.0 m

Rectangular Spacing with Sprinkler at Each Corner

Enter E for Epson; L for LaserJet; F for Graph File or Return for no Copy

Spacing along Vertical  
9.0 m


U.C. = 95.7

# Anexo No. 6

## Planilla de Análisis de Suelo.

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN SIMÓN  
FAC. CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIA  
"Martín Cárdenas"  
Dpto. Ingeniería Agrícola

LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS



**ANÁLISIS FÍSICO DE SUELOS**

**Interesado: G.I.R.H.**  
**Proyecto: Tesis de Grado**  
**Procedencia: Comunidad Chullcu Mayu - Tiraque.**

No. LAB	1464	1465		
Identificación	M-1	M-2		
Propietario	Lucio Durán	Salvador Choque		
Humedad (W) (%)				
TEXTURA	F	F		
ARCILLA (Y) %	23	21		
LIMO (L) %	37	40		
ARENA (A) %	40	39		
Densidad Aparente (Da) gr/cc	1.25	1.32		
Densidad Real (Dr) gr/cc				
Porosidad %				
% Capacidad de Campo (0,33 bar)	22.26	20.06		
% Pto. de Marchitez Permanente (15 bar)	10.32	8.08		
% Agua disponible	11.94	11.98		
Conductividad Hidráulica (K) cm/hora *				

\* = Método Bower (carga constante)

Fecha: Cbba., Octubre de 2010.

Dir. Av. Petrolera Km 5- Tel. 4237596-FAX: 4762385.  
E-mail: lab.suelos@agr.umss.edu.bo

