

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



**“PROPUESTA TÉCNICO - ECONÓMICO PARA UN SISTEMA DE
RIEGO POR ASPERSIÓN MEDIANTE BOMBEO PARA EL CENTRO
POBLADO DE CHIJUYO COPAPUJO - ILAVE - EL COLLAO”**

TESIS

PRESENTADO POR:

Bach. GUIDO MANUEL VILCA QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO - PERU

2013

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

TESIS:

**“PROPUESTA TÉCNICO - ECONÓMICO PARA UN SISTEMA DE RIEGO
POR ASPERSIÓN MEDIANTE BOMBEO PARA EL CENTRO POBLADO
DE CHIJUYO COPAPUJO - ILAVE - EL COLLAO”**

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

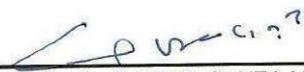
GUIDO MANUEL VILCA QUISPE

**PRESENTADO A LA COORDINACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
AGRÍCOLA, COMO REQUISITO PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÍCOLA

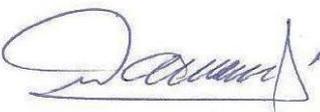
APROBADO POR:

PRESIDENTE DEL JURADO



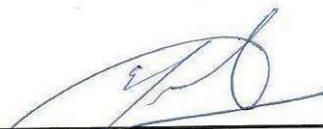
Dr. José, VERA SANTA MARÍA

PRIMER JURADO



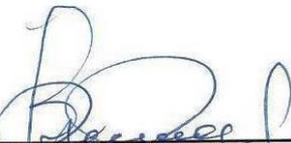
M.Sc. Oscar Raúl, MAMANI LUQUE

SEGUNDO JURADO



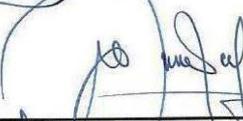
Ing. Edilberto, VELARDE COAQUIRA.

DIRECTOR DE TESIS



M.Sc. LORENZO GIEZA CORONEL

ASESOR



Ing. Edilberto HUAQUISTO RAMOS

**ÁREA : Ingeniería y Tecnología
TEMA: Gestión de sistema de riego
LÍNEA: Recursos Hídricos**

DEDICATORIA

A Dios Padre, a la Virgen María Madre y a Jesucristo hijo; con amor infinito por permitirme la oportunidad y la dicha de la vida, y ser la luz que me ha guiado para concretar el presente trabajo de investigación.

Con mucho cariño e inmensa gratitud a mi querida madre Luisa QUISPE HUISA, quien con su sacrificada e invaluable labor hizo posible que alcance la concretización de mi deseo de ser profesional.

A mis hermanos Mauro, Modesto y Martin un inmenso agradecimiento por su incondicional e incomparable aliento, quien supo alentarme en cada momento para la culminación del presente trabajo y ser profesional al servicio de los que más necesitan.

A mis amigos de ayer hoy y siempre quienes me han comprendido y apoyado incondicionalmente durante la fase de culminación de mis estudios y el transcurso de la realización del presente trabajo.

Guido Manuel VILCA QUISPE.

AGRADECIMIENTOS

- *Quiero dar las gracias a Dios, por todas y cada una de las personas que puso en mi camino, que hicieron posible la realización de este trabajo.*
- *A nuestra alma mater, Universidad Nacional del Altiplano – Puno, a la escuela profesional de Ingeniería Agrícola, Facultad de Ingeniería Agrícola, que me dio la oportunidad de formarme como profesional.*
- *Asimismo, a mi director de tesis M.Sc. Lorenzo CIEZA CORONEL, que con su empeño y dedicación compartió sus conocimientos y la labor de dirección desempeñada en este trabajo de investigación.*
- *Ing. Edilberto HUAQUISTO RAMOS por su asesoramiento durante la ejecución.*
- *A todos los Docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola quienes impartieron sus conocimientos durante toda mi formación profesional.*
- *Al personal administrativo Sra. Marleny CÓRDOVA DÍAS, Sra. Silvia LIMA ESCARCENA y todo el personal de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola por su ayuda y colaboración en el desarrollo de este trabajo.*
- *A mis queridos amigos Eloy, Percy, Luis, Elmer por brindarme su apoyo durante esta andadura que han estado ahí para lo que necesite.*
- *A la centro poblado de Chijuyo Copapujo que me permitió realizar la presente investigación.*

A todos ellos, mi eterna gratitud.

El Autor.

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	vii
INTRODUCCIÓN.	2
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1. Objetivos de investigación.	6
1.1.1. Objetivo general	6
1.1.2. Objetivo específico.	6
2. MARCO TEÓRICO.	7
2.1. El riego.	7
2.2. Objetivos del riego	8
2.3. Métodos de riego	8
2.4. Riego por aspersión	11
2.5. Disponibilidad de agua en el suelo para las plantas	11
2.6. Calidad del agua de riego.	14
2.7. Infiltración	18
2.8. Demanda de agua de los cultivos	20
2.9. Criterios para el diseño de riego por aspersión	29
2.10. Calculo de tubería	31
2.11. Carga dinámica total	34
2.12. Selección de bomba y unidad de potencia	35
2.13. El coeficiente de uniformidad de Christiansen	36
2.14. Uniformidad y eficiencia	39
2.15. Condiciones técnicas para el diseño de sistema de riego por aspersión.	40
3. MATERIALES Y MÉTODOS	42
3.1. Aspectos generales del área de proyecto.	42
3.2. Planteamiento metodológico.	45
3.3. Propuesta de diseño del sistema de riego por aspersión.	50
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	62
4.1. Balance hídrico general.	62
4.2. Determinación de necesidades de agua para el cultivo de las plantas en el centro poblado de Chijuyo Copapujo.	65
4.3. Estudios edafológicos.	74

4.4.	Propuesta del diseño de riego por aspersión mediante bombeo de aguas subterráneas en el centro poblado de Chijuyo Copapujo.	79
4.5.	Analizar la rentabilidad de la propuesta del sistema de riego por aspersión en el área de estudio.	83
4.6.	Características de la producción agrícola.	84
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	90
5.1.	Conclusiones.	90
5.2.	Recomendaciones	90
6.	BIBLIOGRAFÍA	92
7.	ANEXOS.	94

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
TABLA 01: <i>Para clasificar las aguas de riego.</i>	17
TABLA 02: <i>Factor de evapotranspiración potencial (MF) en (mm) por mes</i>	23
TABLA 03: <i>Costos de instalación de un sistema de riego</i>	41
TABLA 04: <i>Vías de acceso al centro poblado de Chijuyo Copapujo.</i>	42
TABLA 05: <i>Profundidad radicular de diseño de algunos cultivos</i>	51
TABLA 06: <i>Déficit permitido de manejo (DPM) para varios cultivos.</i>	52
TABLA 07: <i>Coefficiente hídrico (Kc) de algunos cultivos.</i>	53
TABLA 08: <i>Factor de disminución del diámetro de tiro de los aspersores de acuerdo con la velocidad del viento.</i>	56
TABLA 09: <i>Calculo de diámetro de tubería principal y lateral.</i>	59
TABLA 10: <i>Valores de K en accesorios para pérdidas menores por fricción.</i>	60
TABLA 11: <i>Precipitación total mensual (1960-2011) estación llave</i>	63
TABLA 12: <i>Evaporación</i>	64
TABLA 13: <i>Informe de análisis de agua en función del tiempo de bombeo del pozo mecánico del centro poblado de Chijuyo Copapujo.</i>	67
TABLA 14: <i>Estimación de la evapotranspiración potencial mes enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, setiembre, octubre, noviembre, diciembre.</i>	71
TABLA 15: <i>Comportamiento de la humedad en el suelo para dos estratos diferentes en el área de estudio</i>	75
TABLA 16: <i>Diámetro de tubería y condiciones del fluido para el sistema de riego por aspersión en el Centro Poblado de Chijuyo Copapujo.</i>	81
TABLA 17: <i>Cotización para la implementación de un equipo de bombeo compacidad para 160 GPM y una carga dinámica total de 125´</i>	83
TABLA 18: <i>Distribución de áreas en el ámbito de toda la irrigación</i>	84
TABLA 19: <i>Rendimiento de los cultivos en el ámbito de estudio.</i>	85
TABLA 20: <i>Rendimientos con riego en el área de estudio.</i>	86
TABLA 21: <i>Producción agrícola al mercado.</i>	86
TABLA 22: <i>Estimación de precios de productos agrícolas.</i>	87
TABLA 23: <i>Resumen de costos de producción de cultivos.</i>	88
TABLA 24: <i>Rentabilidad de los cultivos, considerando rendimiento promedio/ha en chacra.</i>	88
TABLA 25: <i>Distribución porcentual de mercados de comercializa los productos agrícolas</i>	89

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1	
Coeficiente de uniformidad de Christiansen	36
FIGURA 2	
Prueba de bombeo por fases para el pozo mecánico del centro poblado de Chijuyo copapujo.	66
FIGURA 3	
Relación caudal – descenso para el pozo de la población en estudio.	66
FIGURA 4	
curvas de retención de humedad a 30cm, 60cm., 90cm., de profundidad en el perfil del suelo de la zona en estudio.	75
FIGURA 5	
curva de disponibilidad del agua en el suelo a diferentes profundidades en función a la tensión, en el centro poblado de Chijuyo Copapujo	76

RESUMEN

La investigación titulado “PROPUESTA TÉCNICO ECONÓMICO PARA UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN MEDIANTE BOMBEO EN EL CENTRO POBLADO DE CHIJUYO COPAPUJO DEL DISTRITO DE ILAVE”, El objetivo de nuestra investigación ha sido: Proponer un diseño de sistema de riego por aspersión mediante bombeo de aguas subterráneas en el centro poblado de Chijuyo Copapujo – Ilave.

Se ha realizado una serie de actividades con el propósito de cumplir con los objetivos arriba propuestos entre ellos se realizó el balance hídrico general para definir la temporada de riego poniéndose énfasis en el cálculo de la evapotranspiración potencial (Etp), para ello se utilizaron ecuaciones empíricas y el método del tanque A, ambos métodos se compararon con el método del lisímetro a través de un análisis estadístico de correlación, donde la ecuación de Penman y el tanque tipo A presentaron la mejor estimación de la Evapotranspiración potencial.

En cuanto a los estudios de edafología se consideraron las características que están directamente relacionadas con el movimiento del agua en el suelo, como: la velocidad de infiltración, la relación y capacidad de almacenamiento. En base a ello, se pudo establecer que toda el área presenta una alta velocidad de infiltración lo cual permite operar el riego bajo altas intensidades sin causar encharcamientos, por otro lado, la mayor cantidad del agua almacenada en los primeros 30cm. se encuentra retenida a baja tensión (0.3 – 0.6 atm) y a medida que se profundiza en el perfil del suelo, la retención de la humedad es más fuerte. Esto indica que si se trabaja con cultivos de poca profundidad radicular, se abatirá rápidamente la humedad del suelo y será necesario regar con más frecuencia.

Bajo estas condiciones se propuso un sistema capaz de regar 3 hr, con un tiempo de riego de 3 horas, con tres turnos al día y una frecuencia de 7 días. Para ello es necesario el funcionamiento de 2 laterales simultáneamente con 24 aspersores y una bomba centrífuga horizontal eléctrica de 7.5 Hp., de potencia.

INTRODUCCIÓN

La investigación titulado “PROPUESTA TECNICO ECONOMICO PARA UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN MEDIANTE BOMBEO EN EL CENTRO POBLADO DE CHIJUYO COPAPUJO DEL DISTRITO DE ILAVE” surge de la necesidad de contar con agua en forma permanente, considerando que Puno, y específicamente llave, es una zona donde una gran mayoría se dedica a la actividad agrícola. Ésta actividad viene ya sintiendo las alteraciones, cambios climáticos, en consecuencia la producción agrícola viene siendo afectado por las variaciones de elementos climáticos, tales como la oscilación de la temperatura, distribución irregular de las precipitaciones, en el espacio como en el tiempo. Ya que estos son importantes en el manejo de los recursos naturales, debido a que controlan las actividades agrícolas, pecuarias y forestales así como una gran variedad de actividades económicas e incluso el comportamiento y desarrollo social.

Esta investigación consistió en estudiar las condiciones físicas del área en estudio que están relacionados con el uso y consumo del agua y proponer un sistema de riego por aspersión. Dicha investigación consistió en el análisis de datos climáticos, medición de la demanda evapotranspirativa potencial por métodos directos e indirectos, el conocimiento de las características topográficas del área a través de métodos topográficos, determinación de las características de los suelos relacionados con el movimiento, almacenamiento y retención del agua, medición de la disponibilidad y calidad del agua para riego. Todo esto con el fin de tener una buena información de base y tener los elementos necesarios para proponer un diseño de riego por aspersión que sea lo más efectivo y adecuado para la zona en estudio.

Se realizaron todos los estudios necesarios en cuanto al clima, hidrología, suelos y topografía del área para poder obtener toda la información de base posible. En cuanto al aspecto del clima se logró determinar a través del análisis de datos climáticos. Desde el punto de vista hidrológico pudo establecerse que la ecuación de Penman y el método del tanque tipo A, son los métodos indirectos que mejor se ajustan para estimar el valor de la evapotranspiración potencial. El estudio del

comportamiento de la humedad en el suelo es una información de base muy valiosa y a la vez permitió tomar criterio sobre el déficit permitido de manejo.

La fuente de captación subterráneo el pozo es tajo abierto ubicado en lugar del proyecto, tiene un caudal de 2.5 litros por segundos en época más crítica, para que cubra la demanda calculada para un área de riego 3.00 hectáreas. La capacidad de aspiración de una bomba de eje horizontal depende de la presión absoluta disponible a la entrada de la bomba.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

En la actualidad en las comunidades campesinas de nuestra sierra; la agricultura tiene baja productividad; por el mal aprovechamiento del recurso hídrico existente, las condiciones climáticas adversas (en donde existe precipitaciones irregulares y problemas de sequía), aplicación inadecuada de las labores culturales y problemas sociales de Organización; la mayor parte de los suelos con fines agrícolas están ubicados en laderas de limitada extensión donde hay una escasez del recurso hídrico, los suelos están en pleno proceso de erosión por efecto del mal manejo del riego por gravedad y el efecto de la lluvia.

En nuestro país se vienen presentándose variaciones del clima, pero aún no tiene consecuencias severas; pero en las zonas donde las precipitaciones son escasas se siente el cambio o básicamente la escasez del recurso hídrico.

El medio rural trata de encontrar mejores rendimientos a su producción agrícola y pecuaria mediante la optimización del recurso agua y suelo, a través de nuevas tecnologías de riego y así mejorar su calidad de vida en base a un planeamiento estratégico.

Lo que se viene presenciando en el altiplano de Puno son estas limitaciones de gran impacto en la actividad agrícola, por ende los agricultores se encuentran inseguros; considerando esta actividad primaria un riesgo debido, principalmente, a que la manifestación de las variables climáticas son inoportunos durante la campaña agrícola. La zona de estudio ha sufrido una variación notable en la precipitación y temperatura, del mismo modo la incidencia de fenómenos adversos a la agricultura como son las sequías e inundaciones con consecuencias en pérdidas económicas.

Específicamente, la precipitación y temperatura tienen un papel importante en el manejo de los recursos naturales, debido a que controlan las actividades agrícolas, pecuarias y forestales así como una gran variedad de actividades económicas e incluso el comportamiento y desarrollo social; sin

embargo la ausencia de estos factores reducen notablemente el abastecimiento de los productos de pan llevar, afectando la economía de las familias.

El centro poblado de Chijuyo Copapujo no cuenta con un sistema de riego, para poder garantizar la humedad adecuada, de los cultivos. En ese sentido nuestra propuesta obedece básicamente al aprovechamiento u uso óptimo del recurso hídrico, en las parcelas del ámbito de estudio de la presente investigación; Por esta razón, y para efectos del presente trabajo nos proponemos a responder a la siguiente interrogante:

¿Es posible disponer de agua subterráneo para uso en riego de cultivos en el centro poblado de Chijuyo Copapujo?

¿De qué manera un sistema de riego por aspersión mediante bombeo abastece aguas subterráneas en el centro poblado de Chijuyo Copapujo?

¿La condición de óptima humedad garantiza las necesidades hídricas de las plantas?

Justificación:

El agua es un elemento vital para el desarrollo de las plantas; en la sierra las principales fuentes de agua están condicionadas por las precipitaciones pluviales; la escasez de este recurso se hace presente en las épocas de estiaje; otro factor es la alteración del comportamiento climático ocasionado por el calentamiento global y sus efectos.

En la zona altiplánica, el recurso hídrico no siempre se encuentra disponible en cantidad que se requiere, lo cual genera frecuentemente una situación de déficit. El proyecto proveerá agua en forma oportuna para el riego de los cultivos ubicado en el centro poblado de Chijuyo Copapujo del Distrito de llave.

El agua que queda en el suelo no es suficiente, en consecuencia los cultivos manifiestan un síntoma de marchitamiento irreversible como por ejemplo la

caída de hojas, debido a la falta de flujo de agua del suelo, hacia la planta afectando gravemente la productividad de la campaña si la carencia de agua se agrava, por eso el agua es muy importante.

Se debe mantener el suelo a Capacidad de Campo, es el máximo contenido de humedad de suelo, que el cultivo puede aprovechar para su crecimiento, suponiendo que el resto drena demasiado rápido para ser aprovechada.

Aprovechar agua subterránea para riego. Significa gestionar el recurso hídrico para incrementar la productividad de la actividad agrícola.

1.1. Objetivo de investigación.

1.1.1. Objetivo general.

Proponer un diseño de sistema de riego por aspersión mediante bombeo de aguas subterráneas en el centro poblado de Chijuyo Copapujo – Ilave.

1.1.2. Objetivos específicos.

- ✓ Determinar las necesidades hídricas para el cultivo de las plantas en el centro poblado de Chijuyo Copapujo.
- ✓ Diseñar un sistema de riego por aspersión mediante bombeo en el centro poblado de Chijuyo Copapujo.
- ✓ Analizar la rentabilidad de la propuesta del sistema de riego por aspersión en el área de estudio.

II. MARCO TEORICO

2.1. El Riego

MEDINA J. AC. (1990); manifiesta que, “el riego es un medio de aplicar agua artificialmente a los cultivos para complementar la acción de la lluvia. También dice que es un medio artificial de aplicar agua a la zona radicular de los cultivos de forma que pudiera ser utilizado al máximo”.

LINSLEY F. 1992, riego es aplicación de agua al suelo para completar la lluvia deficiente y proporcionar humedad para el crecimiento de las plantas.

ROSELL A. 1993, como el aporte a los terrenos de cultivos de un volumen controlado y oportuno de agua, descontando dicho volumen, la masa aprovechable por las lluvias para lograr el desarrollo de los cultivos hasta la maduración de los frutos.

GUROVICH R. (1999); dice “el riego es la aplicación oportuna y uniforme de agua a un perfil de suelo para reponer en este, el agua consumida por los cultivos entre dos riego consecutivos”.

GUROVICH R. 2001, define que el riego es la aplicación oportuna y uniforme de agua a un perfil de suelo para reponer en este, el agua consumida por los cultivos entre dos riegos consecutivos.

De estos conceptos generales podemos complementar que el riego es la aplicación artificial del agua a los cultivos para suministrar la humedad necesaria para su desarrollo y evitar que se afecten los rendimientos debidos a un aporte hídrico tardío. Para restituir la cantidad de agua perdida por la evaporación y transpiración por la variación climáticas que inciden la evapotranspiración de los cultivos.

2.2. Objetivos del riego.

ISRAELSEN O. y Hansen V. (1985); menciona que se riega para:

- ✓ Proporcionar la humedad necesaria para que los cultivos puedan desarrollarse.
- ✓ Asegurar las cosechas de corta duración.
- ✓ Refrigerar el suelo y atmósfera para mejorar las condiciones ambientales.
- ✓ Disolver las sales contenidas en el suelo.
- ✓ Reducir la formación de los drenes naturales.
- ✓ Dar temperatura a la tierra.

HENDRIKS, J. (1994); menciona que es para:

- ✓ Asegurar a oportunidad y suficiente cantidad de agua de riego para los cultivos, cuando las lluvias se presentan muy irregulares y/o sean insuficientes.
- ✓ Asegurar la posibilidad de riego durante todo el año.
- ✓ De estos objetivos específicos podemos mencionar que se realiza para:
 - ✓ Dar la humedad necesaria y oportuna a los cultivos.
 - ✓ Evitar la erosión del suelo y conservarlo.
 - ✓ Evitar la salinización.
 - ✓ Evitar la pérdida de nutrientes del suelo.
 - ✓ Buscar mayor rendimiento por hectárea.
 - ✓ Buscar mayor rendimiento por metro cúbico de agua.

2.3. Métodos de riego

HOLZAPFEL E. 1985, el método de riego es la técnica a través del cual se aplica el agua al suelo. Su clasificación puede realizarse de acuerdo a la manera en que se aplica el agua en: superficial, subsuperficial y presurizado.

FUENTES YAGUE J. L. (1996) los métodos de riego son las diferentes formas y maneras de aplicar el agua a los cultivos.

DELGADILLO O. 2000, se entiende por método de riego como la forma en

que se aplica el agua a la parcela y los mecanismos que intervienen en ello.

CISNEROS R. 2003, los métodos de riego pueden ser considerados como la forma en que el riego es aplicado al suelo para el desarrollo de los cultivo.

PEREIRA L. 2010, se entiende por métodos de riego al conjunto de aspectos que caracterizan el modo de aplicar el agua a las parcelas regadas. Entre estos podemos citar:

a. Riego por gravedad.

Como su nombre indica hace alusión al agua que fluye sobre la superficie del terreno gracias a la pendiente (topografía) por efecto de la gravedad. Bajo este método, “el agua se aplica al terreno en su parte más alta y fluye hacia los puntos más bajos, disminuyendo en cantidad o volumen a medida que se infiltra en el suelo” (Gurovich, 1985). De acuerdo a la manera en que el agua fluya sobre el terreno y los distintos arreglos o composturas (bordos, aporques, etc.) realizados para la aplicación y distribución de agua en la parcela, es que pueden ser reconocidos los distintos métodos de riego propiamente dichos, así como algunas variantes dentro un mismo método.

- ✓ Riego por inundación.
- ✓ Desbordamiento.
- ✓ Melgas rectangulares (en contorno secciones grandes de inundación).
- ✓ Pozas (secciones pequeños o tazas).
- ✓ Surcos (rectos, en contorno, corrugaciones).

b. Riego por presión.

Este hace alusión precisamente a los dispositivos mecánicos que se necesitan para llevar a cabo la aplicación de agua (tuberías a presión, aspersores, goteros, etc.). Cuando se habla de presión, debemos considerar que la fuente de energía puede ser una bomba o, como en algunas situaciones sucede, el aprovechamiento de una altura de carga debida a un desnivel en el terreno y generada así por la gravedad. Este último caso, no debe ser considerado en la categoría de riego por gravedad, a pesar de que esta fuerza es la que genera la presión necesaria para que funcione el mismo.

- ✓ Riego por aspersión.
- ✓ Riego por goteo.
- ✓ Riego por micro aspersión.
- ✓ Microyet.
- ✓ Riego por pulsos.

c. Riego sub-superficial.

Básicamente implica el aprovechamiento por parte de la planta del agua que alcanza a las raíces por capilaridad, ya sea de una fuente natural o artificial. En general, esta categoría es poco conocida y desarrollada en la agricultura bajo riego.

- ✓ Sub – Irrigación Natural.
- ✓ Sub – Irrigación artificial.

2.4. Riego por aspersión

FUENTES YAGUE J. L. (1996) El planteamiento de un sistema de riego por aspersión consiste en la selección de tuberías, para transmitir el agua a los rociadores, a una presión adecuada, con la finalidad de esparcir agua al suelo, en pequeñas gotas simulando la lluvia.

La carga o presión puede ofrecerse al sistema, mediante bombas o presión natural, esta última se adquiere entre la diferencia de altura entre el punto inicial de riego hasta la boquilla del aspersor, incluidas las pérdidas de carga.

TARJUELO B. (2005); pretende recordar aquí las ideas fundamentales a tener en cuenta para un correcto manejo del sistema de riego.

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 presión de conseguir un reparto uniforme entre varios aspersores.

2.5. Disponibilidad de agua en el suelo para las plantas.

CASTANY G. (1975); Conceptúa que el balance hídrico mensual de un proyecto, resulta de gran interés práctico como por ejemplo para elaborar el calendario agrícola, previsión de pequeños embalses. Etc. su cálculo se puede realizar a partir de valores de la evapotranspiración corregida, haciendo intervenir además la precipitación media mensual. El balance hídrico significa establecer el déficit y/o superávit entre la disponibilidad de agua subterránea y la demanda de agua para un cultivo.

VÁSQUEZ V. A. (2000); conceptúa que el balance hidrológico superficial (BHS) tiene como principio la conservación de la masa y de la ecuación de la continuidad, esta dice que cualquier sistema considerado y durante cualquier periodo de tiempo, la diferencia entre sus entradas y salidas será igual al cambio de volumen de agua en el almacenado

VASQUEZ V. A. (2000); es la cantidad de agua disponible en el suelo a ser utilizada por las plantas, está comprendida entre el rango de humedad a capacidad de campo (Cc) y el punto de marchitez permanente (Pm). Si se mantuviera el contenido de humedad del suelo a un nivel mayor de la capacidad de campo, existe peligro de que la falta de aire en el suelo sea un factor limitante para el normal desarrollo de las plantas.

VILLON B. M. (2002), conceptúa que el balance hídrico mensual de un proyecto resulta de gran interés práctico como por ejemplo para elaborar el calendario agrícola, previsión de pequeños embalses, etc. su cálculo se puede realizar a partir de los valores de la evapotranspiración corregida, haciendo intervenir además la precipitación media mensual.

a. Capacidad de campo

VASQUEZ A. (2000); se define como la máxima capacidad de retención de agua de un suelo sin problemas de drenaje, y se alcanza según la textura del suelo entre 12 y 72 horas después de un riego pesado, es decir, cuando la percolación ha cesado.

Métodos de determinación de capacidad de campo.

Método de Textura. Es el que utiliza el tamizado y el triángulo textural y se expresa como:

$$Cc = (\% \text{ Arcilla}) * 0.61 + (\% \text{ limo}) * 0.25 + (\% \text{ arena}) * 0.0023$$

Método de Humedad Equivalente. Que es utilizado para hallar el punto de marchitez de un suelo.

$$Cc = 0.865Heq + 2.62 \quad (\text{Suelos pesados})$$

$$Cc = 0.774Heq + 4.41 \quad (\text{Suelos ligeros}).$$

En suelos arenosos la humedad equivalente es menor que Cc, en suelos francos es igual y en suelos pesados es mayor.

TARJUELO B. (2005); se entiende como tal al contenido de humedad del suelo cuando ha cesado el drenaje rápido en el suelo y la distribución se hace lenta.

Se suele conocer como el contenido de humedad de un suelo con drenaje libre 2 o 3 días después de un riego abundante en suelos arcillosos y un día en suelos arenosos.

Tradicionalmente se ha considerado una constante para cada suelo y se ha utilizado para determinar las dosis de riego. Se puede interpretar como una medida de la cantidad de agua que un suelo es capaz de retener en contra de las fuerzas de la gravedad.

b. Punto de Marchitez Permanente

VASQUEZ A. (2000); es el punto en el cuál la vegetación manifiesta síntomas de marchitamiento, caída de hojas, escaso desarrollo o fructificación, debido a un flujo retardado de agua del suelo hacia la planta y que en promedio corresponde a un estado energético de 15 bares.

c. Humedad Aprovechable Total

VASQUEZ A. (2000); es la diferencia que existe entre el contenido de humedad del suelo a capacidad de campo y el punto de marchitez.

d. Humedad Fácilmente Aprovechable

VASQUEZ A. (2000); es la fracción de humedad que puede ser utilizado por los cultivos, también se le conoce con el nombre de lámina neta de riego o lámina de agua a restituir en un riego.

e. Intervalo de Riego

VASQUEZ A. (2000); frecuencia de riego, número de días transcurridos entre dos riegos consecutivos. Este determinado por el tipo de suelo, cultivo, tasa de evaporación, precipitación efectiva, profundidad del suelo o profundidad de raíces.

2.6. Calidad del agua de riego

VASQUEZ A. (2000); el desarrollo de la agricultura depende del grado de disponibilidad de agua de buena calidad. Hay aguas que naturalmente no son apropiadas para regar los cultivos, pero también las aguas de buena calidad pueden deteriorarse por acción del hombre. El desarrollo de los pueblos, su crecimiento demográfico, los crecientes niveles de pobreza de vastos sectores de la humanidad, entre otros, son factores que influyen en el deterioro de la calidad de las aguas.

2.6.1. Físico químico de las aguas

Es necesario conocer las características físicas y químicas del recurso hídrico superficial y subterráneo con fines de riego y otros usos. Esto motiva a recordar algunos conceptos básicos de las propiedades físico-químicas de las aguas que son de constante aplicación. Seguidamente se mencionaran los conceptos de las varias maneras de expresar la concentración de los elementos compuestos químicos (sales) tales como, partes por millón (ppm), peso equivalente (pe) mili equivalente (meq) y sus relaciones.

2.6.2. Conductividad eléctrica (CE)

Expresa la concentración total de sales solubles contenidas en las aguas de riego. La medida la conductividad eléctrica se realiza mediante un conductímetro provisto de célula de conductividad apropiada. La conductividad eléctrica se puede expresar en diferentes unidades (Siemens/cm, mhos/cm) y sus equivalencias son las siguientes: 1 dS/m = 1 milimhos/cm = 1000 μ S/cm.

2.6.3. Clasificación del agua de riego, según el U.S. Salinity Laboratory.

El U.S. Salinity Laboratory, en un esfuerzo que ha tenido gran trascendencia en esta materia, presento una clasificación de las aguas, que consta de un

diagrama basados en criterios de la conductividad Eléctrica (CE) y la Relación de Adsorción de Sodio (RAS).

2.6.3.1. Concentración total de sales

La concentración total de sales solubles en el agua de riego se expresa en términos de conductividad eléctrica (CE), la misma que puede determinarse en forma rápida y precisa. En forma general, el agua usada en el riego tiene una conductividad eléctrica normalmente menor de 2.00 - 2.25 mmhos/cm. Una conductividad eléctrica del agua de riego menor de 0.75 mmhos/cm, es considerada como satisfactoria agua de riego. Con una conductividad eléctrica mayor de 2.25 mmhos/cm, ocasiona una sustancial reducción en los rendimientos de muchos cultivos; salvo que se traten de cultivos tolerantes a las sales, se aplique abundante agua de riego y el drenaje subterráneo de los suelos sea adecuado.

2.6.3.2. Concentración relativa de sodio

Junto con el conocimiento de la concentración total de sales, es de gran utilidad el conocimiento de la proporción relativa de Na y cationes divalentes en el agua de riego, por su efecto sobre la sodificación del suelo. El sodio tiene un efecto dispersante al ser intercambiado por los coloides del suelo, debido a su alta capacidad de hidratación. Un suelo que ha sufrido dispersión por efecto del NA, altera su estructura en diferentes grados de intensidad, sellándose ya sea total o parcialmente la superficie del suelo al infiltración del agua de riego y a un adecuado intercambio gaseoso entre la atmosfera y el perfil dl suelo; creándose, por lo tanto, inapropiadas condiciones para un adecuado desarrollo de los cultivos y afectando consecuentemente sus rendimientos.

2.6.3.3. Clasificación del agua de riego

Para hacer uso del agua de riego se considera los valores de la conductividad eléctrica del agua CE (micromhos/cm) y de la RAS. Cada clase de calidad de agua de riego se designa con una doble serie de

símbolos, C para la concentración de sales y para el sodio. El significado e interpretación de las diferentes clases se resumen a continuación.

Conductividad eléctrica (CE)

1.- Clase C1. Agua de baja salinidad, puede utilizarse para el riego de la mayoría de los cultivos y en cualquier tipo de suelo. Se tiene poca probabilidad de que se desarrolle salinidad. La CE varía entre 0 ± 250 micromhos/cm.

2.- Clase C2. Agua de salinidad media, puede utilizarse siempre y cuando haya un cierto grado de lavado. Las plantas moderadamente tolerantes a las sales pueden producir adecuadamente en casi todos los casos y sin necesidad de prácticas de control de salinidad. La CE varía entre 250 ± 750 micromhos/cm.

3.- Clase C3. Agua con alta salinidad, puede utilizarse en el riego de cultivos tolerantes a las sales y en suelos con adecuado drenaje. La CE varía entre 750 ± 2250 mmhos/cm.

4.- Clase C4. Agua muy alta salinidad, puede utilizarse para riego bajo condiciones especiales: suelos permeables y de drenaje adecuado, aplicando agua en exceso para mantener un equilibrio de sales en el perfil del suelo, bajo condiciones normales no es aplicada para el riego. Los cultivos a usarse con este tipo de agua son los altamente tolerantes a las sales. La CE varía entre 2250 ± 5000 mmhos/cm.

Sodio (RAS)

Clase S₁: agua baja en sodio, puede utilizarse para el riego de la mayoría de los cultivos y en la mayoría de los suelos, con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable. El valor de RAS varía entre 0-10.

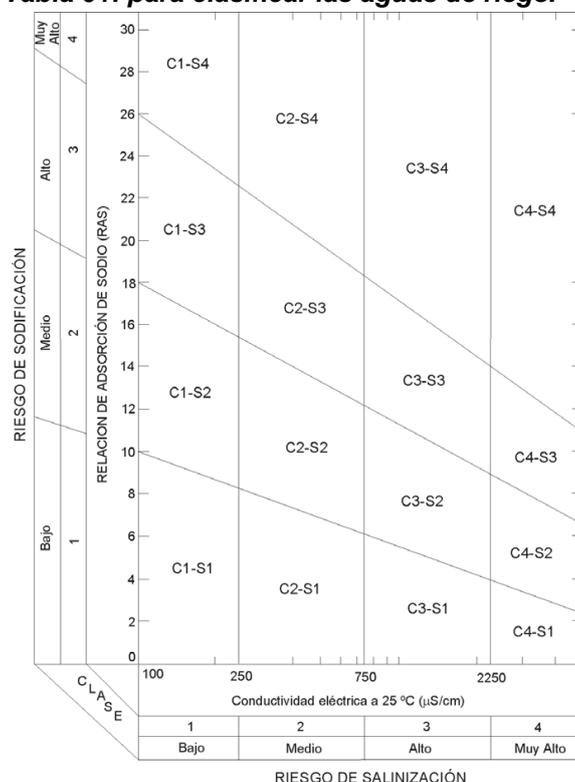
Clase S₂: Agua media en sodio, puede utilizarse en suelos de textura fina, el sodio representa un peligro considerable, mas aún, si dicho suelo poseen

una alta capacidad de intercambio de cationes, especialmente bajo condiciones de lavado deficiente, salvo que el suelo contenga yeso. El valor de RAS, varía entre 10-18.

Clase S₃: Agua alta en sodio, normalmente puede producir niveles tóxicos de sodio intercambiable en la mayoría de los suelo, por lo que estos requerirán practicas especiales de manejo, buen drenaje, fácil lavado y adiciones de materia orgánica. Los suelos con abundante cantidad de yeso pueden en muchos casos no desarrollar niveles perjudiciales de sodio intercambiable cuando son regados con esta clase de agua. En otros casos, se utiliza mejoradores químicos para sustituir al sodio intercambiable, que muchas veces no resultan económicos si se usa agua de alto contenido de sales. El valor de RAS varía entre 18 – 26.

Clase S₄: Agua muy alta en sodio, inadecuada para el riego, salvo que su CE sea baja o media y cuando la disolución del calcio del suelo y/o la aplicación de yeso u otros mejoradores químicos no hagan antieconómica su utilización. El valor de RAS es mayor de 26.

Tabla 01: para clasificar las aguas de riego.



Fuente: U.S. Salinity Laboratory Staff (1954)

2.7. Infiltración

VÁSQUEZ (2000), Benites Castro (2001), la infiltración es el movimiento vertical de agua en la parte superficial del suelo, El agua al entrar en contacto con la superficie del suelo sigue dos caminos, se desliza a través de la superficie (escurrimiento) y penetra cruzando la superficie hacia estratos inferiores (infiltración). Las condiciones en las que se encuentra en suelo, afectan la penetración del agua hacia él, siendo las principales.

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

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

TARJUELO B. (2005); Se entiende como tal al proceso de entrada de agua en el suelo, teniendo gran importancia durante el ejecución de riego.

Se llama infiltrabilidad a la velocidad o tasa de infiltración y cuando esta solo limitada por factores de suelo (otros factores serían las ranuras producidas por los gusanos. Heladas, etc.). Normalmente se mide en mm/h, limita el ritmo de aplicación de agua al terreno para que no haya escorrentía.

2.7.1. Infiltración acumulada y velocidad de infiltración

BENITES (2001); una lámina de agua ingresa al suelo en una fracción diferencial en un tiempo determinado, a medida que el tiempo aumenta la lámina total de agua aumenta, después de un tiempo tiende a ser constante, obteniéndose pares de valores, a la cantidad de agua que ingresa a través del perfil del suelo, en un tiempo determinado, se le denomina infiltración acumulada.

La lámina diferencial que ingresa en un tiempo determinado, produce una velocidad en ese instante, denominada velocidad de infiltración instantánea.

La forma de las curvas de infiltración representa una función exponencial de la siguiente forma:

$$I_{acum} = AT^B$$

Dónde:

I_{acum} = lamina de infiltración acumulada (Cm)

T = Tiempo de infiltración

A = Coeficiente para T = 1

B = Exponente que varía entre 0 y 1

$$I = AT^B$$

I = velocidad de infiltración instantánea (cm/hora)

T = Tiempo de Infiltración instantánea (min)

A = coeficiente para T = 1

B = exponente que varía entre 0 y -1

2.7.2. Velocidad de infiltración básica (VIB)

BENITES (2001); se presenta cuando la velocidad instantánea no tiene variación significativa entre dos valores continuos, para un periodo estándar de tiempo. En riego se debe considerar esta velocidad de infiltración, que es la que se presenta en la mayor parte del tiempo.

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

$$\frac{DI}{DT} = -0.1I$$

Así se tiene:

$$\frac{D(AT^B)}{DT} = 0.1(AT^B)$$

$$T_{bsc} = -10b \quad (\text{en horas})$$

$$T_{bsc} = -600b \quad (\text{en minutos})$$

$$\text{Entonces: } I_{bsc} = AT_{bsc}B$$

2.8. Demanda de agua de los cultivos.

VASQUEZ V. A. (2000); el agua que puede ser usada por los cultivos, es parte de la retenida por el suelo a la profundidad de las raíces. Por tanto, es posible considerar la zona donde se desarrollan las raíces como un depósito, que está sujeto a distintos procesos de entrada y de salida de agua, que se encuentra regido por las leyes de conservación de la materia.

2.8.1. Cedula de cultivo.

Se realiza con el objeto de determinar los requerimientos hídricos de los cultivos que se desarrollan en un determinado área, se presentan tres metodologías, fórmulas o procedimientos, los más aplicables que han desarrollado los investigadores, con el empleo de elementos climáticos de la zona y factores de corrección o ajuste, se usa para obtener el uso continuo y posteriormente las necesidades de riego de los cultivos.

Depende según:

- ✓ Especies de cultivos.
- ✓ Extensiones de cultivos.
- ✓ Fechas de siembra y cosecha y periodo vegetativo.
- ✓ Rotaciones de cultivos.

Todo en función de:

- ✓ Las necesidades socioeconómicas de los agricultores.
- ✓ Las costumbres y tradiciones de la población campesina.
- ✓ Las condiciones y características climáticas del lugar.

- ✓ Las condiciones y características del suelo.
- ✓ La disponibilidad del recurso hídrico.
- ✓ Las características de crecimiento y desarrollo de los cultivos.
- ✓ Las condiciones económicas y posibilidades de inversión de los agricultores.

2.8.2. Evapotranspiración potencial

Vásquez, A. (1992), es la cantidad de agua evaporada y transpirada por un cultivo de tamaño corto generalmente pastos, que cubre toda la superficie en estado activo de crecimiento y con un suministro adecuado y continuo de agua.

BENITES C. (2001); todo cambio de fase líquida a vapor desde la superficie del suelo en un campo de cultivo, se realiza a través de la superficie libre del suelo y de las hojas de la planta. El concepto evapotranspiración es usada para englobar ambos términos (evaporación y transpiración). El agua es depositada por el rocío, lluvia o lluvia artificial y que se evapora sin ser utilizada por la planta, forma parte del agua evapotranspirada.

La evapotranspiración potencial ETP, es la cantidad de agua evaporada y transpirada por un cultivo de tamaño corto generalmente pastos, que cubre toda la superficie en estado activo de crecimiento y con un suministro adecuado y continuo de agua.

Existen varios métodos para determinar la evapotranspiración potencial. Los más comunes son los siguientes:

- ✓ Por muestreo por humedad de suelo.
- ✓ Listero.
- ✓ Tanque de evaporación.
- ✓ Balance de agua.
- ✓ Balance de energía.
- ✓ Métodos y formulas empíricas.

De todos estos métodos, los de mayor aplicación son los de métodos empíricos, lisímetros y tanque de evaporación.

Las formulas o métodos empíricos más conocidos y de mayor aplicación son:

- ✓ Método de penman.
- ✓ Método de Hargreaves.
- ✓ Método de Jensen – Haise.

MORILLO VELARDE (2001) y GUROVICH R. L. A. (1999); el método Penman – Monteith es un método basado en la medida de algunos parámetros climatológicos, que mediante fórmulas matemáticas estima la evapotranspiración. Sobre la base de estos parámetros climatológicos se realiza el estudio combinado del balance energético y de intercambio de vapor entre la atmósfera y el cultivo.

VÁSQUEZ A. (1995): La evapotranspiración potencial, es la cantidad de agua evaporada y transpirada por un cultivo de tamaño corto (generalmente pastos), que cubre toda la superficie en estado activo de crecimiento y con un suministro adecuado y continuo de agua.

- Hargreaves (en base a la temperatura)

$$ETP = MF * TMF * CH * CE$$

Dónde:

ETP : evapotranspiración potencial (mm/mes)

MF : factor mensual de altitud (mm/mes).

TMF: temperatura media mensual en °F.

CH : factor de corrección para la humedad relativa.

Si Hr < 64%CH = 1.

Si Hr > 64% $CH = 0.166(100 - HR)^{1/2}$.

Dónde:

Hr = humedad relativa media mensual %, medida.

CE = factor de corrección para la altura o elevación del lugar.

$$CE = 1.0 + 0.04\left(\frac{E}{2000}\right)$$

E = altitud o elevación del lugar (m.s.n.m.)

Tabla N° 02; Factor de evapotranspiración potencial (MF) en (mm) por mes

LAT.	MESES DEL AÑO												
	SUR	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	31
1	2.788	2.117	2.354	2.197	2.137	1.99	2.091	2.216	2.256	2.358	2.234	2.265	
2	2.371	2.136	2.357	2.182	2.108	1.956	2.05	2.194	2.251	2.372	2.263	2.301	
3	2.353	2.154	2.36	2.167	2.079	1.922	2.026	2.172	2.246	2.386	2.29	2.337	
4	2.385	2.172	2.362	2.151	2.05	1.888	1.993	2.15	2.24	2.398	2.318	2.372	
5	2.416	2.189	2.363	2.134	2.02	1.854	1.96	2.126	2.234	2.411	2.345	2.407	
6	2.447	2.05	2.363	2.117	1.98	1.82	1.976	2.103	2.226	2.422	2.371	2.442	
7	2.478	2.221	2.363	2.099	1.959	1.785	1.893	2.078	2.218	2.433	2.397	2.476	
8	2.508	2.237	2.362	2.081	1.927	1.75	1.858	2.054	2.21	2.443	2.423	2.51	
9	2.538	2.251	2.36	2.062	1.896	1.715	1.824	2.028	2.201	2.453	2.448	2.544	
10	2.567	2.266	2.357	2.043	1.864	1.679	1.789	2.003	2.191	2.462	2.473	2.577	
11	2.596	2.279	2.354	2.023	1.832	1.644	1.754	1.976	2.18	2.47	2.497	2.61	
12	2.625	2.292	2.35	2.002	1.799	1.608	1.719	1.95	2.169	2.477	2.52	2.643	
13	2.652	2.305	2.345	1.981	1.767	1.572	1.684	1.922	2.157	2.484	2.543	2.675	
14	2.68	2.317	2.34	1.959	1.733	1.536	1.648	1.895	2.144	2.49	2.566	2.706	
15	2.707	2.326	2.334	1.937	1.7	1.5	1.612	1.867	2.131	2.496	2.588	2.738	
16	2.734	2.339	2.317	1.914	1.666	1.464	1.576	1.838	2.117	2.5	2.61	2.769	
17	2.76	2.349	2.319	1.891	1.632	1.427	1.54	1.809	2.103	2.504	2.631	2.799	
18	2.785	2.359	2.311	1.867	1.598	1.391	1.504	1.78	2.088	2.508	2.651	2.83	
19	2.811	2.368	2.302	1.843	1.654	1.354	1.467	1.75	2.072	2.51	2.671	2.859	

FUENTE: EL RIEGO; PRINCIPIOS BASICOS - Absalón Vásquez V., Lorenzo Chang Navarro L. Tomo I 1992 Pág. 112.

2.8.3. Coeficiente de cultivo

Benavente Gonzales W. F. (1979), Vasques V. A. (2000), Morillo Velarde Rodrigo – Velicia Herminio – Martinez J. C. (2001); es el factor que indica el grado de desarrollo de los cultivos y está relacionado con la cobertura del suelo del mismo, que es lo que influye en la evapotranspiración. El Kc está afectado por el tipo de cultivo, fecha de siembra, etapa de crecimiento, duración del ciclo vegetativo, etc.

El factor K está dado por la siguiente relación:

$$K = Kc * Ks * Kh$$

Dónde:

Kc = factor del cultivo.

Ks = factor del suelo.

Kh = factor de humedad.

Para suelos profundos, de adecuadas condiciones físicas y de buena disponibilidad de elementos nutritivos. Ks = 1, este mismo valor tiene Kh para condiciones de óptimo abastecimiento de agua; por lo tanto, K depende fundamentalmente de Kc.

2.8.4. Evapotranspiración Real (etr)

BENITES CASTRO (2001); llamado también uso consuntivo, está referido a la cantidad real de vapor transferida a la atmósfera que depende no solo de las condiciones meteorológicas existentes, sino del ciclo vegetativo del cultivo.

La Etr es proporcional a la ETP y esta proporcionalidad está dada por los factores o coeficientes de cultivos; es decir:

$$Etr = Kc * ETP$$

Dónde:

Etr=evapotranspiración real o actual o uso consuntivo mensual (mm/mes).

Kc = coeficiente de cultivo promedio ponderado (adimensional).

ETP = evapotranspiración potencial (mm/mes).

2.8.5. Demanda de Agua en un Proyecto de Riego (Da)

Es determinado desde la evapotranspiración real de los cultivos considerando la precipitación y la demanda real que requiere un cultivo en un área determinado, considerando la eficiencia de riego que se espera alcanzar. En el riego por aspersión se considera una eficiencia del 75%.

Serrato C.R (14), manifiesta que para tener en cuenta los efectos de las características del cultivo sobre sus necesidades de agua, se calcula los coeficientes de cultivo (Kc) con la evapotranspiración del cultivo (Etc.).

$$Da = ETA - Pe \text{ (mm/mes)}$$

Dónde:

Da = Demanda de Agua (mm/mes).

ETA = Evapotranspiración Actual o Real (mm/mes).

Pe = Precipitación Efectiva (mm).

Precipitación efectiva

FUENTES (1996), es la lámina de lluvia que cae sobre la superficie, parte escurre a través de la superficie, y la otra parte se infiltra en el suelo. De la

infiltrada parte percola a estratos inferiores y parte es retenida por el suelo para ser aprovechada por la planta. Esta última es la que interesa para efectos de riego y es pequeña con relación a la lámina total precipitada.

La precipitación efectiva es definida como la porción de la lámina total de agua precipitada, que es retenida por el suelo, para ser aprovechada por la planta y satisfacer sus necesidades para su normal desarrollo.

VASQUEZ (2000), se considera como un elemento de aporte de humedad, para lo cual se emplea el método de Water Power Resources Service (WPER – USA), que considera la distribución de la precipitación efectiva.

2.8.6. Demanda de agua del proyecto:

En la lámina de agua:

$$DLP = \frac{Da}{Er}$$

En volumen de agua/ha.

$$DPV = \frac{10 * Da}{Er}$$

En caudal de agua/ha.

$$DPq = \frac{DPV}{TM}$$

En caudal de agua total.

$$DPQ = DPQ * A$$

Dónde:

DLP	= Demande de agua real del proyecto en la lámina (mm).
DPV	= Demanda de agua real del proyecto en volumen (m3).
DPq	= Demanda de agua real del proyecto en caudal por hectárea (m3/seg/ha).
DPQ	= Demanda de agua real del proyecto en caudal total (m3/seg).
Er	= Eficiencia de riego del proyecto (a dimensional).
TM	= Tiempo mensual (seg).

2.8.7. Lamina de riego:

VILLON. (1982). indica que basándose en los datos del suelo: capacidad de campo, punto de marchitez permanente y densidad aparente de los diferentes extractos de perfil y el dato de profundidad de raíces del cultivo, se determina la lámina de riego. En el primer riego, la lámina requerida para llevar la humedad del suelo del punto de marchitez permanente hasta capacidad de campo es:

$$Lr = \frac{(Cc - Pmp) * Pr * Da}{100}$$

Dónde:

Lr	= Lamina de riego (cm)
Cc	= Capacidad de campo (%)
Pmp	= Punto de marchitez permanente (%)
Pr	= Profundidad de Raíces (m)
Da	= Densidad aparente del suelo (gr/cm3)

Los riegos sucesivos, se deben efectuar cuando sea consumido el 50% de la humedad disponible (CC – PMP), en este caso haciendo la corrección por este factor, la lámina neta se expresa por:

$$Ln = \frac{f * (Cc - Pmp) * Pr * Da}{100}$$

Dónde:

Ln = Lamina neta (cm)

F = fracción de agua aprovechable (50% " 60%)

Cc = Capacidad de campo (%)

Pmp = Punto de marchitez permanente (%)

Pr = Profundidad de Raíces (m)

Da = Densidad aparente del suelo (gr/cc)

Esta lámina, es la que se debe usar para el diseño, pues es la que se aplicará con mucha frecuencia, por otro lado, para satisfacer el primer riego podemos aumentar el tiempo de aplicación. La lámina de riego a aplicar, lámina de riego bruta, se consigue castigando a la lámina de riego por la eficiencia, es decir:

$$Lb = \frac{Ln}{Ea}$$

Dónde:

Lb = Lamina bruta (cm)

Lr = Lamina de riego neta (cm)

Ea = Eficiencia de aplicación.

FUENTE, J. (1996). denomina a la lámina de riego como dosis de riego (Dr) y la define como la cantidad de agua que se aplica en cada riego por cada unidad de superficie. Así mismo cabe diferenciar entre dosis neta (Dn) y dosis bruta o total (Dt). La dosis neta corresponde a la reserva fácilmente disponible y viene dado por la formula.

$$Dn = 100 * H * Da * (CC - Pmp) * f$$

Dónde:

- Dn = Dosis neta (m³/ha).
 H = Profundidad de raíces (m)
 Da = Densidad aparente.
 f = Fracción de agotamiento de agua disponible.

La dosis total será:

$$Dt = \frac{Dn}{Ea}$$

Dónde:

- Dt = Dosis total.
 Dn = Dosis neta.
 Ea = Eficiencia de aplicación cuyos valores son estimados en función de clima.

2.8.8. Frecuencia de riego:

VILLÓN, M. (1982). indica que es el intervalo entre riego y riego, y viene expresado por:

$$Fr = \frac{Ln}{Etr}$$

Dónde:

- Fr = Frecuencia de riego (días)
 Ln = Lamina neta (mm)
 Etr = Evapotranspiración actual o real.

FUENTE, J. (1996). manifiesta que se debe regar cuando las extracciones de las plantas agotan la reserva fácilmente disponible por consiguiente el intervalo de riego (i) en días será:

$$i = \frac{Dn}{Nn(diarias)} = \frac{Dn}{Etr(cultivo) - Pe}$$

Dónde:

i = Intervalo de riego

Dn = Demanda neta (m³/ha o mm de altura de agua).

Nn = Necesidad neta (m³/ha o mm de altura de agua).

Etr = Evapotranspiración real

Pe = Precipitación efectiva

2.9. Criterios para el diseño de riego por aspersión:

2.9.1. Grado de aplicación:

VILLON, M. (1982). Indica que:

$$I = 360 \frac{q}{EA} * El$$

Dónde:

EA = Espaciamiento entre aspersores (m)

El = Espaciamiento entre laterales (m)

q = Gasto necesario en el aspersor (lps).

I = Grado de aplicación (cm/hora).

Para que no se produzca encharcamiento ni escorrentía. Es necesario que el grado de aplicación sea menor o igual que el valor de la velocidad de infiltración básica es decir, se debe cumplir que $I \leq I_b$

Otra forma de calcular I es con la siguiente ecuación.

$$I_{ap} = \frac{L_{rb}}{t}$$

Dónde:

I_{ap} = Intensidad de aplicación (cm/h).

L_{rb} = Lamina de riego bruta (cm).

t = Tiempo de riego (horas).

2.9.2. Duración de riego:

FUENTES, J. (1996). indica que la duración de riego viene expresado por:

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

Dónde:

- t = Tiempo de riego (horas).
 Dt = Dosis total (mm de altura de agua).
 Pm = Pluviometría media (mm/h).

2.9.3. Numero de aspersores:

FUENTES, J. (1996). indica que el número de aspersores que funcional simultáneamente viene dada por la siguiente fórmula:

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

Dónde:

- N = Numero de aspersores.
 Q = Caudal necesario.
 q = Caudal de cada aspersor.

2.9.4. Espaciamiento entre aspersores y laterales:

Existen varias formas de determinarlos, como por ejemplo:

VILLON, M. (1982). indica que el espaciamiento entre laterales y aspersores está en función al diámetro de humedecimiento del aspersor y de la velocidad del viento. Para cada aspersor el diámetro de humedecimiento está de acuerdo al tamaño de las boquillas y ala presión de operación, estos valores son proporcionados por los fabricantes. El máximo espaciamiento se describe como un porcentaje del diámetro de humedecimiento. al producto de EA x EL se le conoce como área efectiva cubierta por cada aspersor (S).

FUENTES, J. (1996). por su parte denomina al EA y EL como marco de riego, las disposiciones que pueden adoptar son:

- Disposición en cuadrado, los marcos más utilizados son 12 x 12, 12 x 18 y 18 x 18m.

- Disposición en rectángulo, los marcos más utilizados son: 12 x 15, 12 x 18 y 15 x 18m. donde la mayor distancia corresponde a la separación entre laterales y la menor para separación de aspersores dentro del mismo lateral.

La separación de aspersores en marcos cuadrados será: 60% del diámetro mojado y en marco rectangular: 75% (en separación de laterales) y 40% (en separación de aspersores dentro del mismo lateral) del diámetro mojado. Estos datos se refieren a la velocidad del viento inferior a 2 m/seg. Deben reducirse proporcionalmente hasta un 25% a medida de que la velocidad del viento se incremente hasta 10 m/seg.

2.9.5. Descarga de la boquilla:

VILLON, M. (1982). Indica que:

$$q = \frac{EA * EL * I}{3600}$$

Dónde:

q = Descarga o gasto necesario en el aspersor (lt/seg).

EA = Espaciamiento entre aspersores (m).

EL = Espaciamiento entre laterales (m).

I = Intensidad de aplicación promedio (mm/h).

2.10. Calculo de tubería:

2.10.1. Diámetro de la tubería lateral:

VILLON, M. (1982). el cálculo de diámetro de una tubería lateral se basa en la uniformidad conseguida en la descarga de agua por los aspersores del lateral, como norma se establece que la diferencia máxima de caudal descargado por dos aspersores cualesquiera del mismo lateral sea inferior a 10% del caudal nominal. Se demuestra que en riego por aspersión una

variación del 10% del caudal entre el primer y último aspersor del lateral representa una variación del 20% en la presión de entrada al emisor, es decir; $10\%Q)=20\%P$.

Por lo tanto la diferencia en la presión de entrada entre dos aspersores cualesquiera del lateral debe ser inferior del 20% de la presión nominal del aspersor (lo denomina presión de carga permisible o admisible).

2.10.2. Perdida de carga en el lateral:

VILLON, M. (1982). indica que la perdida de carga permisible se calcula por la siguiente expresión:

$$H_{fadm} = 0.2P$$

Dónde:

H_f = Perdida de carga admisible.

P = Presión media de operación del aspersor.

Las pérdidas de carga por rozamiento se pueden calcular con sencillez y suficiente aproximación, mediante fórmulas empíricas como la de Hazen – Williams:

$$H_f = 10.64 * \left(\frac{L * Q^{1.85}}{C^{1.85} * D^{4.87}} \right)$$

Dónde:

H_f = Perdida de carga debido a la fricción (m/m).

Q = Descarga en la tubería (m³/hora).

C = Coeficiente de fricción.

L = Longitud de tubería.

D = Diámetro interior del tubo (mm).

2.10.3. Presión requerida en la entrada del lateral:

VILLON, M. (1982). la presión calculada por aspersor representa la “presión promedio de diseño” (Pa), Considerada en la mitad de tramo de la tubería. La pérdida de fricción a lo largo de una tubería lateral de diámetro uniforme

disminuye rápidamente de manera que las $\frac{3}{4}$ partes de la pérdida total ocurre en la primera mitad de la tubería y la $\frac{1}{4}$ parte restante en la segunda mitad de la tubería. La carga total de la entrada del lateral y la pérdida de presión admisible varia si los laterales están colocados sobre un terreno plano, tendidas cuesta arriba o cuesta abajo.

Perdidas de carga a lo largo del lateral:

Lateral colocadas sobre terreno plano: $P_o = P_a + 3/4 hf + P_r$

Laterales tendidas cuesta arriba : $P_o = P_a + 3/4 (hf + P_e) + P_r$

Laterales tendidas cuesta abajo : $P_o = P_a + 3/4 (hf - P_e) + P_r$

Dónde:

P_o = Presión a la entrada del lateral o en el origen del lateral (m).

P_a = Presión promedio de operación de los aspersores.

H_f = Perdida de carga debido a la fricción.

P_r = Presión debido a la altura de los elementos.

P_e = Presión requerida para vencer la elevación de la tubería.

2.10.4. Diámetro de la tubería principal:

VILLON, M. (1982). indica que en este caso no hay normas específicas relativas a la cantidad permisible para las pérdidas de fricción en la tubería principal. Usualmente los diseñadores consideran como “razonable” una perdida por fricción en la tubería principal de tres metros (10 pies) para sistemas chicos y hasta de 12 metros (40 pies) para sistemas grandes; como sabemos, el diámetro de la tubería esta en relación inversa a la perdida de fricción, es decir a mayor diámetro menor perdida y viceversa, y a mayor pérdida es mayor la potencia requerida por la bomba, entonces la elección del diámetro de la tubería estará condicionada a consideraciones económicas, otra consideración que se puede tomar es el origen de la presión en el sistema, así por ejemplo; si la presión requerida para el funcionamiento del sistema proviene un equilibrio razonable entre los costos anuales de bombeo y el costo capitalizado de la tubería. Para hallar las

pérdidas por fricción se supone un diámetro de tubería, el cálculo se realiza para varios diámetros y la pérdida de fricción que proporcione la solución más económica. La pérdida de carga se puede determinar por la ecuación de Hazen-Williams.

2.11. Carga dinámica total:

VILLON, M. (1982). indica para seleccionar una bomba y la unidad de fuerza que harán funcionar el sistema, o la carga dinámica total, contra la cual deberá bombearse el agua.

La carga dinámica total, expresada en metros es la suma de:

- ✓ Presión a la entrada del lateral (P_o).
- ✓ Pérdida de carga por fricción a la tubería principal (h_f).
- ✓ Desnivel entre fuente de agua y el punto más alto de terreno (Z) que es igual a la altura entre la fuente de agua y la bomba y el punto más alto del terreno.
- ✓ Pérdidas secundarias, debido a la pérdida por fricción en las válvulas y accesorios; estas pérdidas se calculan usando la fórmula:

$$h_{fac} = \frac{Kv^2}{2g}$$

Dónde:

h_{fac} = Pérdida de carga en metros de columna de agua (mca).

K = Coeficiente de resistencia para la pieza de unión o válvula (se da en tablas).

V = Velocidad (m/sg).

g = Aceleración de gravedad (9.81 m/sg²).

Estas pérdidas se pueden obtener también de tablas elaborados por los fabricantes. En esta práctica, como los valores de las pérdidas secundarios

son pequeñas, se pueden estimar en 2 o 3 metros de columna de agua o sino el 5% de la suma de $(Po+hf+Z)$ resumiendo:

$$CDT = Po + z + hf + hfa$$

Otra fórmula para determinar la carga dinámica total es la siguiente:

$$HDT = hflt + hflp + hfacc + Csuc.$$

Dónde:

HDT = Carga dinámica total (m).

$hflt$ = Perdida de carga en los laterales (m).

$hflp$ = Perdida de carga en la línea principal (m).

$hfacc$ = Perdida de carga en accesorios (m).

$Csuc$ = Carga de succión (m).

2.12. Selección de la bomba y unidad de potencia:

VILLON, M. (1982). indica que conociendo el gasto total necesario y la carga dinámica total se procede al cálculo de la potencia de la bomba a través de las siguientes formulas.

$$HP = \frac{(Q * CDT)}{75}$$

$$HP_B = \frac{(Q * CDT)}{75E_B}$$

$$HP_M = \frac{HP_B}{E_M}$$

Dónde:

Hp = Potencia que se requiere para vencer la CDT.

HP_B = Potencia que se requiere la bomba, pero sin incluir las pérdidas de potencia. En el motor, o en el elemento impulsor, expresado en caballo vapor.

HPM = Potencia que requiere a la entrada del motor expresada en caballos vapor.

Q = Caudal o descarga de la bomba, en lt/seg.

CDT = Carga dinámica total (m).

E_B = Eficiencia de la bomba, expresado como un decimal.

E_M = Eficiencia del motor, expresado como un decimal.

La potencia se determina a través de la siguiente fórmula:

$$K_w = \frac{(9.7 * Q * HDT)}{E_B}$$

Dónde:

K_w = Potencia (KW).

Q = Caudal del sistema (m3/seg).

CDT = Carga dinámica total (m).

E_b = Eficiencia de la bomba.

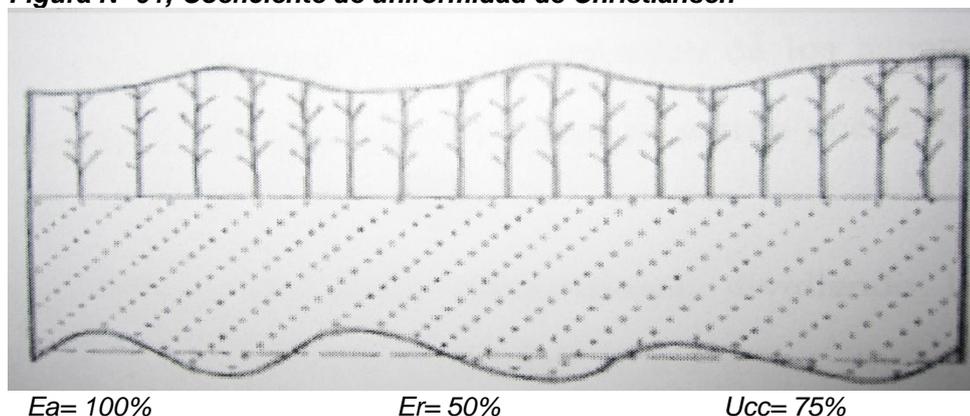
$1HP$ = 1.341 Kw.

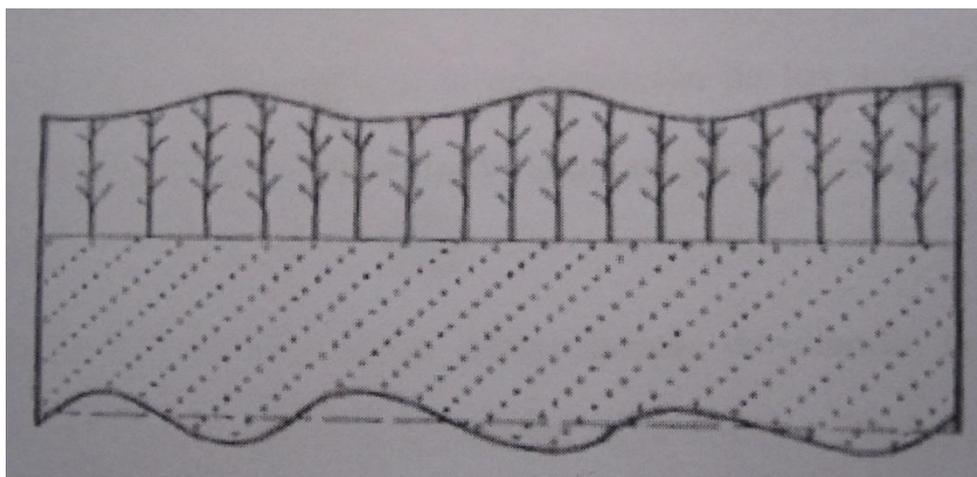
E_M = Eficiencia del motor, expresado como un decimal.

2.13. El coeficiente de uniformidad de Christiansen:

Es ampliamente usado, y los diseñadores consideran aceptable una uniformidad de capacidad de campo (UCC) al 80% o más. En las figuras se ilustra el significado de uniformidad de capacidad de campo y el de los parámetros de eficiencia: Eficiencia de aplicación (E_a) y requerimiento de agua por el cultivo (E_r).

Figura N° 01; Coeficiente de uniformidad de Christiansen

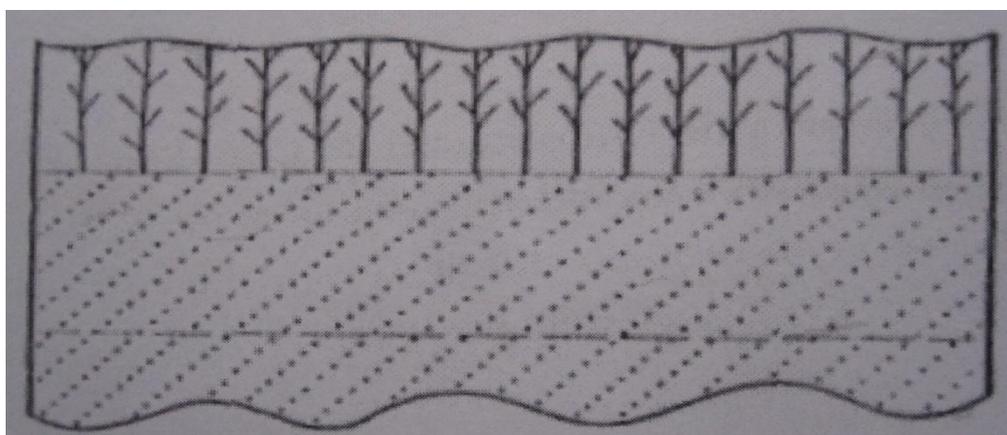




$Ea= 90\%$

$Er= 90\%$

$Ucc= 85\%$



$Ea= 60\%$

$Er= 100\%$

$Ucc= 95\%$

Efectos típicos de los patrones de distribución de agua que no hay derrame. Otros autores propusieron otro coeficiente de uniformidad, UCW. Reemplazaron el valor absoluto de la desviación media en el coeficiente de uniformidad de Christiansen, con S, la desviación estándar (suma de los cuadrados de las desviaciones respecto a la media).

$$UCW = 100 \left[1 - \frac{S}{y} \right]$$

Dónde:

UCW = coeficiente de uniformidad.

S = desviación estándar de las observaciones de agua aplicada.

y = Lamina promedio de agua aplicada.

Así mismo se desarrollaron un coeficiente para la asociación hawaiana de cultivadores de caña de azúcar (HSPA), asumiendo que la precipitación de los aspersores comúnmente usados, esta normalmente distribuida y por lo tanto su patrón puede ser descrito por una distribución normal.

Se estableció una cueva de frecuencia a dimensional, dividido la profundidad de aplicación con la profundidad media de aplicación. Si la distribución del agua es normal, el valor absoluto de la división es:

$$\sum_{i=1}^n \frac{|y_i - \bar{y}|}{n}$$

Igual a 0.798. El coeficiente de la uniformidad HSPA o UCH estará definido por:

$$UCH = 100 \left[1 - 0.798 \frac{S}{\bar{y}} \right]$$

Dónde:

UCH = coeficiente de uniformidad.

S = desviación estándar de las observaciones de agua aplicada.

\bar{y} = Lamina promedio de agua aplicada.

Se afirma que el uniformidad de coeficiente de humedad es más fácil de calcular que la uniformidad de capacidad de campo, ya que la información no necesitaba ser clasificado. Una interpretación física de uniformidad de coeficiente de humedad es que el 79% de la aérea tipo recibirán una aplicación de (UCH) y/o más, cuando la distribución del agua es normal. El área bajo una curva normal, desde $(y-0.798*S)$ a infinito es aproximadamente el 79% del área total bajo la curva. El (UCH) (y) es el límite más bajo y en esta área fraccional.

Se investigó el efecto de la curtosis y asimetría en los coeficientes de uniformidad (el sesgo y la curtosis son dos parámetros estadísticos que describen la desviación de un patrón de distribución, y ayudan caracterizando su curva de frecuencia). Se estudió también las distribuciones gamma, poisson y exponencial, como maneras posibles para

describir la distribución del agua en aspersores supuestos. Encontraron que de las tres, la distribución gamma era la más apropiada.

Se empleó la prueba de chi-cuadrado al 95% de confiabilidad para comparar las condiciones gamma y normal de la información actual, concluyendo que la normal es mejor en todos los valores de uniformidad de capacidad de campo. Se establecieron relaciones entre los diversos coeficientes de uniformidad.

$$UCC = 0.030 + 0.958 * (UCH)$$

(Hart y Heermann, 1976)

$$UCW = 11.287 + 0.920 * (UCC) + 0.002 * (UCC)^2$$

(Seniwongse etal, 1972).

2.14. Uniformidad y eficiencia

Dos de las relaciones mayormente aplicables para seleccionar estos factores son:

El modelo de uniformidad lineal y el modelo normal.

La de frecuencia dimensional de aspersion usualmente toma la forma "S" cuando el patrón de distribución tiende a una distribución normal. El coeficiente de variación; $S/y=v$, tiene un valor relativamente pequeño cuando el patrón es altamente uniforme y la mayor parte de la distribución está próximo a promedio; sin embargo, cuando el patrón tiende a ser menos uniforme, "v" aumentar a medida que la desviación desde la media sea mayor, a la forma "S" de la curva de distribución se angoste más hasta comportarse como una línea recta.

Se deduce entonces que la condición normal sería la más adecuada para las distribuciones, donde "v" es más grande (menos adecuada a la normal), la condición lineal pronosticara mejor el modelo de distribución de un extremo a otro, cuando los errores en ambos extremos de la curva de frecuencia sean de magnitud más pequeña.

2.15. Condiciones técnicas para el diseño de sistema de riego por aspersión.

2.15.1. Tipo de cultivo:

ANTEN M. Y WILLET H. (2000). es aplicable en la mayoría de los cultivos anuales, y también para los pastos cultivados puede ser recomendable en casos donde el agua es escaso y donde las técnicas de riego superfáciles resultan insatisfactorias por las condiciones topográficas, del suelo, caudal de riego, etc.

Para los cultivos susceptibles a hongos tenemos que tener en cuenta las ventajas comparativas que el goteo, presenta en comparación con un riego por encima de las hojas.

2.15.2. Costos de inversión por hectárea:

ANTEN M. Y WILLET H. (2000). como sistemas por goteo y por micro aspersión son fijos, estos requieren una cobertura completa de área a regar. La distancia entre líneas y entre emisores depende mucho del tipo de cultivo y de las distancias entre sus plantas. En árboles frutales el distanciamiento entre líneas y entre emisores puede subir hasta 8 o 9 metros, mientras que en horticultura puede haber tan solo 0.20m. entre emisores y 0.75m. Entre líneas. Se deja entender entonces el tipo de cultivo influye mucho en la inversión por hectárea de estos sistemas, mientras que en sistemas móviles con aspersores la variación en espaciamentos no influye mucho en los costos del sistema.

Como consecuencia de muchos factores, los costos por hectárea de cada tipo de sistema pueden variar considerablemente. Sin embargo, la tendencia de sistemas presurizados es la siguiente en el ranking de costos por hectárea.

Tabla N° 03; Costos de instalación de un sistema de riego

Tipo de Sistema	RANKING: BAJO COSTO /ALTO COSTO/Ha
Riego por Aspersión	Bajo – Mediano
Micro Aspersión	Mediano – Alto
Goteo	Bajo – alto (Bajo, solo en cultivos permanentes de distanciamiento alto)

Fuente: III curso de actualización en la facultad de IA – UNA – PUNO

2.15.3. Costo real de agua:

ANTEN M. Y WILLET H. (2000); Una indicación de eficiencia que se logran con los diferentes tipos de riego es riego por aspersión y micro aspersión: 65% - 75%; Riego por Goteo: 85% - 90%.

Un factor que influye en la selección es por lo tanto, el valor productivo por m³ de agua, que depende de dos factores: el valor de la producción agrícola por cada m³ de agua consumido por el cultivo, y la escasez de agua.

Estas apreciaciones nos conducen a tener una indicación inicial para el uso de las técnicas en la sierra: Goteo en las zonas más cálidas donde las fuentes de agua son más escasas con caudales limitados, o donde las oportunidades de producciones de alto valor sean mejores (diversificación, mercado); el riego por aspersión tendría mejores condiciones de aplicabilidad en zonas de altura, para el riego de pastos, forrajes y cultivos tradicionales y micro aspersión sería especialmente apropiado para el riego en viveros forestales, huertos, invernaderos, etc.

2.15.4. Presiones disponibles:

ANTEN M. Y WILLET H. (2000). conforme la forma de administrar el agua, los sistemas de riego por goteo pueden funcionar con presiones mínimas, mientras que el riego por aspersión requiere presiones relativamente elevadas. Micro aspersión ocupa una posición intermedia.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. ASPECTOS GENERALES DEL ÁREA DEL PROYECTO.

3.1.1. Localización.

El área de estudio para el presente trabajo de investigación se ubica en la siguiente posición:

Políticamente.

Región	: Puno.
Provincia	: El Collao.
Distrito	: Ilave.
Centro Poblado	: Chijuyo Copapujo.

Geográficamente.

Latitud Sur	: 16° 07' 56"
Longitud Este	: 69° 40' 26"
Altitud	: 3845.00 m.s.n.m. (área del proyecto)

3.1.2. Vías de comunicación y acceso.

Para llegar a la zona del proyecto, se detalla en la siguiente Tabla:

Tabla N° 04: vías de acceso al centro poblado de Chijuyo Copapujo.

De	A	Distanc.	Tiempo	Tipo de Vía	Frec.	Transp.
Puno	Ilave	54 Km.	45 min.	Carretera Asfaltada	Diario	Motorizado
Ilave	Chijuyo Copapujo	8 Km.	15 min.	Carretera Asfal./Afirm.	Interdiario	Motorizado

Fuente: Elaboración propia 2013.

3.1.3. Climatología e hidro agrometeorología

3.1.3.1. Condiciones climáticas

Por su situación geográfica, el clima durante todo el año es propio del altiplano, frígido, seco y templado, estas condiciones especiales se presentan durante todo el año, por la presencia del lago Titicaca, teniendo ligeras variaciones de acuerdo a cada estación. Su temperatura promedio

fluctúa entre los 8 °C y 15 °C, la precipitación anual promedio, según la estación meteorológica es del orden de 725 mm.

El clima en la ciudad en el area de estudio es influenciado por una serie de factores físicos entre los que señalan:

3.1.3.2. Características de los principales parámetros meteorológicos.

Precipitaciones

Las precipitaciones obedecen a una periodicidad anual de 4 meses (diciembre a marzo). Se debe hacer notar que esta periodicidad, a pesar de normar las campañas agrícolas, puede variar según características pluviales del año, originando inundaciones o sequías. En épocas de lluvia normal todas las aguas de la ciudad, escurren al Lago, por lo tanto los pequeños riachuelos que se forman en las partes planas, se filtran al suelo, ya que este es un suelo arenoso.

Temperaturas.

En la zona de estudio el centro poblado de Chijuyo Copapujo presenta una temperatura promedio anual baja de 8.7°C y estaciones marcadamente secas y húmedas, Las temperaturas máximas y mínimas en el día presentan fuertes oscilaciones propias del altiplano, siendo estas entre los 13.3° C (junio y julio) a 16.1° C (noviembre) y -1.0° C (junio) a 5.3° C (enero).

La temperatura media anual de la ciudad de llave es de 7.0°C y las medias mensuales fluctúan entre 6 y 13 °C.

Vientos

Los vientos en la zona de estudio se aprecian en la escala de Beaufort, son suaves, las velocidades van de 2.1 a 3.1m/seg. Se presentan máximas de hasta 6.6m/seg., que se clasifican como brisa ligera. Los vientos locales o brisas del lago soplan en ambos sentidos durante el día. En la época de lluvias se presentan vientos que soplan del este y en los meses de estiaje del sur y del oeste. Es muy importante clasificar el viento cuando se construyen estructuras esbeltas.

Radiación solar

La radiación solar global media anual medida en la estación de llave es de 542 calorías/cm²/día, con fluctuaciones medias mensuales entre 410 (Mayo) y 625(Noviembre) calorías /cm²/día.

La radiación solar en llave es relativamente alta y al mediodía del mes de noviembre puede alcanzar valores próximos al máximo teórico.

Evaporación y evapotranspiración potencial

La evaporación media anual del tanque tipo A en la estación llave es de 2175.6mm/año.

La evapotranspiración potencial media anual estimada con la fórmula de Penman Monteith con datos de la estación llave es de 1899.9 mm/año.

Tanto la evaporación como la evapotranspiración potencial corresponden a valores altos como consecuencia de la alta radiación solar.

Humedad relativa.

La humedad relativa media anual el valor es de 50 %, para temperaturas de 6 a 13°C. Los valores más bajos, la humedad relativa media mensual muestra una fluctuación regular a lo largo del año, correspondiendo los valores más altos a los meses lluviosos y los más bajos a los meses secos, variando desde 25% registrado en el mes setiembre hasta 79% en el mes de enero.

Los vientos dominantes, de fuerza moderada, generalmente perturbados por brisas locales, son de sectores nordeste durante la época de lluvias y de sector oeste a sudoeste el resto del año.

3.1.4. Materiales

Material e instrumentos utilizados en el diseño del sistema de riego por aspersión en la en centro poblado de Chijuyo Copapujo.

- ✓ Equipos Topográficos.
- ✓ Flexo-metro.
- ✓ Wincha.
- ✓ Cilindros.
- ✓ Instrumentos de análisis de suelo.
- ✓ Instrumentos de análisis de agua.
- ✓ Equipo completo de cómputo
- ✓ Materiales de escritorio.
- ✓ Material de impresión.
- ✓ Software informáticos.

3.2. Planteamiento metodológico

La metodología se planteó básicamente en dos etapas, la primera etapa consistió en el estudio de las características climáticas, hidrológicas, edafológicas y topográficas del área relacionado con el uso, disponibilidad y movimiento del agua. La segunda etapa consistió en proponer un diseño de riego por aspersión tomando como base los estudios realizados con anterioridad. Bajo este esquema se plantea lo siguiente:

3.2.1. Estudios climáticos.

Para este tipo de estudio, se consultaron los registros climáticos de la estación meteorológica de la estación llave.

Las características climáticas se utilizaron básicamente para determinar la época crítica, es decir, la época en la cual se demanda el riego. Esto se logró a través del análisis de precipitación y evapotranspiración mensual. Según *H. Olivier*

3.2.2. Estudios hidrológicos.

Dentro de las características hidrológicas que se consideraron como más importantes son las siguientes:

3.2.2.1. Disponibilidad de agua:

La disponibilidad de agua se midió de acuerdo al estudio del acuífero del cual se toma el agua (pozo mecánico) y donde se determinó:

- El caudal de la bomba del pozo
Se aforo por el método volumétrico de acuerdo a la relación de Caudal:

$$Q = V/t$$

Dónde:

Q = caudal medido en m³/hr.

V = Volumen del colector (tanque) en m³

T = Tiempo en que se llena el colector en min.

- Características del acuífero:
Por medio de los datos de la prueba de bombeo y la relación caudal – descenso, donde se bombeo agua del pozo a tres diferentes caudales (165gpm, 310gpm y 410gpm) y se midió el nivel de abatimiento del pozo, ploteando el caudal contra el nivel de abatimiento se determinó el caudal permisible del acuífero.

3.2.2.2. Calidad de agua.

Se tomó una muestra de 500 ml de agua de la fuente (del pozo) a diferentes tiempos de operación de la bomba y se envió al Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos B&C S.A.C. para su análisis químico con base al cual se determinó la conductividad eléctrica y los principales elementos químicos.

Se clasifico el agua según el diagrama de *RICHARDS, 1954. S. Castillo.*

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{2+} + Mg^{2+}}{2}}}$$

3.2.2.3. Determinación de la evapotranspiración potencial:

Los valores de evapotranspiración potencial se determinaron de acuerdo a los siguientes métodos:

3.2.2.3.1. Por ecuaciones empíricas:

Para ello se registraron los datos de temperatura, radiación solar y Longitud del día en la estación meteorológica. Se utilizaron las ecuaciones de Penman, Hargreaves y Blades y Criddle.

Para un mejor procesamiento de la información, se auxilió de programas de cómputo (Hojas electrónicas)

3.2.2.3.2. Por balance de agua:

Se realizó con la utilización de evaporímetros tales como, lisímetro (método directo) y tanque de evaporación tipo A (método indirecto), basándose en la ecuación del balance de agua:

$$AW = I - D - E$$

Dónde:

AW = Cambio en el contenido de agua de la zona radicular.

I = Cantidad de agua aplicada (por riego o lluvia) en m.

D = Cantidad de agua drenada en m.

E = Perdida de agua debida a la evapotranspiración en m.

El cambio en el contenido de humedad de la zona radicular, se determinó por medio de un tensiómetro del cual se tomó lecturas cada semana según *J.W. Kijne*.

A los resultados obtenidos mediante los dos procedimientos anteriores, se les realizó un análisis estadístico de correlación, para determinar la posibilidad de crear tablas de frecuencia de la evapotranspiración potencial en el área.

3.2.3. Estudios edafológicos:

Estos estudios fueron encaminados a conocer principalmente las características del suelo que están relacionadas con el movimiento, la capacidad de retención y almacenamiento del agua.

En ese sentido se describen los pasos que se siguieron para llegar a conocer dichas características.

3.2.3.1. Muestreo de suelos:

Dadas las condiciones del área, se realizaron dos calicatas de las cuales se obtuvieron muestras de suelo a diferentes profundidades, comprendidas en diferentes horizontes dependiendo de las características de los mismos.

A cada uno de los estratos anteriores, se les determinó el porcentaje de humedad a capacidad de campo, el porcentaje de humedad al punto de marchites permanente, su densidad aparente, análisis de textura. Las muestras fueron enviadas al Laboratorio B&C S.A.C. laboratorios de ensayos de suelos la manera de cómo se determinaron cada uno de estos elementos, se describe en los incisos siguientes.

3.2.3.2. Determinación de la humedad a capacidad de campo (CC) y a punto de marchites permanente (PMP)

Se determinó a través del método de la olla de presión.

3.2.3.3. Determinación de la densidad aparente:

En cada horizonte se tomaron dos muestras, utilizando el método del doble cilindro.

3.2.3.4. Análisis Textural:

Se realizó de acuerdo al método del hidrómetro de bouyucos.

3.2.3.5. Curva de retención de humedad en el suelo:

Se construyeron las curvas de retención de humedad, relacionando el contenido de humedad del suelo con su respectiva tensión (medida en atmosferas). Esta relación se obtuvo para estratos definidos de 0-30cm, de 30-60cm y 60-90cm.

La manera que se midió el contenido de humedad, fue a través de la sonda de Neutrones debidamente calibrada y la tensión se midió por medio de una batería de tensiómetros para las tensiones más bajas y por

métodos de laboratorio (método de ollas) para las tensiones más fuertes.
Según *Stakman*

3.2.3.6. Cálculo de la lámina de agua disponible:

La lamina de humedad disponible en cada estrado del suelo inciso

3.2.3.1) Se midió de acuerdo a la ecuación siguiente:

$$Lhd = (CC - PMP) * Ds * Pr$$

Lhd = Lamina de humedad disponible en cm.

CC = % humedad a capacidad de campo

PMP = % humedad a punto de marchites permanente.

Ds = Densidad del suelo en cada estrato en gr/cc

Pr = Profundidad del estrato en m.

3.2.3.7. Velocidad de infiltración en el suelo:

La velocidad de infiltración en el suelo, se midió en varios puntos del área utilizando el método del infiltrómetro de doble cilindro de acuerdo al modelo de *kostiakov Lewis. Van Der Meer y JJ. Sandoval*

$$I = at^n$$

Dónde:

I = Lamina que se infiltra en el suelo en un periodo de tiempo dado, en cm/h.

A y n = Constantes propias del modelo para un suelo dado.

T = Tiempo transcurrido en el cual se infiltra la lamina I, en minutos.

Se realizó un caminamiento en el área, para determinar su homogeneidad o heterogeneidad. Se distribuyó una serie de puntos en el área, los cuales definieron el lugar donde se realizó una prueba. Esta distribución se hizo por medio de una cuadrícula (25 x 25m) marcada sobre el plano topográfico de la estación y se localizaron en base a coordenadas rectangulares. El numero de pruebas a realizar se definió como el 20% del total de cuadros. Con dicho procedimiento se logró determinar la distribución de la velocidad de infiltración en toda el área de estudio. Se midió básicamente:

La velocidad de infiltración instantánea

$$I_{ins} = a * n * t^{(n-1)}$$

La velocidad de infiltración básica (I bas):

$$I_{bas} = a(-600n)^n$$

Lamina total de agua infiltrada (Z):

$$Z = \frac{a * t^{(n+1)}}{60(n + 1)}$$

3.2.4. Estudios topográficos:

Los detalles topográficos del área de estudio se determinaron a través de un levantamiento planímetro a detalle por el método de conservación de azimut a 180° tomando como control vertical el norte magnético y un levantamiento altimétrico por el método de cuadrícula (20 X 20m) tomando como control Horizontal un banco de marca (BM) arbitrario de 100m, se elaboró el plano de curvas de nivel con intervalos de 0.5m. *A. Bannister y C. Brinker.*

3.3. Propuesta de diseño del sistema de riego por aspersión

Con base a la información obtenida en los estudios anteriores de la Municipalidad provincial de El Collao – llave, se propuso el diseño del sistema de riego por aspersión, tomando de los mismos las especificaciones acerca de tuberías, accesorios, unidad de bombeo y consideraciones generales de diseño y operación del sistema.

3.3.1. Condiciones generales del diseño:

Cultivo: Papa, Haba verde, cebada.

Área total a regar:

Se definió de acuerdo a las necesidades de la población en estudio a la disponibilidad de caudal y a la capacidad operativa del mismo.

Infiltración básica:

Se definió en base a las pruebas de Infiltración.

Profundidad radicular:

La profundidad radicular de diseño se eligió a partir de la hortaliza que se siembre en el área y que presenta la menor profundidad radicular a la cual puede tomar toda el agua necesaria del suelo para su crecimiento y desarrollo.

Tabla N° 05: Profundidad radicular de diseño de algunos cultivos

CULTIVO	PROFUNDIDAD (m)	CULTIVO (m)	PROFUNDIDAD (m)
Alfalfa	1 - 2.	Fresa	0.3 - 0.4
Algodón	1	Frijol	0.5
Arveja	0.5	Lechuga	0.3 - 0.4
Banano	0.5	Maíz	1
Cereales	1	Papa	0.5
(trigo, avena)		Repollo	0.5
ZONA PRINCIPAL DE RAICES DE ALGUNOS CULTIVOS			
CULTIVO	PROFUNDIDAD	CULTIVO	PROFUNDIDAD
Alfalfa	0.9 - 1.8	Melón	0.75 - 0.9
Algodón	1.2	Nueces	0.90 - 1.8
Camote	0.9	Papa	0.6
Cebolla	0.45	Pastos	0.45
Cereales	0.6 - 0.75	Pepino	0.45 - 0.6
Fresa	0.3 - 0.45	Remolacha	0.60 - 0.9
Frijol	0.6	Repollo	0.45 - 0.6
Frutales	0.6 - 1.5	Sorgo	0.75
Lechuga	0.3	Soya	0.6
Maíz	0.75	Tabaco	0.75
Maní	0.45	Tomate	0.30 - 0.6
		Uvas	0.90 - 1.8
		Zanahoria	0.45 - 0.6

Fuente: FAO – 56 Evapotranspiración del cultivo 2012.

Evapotranspiración potencial:

Se tomó en función del estudio hidrológico. (Curvas de frecuencia acumulada de la evapotranspiración).

Umbral de riego:

Se tomó el déficit permitido de manejo de aquella hortaliza que se siembra en el área del cual es la más sensible al stress hídrico. Según *J.Sandoval*

Tabla N° 06: Déficit permitido de manejo (DPM) para varios cultivos.

CULTIVO	DPM	ETAPA DEL CICLO DEL CULTIVO
Alfalfa	50	Todo el ciclo
Banano	35	Todo el ciclo
Frijol	40 - 50	Floración y Formación del fruto
	60 - 70	Maduración del grano
Repollo	35	Todo el Ciclo
Cítricos	40	Todo el ciclo
Algodón	60	Desarrollo vegetativo
	70	Floración
	60	Llenado de capsulas
Sandía	50	Todo el ciclo
Vid	35 - 45	Todo el ciclo
Manía	40 - 50	Todo el ciclo
Maíz	40	Establecimiento (primeros 15 - 25 días)
	55 - 65	Desarrollo vegetativo, Floración y formación del grano.
	80	Maduración del grano
Olivo	60 - 70	Todo el ciclo
Cebolla	25	Todo el ciclo
Arveja	40	Todo el ciclo
Chile P.	30 - 40	Todo el ciclo
Piña	50	Desarrollo vegetativo
	75	Maduración del fruto
Papa	25	Todo el ciclo
Sorgo	55	Desarrollo vegetativo
	80	Maduración del fruto
Soya	55	Todo el ciclo
Remolacha azucarera	50 - 60	Todo el ciclo
Trigo	50 - 60	Todo el ciclo
Caña de azúcar	30	Periodo de establecimiento
	65	Crecimiento vegetativo y formación de cosecha
Girasol	45	Todo el ciclo.

Fuente: FAO – 56 Evapotranspiración del cultivo 2012.

Eficiencia agronómica: 76% tomado de Gurovich

Coefficiente de Uso – consumo para diseño (Kc)

Se eligió el coeficiente de aquella hortaliza de mayor transpiración.

Tabla N° 07: Coeficiente hídrico (Kc) de algunos cultivos.

CULTIVO	COEFICIENTE (Kc)
Alfalfa	0.80 a 0.90
Plátano	0.80 a 1.00
Cacao	0.70 a 0.80
Café	0.70 a 0.80
Maíz	0.75 a 0.85
Algodón	0.60 a 0.70
Cereales	0.75 a 0.85
Sorgo	0.70 a 0.80
Girasol	0.65 a 0.75
Huertos	
Aguacates	0.50 a 0.55
Naranjos y limones	0.45 a 0.55
Nogales	0.60 a 0.70
Empastadas:	
Trébol Ladino	0.80 a 0.85
Papas	0.65 a 0.75
Arroz	1.00 a 1.10
Sisal	0.65 a 0.70
Remolacha	
Azucarera	0.65 a 0.75
Caña de azúcar	0.80 a 0.90
Tabaco	0.70 a 0.80
Tomates	0.65 a 0.70
Viñas	0.50 a 0.60

Fuente: L. A. Gurovich.

3.3.2. Cálculos básicos para el dimensionamiento de la red de riego:

3.3.2.1. Lamina de humedad disponible (LHD):

$$LHD = (CC - PMP) * Da * Pr.$$

CC = porcentaje humedad a capacidad de campo.

PMP = porcentaje humedad a punto de marchites.

Da = Densidad aparente del estrato de suelo en gr/cc.

Pr = Profundidad radicular de diseño en m.

3.3.2.2. Lamina neta de riego, o lamina de humedad, rápidamente aprovechable (LHRA).

$$LHRA = LHD * UR.$$

LHD = Lamina de humedad disponible.

UR = Umbral de riego.

3.3.2.3. Lamina bruta de riego (LBR)

$$LBR = LHRA/Efr.$$

LHRA = Lamina de humedad rápidamente aprovechable.

Efr = Eficiencia agronómica de riego.

3.3.2.4. Evapotranspiración real (Etr):

$$Etr = Etp * Kc.$$

Etp = Evapotranspiración potencial: (Fue tomada en función de un análisis de frecuencia de ocurrencia y de donde se diseñó para aquella evapotranspiración potencial en frecuencia del 90% de ocurrencia.

Kc = Coeficiente de uso – consumo del cultivo.

3.3.2.5. Frecuencia de riego: (Fr)

$$Fr = LHRA/Etr.$$

LHRA = Lámina de humedad rápidamente aprovechable.

3.3.2.6. Lámina neta ajustada (LNA):

$$LNA = Fr * Etr.$$

Fr = Frecuencia de riego.

Etr = Evapotranspiración real.

3.3.2.7. Lamina bruta ajustada (LBA):

$$LBA = LNA/Efr.$$

LNA = Lamina neta ajustada

Efr = Eficiencia agronómica de riego.

3.3.2.8. Intensidad de riego (I_r):

Intensidad de precipitación para que se infiltre la lámina de riego sin causar problemas por encharcamiento.

$$I_r < I_b$$

I_b = Velocidad de infiltración básica.

Según Van Der Mee. Lo fundamental en el diseño de riego por aspersión es la velocidad de infiltración instantánea, cuando esta se hace constante.

3.3.2.9. Numero de turnos de riego:

Para determinar el tiempo de riego por turnos, se consideró que el tiempo total de riego no puede exceder de 8 a 9 horas (por razones laborales). Y en función del tiempo necesario para que la lámina de diseño se infiltre.

3.3.2.10. Área a regar por día (Ard):

$$Ard = AT/Fr.$$

AT = area total a regar.

Fr = frecuencia de riego.

3.3.2.11. Área a regar por turno (Art):

Art = Ard/Numero de turnos al día.

3.3.2.12. Espaciamiento entre laterales y aspersores (Esp):

Se definió en función de la longitud de tubería existente en el mercado y del efecto por la velocidad del viento, combinado con el tipo de aspersor más adecuado.

Tabla N° 08: Factor de disminución del diámetro de tiro de los aspersores de acuerdo con la velocidad del viento.

Velocidad del Viento en Km/hr.	Espaciamiento de los aspersores en % del diámetro mojado.
Poco o ningún viento	65% del diámetro
Hasta 9.5	60% del diámetro
Hasta 12.5	50% del diámetro
Sobre 12.5	30% - 50% del diámetro

Fuente: L.A.Gurovich. 2007

3.3.2.13. Numero de posiciones por día (NPD)

NPD = Ard/área a regar por lateral.

3.3.2.14. Numero de laterales funcionando simultáneamente (Lfs):

Lfs = NPD/Numero de turnos al día.

3.3.3. Requerimiento de caudal:

Longitud de lateral:

Se definió en función del criterio de ordenamiento o red de distribución del sistema, basado en los planos topográficos.

Espaciamiento de laterales: (definido en el inciso 3.3.2.12.).

3.3.3.1. Numero de aspersores por lateral (No. Asp)

$$No.asp = (long. Lat. - \frac{1}{2} Esp. Asp.) + Esp. Asp.$$

Long. Lat = Longitud de lateral

Esp. Asp = Espaciamiento entre aspersores.

3.3.3.2. Área a regar por lateral (Arl):

Arl = Longitud del lateral * Esp. Entre lateral.

3.3.3.3. Caudal del aspersor (Qasp):

$$Qasp = (Esp. Asp. * Esp. Lat) * LBA/tr.$$

Dónde:

Qasp = Caudal del aspersor en m.

Esp. Asp. = Espaciamiento entre aspersor en m.

Esp. Lat. = Espaciamiento entre lateral en m.

LBA. = Lamina bruta ajustada en m.

Tr. = Tiempo de riego por turno en hrs.

3.3.3.4. Caudal de la tubería principal (Qtp):

Qtp = Numero de laterales funcionando * caudal de la lateral.

3.3.3.5. Selección del aspersor:

a) Diámetro de mojado y caudal del aspersor:

En función de la velocidad del viento se obtuvo el diámetro mojado más adecuado del aspersor (con 60% de traslape) conjuntamente con su caudal, para poder así determinar la presión de trabajo del mismo.

Diámetro mojado = Esp. Asp./0.6(%traslape).

Esp.asp = Espaciamiento entre aspersor en m.

Porcentaje de traslape = traslape del diámetro mojado en función de la velocidad del viento.

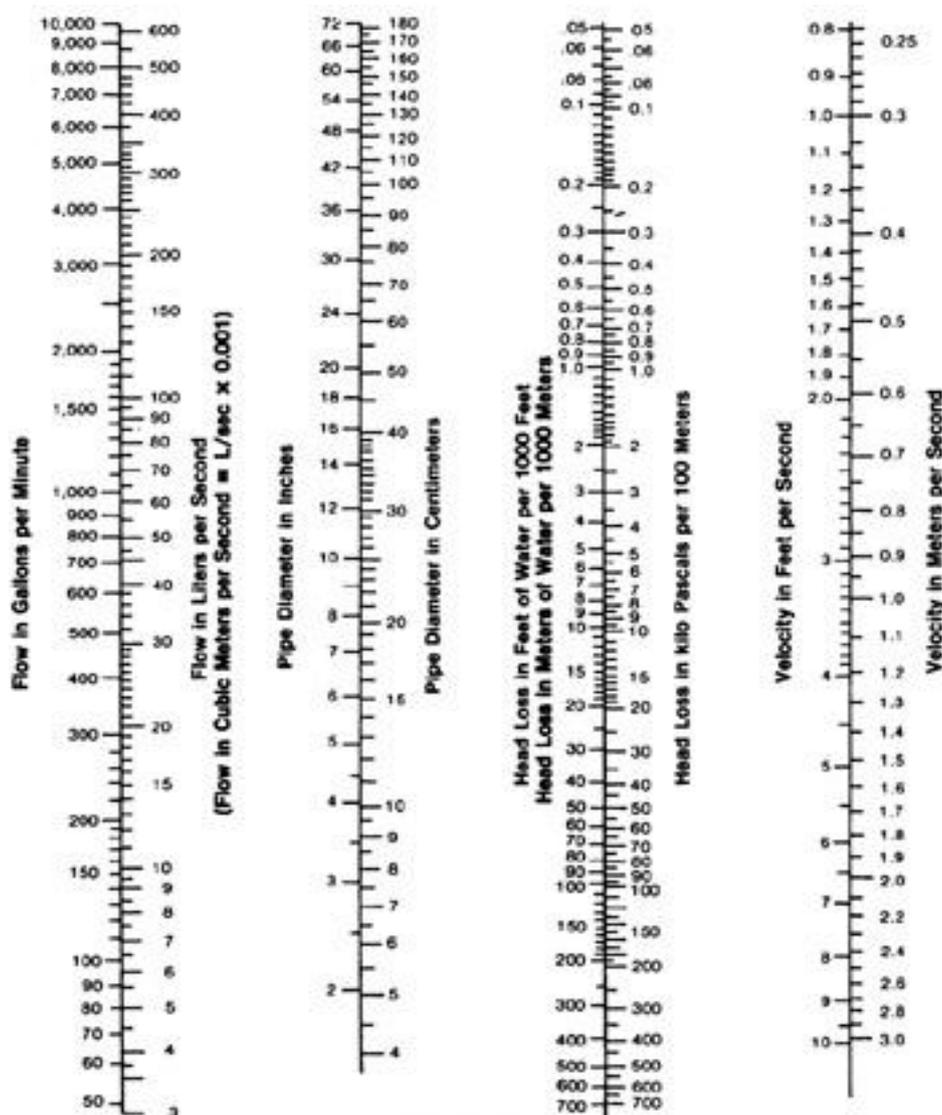
Caudal del aspersor en (GPM) = (inciso 5.3.3.)

b) Se buscó un aspersor que se adecuara a las anteriores condiciones, y se le determinó las siguientes características:

Marca, caudal de salida, presión de trabajo (en PSI), diámetro de mojado y diámetro de la boquilla.

3.3.4. Cálculo del diámetro de la tubería principal y lateral:

Para el cálculo del diámetro de la tubería, se utilizó la ecuación de Hazen Williams. (Monograma).



Para el diseño se tomó en cuenta los factores de velocidad del agua dentro de la tubería (1.5 – 3 m/s), las pérdidas de fricción (que no excedieran de un 30% de la carga dinámica total que deberá vencer la bomba) y el costo de la tubería. Para efectos de diseño, se tomó el criterio según Rojas L (1980) citado por R. Cabrera, de seleccionar los diámetros de tubería de manera que las pérdidas de carga por fricción no exceda a 1 PSI/100 pies de tubería (30.48m). Con base a lo anterior se utilizó la siguiente tabla.

Tabla N° 09: Cálculo de diámetro de tubería principal y lateral.

Q GPM	Diámetro de tubería	V. del flujo en m/s	Perdidas por fricción	Longitud de la tubería	Factor por salida	Perdida por fricción real

Fuente: Elaboración propio 2013

3.3.5. Requerimiento de potencia:

3.3.5.1. Carga dinámica total (CDT):

$$CDT = h_e + h_{fp} + h_{fmp} + C_e$$

He: carga requerida a la entrada del lateral (m).

Hfp: Perdida de carga por fricción en la principal (m)

Hfmp: Estimación de pérdidas menores en la principal (m)

Ce: (Carga estática) diferencia de altura entre el nivel del agua en la fuente y el nivel del terreno en la entrada de la lateral más alto (m).

a) Carga requerida en la lateral (he).

$$H_e = h_o + H_{flt} + z + h_m$$

Donde:

Ho: presión del aspersor en m.

Hflt: perdidas de fricción en la lateral en m.

Z: dif. De nivel en la entrada de la lateral y el final en m.

Hm: perdidas menores (hfm):

$$h_{fm} = \frac{K * V^2}{2g}$$

Dónde:

K : Constante de perdida por fricción para el accesorio.

V: Velocidad del agua en la tubería.

G: Valor de la aceleración por efecto de la gravedad.

Tabla N° 10: Valores de K en accesorios para pérdidas menores por fricción.

ACCESORIO	K
Válvula irreversible (abierta)	2.5
Válvula de compuerta abierta del todo	
1/4 cerrada	0.2
1/2 cerrada	1.2
3/4 cerrada	6
	24
Codo de 90 (curva)	0.9
Codo de 45 (curva)	0.4
Ingreso atornillado a tubo	0.5
Ramificación de T	
Alejamiento	
d1/d2 = 1/4	0.9
d1/d2 = 1/2	0.6
d1/de = 3/4	0.2
d2/d1 = 1/4	0.4
d1/d2 = 1/2	0.3
d2/d1 = 3/4	0.2

Fuente: J. Sandoval.

- b) Pérdidas de carga por fricción en la principal para la tubería de succión y la tubería de descarga (h_{fp}):

Las pérdidas por fricción en la tubería principal se determinaron de acuerdo a lo establecido en el inciso 5.4.

- c) Pérdidas menores en la principal (h_{fmp}):

Las pérdidas menores en la tubería principal se determinaron de la misma manera que las pérdidas menores (h_m) en el inciso 5.5.1.a.

- d) Carga estática (c_e):

Se tomó como la diferencia de altura entre el nivel del agua en la fuente y el nivel del terreno más alto en la entrada del lateral (lateral crítico).

3.3.5.2. Potencia de la bomba al eje = (H_p)

$$H_p = \frac{Q(ips) * CDT}{76 * eF.}$$

Dónde:

Q: Caudal de operación en lps.

CDT: Carga dinámica total requerida en m.

Ef: Eficiencia de la bomba en decimales.

3.3.5.3. Potencia de motor:

Si se utilizó una bomba centrífuga la cual recibirá la energía del motor por transmisión directa.

3.3.6. Características de la unidad de bombeo:

Se obtuvo las características propias de la bomba centrífuga recomendada, para asegurar el perfecto funcionamiento del sistema y conocer el requerimiento de energía.

En ese sentido, se determinaron las siguientes características:

3.3.6.1. Carga neta positiva de succión (Npsh):

Esta, en función de las características propias de la región y no es más que la altura a la que se puede elevar el agua dentro de una tubería, por efecto de la presión barométrica y las características de presión de vapor del agua, cuando se provoca un vacío en dicha tubería. Como condición para el perfecto funcionamiento de la bomba, esta Npsh debe ser mayor que la requerida por la bomba.

$$Npsh = pb - (Ees + pv + P)$$

Dónde:

Pb: presión barométrica en m.

Ees: Elevación estática de succión en m.

Pv: Presión de vapor del agua a la temperatura ambiente en m.

P: Perdidas por fricción en m.

Npsh (disponible) > Npsh (requerida)

3.3.6.2. Curva característica del bomba en el mercado:

Se analizó fundamentalmente para verificar la eficiencia con la cual operara dicha bomba y compararla con la eficiencia asumida en el inciso 5.5.2.

3.3.7. Análisis de costos:

Se consideraron los costos del equipo para la implementación del sistema y los costos de operación.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. BALANCE HIDRICO GENERAL:

De acuerdo a los datos de precipitación y evapotranspiración potencial de las últimas dos décadas se logró realizar el balance hídrico general y determinar la época crítica de demanda de agua en el centro poblado de Chijuyo Copapujo del distrito de llave provincia de El Collao.

El análisis indica que la demanda de riego comprenderá los meses de Mayo, Junio, Julio, Agosto, Setiembre, Octubre. En consecuencia los datos climatológicos de estos meses son de suma importancia para el diseño y operación del sistema de riego.

El período de lluvias de mayor magnitud comienza a partir del mes de Diciembre y se prolonga hasta Marzo, el período seco (invierno), comprende los meses de Mayo a Agosto, las precipitaciones con sus mínimos valores llegan a ser del 3.6% en promedio, los meses transitorios corresponden a Abril, Setiembre a Noviembre.

Precipitación.

La precipitación es la fase del ciclo hidrológico que da origen a todas las corrientes superficiales y profundas, debido a lo cual su evaluación y el conocimiento de su distribución, tanto en el tiempo como en el espacio, son problemas básicos en hidrología.

Se le puede llamar precipitación a cualquier tipo de agua que cae de las nubes sobre la superficie de la tierra, ya sea en estado sólido o en estado líquido, esto incluye lluvia, llovizna, nieve, granizo, generalmente, menos la neblina y rocío.

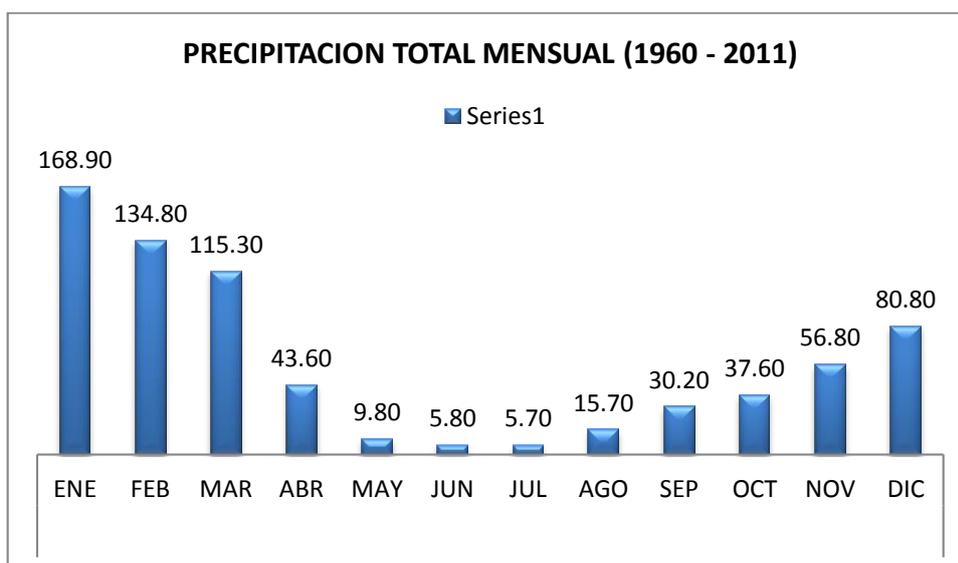
Las características estacionales del clima en la región de la cuenca del río llave, se manifiestan principalmente en la variación del régimen de las precipitaciones. Se sabe que los cultivos no solo son afectados por la

poca precipitación anual, sino también por su irregular distribución a lo largo de todo el año.

Tabla Nº 11: PRECIPITACION TOTAL MENSUAL (1960-2011) ESTACION ILAVE

DEPARTAMENTO: PUNO				PROVINCIA: EL COLLAO				DISTRITO: ILAVE				
LATITUD: 16ª 5'5''				LONGITUD: 69º 38'37''				ALTITUD: 3850				
MESES												TOTAL
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
168,90	134,80	115,30	43,60	9,80	5,80	5,70	15,70	30,20	37,60	56,80	80,80	705,00

Fuente: MINAG-ANA-DCPRH-ALA Ilave - 2012



La precipitación es una de las variables climáticas más importantes que influyen en la producción agrícola, puesto que la precipitación pluvial es, normalmente, la única fuente de humedad proporcionada al suelo.

Si bien los volúmenes totales del promedio anual, dan una buena visión de la distribución areal de la precipitación, hay que tener en cuenta que para las actividades agrícolas se hace necesario conocer la variación de la precipitación en forma estacional.

Evaporación

La evaporación es el proceso físico mediante el cual el agua se convierte a su forma gaseosa. La evaporación del agua a la atmósfera ocurre en la superficie de ríos, lagos, suelos y vegetación. La evaporación es otro de los elementos principales de la fase del ciclo hidrológico.

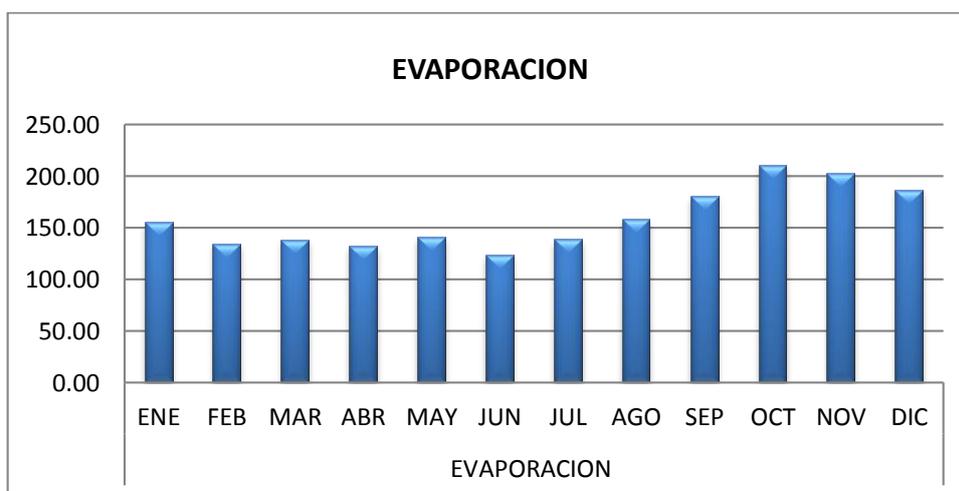
Los factores que influyen en la evaporación:

- Humedad relativa: La relación es inversa, entre mayor sea el contenido de vapor en la atmósfera menor será la evaporación.
- Temperatura del aire: Al aumentar la temperatura aumenta la evaporación, debido a que se aumenta la capacidad de la masa de aire de almacenar vapor de agua.
- Viento: El viento lo que hace es remover las masas de vapor de agua, aumentando el déficit de vapor del aire o la demanda evaporativa.
- Radiación solar: Es la fuente de energía del proceso, ya que él la que calienta el agua provocando el paso del estado líquido al estado de vapor.
- Presión atmosférica: Su efecto sólo es apreciable cuando hay grandes diferencias en altitud, Tanto menor sea la presión atmosférica mayor será la evaporación.
- Salinidad del agua: La evaporación es inversamente proporcional a la salinidad del agua.

Tabla Nº 12: EVAPORACIÓN

DEPARTAMENTO: PUNO				PROVINCIA: EL COLLAO				DISTRITO: ILAVE				
LATITUD: 16º 5'5''				LONGITUD: 69º 38' 37''				ALTITUD: 3850				
MESES												TOTAL
ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
154,90	134,40	138,00	131,90	140,80	123,50	138,40	157,90	180,20	210,20	203,00	186,60	1899,8

Fuente: MINAG-ANA-DCPRH-ALA Ilave – 2012



4.2. DETERMINACIÓN DE NECESIDADES DE AGUA PARA EL CULTIVO DE LAS PLANTAS EN EL CENTRO POBLADO DE CHIJUYO COPAPUJO.

El objetivo central de un proyecto de riego es satisfacer, en el momento adecuado y en la cantidad necesaria, los requerimientos de agua de los cultivos, los cultivos dependen directamente las dimensiones de las obras de riego, por lo tanto una sub-estimación o sobre-estimación de las mismas, incide directamente en el dimensionamiento y consecuentemente en su costo.

4.2.1. Disponibilidad de agua:

4.2.1.1. Características del pozo:

El pozo presenta una profundidad total desde la superficie del suelo de 239.6 metros, con un nivel estático a una profundidad de 58.55 metros, el nivel dinámico para el caudal máximo permisible (300 GPM aproximadamente) es de 63 metros desde la superficie y puede soportar un tiempo de bombeo hasta de 48 horas.

En base a la prueba de bombeo del pozo se pudo obtener la información siguiente referente a la disponibilidad de agua:

Según la prueba de bombeo por fases a caudal variable, el pozo puede soportar la extracción de gastos de 165 GPM, 310 GPM y 410 GPM y tener una recuperación de su nivel de abatimiento en un tiempo de 150 minutos aproximadamente.

Figura N°01: Prueba de bombeo por fases para el pozo mecánico del centro poblado de Chijuyo copapujo.

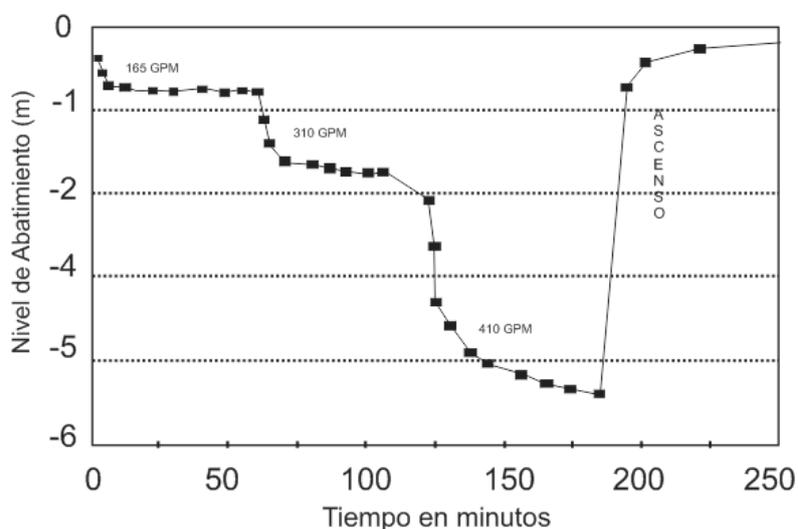
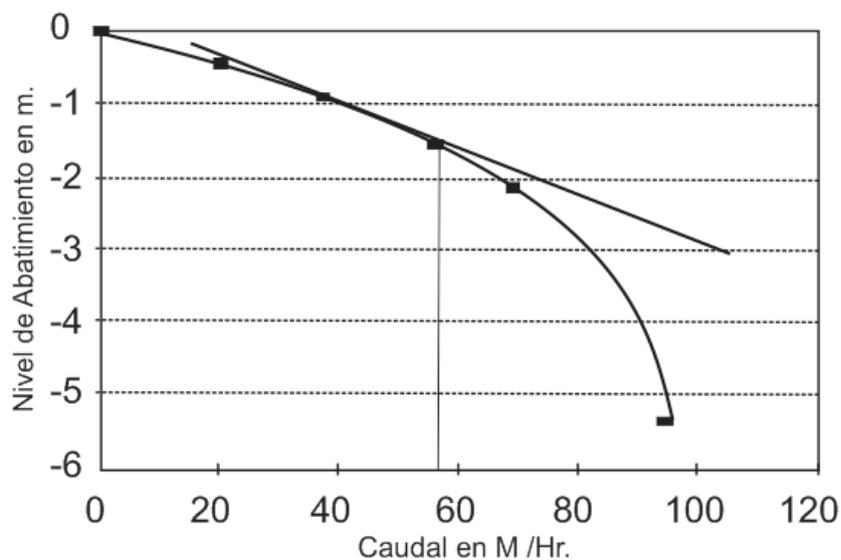


Figura N°02: Relación caudal – descenso para el pozo de la población en estudio.



4.2.1.2. Caudal bombeado:

El caudal bombeado actualmente en la operación se determinó por el método volumétrico, de donde se obtuvo que la bomba extrae del pozo un caudal de 60 metros cúbicos por hora lo que equivale a 264 GPM.

Relacionando el caudal bombeado con el caudal permisible, nos damos cuenta que el caudal extraído por la bomba es un poco mayor al caudal permisible.

4.2.2. Calidad de agua para riego:

De acuerdo al análisis de laboratorio, se encontró que el agua presenta las siguientes características:

Tabla N° 13: Informe de análisis de agua en función del tiempo de bombeo del pozo mecánico del centro poblado de Chijuyo Copapujo.

Tiempo de Bombeo	1 hr	2 hrs	3hrs
	Punto de muestreo		
PARAMETROS EVALUADOS			
Turbiedad	0.50	0.41	0.49
Temperatura (*)	0.9	0.9	0.9
pH	7.3	7.5	6.96
Conductividad	13	11	11
Solidos Disueltos Totales	5.8	4.2	4.7
Solidos Suspendidos	2.7	3.1	2.7
Dureza Total	<1.1	<1.4	<1.2
Cloruros	<2.3	<2.5	<2.3
Sulfatos	<4.2	<4.1	<4.5

Fuente: Laboratorio B&C S.A.C. ensayos químicos – 2013.

A medida que transcurre el tiempo de bombeo, se va aumentando el nivel de abatimiento y en consecuencia, la calidad del agua en cuanto al contenido de calcio, Bicarbonatos, porcentaje de sodio soluble y conductividad eléctrica presentan valores mayores; por lo que el agua es más dura a medida que desciende el nivel de abatimiento.

A pesar de los cambios químicos que se manifiestan, el agua de riego se clasifica dentro de la clase C1S1, esto significa que el agua es de baja salinidad, puede utilizarse para riego en la mayor parte de cultivos, en casi cualquier tipo de suelo, con muy poca probabilidad de que se

desarrolle salinidad y peligro de sodio intercambiable. Se necesita algún lavado pero éste se logra en condiciones normales de riego, excepto en suelos de muy baja permeabilidad.

4.2.3. Determinación de la evapotranspiración potencial (Etp):

Se estimó la evapotranspiración potencial (Etp) por medio de ecuaciones empíricas y el tanque tipo "A", a estas estimaciones se les aplicó un análisis estadístico de correlación con los valores reales medidos con el lisímetro. En base al análisis se logró determinar de la ecuación más adecuada y viable para la estimación diaria de la Etp con la cual se construyeron las curvas de Frecuencia de ocurrencia.

4.2.3.1. Correlación ecuación de Penman – Lisímetro:

Como resultado del análisis de correlación se obtuvo que la ecuación de Penman estima la evapotranspiración potencial mediante el modelo:

$$Y = 0.99X + 0.03$$

$$r^2 = 0.69$$

Dónde:

Y = Evapotranspiración potencial por el método directo (lisímetro)

X = Evapotranspiración potencial por la ecuación de penman.

$$X = C * (W * R_n * (1 - W)) * F_u * (e_a - e_d).$$

Dónde:

C = Factor de corrección.

W = Ponderación por radiación.

R_n = Radiación Solar.

F_u = Factor en función del viento

e_a = Presión de vapor medida,

e_d = Presión de vapor real.

4.2.3.2. Correlación ecuación de Hargreaves – Lisímetro:

Esta ecuación estima la evapotranspiración potencial mediante el modelo de correlación.

$$Y = 0.42 X + 1.42$$

$$r^2 = 0.48$$

Dónde:

Y = Evapotranspiración potencial por método directo (lisímetro)

X = Evapotranspiración potencial por la ecuación de Hargreaves.

$$X = 0.0075(0.0075RM(n/N)^{1/2})(T^D F)$$

Dónde:

RM = Radiación Solar.

n = Brillo Solar real.

N = Brillo solar teórico

4.2.3.3. Correlación ecuación de Blaney y Cridle-Lisímetro:

Esta ecuación se correlacionó con el método directo mediante el modelo siguiente:

$$Y = 0.2 X + 2.1$$

$$r^2 = 0.25$$

Dónde:

Y = Etp por el método directo

X = Etp estimada por Blaney y Chidles

$$X = Kt(0,457f \text{ } ^\circ\text{C}+8.13)P$$

$$Kt = 0.24 + 0.032t^\circ\text{C}$$

Dónde:

Kt = Coeficiente por temperatura.

P = Porcentaje de horas luz

4.2.3.4. Correlación tanque tipo "A"-Lisímetro:

El método del tanque tipo A presentó una correlación con el lisímetro expresado en la siguiente ecuación:

$$Y = 0.88X + 0.348$$

$$r^2 = 0.94$$

Dónde:

Y = Evapotranspiración potencial medida con lisímetro

X = Evapotranspiración potencial estimada por medio del tanque tipo A X

= Evaporación del Tanque * 0.8

Los resultados anteriores manifiestan que los métodos indirectos en orden de mejor respuesta a la estimación de la evapotranspiración potencial fue: **a)** El método del tanque tipo A, probablemente porque se trata de un método que mide la evaporación real diaria lo cual se ajusta perfectamente a los cambios agrometeorológicos; **b)** La ecuación de Penman, se debe fundamentalmente a que es una ecuación compleja que utiliza gran cantidad de variables climatológicas; seguidamente **c)** la ecuación de Hargreaves, su respuesta se debe a que no considera más variables que la temperatura y el brillo solar; y por último **d)** La ecuación de Blaney y Cridfe, que debido a su respuesta expresada en el modelo de correlación queda completamente descartada para utilizarse bajo las condiciones ambientales del presente trabajo, probablemente porque es una ecuación destinada para estimar la Evapotranspiración potencial mensual.

Para concretar en el análisis de la evapotranspiración potencial, es necesario dar a conocer cuál de las tres primeras ecuaciones es la mejor para utilizarla en la estimación de la Etp diaria. Para decidir; el investigador deberá tomar en cuenta con que cantidad de información climatológica y recursos cuenta, es decir, si se tiene un tanque tipo A, será preferido ante las demás ecuaciones; si no fuera así podrá utilizar la

ecuación de Penman, siempre y cuando cuente con todos los datos que esta requiere; y por último podrá utilizar la ecuación de Hargreaves ya que solo se requiere de la temperatura y el brillo solar.

4.2.4. Estimación de la evapotranspiración potencial para el diseño del sistema de riego.

Conociendo los valores de la Evapotranspiración potencial diarios fácilmente puede obtenerse un promedio de los registros por semana, por quincena o por mes, dependiendo de los requerimientos y necesidades del investigador.

Para nuestro caso como se trata de un diseño de un sistema de riego para cubrir demandas de agua por parte de los cultivos la cual está en función de su evapotranspiración diaria, es ideal llevar los registros diarios de la Evapotranspiración potencial y no es aconsejable estimar la evapotranspiración diaria por promedios de períodos mayores de 5 días. Lo anterior significa que, si se toman los registros mensuales para estimar la evapotranspiración diaria, se estará asumiendo un valor representativo para todos los días del mes, sin tomar en cuenta las variaciones climatológicas que puedan ocurrir durante dicho intervalo de tiempo.

TABLA N° 14: Estimación de la evapotranspiración potencial mes enero, febrero, marzo, abril, mayo, junio, julio, agosto, setiembre, octubre, noviembre, diciembre.

<i>Mes: Enero</i>				<i>Mes: Julio</i>			
<i>Periodo: 2006 - 2011</i>				<i>Periodo: 2006 - 2011</i>			
<i>intervalo ETP</i>	<i>F</i>	<i>Fa</i>	<i>% Prob. Ocurrencia</i>	<i>intervalo ETP</i>	<i>F</i>	<i>Fa</i>	<i>% Prob. Ocurrencia</i>
0 - 1.	4	4	3	0 - 1.	7	7	5
1 - 2.	30	34	22	1 - 2.	30	37	26
2 - 3.	52	86	55	2 - 3.	41	78	54
3 - 4 .	56	142	92	3 - 4 .	30	108	74
4 - 5.	8	150	97	4 - 5.	27	135	93
5 - 6.	4	154	99	5 - 6.	5	140	97
6 - 7.	1	155	100	6 - 7.	4	144	99
7 - 8.	0	155	100	7 - 8.	1	145	100
8 - 9.	0	155	100	8 - 9.	0	145	100

Mes: Febrero

Mes: Agosto

Periodo: 2006 - 2011

Periodo: 2006 - 2011

<i>intervalo ETP</i>	<i>F</i>	<i>Fa</i>	<i>% Prob. Ocurrencia</i>	<i>intervalo ETP</i>	<i>F</i>	<i>Fa</i>	<i>% Prob. Ocurrencia</i>
0 - 1.	3	3	2	0 - 1.	8	8	5
1 - 2.	10	13	9	1 - 2.	25	33	21
2 - 3.	23	36	26	2 - 3.	39	72	46
3 - 4 .	53	89	64	3 - 4 .	56	128	83
4 - 5.	40	129	92	4 - 5.	13	141	91
5 - 6.	7	136	97	5 - 6.	9	150	97
6 - 7.	1	137	98	6 - 7.	0	150	97
7 - 8.	3	140	100	7 - 8.	5	155	100
8 - 9.	0	140	100	8 - 9.	0	155	100

Mes: Marzo

Mes: Setiembre

Periodo: 2006 - 2011

Periodo: 2006 - 2011

<i>intervalo ETP</i>	<i>F</i>	<i>Fa</i>	<i>% Prob. Ocurrencia</i>	<i>intervalo ETP</i>	<i>F</i>	<i>Fa</i>	<i>% Prob. Ocurrencia</i>
0 - 1.	0	0	0	0 - 1.	11	11	7
1 - 2.	8	8	5	1 - 2.	28	39	26
2 - 3.	14	22	14	2 - 3.	51	90	60
3 - 4 .	51	73	47	3 - 4 .	26	116	77
4 - 5.	53	126	81	4 - 5.	16	132	88
5 - 6.	24	150	97	5 - 6.	5	137	91
6 - 7.	5	155	100	6 - 7.	3	140	93
7 - 8.	0	155	100	7 - 8.	10	150	100
8 - 9.	0	155	100	8 - 9.	0	150	100

Mes: Abril

Mes: Octubre

Periodo: 2006 - 2011

Periodo: 2006 - 2011

<i>intervalo ETP</i>	<i>F</i>	<i>Fa</i>	<i>% Prob. Ocurrencia</i>	<i>intervalo ETP</i>	<i>F</i>	<i>Fa</i>	<i>% Prob. Ocurrencia</i>
0 - 1.	3	3	2	0 - 1.	7	7	5
1 - 2.	6	9	6	1 - 2.	40	47	30
2 - 3.	16	25	17	2 - 3.	60	107	69
3 - 4 .	43	68	45	3 - 4 .	24	131	85
4 - 5.	51	119	79	4 - 5.	8	139	90
5 - 6.	19	138	92	5 - 6.	6	145	94
6 - 7.	10	148	99	6 - 7.	3	148	95
7 - 8.	1	149	99	7 - 8.	7	155	100
8 - 9.	1	150	100	8 - 9.	0	155	100

Mes: Mayo

Mes: Noviembre

Periodo: 2006 - 2011

Periodo: 2006 - 2011

<i>intervalo ETP</i>	<i>F</i>	<i>Fa</i>	<i>% Prob. Ocurrencia</i>	<i>intervalo ETP</i>	<i>F</i>	<i>Fa</i>	<i>% Prob. Ocurrencia</i>
0 - 1.	2	2	1	0 - 1.	8	8	6
1 - 2.	11	13	8	1 - 2.	37	45	31
2 - 3.	17	30	19	2 - 3.	44	89	61
3 - 4 .	52	82	53	3 - 4 .	24	113	78
4 - 5.	44	126	81	4 - 5.	24	137	94
5 - 6.	14	140	90	5 - 6.	5	142	98
6 - 7.	11	151	97	6 - 7.	3	145	100
7 - 8.	4	155	100	7 - 8.	0	145	100
8 - 9.	0	155	100	8 - 9.	0	145	100

Mes: Junio

Mes: Diciembre

Periodo: 2006 - 2011

Periodo: 2006 - 2011

<i>intervalo ETP</i>	<i>F</i>	<i>Fa</i>	<i>% Prob. Ocurrencia</i>	<i>intervalo ETP</i>	<i>F</i>	<i>Fa</i>	<i>% Prob. Ocurrencia</i>
0 - 1.	4	4	3	0 - 1.	10	10	6
1 - 2.	15	19	14	1 - 2.	42	52	34
2 - 3.	34	53	38	2 - 3.	75	127	82
3 - 4 .	41	94	67	3 - 4 .	21	148	95
4 - 5.	28	122	87	4 - 5.	6	154	99
5 - 6.	8	130	93	5 - 6.	0	154	99
6 - 7.	6	136	97	6 - 7.	1	155	100
7 - 8.	4	140	100	7 - 8.	0	155	100
8 - 9.	0	140	100	8 - 9.	0	155	100

En síntesis podría decirse que se estima un valor sin conocer su frecuencia de ocurrencia ni cuantos de todos esos eventos ocurridos en ese periodo de tiempo están por debajo de ese valor estimado.

Como se trata de usar eficientemente el recurso hídrico y cubrir perfectamente la demanda de los cultivos, es necesario diseñar el sistema de riego con una lámina de Etp de manera que cubra la mayoría de los eventos ocurridos durante un mes determinado de riego, es decir no subestimar o sobreestimar esa lámina, sino basarse en la frecuencia de ocurrencia acumulada de los registros diarios o registros de cada 5 días como máximo. De esa manera el sistema de riego se diseñará para el porcentaje de eventos de evapotranspiración que se quieran cubrir, es decir podrá diseñarse para el 100% de los eventos o para el 50% de los eventos y en consecuencia la lámina de Evapotranspiración para el diseño será mayor en el primer caso que en el segundo.

Cuando se realiza el diseño de un sistema de riego, se calcula satisfacer las demandas evapotranspirativas de los cultivos. Para establecer esas demandas de agua es importante conocer el coeficiente hídrico del cultivo y el valor de la evapotranspiración potencial. La gráfica ayudará a establecer la evapotranspiración potencial en función del % de los casos de ocurrencia que se pretendan cubrir, es decir, si se quiere diseñar un sistema de riego por aspersión que cubra el 60% de los casos, entonces se utilizará la curva del 60% de frecuencia acumulada y el mes más crítico del año (ejemplo Julio), se sigue la línea vertical del mes de julio y se intersecta con la curva del 60% y se lleva en forma horizontal hacia el eje "Y" donde se obtiene el valor estimado de evapotranspiración potencial el cual garantiza cubrir el 60% de los casos luego se multiplica este valor por el coeficiente hídrico del cultivo (K_c).

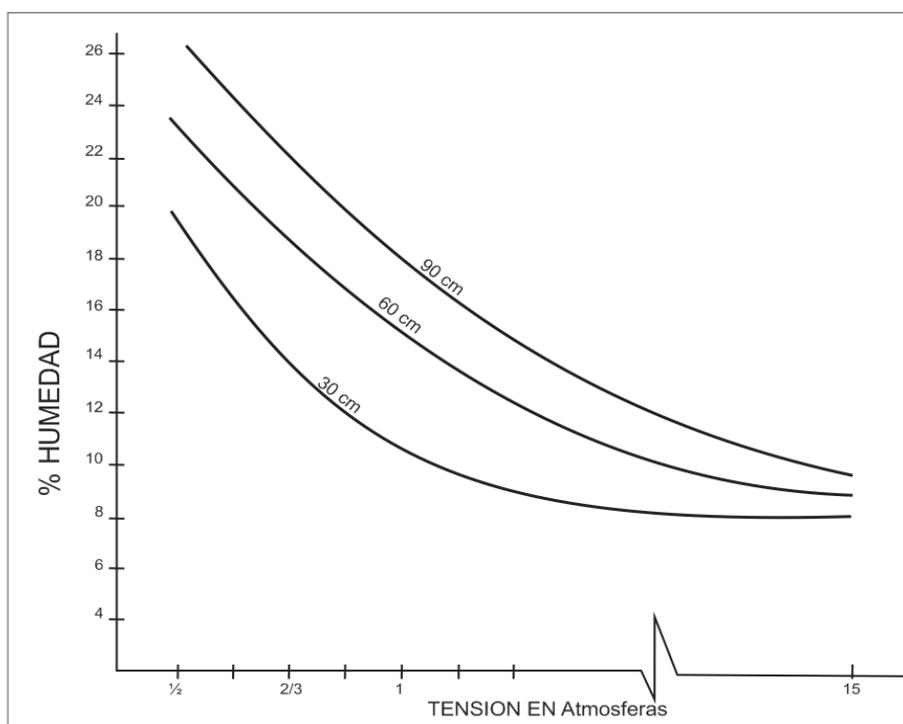
4.3. Estudios edafológicos:

Los estudios realizados fueron encaminados únicamente hacia los factores que indican y están involucrados con el movimiento del agua en el suelo, los cuales se describen a continuación:

4.3.1. Curvas de retención de humedad:

Mediante las curvas de retención de humedad puede deducirse que la mayor cantidad de agua se encuentra disponible a bajas tensiones, principalmente en los estratos superiores, esto significa que la planta no necesitará mucha energía para extraer la mayor parte del agua disponible, por otro lado, el suelo no tiene muy buena capacidad de retención de agua y por ende la lámina de agua almacenada en el perfil del suelo será relativamente pequeña lo cual implica que el intervalo de riego sea corto.

Figura N° 03: curvas de retención de humedad a 30cm, 60cm., 90cm., de profundidad en el perfil del suelo de la zona en estudio.



4.3.2. Lamina de humedad disponible

El comportamiento de la lámina de humedad disponible en el perfil del suelo se muestra en la tabla siguiente:

Tabla N° 15: Comportamiento de la humedad en el suelo para dos estratos diferentes en el área de estudio

PERFIL A			PERFIL B		
ESTRATO (en cm)	LAMINA DISPONIBLE	LAMINA DISPONIBLE POR CAPA 10 cm.	ESTRATO (en cm)	LAMINA DISPONIBLE	LAMINA DISPONIBLE POR CADA 10 cm.
30	4.52	1.51	30	4.75	1.58
60	3.58	1.2	60	3.7	1.2
90	4.03	1.3	70	1.3	1.3
145	7.34	1.3	90	2.82	1.41
190	6.4	1.4	130	5.34	1.3
215	2.39	0.9	200	10.38	1.48
			225	2.6	1.04

Referencia:

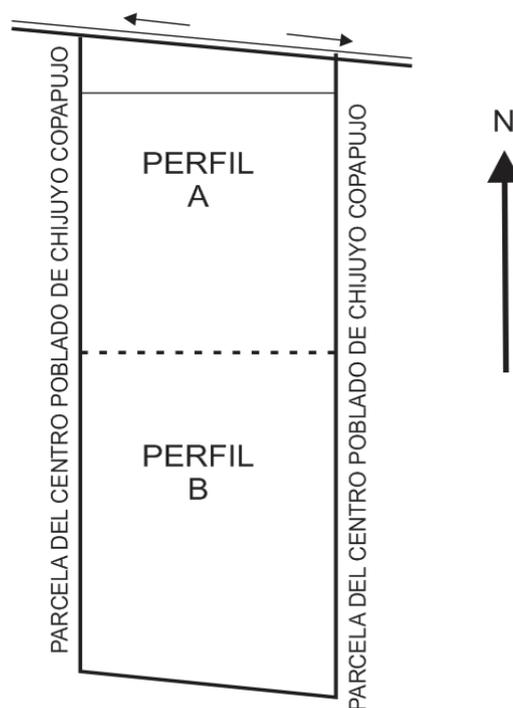
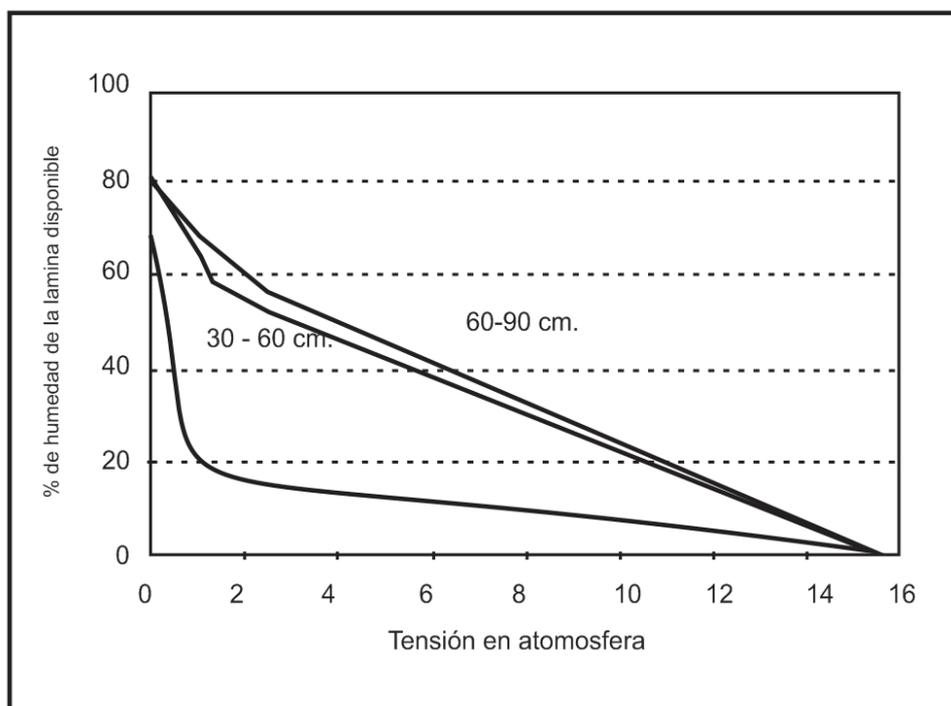
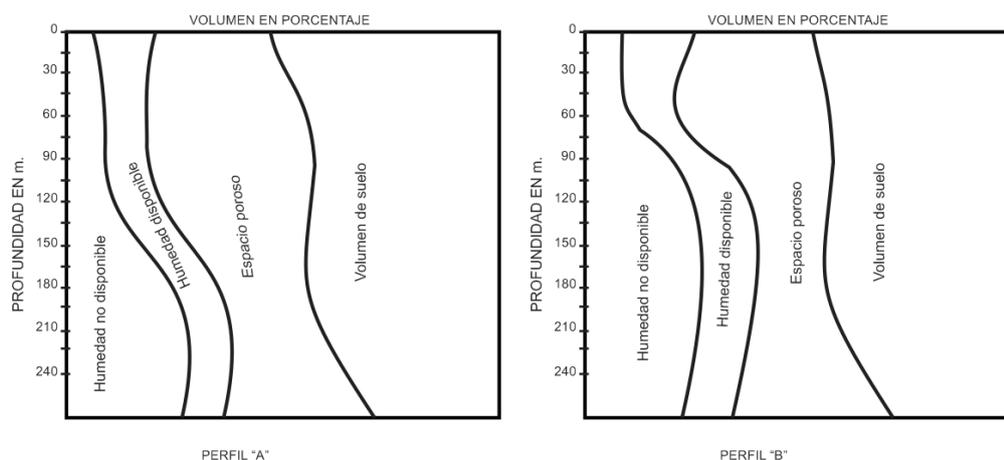


Figura N° 04: curva de disponibilidad del agua en el suelo a diferentes profundidades en función a la tensión, en el centro poblado de Chijuyo Copapujo



Para una mejor comprensión de la humedad disponible en el perfil del suelo, se presenta la siguiente figura:



Graficas que muestran el comportamiento de la lámina de humedad disponible en el perfil del suelo, para dos estratos diferentes en la zona de estudio.

En función de las características de uso del suelo, el área de estudio, se dividió en dos áreas; una área que ha sido utilizada más intensivamente (FIGURA A) y otra que se ha cultivado con menos intensidad (FIGURA B). Ambas áreas presentan características similares en cuanto a la humedad disponible que ofrece su capacidad de almacenamiento, dicha lámina de humedad es bastante homogénea a lo largo del perfil del suelo, aumentando un poco en los primeros 30 centímetros de profundidad y en el horizonte subterráneo de 1.50 a 2.0 metros.

En lo que sí difieren ambas áreas es en la densidad aparente de los horizontes del perfil, y por ende en el espacio poroso. En el perfil A se presenta un amplio espacio poroso desde los 30 cm hasta aproximadamente 1.60 m. de profundidad, se reduce gradualmente hasta los 2 metros y vuelve a incrementarse, mientras que el perfil B presenta un amplio espacio poroso hasta una profundidad aproximada de 1.0 metro, de ahí empieza a reducirse el espacio poroso hasta una profundidad de 2.0 metros y luego vuelve a incrementarse.

Después de los 2 metros de profundidad el espacio poroso se vuelve a incrementar en las dos áreas, probablemente por las características del material original del suelo.

4.3.3. Velocidad de infiltración en el suelo.

En función de las diferentes pruebas de infiltración, se construyó un mapa que muestra la característica de velocidad de infiltración básica en toda el área de estudio dadas las características del suelo, se concluye que presenta una velocidad de infiltración muy alta. De manera general el modelo de Kostiacov Lewis queda expresado para esas condiciones de suelo como:

Infiltración básica (I_b):

$$I_b = 76.67(-600(-0.25))^{-0.25}$$

Tiempo necesario para que se infiltre una lamina cualquiera (t):

$$t = \left[\frac{60L(0.75)}{76.67} \right]^{-3}$$

L = Lamina a infiltrarse en cm.

Lamina en un tiempo determinado (L):

$$L = \frac{(76.67t)^{0.75}}{45}$$

T = tiempo transcurrido en minutos

4.4. PROPUESTA DEL DISEÑO DE RIEGO POR ASPERSIÓN MEDIANTE BOMBEO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL CENTRO POBLADO DE CHIJUYO COPAPUJO.

4.4.1. Datos generales:

Cultivo: Papa

Area total a regar: 3.000 ha.

Infiltración básica: 5.78 cm/hr

Profundidad radicular de diseño: 50 cm.

Evapotranspiración potencial: 5.0mm.

Umbral de riego: 40%

Eficiencia agronómica: 76%

Coefficiente Kc para diseño: 0.8

4.4.2. Cálculos básicos:

a) Lámina de humedad disponible (Lhd):

$$Lhd\ 0-30cm = (19.29 - 7.68) * 1.30 * 0.3 = 4.53$$

$$Lhd\ 30 - 50cm = (19.03 - 8.58) * 1.14 * 0.2 = 2.38$$

Total = 6.91cm.

b) Lamina rapidamente aprovechable (Lhra):

$$Lhra = 6.91 * 0.4$$

$$Lhra = 2.76cm.$$

c) Lamina bruta de riego (Lbr):

$$Lbr = 2.76 / 0.76$$

$$Lbr = 3.63cm.$$

d) Evapotranspiración real (Etr):

$$Etr = 5\ mm/día * 0.8$$

$$Etr = 4\ mm/día.$$

e) Frecuencia de riego (Fr):

$$Fr = 2.76\ cm / 0.4\ cm/día$$

$$Fr = 7\ días$$

f) Lamina neta ajustada (Lna):

$$Lna = 7 \text{ días} * 0.4 \text{ cm/día}$$

$$Lna = 2.8 \text{ cm.}$$

g) Lamina bruta ajustada (Lba):

$$Lba = 2.8 \text{ cm}/0.76$$

$$Lba = 3.68 \text{ cm.}$$

h) Intensidad de riego:

$$Ir = 3.68 \text{ cm}/ 3 \text{ hrs de riego}$$

$$Ir = 2.46 \text{ cm/hr} < \text{ que } Ib = 5.78 \text{ cm/hr.}$$

i) Numero de turnos de riego:

En función del tiempo de trabajo de 9 horas por día, se consideran 3 turnos de riego de tres horas cada uno.

j) Área a regar por día (Ard):

El área a regar por día se definió en función de un caudal disponible y fácil de manejar de 33mm³/hr proveniente del pozo mecánico y sabiendo que se aplicara una lamina de 3.68cm en un tiempo de riego de 3 horas para cada uno de los tres turnos.

$$Ard = 4285.71 \text{ m}^2$$

k) Area aregar por turno

$$Art = 4285.71/3$$

$$Art = 1428.57$$

l) Espaciamiento entre aspersores y laterales = 9 X 12 respectivamente.

m) Area a regar por lateral (Arl):

$$Arl = 985 \text{ m}^2$$

n) Numero de laterales simultáneamente = 2

4.4.3. Requerimiento de caudal:

- a) Caudal del aspersor = 1.36 m³/hr
- b) Numero de aspersores = 24
- c) Caudal total = 32.64 m³/hr.
155 gpm
- d) Tipo de aspersor:
 Marca : Naan 322/90
 Tipo : Bivar 4.5 * 2.5
 Caudal : 1.36 m³/hr
 Presión de trabajo : 30 psi.
 Diámetro de mojado: 24 metros.

4.4.4. Caudal de tubería:

Tabal N° 16: Diámetro de tubería y condiciones del fluido para el sistema de riego por aspersión en el Centro Poblado de Chijuyo Copapujo.

Caudal (en Gpm)	Longitud en m.	Diámetro en pulgadas	Velocidad en m/s	Perdida por fricción (Hf)	Factor de salidas	Hf real	No de tubos	Hf real Total
TUBERIA PRINCIPAL								
155	890	4	1.2	11.72	0.63	7.38	1	7.38
TUBERIA LATERAL								
77.5	116	3	1.07	1.72	0.38	0.65	2	1.3
ELEVADORES								
6	1.2	03-abr	1.33	0.16	1	0.16	24	2.5

4.4.5. Presión en el origen del lateral (Po)

si el lateral es horizontal

$$P_o = P_m + 0.75h + H_a$$

si el lateral tiene pendiente

$$P_o = P_m + 0.75h \pm \frac{Hg}{2} + H_a$$

Presión en el origen del lateral
 Presión de trabajo del aspersor
 Perdida de carga en el lateral
 Desnivel geométrico del lateral
 Altura del tubo portaaspersor
 Hg/2 = (+) si el lateral es ascendente
 Hg/2 = (-) si el lateral es descendente

Po =	19.79	mca
Pm =	18	mca
h =	1.72	mca
Hg =	0.6	m
Ha =	0.8	m

4.4.6. Requerimiento de potencia:**4.4.6.1. Carga dinámica total (CDT):**

$$CDT = h_e + H_{fp} + h_{fmp} + C_e$$

$$h_e = 27.9\text{m.}$$

$$H_{fp} = 7.38\text{m.}$$

$$h_{fmp} = 2.21\text{m.}$$

$$C_e = 2.1\text{m.}$$

$$CDT = 39.59\text{m.}$$

4.4.6.2. Potencia de la bomba (Hp):

$$Hp = \frac{(9.06/ps * 39.59)}{76}$$

$$Hp = 4.72$$

4.4.6.3. Potencia al eje de la bomba:

$$Hp = (4.71)/0.70 \text{ (eficiencia de la bomba)}$$

$$Hp = 6.7$$

$$Hp = 7$$

4.4.6.4. Potencia del motor:

Se utilizara un motor trifásico y la transmisión será directa Hp = 7

4.4.7. Características de la unidad de bombeo:**4.4.7.1. Carga neta positiva de succión (Npsh):**

$$Npsh = 5.31\text{m.}$$

Nota: esta carga es la disponible bajo las condiciones del área de estudio tanto la carga neta positiva de succión requerida por la bomba no debe sobrepasar su valor

$$Npsh \text{ de la bomba} = 4.5\text{m.}$$

$$5.31\text{m} > 4.5\text{m. (aceptable)}$$

4.5. ANALIZAR LA RENTABILIDAD DE LA PROPUESTA DEL SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

4.5.1. Análisis de costos.

- a) Costo de inversión: = S/. 67,045.03
- Unidad de bombeo = S/. 12,264.75
- Tubería y Accesorios = S/. 44,780.28

Tabla N° 17: Cotización para la implementación de un equipo de bombeo compacidad para 160 GPM y una carga dinámica total de 125'

DESCRIPCIÓN	COSTO
Bomba centrífuga horizontal marca Sta-Rite	
1 modelo Es 1.5x2x6M de 7.5 Hp. 220 V. trifasica.	6308.00
1 Válvula de pie de 4''	560.00
1 Válvula de compuerta de 3''	411.10
1 Válvula de cheque de 3''	703.00
1 Manómetro amortiguado de 100 psi	147.00
1 arrancador magnético F25	844.00
1 Botonera	202.00
1 Guarda nivel con 3 electodos	1139.00
1 Interruptor de seguridad de 3 X 30 Amp. 240V.	242.05
1 Flip-On 3X40 Amps.	357.98
Material complementario	710.32
instalación y arranque	640.30
TOTAL	12264.75

Reservorio = S/. 10.000

- b) Costos fijos. S/. 25.821.03

Todos los costos están estimados por año de trabajo.

- Total de horas de riego al año = 1620 hrs.
- Vida útil del equipo (en horas) = 10.000 hrs.
- Años de depreciación = 6.173 años
- Depreciación por años (Bomba) = S/. 4407.39/año
- Tasa de interés (20%) = S/. 18102.16/año
- Costo unitario de inversión = S/. 22509.55/año
- Reparaciones (FR = 0.27)
(0.27*12264.75) = S/. 3311.48/año

c) Costos variables.

- Mano de obra (para 3 personas) = S/. 33832.5/año
- 1 Persona calificada = S/.22312.5/año
- 2 Personas no calificadas = S/. 11520.0/año
- Gasto de energía = S/. 6804.0/año
- Rendimiento del motor = 5.6Kwh/hr.
- Precio por Kwh = S/. 0.75
- Total de horas / año = 1620 hrs.

d) Resultados de la evaluación económica del proyecto con riego por aspersión.

Flujo de Fondos Netos a precios privados	1	2	3	4	5	6
Flujo de ingresos con riego por aspersión		120,000.00	140,000.00	130,000.00	130,000.00	120,000.00
Flujo de costos totales con riego por aspersión	67,045.03	67,045.03	67,045.03	67,045.03	67,045.03	7,964.19
FFN	(67,045.03)	52,954.97	72,954.97	62,954.97	62,954.97	112,035.81
Tasa descuento	20%					
Valor actual neto (VAN)	142,955					
Tasa interna de retorno (TIR)	90%					
Coeficiente beneficio costo (B/C)	1.84					

4.6. CARACTERÍSTICAS DE LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

a) Área a ser cultivado por riego.

Tabla Nº 18: Distribución de áreas en el ámbito de toda la irrigación

Uso de tierras	Área (has)	Tipo de cultivos	Porcentaje %
Para riego	27000	Cultivos forrajes y	90
Para riego	3000	Pastos naturales	10
TOTAL	30000 m² = 3 Has.		100

Fuente: elaboración propio – 2013

b) Factores que limitan a los cultivos.

La producción agrícola en el ámbito de estudio, se ve limitado a una serie de factores como la, baja tecnología, factores climáticos, escasa capacitación a los productores de la zona, bajo nivel de comercialización, plagas y enfermedades.

c) Análisis del rendimiento de los cultivos.

El nivel tecnológico de los productores corresponde a un nivel bajo, no utilizan semilla certificada para los cultivos anuales, la aplicación de fertilizantes es mínima, el control fitosanitario prácticamente no se realiza, los cultivos permanentes como los pastos cultivados no se renuevan y no se dan la fertilización de mantenimiento, por ello su baja producción y productividad.

Tabla Nº 19: Rendimiento de los cultivos en el ámbito de estudio.

Cultivo	AÑO BUENO	AÑO MALO	PROMEDIO
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha
Trébol más Rye gras	16500	4500	10500
Papa dulce	6000	1000	3500
Papa amarga	7400	3500	5450
Haba (grano seco)	2100	900	1500

Fuente: Información en base a encuestas.

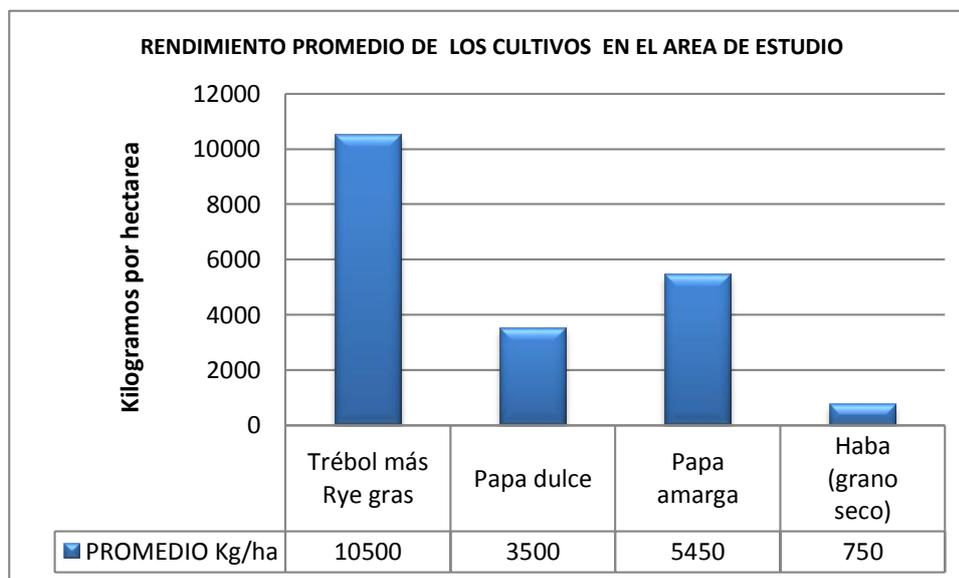


Tabla N° 20: Rendimientos con riego en el área de estudio.

Nº	CULTIVOS	PROD. PROMEDIO MINIMO (Kg./ha)	PROD. PROMEDIO MAXIMO (Kg./ha)
1	Papa	9 500	12 000
2	Trébol Blanco	30 000	45000
3	Haba grano	1 500	2 500

Fuente: Región Agraria - Puno, 2012.

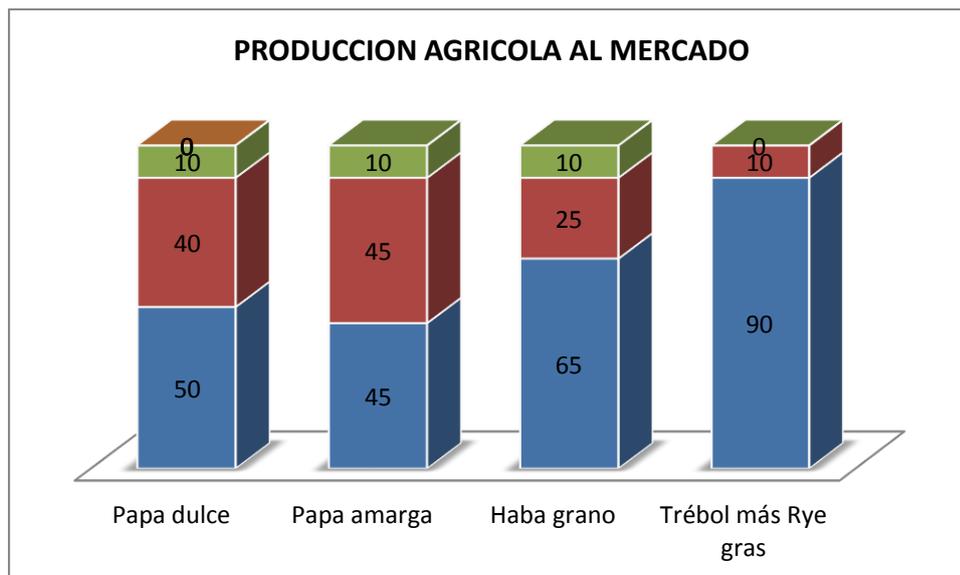
d) Destino de la producción agrícola.

En el ámbito de la zona de estudio, la producción agrícola es destinada básicamente en su integridad al autoconsumo, más que todo en lo que se refiere a los cultivos de papa dulce, papa amarga; excepto en lo que se refiere a los cultivos forrajeros como son alfalfa trébol y otros, que en su mayor proporción son destinados a la venta.

TABLA N° 21: Producción agrícola al mercado.

PRODUCTOS	DESTINO DE PRODUCCIÓN %			TOTAL
	VENTA	AUTOCOSUMO	SEMILLA	
Papa dulce	50	40	10	100
Papa amarga	45	45	10	100
Haba grano	65	25	10	100
Trébol más Rye gras	90	10	0	100

FUENTE: en base a información en campo (encuesta)



e) Precios

Los precios de los principales productos en el ámbito de estudio son:

Tabla N° 22: Estimación de precios de productos agrícolas.

PRODUCTOS	RANGO DE PRECIOS (POR Kg.)	
	EN CHACRA En N.S. (S/.)	EN MERCADO En N.S. (S/.)
Papa dulce	1.2	1.4
Haba grano seco	1.9	2.3
Papa amarga	0.7	1.0
Trébol más Rye gras	0.3	0.5

FUENTE: Elaboración propia. En base a información de campo (Encuesta).

f) Análisis de los costos de producción.

Es conocido que los agricultores no llevan registros de gastos e ingresos para sus cultivos. Es producto de su muy escasa capacidad empresarial y baja tecnología. Normalmente no recuerdan cuánto pagan por un insumo (si es que lo utilizan) pero no contabilizan nada de lo que proviene de su misma parcela (semilla) o de su familia (mano de obra).

Con el fin de estimar los costos en que incurre el agricultor se utilizó información proveniente de los “estudios de casos”, complementada con información obtenida con la encuesta y evaluación en el campo.

Los índices unitarios de utilización de mano de obra, tracción animal, están en relación con el tamaño de la unidad y su capacidad de financiamiento, que conlleva a bajo nivel tecnológico del agricultor. Por ello, lo mencionado explica los bajos índices de rentabilidad de sus cultivos, como consecuencia de un mal manejo de los mismos, por utilizar semilla de la campaña anterior, no fertilizar ni controlar plagas y enfermedades en forma adecuada.

Los análisis de costos unitarios por hectárea son calculados en base a la tecnología tradicional que impera en la zona de estudio, así como se muestra.

Cuadro N° 23: Resumen de costos de producción de cultivos.

CULTIVOS	NUEVOS SOLES X ha
Papa dulce	2 166,50
Papa amarga	1986,50
Haba grano	1 466,00
Trebol + ryegrass (asociado)	1650,00

FUENTE: Elaboración Propia. En base a información de campo.

g) Análisis de la Rentabilidad de los cultivos en la zona de estudio.

La rentabilidad de los cultivos en la zona de estudio se ha determinado solo en base al beneficio/costo, cuya relación es la siguiente:

$$R = \frac{B}{C} (100)$$

Dónde:

R = Rentabilidad en %

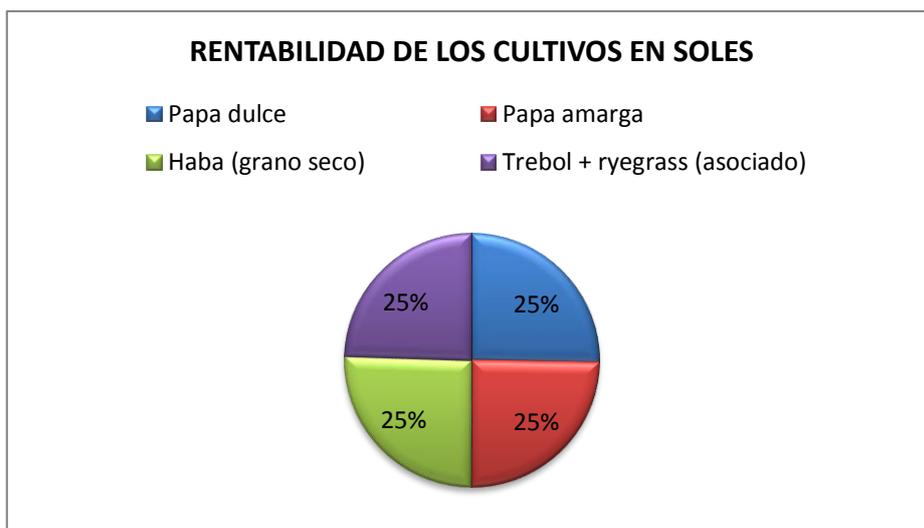
B = Beneficio o Ganancia

C = Costos de Producción

Tabla N° 24: Rentabilidad de los cultivos, considerando rendimiento promedio/ha en chacra.

CULTIVO	RENDIM Kg/Ha	PRECIO S/. x KG	COSTO DE VENTA/Ha	COSTO DE PRODU/Ha (C)	GANANCIA O BENEFICIO (B)	RENTABILIDAD BENEF./COSTO (% R)
Papa dulce	3500	1,2	4200	2166,5	2033,5	93,86
Papa amarga	5450	0,7	3815	1986,5	1828,5	92,05
Haba (grano seco)	1500	1,9	2850	1466	1384	94,41
Trebol + ryegrass (asociado)	10500	0,3	3150	1650	1500	90,91

FUENTE: Elaboración Propia – 2013.

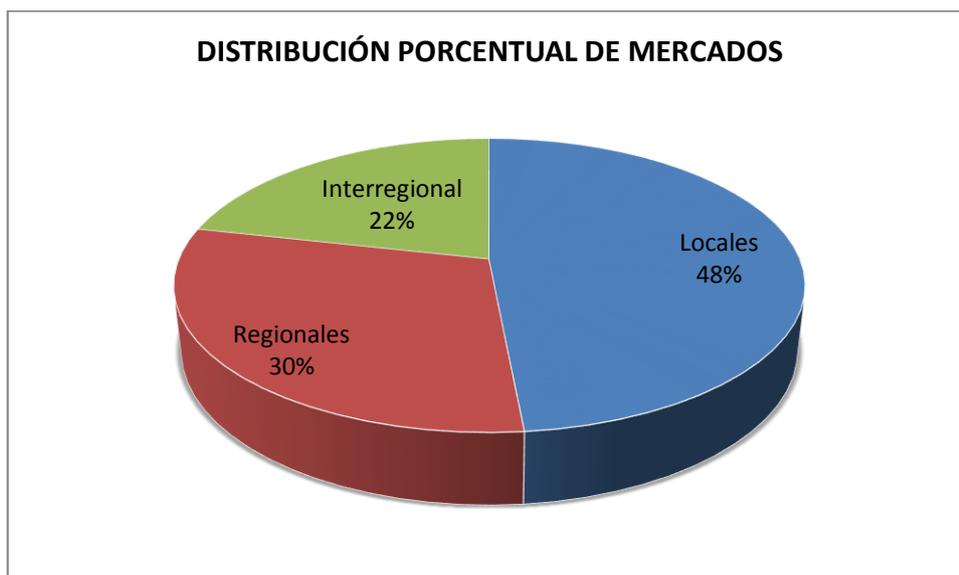


h) Comercialización.

Tabla Nº 25: Distribución porcentual de mercados de comercializa los productos agrícolas

Mercados	Lugar	Encuestados	Porcentaje (%)
Locales	Ilve, Pilcuyo, Juli.	34	48.5
Regionales	Juliaca, Puno	21	30.0
Interregional	Arequipa, Tacna, Ilo, Moquegua, Cuzco	15	21.5
TOTAL		70	100

Fuente: Información según encuesta - 2013



Los principales mercados locales son los mercados de Ilave, Pilcuyo Juli. Así mismo el mayor volumen de los productos agropecuarios es

comercializado en los mercados regionales como Juliaca, Puno, Tacna, Ilo, Arequipa, Cusco, Lima y otros.

Conforme la encuesta realizada, el 48% de los productos agrícolas se comercializan en el mercado local del ámbito de estudio, el 30 % en mercados a nivel regional y solo el 22% va a mercados interregionales. Concluimos que la mayor cantidad de productos se comercializan en el mercado regional y en el mercado local.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El en presente trabajo de “Propuesta de Diseño de Sistema de Riego por Aspersión Mediante Bombeo en el centro poblado de Chijuyo Copapujo. El requerimiento de riego es de aproximadamente de 6 meses que va de mayo – octubre, la ecuación de Penman y el tanque tipo “A” son los métodos indirectos que estiman la evapotranspiración potencial diaria con mejor precisión para las condiciones del área de estudio, el agua del pozo mecánico no tiene ningún limitante para regar la mayoría de cultivos, la mayor cantidad de la lámina de humedad disponible en el suelo, se encuentra retenida a baja tensión, para el estrato de 0 – 30cm. de profundidad, el 80% de la lámina disponible se encuentra retenida aproximadamente a 1 atm. de tensión; mientras que en el estrato de 30 - 90cm. de profundidad, el 40% de la lámina disponible se encuentra retenida a la misma tensión.

La propuesta de diseño implica regar durante 9 horas al día, con dos laterales funcionando simultáneamente, con tres turnos al día de 3 horas por turno y con una bomba de 7.5 Hp., el sistema está diseñado para cubrir un área máxima de 3.000 ha.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda realizar una evaluación en la etapa de funcionamiento y operación, para determinar la eficiencia real del sistema de riego por aspersión.

En los Proyectos no sólo se debe tomar en cuenta los costos de inversión inicial, sino analizar y correlacionar los costos de operación con las capacidades económicas de los usuarios. Ello inducirá a diseñar obras sencillas y funcionales, duraderas y económicas.

Se recomienda realizar investigaciones que determinen las características físicas químicas del suelo y agua con que se disponen en las comunidades para fines de riego y así elevar el nivel de productividad agrícola.

Se recomienda a la facultad de Ingeniería Agrícola, que en su plan de estudios incrementen el número de créditos del curso de metodología de la investigación.

La Universidad debe priorizar la investigación para dar propuestas viables frente a las necesidades y problemas que afronta nuestra sociedad para así mejorar la calidad de vida del poblador rural.

VI. BIBLIOGRAFIA

1. ANTEN, M. y WILLET, H. (2000)"Diseño de Pequeños Sistemas de Riego por Aspersión en Ladera" Pronamachcs. Cajamarca-Perú.
2. ARCA, M.(1986). "El Suelo y la Planta" Edit. Nets Lima-Perú. 1986.
3. BADILLO, J. (1980)"Mecánica de Suelos, Flujo de Agua en Suelos". Tomo III. Edit. Limusa. México.
4. Benites Castro C. (2001) "El Riego Principios Hidráulicos" UNSAAC Perú.
5. Berlinjn (1970) "Manual de Riego Por Gravedad" Editorial Trillas.
6. BUSTINZA, V (1999) "Diseño de un Sistema de Riego por Aspersión en Zonas Alto Andinas C.C- Picol - Orconpujio". Informe Ingeniería Agrícola, UNA -Puno.
7. CALDERON FARFAN L. (2004) "Manual de Riego Poar Aspersión en los Andes" Ediciones Instituto de Manejo de Agua Y Medio Ambiente IMA.
8. CHEREQUE M. (1989) "Hidrología" Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima-Perú.
9. CHURACUTIPA M. W. (2005) "Planteamiento del Sistema de Riego por Aspersión Llancahuahua" TESIS UNA – Puno-Peru.
10. Del Cañizo Perate J. A. y Gonzalez Andreu R. (1994) "Jardines Diseño. Proyecto. Plantación" Ediciones Mundi Prensa Madrid.
11. Fuentes Yague, J.L. (1996) "Curso de Riego Para Regantes". Ediciones Mundi Prensa España.
12. Fuentes Yague, J.L. (2003) "Técnicas de Riego". Ediciones Mundi Prensa España.
13. GROS, A. (1971) "Abonos: Vía Práctica de la Fertilización". Edit. Mundi. Madrid -España.
14. Guillermo Castañón. (2000) "Ingeniería del Riego Utilización Racional del Agua" Ediciones Spain Paraninfo.
15. Gurovich R. Luis A. (1999) "Riego superficial Tecnificado" Ediciones Alfaomega España.
16. Hendriks J. (1994) "Manual de Riego Por Bombeo" Edición Daniel Toyama - Lima-Perú.

17. ISRAELSEN ORSON W. y Hansen VAUGHN E. (1985); "Principios y Aplicaciones del Riego" Editorial Reverte Barcelona – Bogotá – Buenos Ares – Caracas Mexico.
18. Medina San Juan, J. L. (1988) "Riego por Goteo" Ediciones Mundi Prensa España.
19. Vásquez V. A. (2000) " El Riego Principios Básicos" Vol. I Ediciones Charles Sutton UNALM.
20. Villón M. (1996) "Diseño de Sistema de Riego Por Aspersión" Ediciones UNALM.

VII. ANEXOS

Catálogo de electrobomba: electrobomba centrifuga; pedrollo

CP

Electrobombas centrifugas



CAMPO DE PRESTACIONES

- Caudal hasta 900 l/min (54 m³/h)
- Altura manométrica hasta 110 m

LIMITES DE UTILIZO

- Altura de aspiración manométrica hasta 7 m
- Temperatura del líquido de -10 °C hasta +90 °C
- Temperatura ambiente de -10 °C hasta +40 °C
- Presión máx. en el cuerpo de la bomba 10 bar
- Funcionamiento continuo S1

EJECUCION Y NORMAS DE SEGURIDAD

EN 60034-1
IEC 60034-1
CEI 2-3



CERTIFICACIONES



UTILIZOS E INSTALACIONES

Son recomendadas para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente no agresivos con los materiales que constituyen la bomba.

Por su confiabilidad y simplicidad encuentran un amplio utilito en el sector civil, agrícola e industrial, para el suministro de agua, para instalaciones de acondicionamiento o de enfriamiento, para la irrigación, etc.

La instalación se debe realizar en lugares cerrados o protegidos de la Intemperie.

PATENTES - MARCAS - MODELOS

- Modelo Italiano registrado n° 72753 para CP 680, CP 700, CP 750

EJECUCION BAJO PEDIDO

- Cuerpo bomba con bocas roscadas ISO 228/1 para CP 680, CP 700, CP 750
- Sello mecánico especial
- Eje motor en acero inoxidable EN 10088-3 - 1.4401 (AISI 316)
- Otros voltajes
- Protección IP55 para CP 25/160, CP 680, CP 700, CP 750

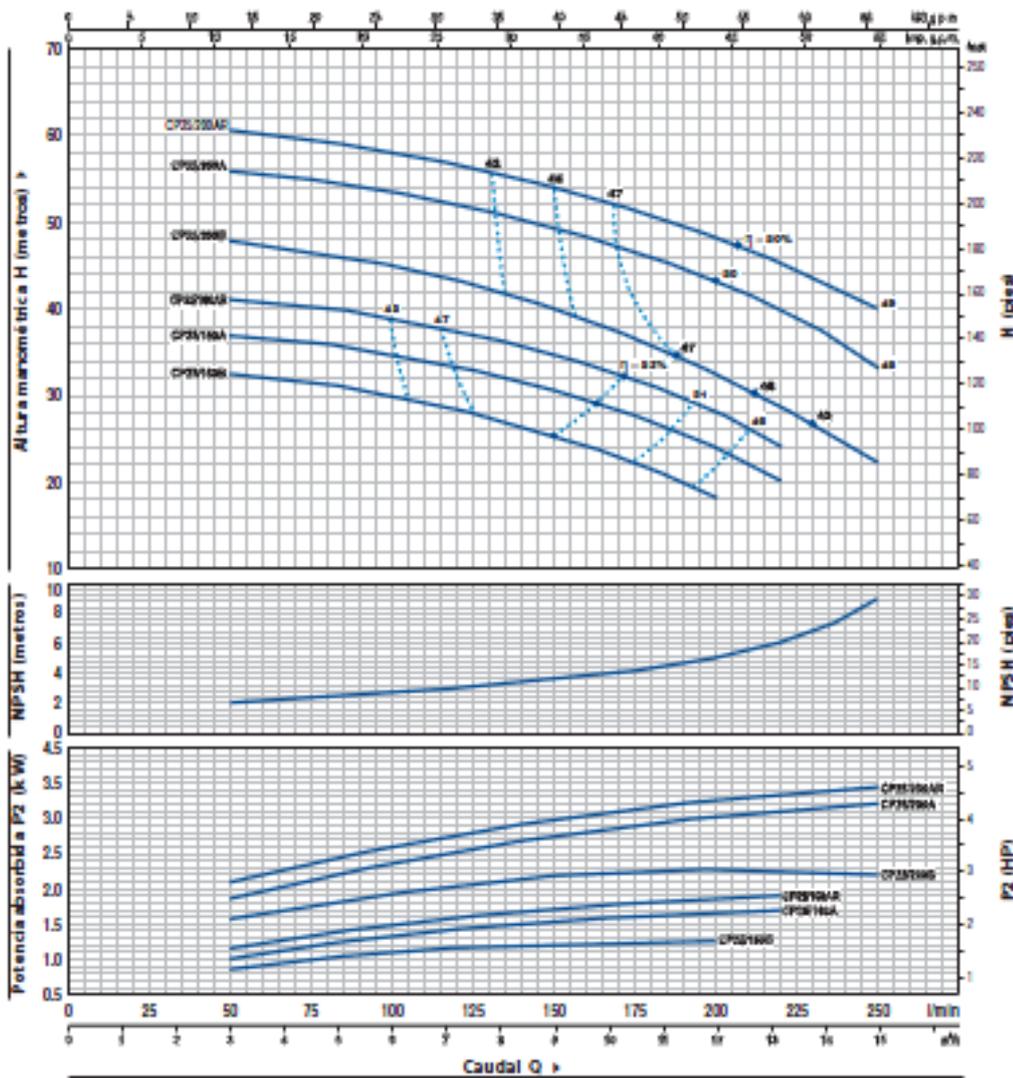
GARANTIA

2 años según nuestras condiciones generales de venta

CP 25/160-200

CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n=3450 1/min HS=0 m

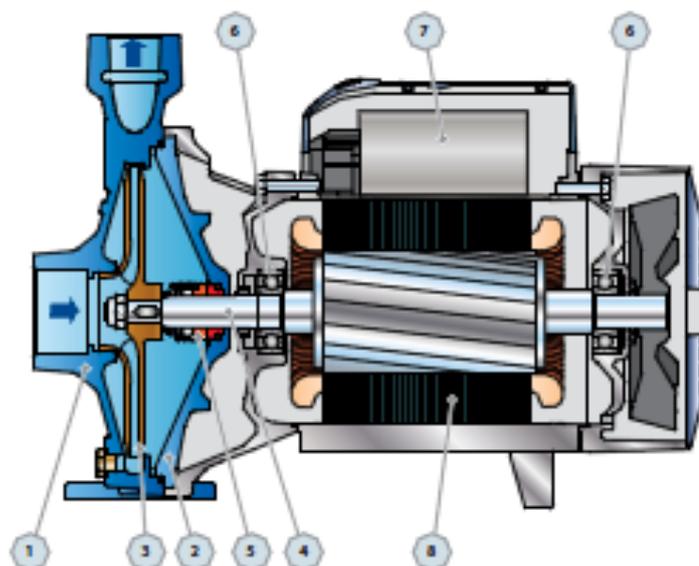


MODELO		POTENCIA		Q	m³/h														
Monofásica	Trifásica	kW	HP		0	3.0	3.6	4.2	4.8	5.4	6.0	6.6	7.5	8.4	9.6	10.8	12.0	13.2	15.0
CPm 25/160B	CP 25/160B	1.1	1.5	H metros	33	32.5	32	31.5	31	30.5	30	29	28	26.5	24	21.5	18		
CPm 25/160A	CP 25/160A	1.5	2		38	37	36.8	36.5	36	35.5	35	34	33	31.5	29.5	27	24	20	
-	CP 25/160AR	2.2	3		42	41	41	40.5	40	39.5	39	38	37	36	34	31	28	24	
CPm 25/200B	CP 25/200B	2.2	3		49	48	47.5	47	46.5	46.5	46	44	43	41	38.5	36	32	28	22
-	CP 25/200A	3	4		57	56	55.8	55.5	55	54.5	53.5	53	52	50.5	48.5	46	43.5	40	33
-	CP 25/200AR	4	5.5		62	60.5	60	59.5	59	58.5	58	57	56	55	53	50.5	48	45	40

Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 App. A.

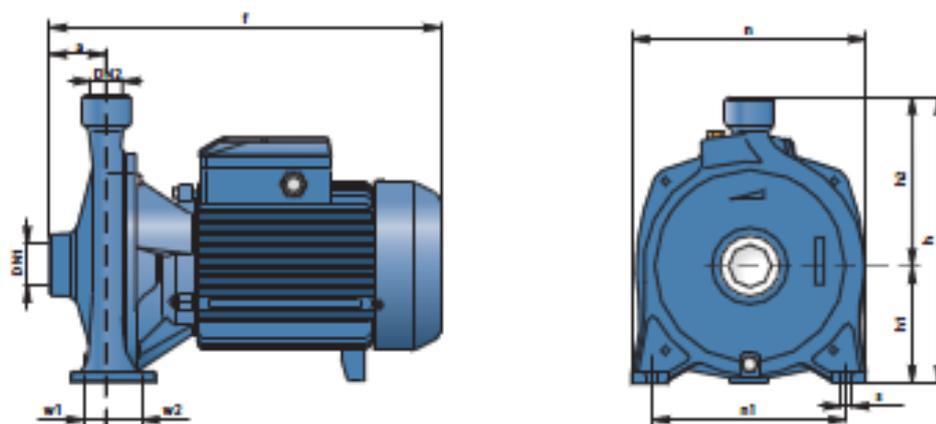
CP 25/160-200

POS.	COMPONENTE	CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS					
1	CUERPO BOMBA	Hierro fundido, construido según la norma EN 733, con bocas roscadas ISO 228/1					
2	TAPA	Hierro fundido					
3	RODETE	Latón					
4	EJE MOTOR	Acero Inoxidable EN 10088-3 - 1.4104					
5	SELLO MECANICO	Electrobomba	Sello	Eje	Materiales		
		Modelo	Modelo	Diámetro	Anillo fijo	Anillo móvil	Elastómero
		CP 25/160	FN-18	Ø 18 mm	Grafito	Cerámica	NBR
CP 25/200	FN-24	Ø 24 mm	Grafito	Cerámica	NBR		
6	RODAMIENTOS	Electrobomba	Modelo				
		CP 25/160	6204 ZZ / 6204 ZZ				
		CP 25/200	6206 ZZ - C3 / 6205 ZZ				
7	CONDENSADOR	Electrobomba	Capacidad				
		Single-phase	(220 V)	(110 V o 127 V)			
		CPm 25/160B	31.5 µF 450 VL	60 µF 250 VL			
		CPm 25/160A	45 µF 450 VL	80 µF 250 VL			
		CPm 25/200B	70 µF 450 VL	-			
8	MOTOR ELECTRICO	CPm: monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado (hasta 1.5 kW). CP: trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz. ⇒ Las bombas con motores trifásicos son de alto rendimiento en clase IE2 (IEC 60034-30) - Aislamiento: clase F. - Protección: IP 44.					





DIMENSIONES Y PESOS



MODELO		BOCAS		DIMENSIONES mm										kg		
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h	h1	h2	n	n1	w1	w2	s	1-	3-	
CPm 25/160B	CP 25/160B	1½"	1"	56	375	260	105	155	206	150	27.5	27.5	10	20.0	18.0	
CPm 25/160A	CP 25/160A													21.3	21.3	
-	CP 25/160AR													-	21.3	
CPm 25/200B	CP 25/200B			60	390/365	305	125	180	252	210	23.5	39.5	11	-	28.5	30.7
-	CP 25/200A														-	30.8
-	CP 25/200AR														-	30.9

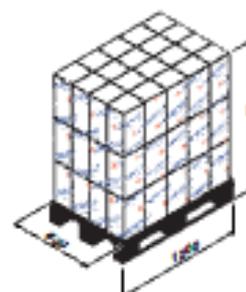
CONSUMO EN AMPERIOS

MODELO	TENSION (monofásica)		
	220 V	110 V	127 V
CPm 25/160B	8.5 A	17.0 A	16.1 A
CPm 25/160A	9.9 A	20.0 A	18.6 A
CPm 25/200B	14.0 A	-	-

MODELO	TENSION (trifásica)				
	220 V	380 V	660 V	220 V	440 V
CP 25/160B	5.7 A	3.3 A	1.9 A	5.4 A	3.2 A
CP 25/160A	7.3 A	4.2 A	2.4 A	7.3 A	4.0 A
CP 25/160AR	13.0 A	7.5 A	4.3 A	13.5 A	7.0 A
CP 25/200B	10.5 A	6.0 A	3.5 A	11.0 A	5.8 A
CP 25/200A	12.0 A	7.0 A	4.0 A	11.7 A	6.4 A
CP 25/200AR	12.5 A	7.2 A	4.2 A	12.5 A	8.0 A

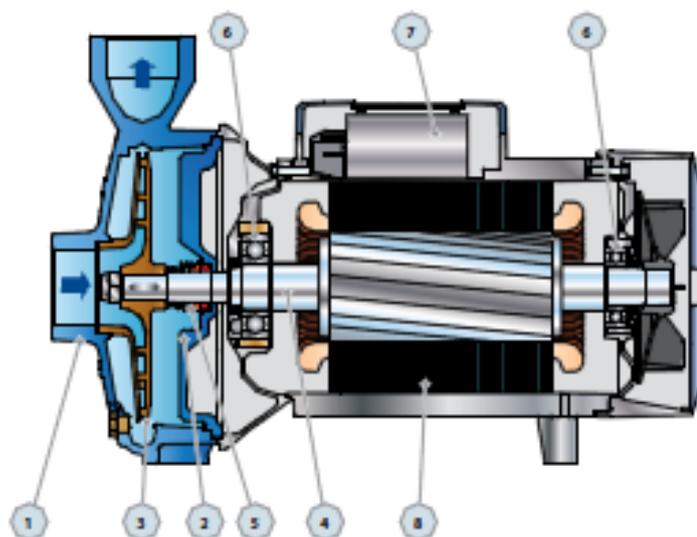
PALETIZADO

MODELO		PARA GRUPEJE				PARA CONTAINER			
Monofásica	Trifásica	n° bombas	H (mm)	1-	3-	n° bombas	H (mm)	1-	3-
CPm 25/160B	CP 25/160B	50	1560	1030	920	70	2130	1420	1280
CPm 25/160A	CP 25/160A	50	1560	1090	1040	70	2130	1510	1440
-	CP 25/160AR	50	1560	-	1090	70	2130	-	1510
CPm 25/200B	CP 25/200B	18	1190	530	570	-	-	-	-
-	CP 25/200A	18	1210	-	578	-	-	-	-
-	CP 25/200AR	18	1210	-	580	-	-	-	-



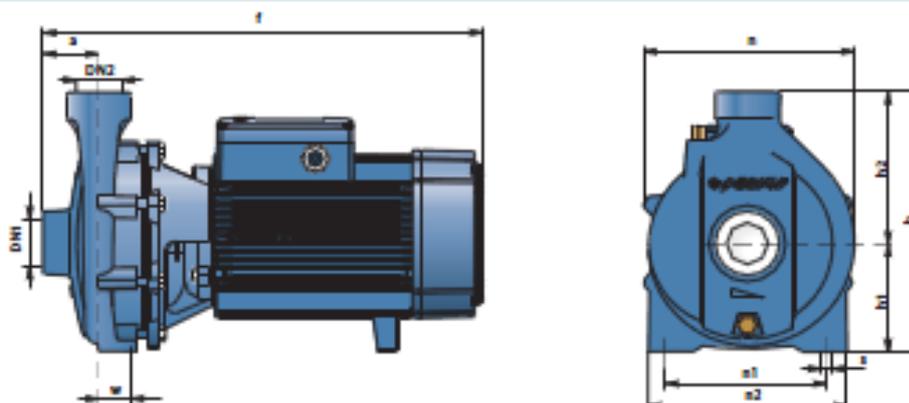
CP 680-700-750

POS.	COMPONENTE	CARACTERISTICAS CONSTRUCTIVAS					
1	CUERPO BOMBA	Hierro fundido, con bocas roscadas NPT ANSI B 1.20.1					
2	TAPA	Hierro fundido					
3	RODETE	Latón para CP 680, CP 700 Hierro fundido para CP 750					
4	EJE MOTOR	Acero Inoxidable EN 10088-3 - 1.4104					
5	SELLO MECANICO	Electrobomba	Sello	Eje	Materiales		
		Modelo	Modelo	Díámetro	Anillo fijo	Anillo móvil	Elastómero
		CP 680	FN-24	Ø 24 mm	Grafito	Cerámica	NBR
		CP 700	FN-32 NU	Ø 32 mm	Grafito	Cerámica	NBR
6	RODAMIENTOS	Electrobomba	Modelo				
		CP 680	6307 ZZ - C3 / 6206 ZZ - C3				
		CP 700	6310 ZZ - C3 / 6308 ZZ - C3				
		CP 750	6310 ZZ - C3 / 6308 ZZ - C3				
7	CONDENSADOR	Electrobomba	Capacidad				
		Single-phase	(228 V)				
		CPm 680C	70 µF 450 VL				
8	MOTOR ELECTRICO	CPm: monofásica 220 V - 60 Hz. CP: trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz ⇒ Las bombas con motores trifásicos son de alto rendimiento en clase IE2 (IEC 60034-30) - Ablandamiento: clase F. - Protección: IP 44.					





DIMENSIONES Y PESOS



MODELO		BOCAS		DIMENSIONES mm										kg	
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h	h1	h2	n	n1	n2	w	s	1-	3-
CPm 680C	CP 680C	2"	2"	70	505/460	328	136	192	273	190	250	40	14	47.0	42.0
-	CP 680B				-									47.0	
-	CP 680A				-									51.0	
-	CP 700C				-									47.0	
-	CP 700B				-									51.0	
-	CP 700A			-	51.5										
-	CP 750C			65	571	392	160	232	322	230	294	45	14	-	103.0
-	CP 750B				666									-	120.0
-	CP 750A				-									-	135.6

CONSUMO EN AMPERIOS

MODELO	TENSION (monofásica)
Monofásica	220 V
CPm 680C	26.5 A

MODELO	TENSION (trifásica)				
	220 V	380 V	660 V	220 V	440 V
CP 680C	20.5 A	12.0 A	6.9 A	19.3 A	11.7 A
CP 680B	25.1 A	14.5 A	8.4 A	22.5 A	13.5 A
CP 680A	34.6 A	20.0 A	11.6 A	29.4 A	22.0 A
CP 700C	27.7 A	16.0 A	9.2 A	24.3 A	16.0 A
CP 700B	33.8 A	19.5 A	11.3 A	29.4 A	22.0 A
CP 700A	34.7 A	20.0 A	11.6 A	30.8 A	22.5 A
CP 750C	30.0 A	28.0 A	16.2 A	48.0 A	25.0 A
CP 750B	39.0 A	34.0 A	19.7 A	60.0 A	30.0 A
CP 750A	70.0 A	40.5 A	23.4 A	75.0 A	38.0 A

PALETIZADO

MODELO		PARA GRUPAJE			PARA CONTAINER		
Monofásica	Trifásica	n° bombas	H (mm)	kg	n° bombas	H (mm)	kg
CPm 680C	CP 680C	12/18	1430	581	7/3	1860	1025
-	CP 680B	12	1430	581	16	1860	759
-	CP 680A	12	1430	629	16	1860	833
-	CP 700C	12	1430	581	16	1860	759
-	CP 700B	12	1430	629	16	1860	833
-	CP 700A	12	1430	635	16	1860	841
-	CP 750C	6	1180	635	-	-	-
-	CP 750B	6	1180	737	-	-	-
-	CP 750A	6	1180	831	-	-	-





LABORATORIOS B&C S.A.C.

Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos
RUC 20448241590

RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO N° 045/2013

I. Datos del Solicitante

Solicitante : **Guido Manuel VILCA QUISPE**
Dirección : **Com. Chijuyo Copapujo - Ilave**
Proyecto : **--**

II. Datos del muestreo

Descripción del producto : **Agua**
Punto de muestreo : **Agua de Pozo**
Procedencia : **Centro poblado de Chijuyo Copapujo - Ilave**
Fecha de muestreo : **16 - Diciembre - 2013**
Hora de muestreo : **17 horas**
Presentación : **500 ml aproximadamente, en envase de vidrio**
Tipo de muestra : **Puntual.**
Muestreado por : **Por el Cliente.**
Fecha de recepción : **16 - Diciembre - 2013**
Fecha de análisis : **16 - Diciembre - 2013**

III. Resultados paramétricos Físicoquímicos.

PARAMETROS EVALUADOS	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO DE MUESTREO
		MUESTRA N° 01: AGUA DE POZO
Turbiedad	UNT	0.50
Temperatura (*)	°C	0.9
pH	Valor de pH	7.3
Conductividad	µS/cm	13
Solidos Disueltos Totales	mg/L	5.8
Solidos Suspendidos	mg/L	2.7
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	<1.1
Cloruros	mg/LCl-	<2.3
Sulfatos	mg/SO ₄	<4.2



*) Valor de referencia en el laboratorio
UNT : Unidad nefelométrica de turbiedad
mg/L : Miligramos por Litro
µS/cm : Micro Siemens por centímetro
Valor : Límite de detección del método

OFICINA: Jr. Lima N° 165, Galería Megacentro Pacífico, Ofic. 312
LABORATORIO: Jr. Almagro N° 1135, Juliaca, Puno - Perú
Telf. 951 492233/957 708565
E-mail bclaboratorio@gmail.com



LABORATORIOS B&C S.A.C.

Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos
RUC 20448241590

RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO N° 046/2013

- I. Datos del Solicitante**
Solicitante : *Guido Manuel VILCA QUISPE*
Dirección : *Com. Chijuyo Copapujo - Ilave*
Proyecto : --
- II. Datos del muestreo**
Descripción del producto : *Agua*
Punto de muestreo : *Agua de Pozo*
Procedencia : *Centro poblado de Chijuyo Copapujo - Ilave*
Fecha de muestreo : *16 - Diciembre - 2013*
Hora de muestreo : *17 horas*
Presentación : *500 ml aproximadamente, en envase de vidrio*
Tipo de muestra : *Puntual.*
Muestreado por : *Por el Cliente.*
Fecha de recepción : *16 - Diciembre - 2013*
Fecha de análisis : *16 - Diciembre - 2013*

III. Resultados paramétricos Físicoquímicos.

PARAMETROS EVALUADOS	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO DE MUESTREO
		MUESTRA N° 02: AGUA DE POZO
Turbiedad	UNT	0.41
Temperatura (*)	°C	0.9
pH	Valor de pH	7.5
Conductividad	µS/cm	11
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	4.2
Sólidos Suspendidos	mg/L	3.1
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	<1.4
Cloruros	mg/LCl-	<2.5
Sulfatos	mg/SO ₄	<4.1



* : Valor de referencia en el laboratorio
 UNT : Unidad nefelométrica de turbiedad
 Mg/L : Miligramos por Litro
 µS/cm : Micro Siemens por centímetro
 < : Limite de detección del método

OFICINA: Jr. Lima N° 165, Galería Megacentro Pacifico, Ofic. 312
 LABORATORIO: Jr. Almagro N° 1135, Juliaca, Puno - Perú
 Telf. 951 492233/957 708565
 E-mail bclaboratorio@gmail.com



LABORATORIOS B&C S.A.C.

Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos
RUC 20448241590

RESULTADOS DE ANÁLISIS QUÍMICO DE AGUAS
INFORME DE ENSAYO N° 047/2013

- I. Datos del Solicitante**
 Solicitante : **Guido Manuel VILCA QUISPE**
 Dirección : **Com. Chijuyo Copapujo - Ilave**
 Proyecto : **-**
- II. Datos del muestreo**
 Descripción del producto : **Agua**
 Punto de muestreo : **Agua de Pozo**
 Procedencia : **Centro poblado de Chijuyo Copapujo - Ilave**
 Fecha de muestreo : **16 - Diciembre - 2013**
 Hora de muestreo : **17 horas**
 Presentación : **500 ml aproximadamente, en envase de vidrio**
 Tipo de muestra : **Puntual.**
 Muestreado por : **Por el Cliente.**
 Fecha de recepción : **16 - Diciembre - 2013**
 Fecha de análisis : **16 - Diciembre - 2013**

III. Resultados paramétricos Fisicoquímicos.

PARAMETROS EVALUADOS	UNIDAD DE MEDIDA	PUNTO DE MUESTREO
		MUESTRA N° 03: AGUA DE POZO
Turbiedad	UNT	0.49
Temperatura (*)	°C	0.9
pH	Valor de pH	6.96
Conductividad	µS/cm	11
Solidos Disueltos Totales	mg/L	4.7
Solidos Suspendidos	mg/L	2.7
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	<1.2
Cloruros	mg/LCl-	<2.3
Sulfatos	mg/SO ₄	<4.5



Factor de referencia en el laboratorio
 Unidad nefelométrica de turbiedad
 Gramos por Litro
 Micro Siemens por centimetro
 Límite de detección del método

OFICINA: Jr. Lima N° 165, Galería Megacentro Pacifico, Ofic. 312
 LABORATORIO: Jr. Almagro N° 1135, Juliaca, Puno - Perú
 Telf. 951 492233/957 708565
 E-mail bclaboratorio@gmail.com

**LABORATORIOS B&C S.A.C.**

Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos
RUC 20448241590

MÉTODOS DE ENSAYO:

- Turbiedad nefelométrico.
- pH :Potenciométrico.
- Conductividad: Potenciométrico
- Sólidos Disueltos Totales: potenciométrico.
- Dureza total: Volumétrico métodos normalizado para el análisis de aguas potables y residuales APHA-AWWA WEF. Part 3000. 21st Ed.2005. Method 2340-C
- Cloruro: Volumétrico, Métodos Normalizados para el análisis de Aguas Potables y Residuales APHA-AWWA WEF. Part 3000. 21st Ed.2005. Method 2520-D.
- Sulfatos: Turbidimétrico. Métodos Normalizados para el análisis de Aguas Potables y Residuales APHA-AWWA WEF. Part 3000. 21st Ed.2005. Method 4110-B

NOTAS IMPORTANTES

- El presente informe de ensayo tan solo es válido únicamente para la Muestra analizada.
- No deben inferirse a la Muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente informe de ensayo.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente LABORATORIOS B&C no se responsabiliza si las condiciones de muestra no fueron las adecuadas.
- El presente informe de Ensayo no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad.
- El presente informe es válido por 60 días a partir de la fecha de emisión.

Juliaca, 16 de diciembre del 2013



Herbert Pari Nieira
Bgo. HERBERT PARI NIEIRA
JEFE DE LABORATORIO
CBP. N° 9687

OFICINA: Jr. Lima N° 165, Galería Megacentro Pacífico, Ofic. 312
LABORATORIO: Jr. Almagro N° 1135, Juliaca, Puno - Perú
Telf. 951 492233/957 708565
E-mail bclaboratorio@gmail.com

**LABORATORIOS B&C S.A.C.**

Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos

RUC 20448241590

MÉTODOS DE ENSAYO:

- *Turbiedad nefelométrico.*
- *pH: Potenciométrico.*
- *Conductividad: Potenciométrico*
- *Sólidos Disueltos Totales: potenciométrico.*
- *Dureza total: Volumétrico métodos normalizado para el análisis de aguas potable y residuales APHA-AWWA WEF. Part 3000. 21st Ed. 2005. Method 2340-C*
- *Cloruros: Volumétrico, Métodos Normalizados para el análisis de Aguas Potables y Residuales APHA-AWWA WEF. Part 3000. 21st Ed. 2005. Method 2520-D.*
- *Sulfatos: Turbidimétrico. Métodos Normalizados para el análisis de Aguas Potables y Residuales APHA-AWWA WEF. Part 3000. 21st Ed. 2005. Method 4110-B*

NOTAS IMPORTANTES

- El presente informe de ensayo tan solo es válido únicamente para la Muestra analizada.
- No deben inferirse a la Muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente informe de ensayo.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente LABORATORIOS B&C no se responsabiliza si las condiciones de muestra no fueron las adecuadas.
- El presente informe de Ensayo no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad.
- El presente informe es válido por 60 días a partir de la fecha de emisión.

Juliaca, 16 de diciembre del 2013



Herbert Pari Nieira
Bigo HERBERT PARI NIEIRA
 JEFE DE LABORATORIO
 CBP. N° 9687

OFICINA: Jr. Lima N° 165, Galería Megacentro Pacífico, Ofic. 312
 LABORATORIO: Jr. Almagro N° 1135, Juliaca, Puno - Perú
 Telf. 951 492233/957 708565
 E-mail bclaboratorio@gmail.com

**LABORATORIOS B&C S.A.C.**

Laboratorio de Ensayos Químicos y Microbiológicos

RUC 20448241590

MÉTODOS DE ENSAYO:

- *Turbiedad nefelométrico.*
- *pH: Potenciométrico.*
- *Conductividad: Potenciométrico*
- *Sólidos Disueltos Totales: potenciométrico.*
- *Dureza total: Volumétrico métodos normalizado para el análisis de aguas potable y residuales APHA-AWWA WEF.Part 3000. 21st Ed.2005. Method 2340-C*
- *Cloruros: Volumétrico, Metodos Normalizados para el análisis de Aguas Potables y Residuales APHA-AWWA WEF.Part 3000. 21st Ed.2005. Method 2520-D.*
- *Sulfatos: Turbidimétrico. Metodos Normalizados para el análisis de Aguas Potables y Residuales APHA-AWWA WEF.Part 3000. 21st Ed.2005. Method 4110-B*

NOTAS IMPORTANTES

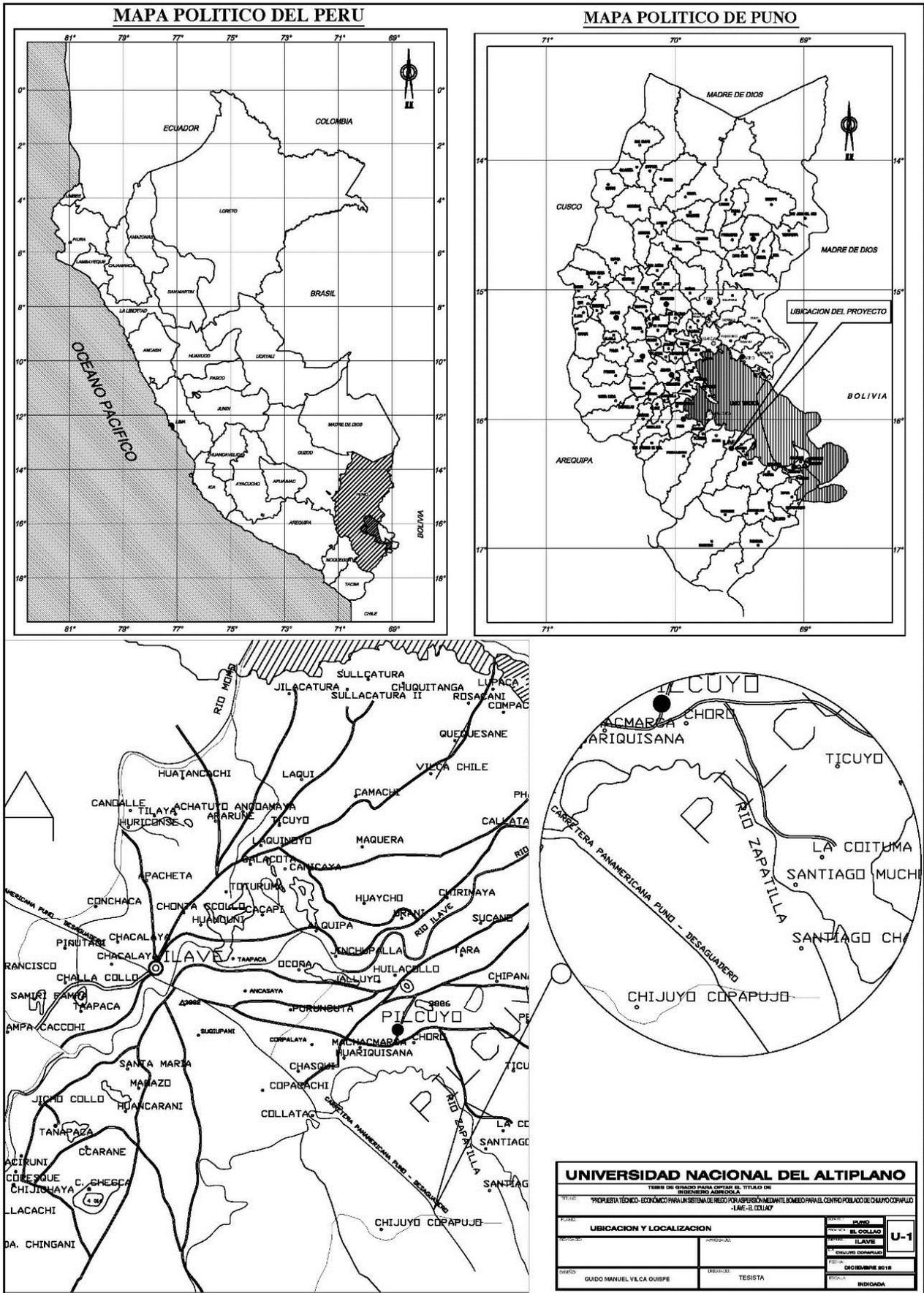
- El presente informe de ensayo tan solo es válido únicamente para la Muestra analizada.
- No deben inferirse a la Muestra otros parámetros que no estén consignados en el presente informe de ensayo.
- En caso de que el producto haya sido muestreado por el cliente LABORATORIOS B&C no se responsabiliza si las condiciones de muestra no fueron las adecuadas.
- El presente informe de Ensayo no es un certificado de conformidad, ni certificado del sistema de calidad.
- El presente informe es válido por 60 días a partir de la fecha de emisión.

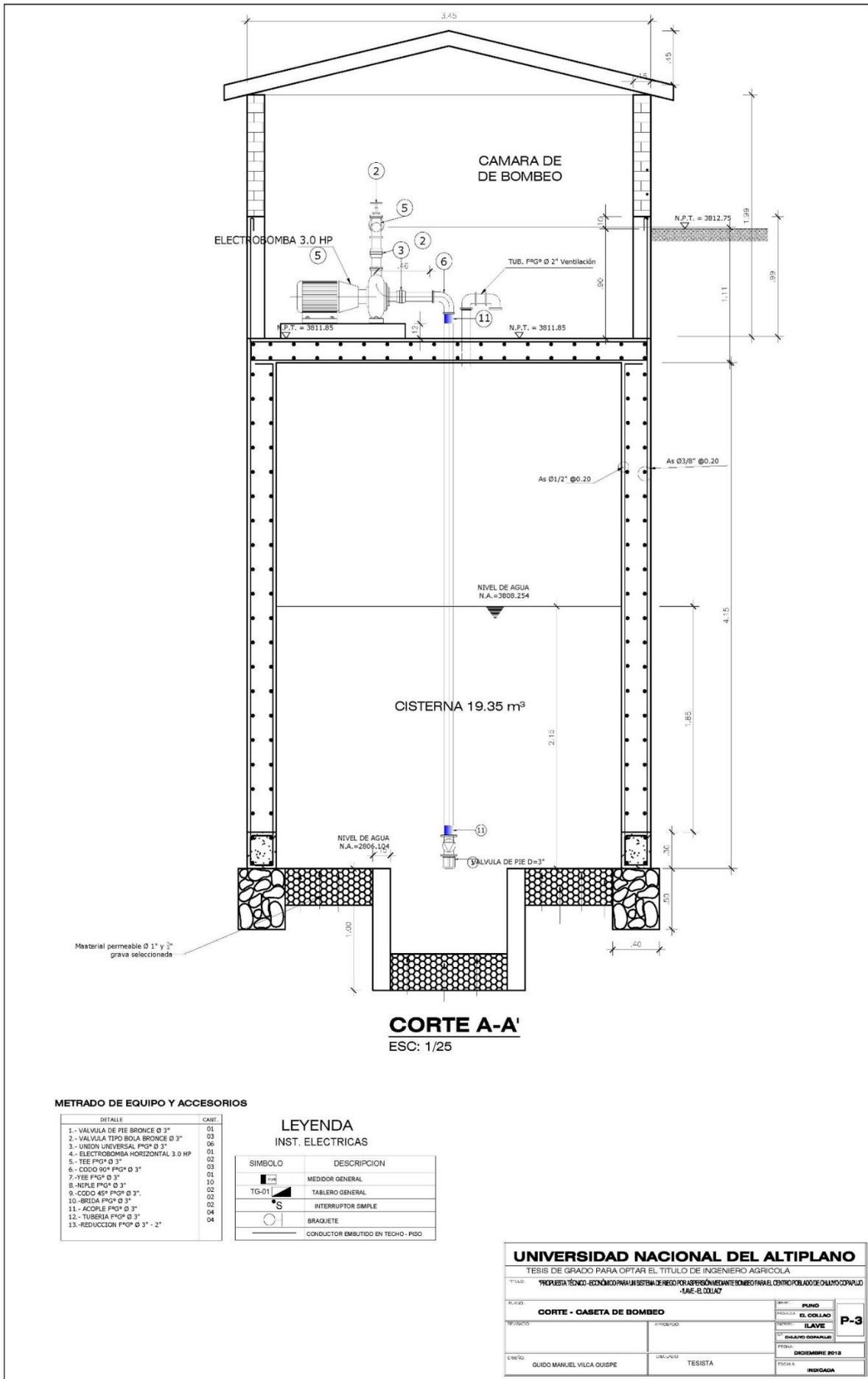
Juliaca, 16 de diciembre del 2013

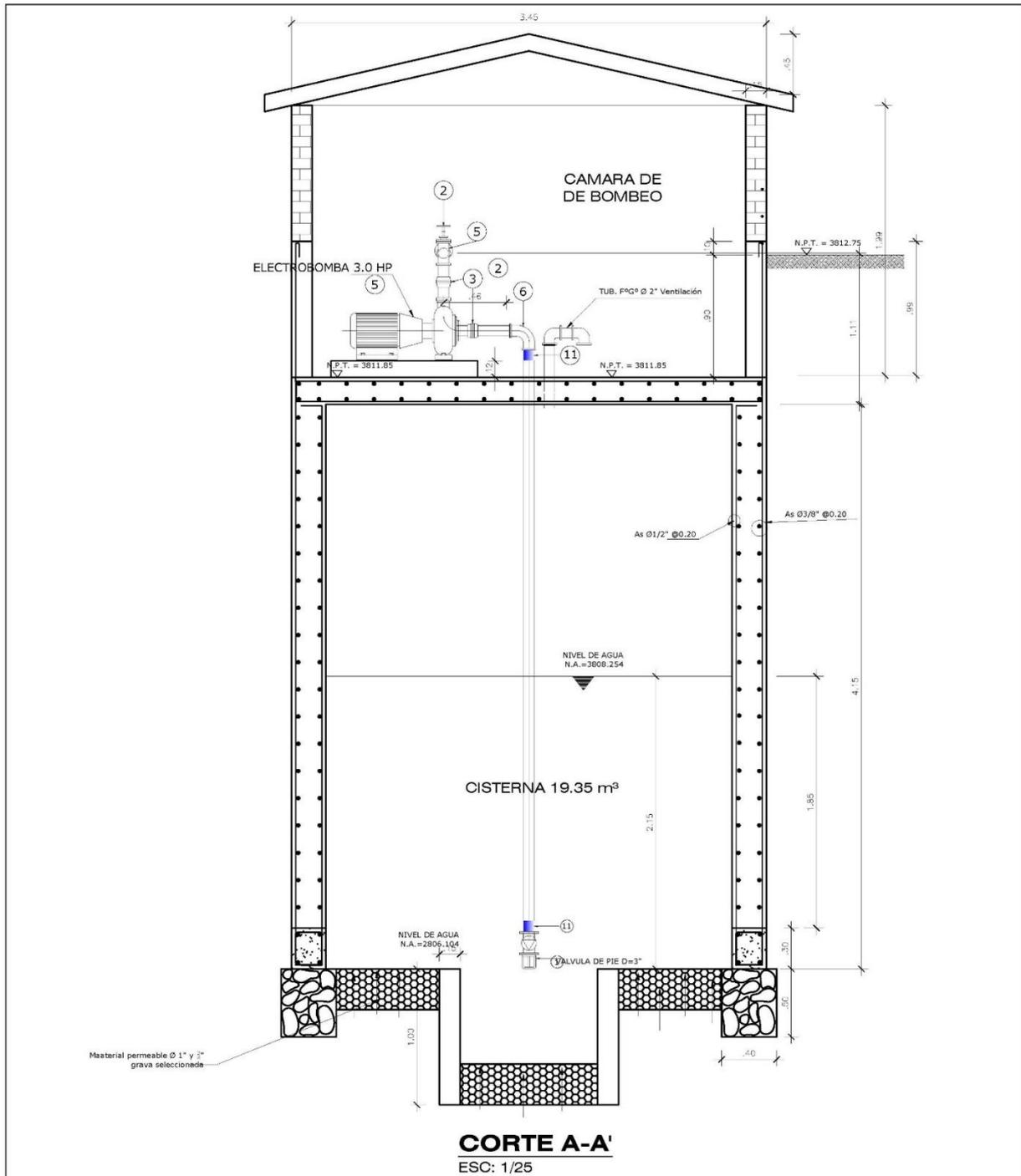


Herbert Pari Nieira
Bigo. **HERBERT PARI NIEIRA**
JEFE DE LABORATORIO
CBP. N° 9687

OFICINA: Jr. Lima N° 165, Galería Megacentro Pacífico, Ofic. 312
LABORATORIO: Jr. Almagro N° 1135, Juliaca, Puno - Perú
Telf. 951 492233/957 708565
E-mail bclaboratorio@gmail.com







METRADO DE EQUIPO Y ACCESORIOS

DETALLE	CANT.
1.- VALVULA DE PIE BRONCE Ø 3"	01
2.- VALVULA TIPO BOLA BRONCE Ø 3"	03
3.- UNION UNIVERSAL P"Ø 3"	06
4.- ELECTROBOMBA HORIZONTAL 3.0 HP	01
5.- TEE P"Ø 3"	02
6.- CODO 90° P"Ø 3"	03
7.- YEE P"Ø 3"	01
8.- NIPLE P"Ø 3"	10
9.- CODO 45° P"Ø 3"	02
10.- BRIDA P"Ø 3"	02
11.- ACOPLER P"Ø 3"	04
12.- TUBERIA P"Ø 3"	04
13.- REDUCCION P"Ø 3" - 2"	04

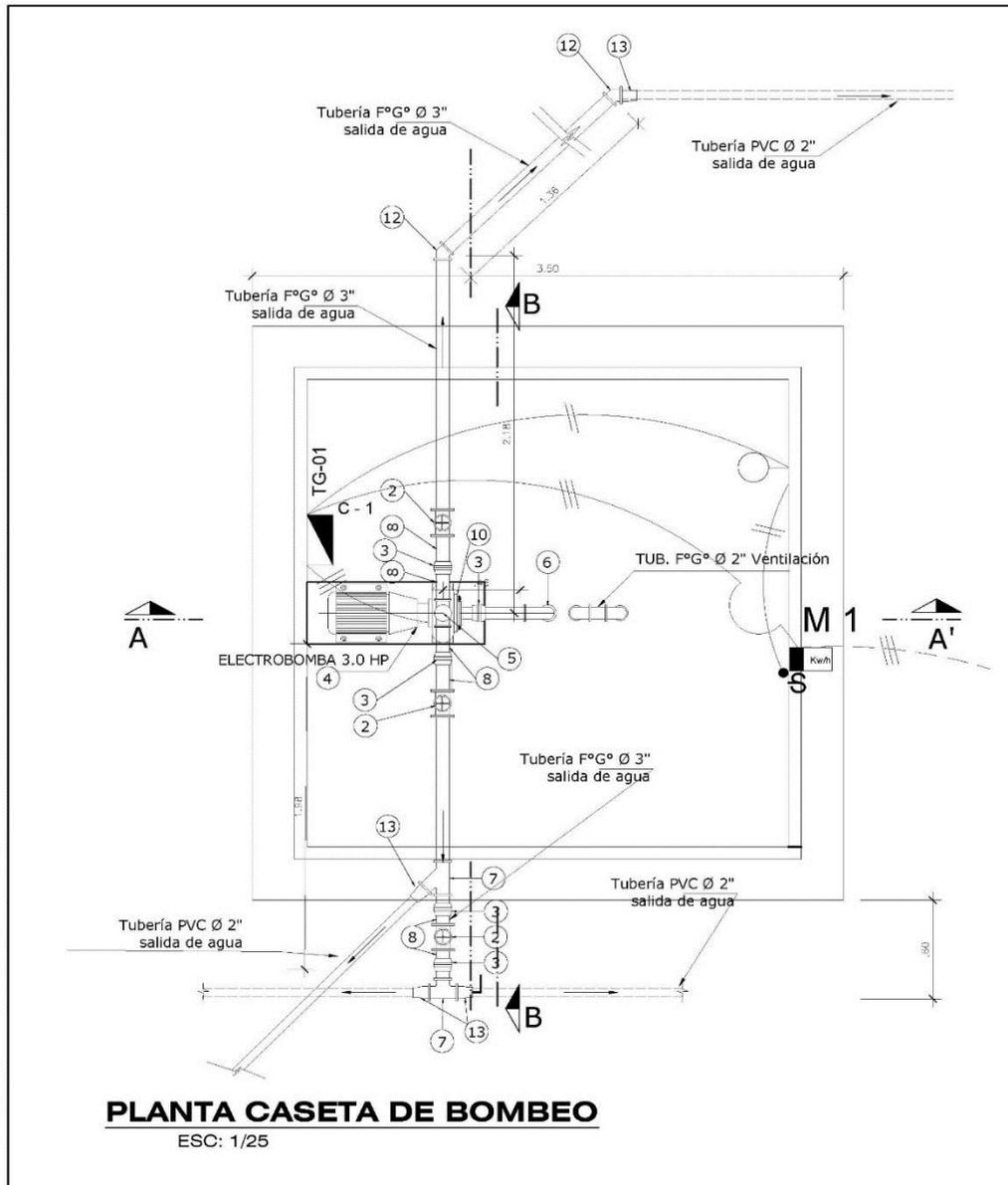
**LEYENDA
INST. ELECTRICAS**

SIMBOLO	DESCRIPCION
	MEDIDOR GENERAL
	TABLERO GENERAL
	INTERRUPTOR SIMPLE
	BRAQUETE
	CONDUCTOR EMBUTIDO EN TECHO - PISO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
TESIS DE GRADO PARA OPTAR EL TITULO DE INGENIERO AGRICOLA

PROPUESTA TÉCNICO-ECONÓMICO PARA UN SISTEMA DE RIEGO POR ASPERSIÓN MEDIANTE BOMBEO PARA EL CENTRO PUEBLANO DE CHALICO COPALILLO -LAJE- EL COLLAY

PUNO: CORTE - CABETA DE BOMBEO	UNIVERSIDAD: PUNO	GRUPO: P-3
ALUMNO: []	ASIGNATURA: []	SEMESTRE: II LAJE
DESIGNADO: []	PROFESOR: []	FECHA: DICIEMBRE 2018
ELABORADO: GUIDO MANUEL VILCA QUISEP	REVISADO: TESISTA	ESCALA: INDICADA



METRADO DE EQUIPO Y ACCESORIOS

DETALLE	CANT.
1.- VALVULA DE PIE BRONCE Ø 3"	01
2.- VALVULA TIPO BOLA BRONCE Ø 3"	03
3.- UNION UNIVERSAL F°G° Ø 3"	06
4.- ELECTROBOMBA HORIZONTAL 3.0 HP	01
5.- TEE F°G° Ø 3"	02
6.- CODO 90° F°G° Ø 3"	03
7.- YEE F°G° Ø 3"	01
8.- NIPLE F°G° Ø 3"	10
9.- CODO 45° F°G° Ø 3"	02
10.- BRIDA F°G° Ø 3"	02
11.- ACOPLE F°G° Ø 3"	02
12.- TUBERIA F°G° Ø 3"	04
13.- REDUCCION F°G° Ø 3" - 2"	04

LEYENDA INST. ELECTRICAS

SIMBOLO	DESCRIPCION
	MEDIDOR GENERAL
	TABLERO GENERAL
	INTERRUPTOR SIMPLE
	BRAQUETE
	CONDUCTOR EMBUTIDO EN TECHO - PISO

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO			
TESIS DE GRADO PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO AGRICOLA			
TITULO: PROPUESTA TECNICO-ECONOMICA PARA UN SISTEMA DE REGO POR ASPERSION MEDIANTE BOMBEO PARA EL CENTRO PUEBLO DE CALA/COPALUO LLANE-B. COLLAY			
PUNO:	PLANTA CASETA DE BOMBEO	PROFESOR:	EL COLLAY
REVISADO:		ASISTENTE:	ILAVE
ELABORADO:		ASISTENTE:	GUAYO GONZALEZ
FECHA:		FECHA:	DICIEMBRE 2013
ELABORADO:	GUIDO MANUEL VILCA QUISPE	DIBUJADO:	TESISTA
FECHA:		FECHA:	INDICADA