

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**“EVALUACIÓN, ANALISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE  
CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN VIVIENDAS RURALES EN  
MOLINO - JULI”**

**TESIS**

**PRESENTADO POR BACHILLER:**

**GLICERIO FABIAN CHALCO MULLUNI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÍCOLA**

**PUNO - PERÚ**

**2016**

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

**“EVALUACIÓN, ANÁLISIS Y DISEÑO DE UN SISTEMA DE CAPTACIÓN  
DE AGUA DE LLUVIA EN VIVIENDAS RURALES EN  
MOLINO - JULI”**

**TESIS PRESENTADA POR EL BACHILLER:  
GLICERIO FABIAN CHALCO MULLUNI**

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

M. Sc. OSCAR RAÚL MAMANI LUQUE

PRIMER MIEMBRO

Ing. EDILBERTO HUAQUISTO RAMOS

SEGUNDO MIEMBRO

Ing. BERNARDO PIO COLOMA PAXI

DIRECTOR DE TESIS

Ing. PERCY ARTURO GINES CHOQUE

ASESOR DE TESIS

.....

PUNO = PERU

2016

ÁREA : Ingeniería y Tecnología  
TEMA: Saneamiento rural  
LÍNEA: Ingeniería de Infraestructura Rural

## DEDICATORIA

*Primeramente a Dios que me dio la oportunidad de vivir y darme la fuerza necesaria para salir adelante en cada tropiezo.*

*A mi querida Familia, por su invaluable paciencia y comprensión, quienes son la alegría de mi hogar y lo más importante en mi vida, a mi querida esposa Olga e hijos, Deysy y Gino.*

*Con especial cariño y eterna gratitud a Mariano y María Asunción, mis padres. A los árboles, que dé pie espera los rayos del sol.*

*Con inmensa gratitud y agradecimiento a mi familia por su incondicional e incomparable apoyo, quien supo alentarme en cada momento.*

**Glicerio Fabián CHALCO MULLUNI**

## 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 Ing. Percy Arturo GINEZ CHOQUE, que con su empeño y dedicación compartió sus conocimientos y la labor de dirección desempeñada en este trabajo de investigación.*
- *A todos los Docentes de la Facultad de Ingeniería Agrícola quienes impartieron sus conocimientos durante toda mi formación profesional.*
- *A todo personal Administrativo de la Escuela Profesional de Ingeniería Agrícola por su ayuda y colaboración en el desarrollo de este trabajo.*
- *A mis queridos amigos, Manuel, Clenio, Julio y Simon por brindarme su apoyo durante esta andadura que han estado ahí para lo que necesite.*
- *En molino – Juli que me permitió realizar la presente investigación.*

*A todos ellos, mi eterna gratitud.*

**El Autor.**

## INDICE

### RESUMEN

### INTRODUCCIÓN

I.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	12
1.1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.2.	OBJETIVOS: .....	13
1.2.1.	OBJETIVO GENERAL.....	13
1.2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
1.3.	JUSTIFICACIÓN.....	13
1.4.	ANTECEDENTES .....	15
A Nivel Global.....		15
A nivel Nacional.....		17
A Nivel Local.....		19
II.	MARCO TEÓRICO.....	22
2.1.	MARCO TEÓRICO.....	22
2.1.1.	LA PRECIPITACIÓN .....	22
2.1.2.	SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.....	26
2.1.3.	PRINCIPALES SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA .....	26
2.1.4.	CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA. ....	27
2.1.5.	CONSIDERACIONES PARA DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA. ....	31
2.1.6.	COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA. ....	35
2.1.8.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA. ....	44
2.1.9.	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUA. ....	46
2.1.10.	ASPECTOS DE IMPACTO AMBIENTAL .....	48
2.3.	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	51
2.3.1.	Hipótesis General .....	51
2.3.2.	Hipótesis Específicas .....	51
III.	MATERIALES Y MÉTODOS. ....	52
3.1.	DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO:.....	52
3.1.1.	UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO. ....	52
3.2.	DIAGNÓSTICO DEL ÁMBITO DE ESTUDIO EN EL CENTRO POBLADO DE MOLINO – DISTRITO DE JULI PROVINCIA DE CHUCUITO. ....	55
	SERVICIO DE SANEAMIENTO.....	55

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS DE LA POBLACIÓN. ....	58
CAPITAL HUMANO.....	58
SOCIAL E INSTITUCIONAL .....	63
LOS RECURSOS NATURALES .....	64
3.3. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN Y DISEÑO DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN VIVIENDAS RURALES EN MOLINO.....	66
3.3.1. MATERIALES Y EQUIPOS.....	66
3.3.2. INFORMACIÓN BÁSICA. ....	67
3.3.3. METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN DE LOS TECHOS DE LAS VIVIENDAS. ....	67
3.3.4. METODOLOGÍA DEL ASPECTO TÉCNICO.....	68
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	82
4.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS TECHOS DE LAS VIVIENDAS RURALES PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA CON FINES DE CONSUMO DOMÉSTICO, EN MOLINO.....	82
4.1.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS TECHOS DE LAS VIVIENDAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN MOLINO DEL DISTRITO DE JULI.....	82
4.1.2. RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO TÉCNICO DE AGUA POTABLE EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN MOLINO. ....	84
4.1.3. RESULTADOS DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA USO DOMESTICO A NIVEL FAMILIAR EN VIVIENDAS RURALES EN MOLINO DEL DISTRITO JULI.....	87
4.1.4. ASPECTOS TÉCNICOS DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA PARA USO DOMÉSTICO Y CONSUMO HUMANO A NIVEL FAMILIAR.....	88
4.2. RESULTADOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA EL CONSUMO DOMÉSTICO EN LAS VIVIENDAS RURALES DEL DISTRITO DE JULI, PROVINCIA DE CHUCUITO. .	98
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	104
CONCLUSIONES.....	104
RECOMENDACIONES. ....	105
BIBLIOGRAFÍA .....	106
ANEXOS .....	108
<input type="checkbox"/> FICHA TÉCNICA .....	109
<input type="checkbox"/> PANEL FOTOGRÁFICO .....	109

## LISTA DE TABLAS

Tabla Nº 01: Coeficiente de escurrimiento .....	37
Tabla Nº 02: Requisitos físico químico para el agua potable. ....	48
Tabla Nº 03: Vías de acceso a la zona de estudio. ....	55
Tabla Nº 04: Abastecimiento de agua potable en el área de estudio. ....	55
Tabla Nº 05: Sistema de alcantarillado en el área de estudio. ....	56
Tabla Nº 06: Aspectos de las viviendas en el área de estudio. ....	57
Tabla Nº 07: Aspectos de las viviendas en el área de estudio. ....	57
Tabla Nº 08: Población total, por área urbana y rural, según sexo del dpto., provincia y distrito.....	58
Tabla Nº 09: Población objetivo del proyecto .....	59
Tabla Nº 10: Evolución de la población económicamente activa .....	59
Tabla Nº 11: población económicamente activa por grupos de edad del distrito de Juli, según ramas de actividad.....	60
Tabla Nº 12: Evolución de la población económicamente activa .....	62
Tabla Nº 13: Población y situación de infraestructura educativa, según niveles del distrito de Juli – 2007.....	62
Tabla Nº 14: Población de 3 años a mas, distrito de Juli según sexo y condición de alfabetismo.....	63
Tabla Nº 15: Número de Familias en la organización.....	63
Tabla Nº 16: Servicio de energía eléctrica en el área de estudio .....	64
Tabla Nº 17: Capacidad de uso del recurso suelo en el distrito de Juli.....	65
Tabla Nº 18: Producción agrícola en el distrito de Juli en t.m. y has (2002- 2005) .....	66
Tabla Nº 19: Estación meteorológica. ....	67
Tabla Nº 20: Resumen de parámetros Meteorológicos de la Estación Juli (1969-2012).....	67
Tabla Nº 21: Dotación por Región .....	69
Tabla Nº 22: Cantidad de Agua que necesitamos.....	69
Tabla Nº 23: Coeficientes de escurrimiento (Ce) de los diferentes materiales en el área de captación.....	70
Tabla Nº 24: Volumen de agua captado en litros con relación al área de captación y a la precipitación pluvial promedio. ....	72
Tabla Nº 25: Altura, área hidráulica, Perímetro mojado y Radio hidráulico en secciones para colectar el agua de lluvia. ....	78

Tabla N° 26: Parámetros, límites máximos permisibles de la calidad de agua. ....	81
Tabla N° 27: Vivienda familiar y área total de techos construidos con lámina galvanizada.....	83
Tabla N° 28: Jefes de familia encuestados que consumen agua de los pozos rústicos .....	85
Tabla N° 29: Familias encuestadas que consumen agua por Lit/pers/día – 2015 .....	86
TABLA N° 30: Demanda del agua mensualizada para 1 persona.....	89
TABLA N° 31: Demanda del agua mensualizada para 4 personas .....	90
TABLA N° 32: Oferta de precipitación del agua mensualizada .....	91
TABLA N° 33: Precipitación del mes de diciembre 2014 en (mm) .....	92
TABLA N° 34: Precipitación del mes de enero 2015 en (mm).....	93
TABLA N° 35: Precipitación del mes de febrero 2015 en (mm).....	94
TABLA N° 36: Precipitación del Mes de Marzo 2015 En (mm).....	95
TABLA N° 37: Oferta De Precipitación En (mm) Durante Los Meses De Diciembre 2014 A Marzo del 2015 .....	96
TABLA N° 38: Oferta De Precipitación Pluvia Neta De Los Meses Diciembre – Marzo .....	97
TABLA N° 39: Altura, Área hidráulica, Perímetro mojado y Radio hidráulico en sección circular y rectangular .....	100
TABLA N° 40 Las características y análisis físico químico del agua de lluvia 2015. ....	103



**LISTA DE FIGURAS**

Figura N° 01: Sistema de captación de agua de lluvia en techos .....	29
Figura N° 02: Sistema de captación de agua de lluvia. ....	35
Figura N° 03: canaleta de recolección de agua de lluvia en techos.....	39
Figura N° 04: Dispositivo interceptor de las primeras aguas .....	41
Figura N° 05: Cisterna de concreto de 40m <sup>3</sup> .....	42
Figura N° 06: Diagrama de bombeo de agua almacenada – 2013. ....	50
Figura N° 07: Macro localización del proyecto de investigación .....	52
Figura N° 08: Micro localización del Proyecto. ....	53
Figura N° 09: Ubicación del Proyecto.....	53
Figura N° 10: Población total según el sexo.....	58
Figura N° 11: Evaluando el techo de una vivienda en Molino - 2015.....	82
Figura N° 12: Vivienda sin canaleta para la colección del agua de lluvia – 2015..	83
Figura N° 13: Medición del área y la profundidad del pozo rustico – 2015. ....	84
Figura N° 14: Vivienda con techo de calamina galvanizada - 2015. ....	87
Figura N° 15: Volumen requerido para una persona .....	90
Figura N° 16: Volumen requerido para 4 personas .....	90
Figura N° 17: Precipitación pluvial.....	96
Figura N° 18: Precipitación pluvial neta.....	97
Figura N° 19: Diseño de línea de impulsión – 2015.....	102

## RESUMEN

La presente investigación denominada “Evaluación, Análisis y Diseño de un Sistema de Captación de Agua de Lluvia en Viviendas Rurales en Molino - Juli”, es de gran interés y surge de la preocupación frente a la escases de los recursos hídricos que enfrenta el planeta tierra y por ende nuestro país, particularmente en Molino – Juli. La investigación plantea como objetivos: Evaluar los techos de las viviendas rurales para la captación de agua de lluvia y diseñar un sistema de captación del agua de lluvia con fines de consumo doméstico en las viviendas rurales en Molino – Juli.

Uno de los problemas que enfrenta los pobladores de Molino, es el insuficiente abastecimiento de agua potable; porque los pobladores extraen el agua para su consumo de fuentes internas: como acuíferos y manantiales, mediante pozos rústicos. Este modelo de abastecimiento de agua no está cumpliendo con la demanda actual, ocasionando escases de agua potable a la población materia de estudio. El agua además bajo este sistema de captación está expuesta a mayor contaminación.

En el aspecto metodológico, se realizó el diagnóstico de la comunidad referente al sistema de saneamiento, aspecto socio económico, social e institucional así como también sobre los recursos naturales. Por otro lado se obtuvo la información meteorológica y la metodología del aspecto técnico haciendo énfasis en el diseño del sistema de captación de agua de lluvia.

Los resultados de la investigación indican que la demanda de agua anual para una familia de 04 personas es de  $73\text{m}^3/\text{anual}$ . La oferta de la precipitación neta durante los meses de lluvias alcanza  $721.44\text{mm}$ . Respecto al diseño de captación se ha considerado dos techos de  $120\text{m}^2$  y un tanque cisterna de  $50.5\text{m}^3$  de la población muestra. Asimismo en la evaluación se ha determinado que el agua de lluvia es apta para el consumo humano.

**Palabras Claves:** Agua de lluvia, insuficiente abastecimiento de agua potable, recursos hídricos y demanda de agua.

## INTRODUCCIÓN

La precipitación influye directamente en el desarrollo de las actividades productivas del poblador rural, sobre todo donde existe un sistema de distribución de agua potable adecuada; sin embargo en Molino no existe un sistema de abastecimiento de agua potable.

Los pobladores de Molino recolectan agua de pozos rústicos, el cual no siempre es potable; siendo un factor que dificulta el desarrollo del poblador rural. En base a esta problemática se propone la captación de agua de lluvia, como fuente alterna de abastecimiento del recurso hídrico.

Los sistemas de abastecimiento de agua potable seguros, adecuados y accesibles, conjuntamente con un tratamiento apropiado; permitirán eliminar o disminuir el riesgo de contraer enfermedades en la población de Molino. La importancia de captar, almacenar utilizar el agua de lluvia para el uso doméstico y consumo humano es de gran relevancia para poblaciones, sobre todo en aquellas que no tienen acceso a este elemento vital. La propuesta de la siguiente investigación es contar con fuentes alternas de dotación de agua, que brinde agua de buena calidad y apto para el consumo humano;

Para su estudio, ha sido necesario identificar los componentes de un sistema de captación de agua de lluvia, su funcionamiento, los criterios de diseño más sobresalientes así como su funcionamiento; además las características de la zona de estudio respecto al aspecto socioeconómico y físicas de la ubicación del ámbito donde se ha planteado esta propuesta; por otro lado ha sido fundamental evaluar los techos de las viviendas en Molino, su nivel de escurrimiento el mismo que en un 90% presentan características apropiadas para captar agua de lluvia en óptimas condiciones.

La ampliación significativa del acceso al consumo de agua potable en las zonas rurales de nuestro país es uno de los desafíos que debemos enfrentar como futuros profesionales comprometidos con la mejora de la calidad de vida del poblador rural.

## I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El agua es uno de los recursos renovables más importantes para la humanidad y los demás seres vivos del planeta, pues ninguna actividad puede desarrollarse sin ella, hoy en día la sociedad enfrenta graves y complejos problemas relacionados con el agua. La contaminación, deforestación y la sobreexplotación de acuíferos, ha mermado las reservas abastecedoras del elemento líquido en muchas ciudades del Perú, particularmente en Molino del distrito de Juli.

Los pobladores de Molino, extraen el agua de fuentes internas, como el acuífero y manantiales. Este modelo no está cumpliendo con la demanda actual, ocasionando desabastecimiento de agua potable a la población materia de estudio. El agua además bajo este sistema de captación está expuesta a mayor contaminación.

Por otro lado la carencia de una política adecuada para la gestión y uso de agua potable en la zona de estudio, se evidencia en la necesidad de recuperar el recurso hídrico producido por las precipitaciones pluviales para el consumo humano. Sin embargo esta técnica no está siendo aplicada integralmente, pese a que es una de las técnicas más antiguas.

Asimismo la deforestación de las cuencas hidrográficas, en las cuencas altas y medias afecta seriamente el recurso hídrico, este problema, sumado a la escasa precipitación media en cada cuenca agrava la disponibilidad del recurso hídrico superficial, específicamente para el consumo humano.

En este contexto el crecimiento demográfico ha generado mayor atención a sus necesidades básicas: como son agua potable.

Esto ha producido el colapso en el abastecimiento y calidad del agua potable para el consumo humano, dada la escasez de agua durante la época de estiaje (Abril - Noviembre). El ahorro, el buen manejo y la gestión del agua es fundamental para

hacer frente a esta situación. Por ello, los esfuerzos se orientan al uso de diferentes técnicas para lograr este objetivo teniendo entre ellas implementar sistemas de recuperación que permitan el mayor ahorro de agua posible, el revestimiento de la infraestructura de almacenamiento, así como el fortalecimiento institucional a fin de garantizar la adecuada operación y mantenimiento.

Este trabajo de investigación tiene como objetivo fortalecer la propuesta de captación y aprovechamiento de agua de lluvia. Por lo que se ha planteado las siguientes preguntas centrales:

- ✓ ¿De qué manera los sistemas de captación de agua y su respectiva evaluación, garantiza agua de lluvia para el consumo doméstico en las viviendas rurales en Molino del distrito de Juli?
- ✓ ¿Cómo influye la carencia de un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia en la gestión y uso de agua potable en la zona de estudio?

## **1.2. OBJETIVOS:**

### **1.2.1. OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Evaluar la cobertura de las viviendas y proponer un diseño de captación del agua de lluvia para el consumo doméstico, en las viviendas rurales en Molino - Juli.

### **1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- ✓ Evaluar la cobertura de las viviendas rurales para la captación de agua de lluvia con fines de consumo doméstico, en Molino – Juli.
- ✓ Diseñar un sistema de captación, almacenamiento, distribución del agua de lluvia para el consumo doméstico, en las viviendas rurales en Molino - Juli.

## **1.3. JUSTIFICACIÓN**

El aumento de la población y el consecuente crecimiento de la demanda por alimentos y agua, particularmente el agua dulce, se ha convertido en uno de los componentes ambientales más amenazados tanto en su calidad y cantidad;

comprometiendo la calidad de vida en la población de Molino del distrito de Juli, consecuentemente sus posibilidades de desarrollo se han visto limitadas.

Este crecimiento demográfico ha producido el colapso en el abastecimiento y calidad del agua potable para el consumo humano, puesto que los pobladores extraen el elemento líquido, de las fuentes internas y superficiales. Sin embargo no toda el agua es utilizada, debido a la poca eficiencia de los sistemas de distribución y uso.

Además, las fuentes de agua disminuyen considerablemente en la época de estiaje; por otro lado, otro factor que impide el consumo de agua de calidad es la presencia de residuos sólidos que contaminan el agua.

Diversas formas de captación de agua de lluvia se han utilizado tradicionalmente a través de los siglos. Pero estas técnicas se han comenzado a estudiar y publicar técnica y científicamente, sólo en época reciente. La captación de agua de lluvia se aplica principalmente para abastecer de agua a la ganadería y agricultura y en algunos casos particulares para el consumo doméstico.

La investigación está dirigida principalmente a la interceptación del agua de lluvia, la recolección mediante canaletas y el almacenamiento en reservorios, tanques exclusivos para el consumo doméstico este fin, procurando un funcionamiento auto sostenible.

El uso doméstico del agua, es un elemento muy importante dentro de su gestión integral, ya que abarca el empleo del agua por los miembros de la población para su consumo, higiene y saneamiento. El acceso de los pobladores a fuentes seguras de agua de buena calidad, en el tiempo y espacio, y a instalaciones adecuadas es fundamental para garantizar el bienestar del poblador rural y esencial para reducir los índices de pobreza.

El presente trabajo de investigación, se enmarca en la aplicación de conceptos netamente técnicos para el análisis y posterior diseño de pequeñas

obras particulares y comunales para cosechar (captar) y almacenar el agua de lluvia, como alternativa para enfrentar la sequía y el cambio climático en Molino - Distrito de Juli, para garantizar el agua de buena calidad.

#### **1.4. ANTECEDENTES**

El trabajo de investigación tiene relación con estudios realizados a nivel mundial y en la región sur del país, basados en la escasez de recursos hídricos como resultado del cambio climático; en efecto, mencionamos los antecedentes siguientes:

##### **A Nivel Global.**

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son utilizados intensamente en muchas zonas del planeta como una alternativa, frente a la escases y respectiva demanda de agua. Se implementan en espacios donde no existe una red de acueducto o el suministro es deficiente, cuando no se dispone de los recursos es decir no exista dinero para invertir y los materiales de construcción son muy costosos, cuando la calidad del agua es muy baja provocada por su contaminación, cuando la disponibilidad de agua subterránea y superficial es muy baja para abastecer a una determinada población.

Diferentes formas de captación de agua de lluvia se han utilizado tradicionalmente a través de la historia de las civilizaciones; pero estas tecnologías sólo se han comenzado a estudiar y publicar en fechas recientes.

La captación de agua de lluvia es un medio tan antiguo de abastecimiento de agua, que perdió importancia a partir del rápido crecimiento de las ciudades y cuando los avances tecnológicos permitieron introducir el agua por medio de tuberías en nuestros domicilios.

Muchas de las obras históricas de captación de agua de lluvia para uso doméstico se originaron principalmente en Europa y Asia, se han practicado desde que surgieron los primeros asentamientos humanos y se tiene conocimiento de que se empezaron a utilizar hace más de 4000 años a.C.

En la antigua Mesopotamia, cuando las civilizaciones crecieron demográficamente y algunos pueblos debieron ocupar zonas áridas o semiáridas del planeta tomando como alternativa para el riego de cultivos y el consumo doméstico la captación de agua de lluvia.

A continuación se mencionan ejemplos relevantes de estructuras de captación de agua de lluvia en el mundo, basado en diferentes vestigios encontrados a través de la historia de este tipo de estructuras.

- ❖ En el Desierto de Negev, en Israel y Jordania, han sido descubiertos sistemas de captación de agua de lluvia que datan de 4,000 años o más, estos sistemas consistían en el desmonte de lomeríos para aumentar los escurrimientos superficiales, que eran entonces dirigidos a predios agrícolas en las zonas más bajas.
- ❖ En la ciudad de Roma (siglos III y IV a.C.); la ciudad en su mayoría estaba ocupada por viviendas unifamiliares denominadas “La Domus” que contaba con un espacio principal a cielo abierto “Atrio” y en él se instalaba un estanque central para recoger el agua de lluvia llamado “Impluvium”, el agua entraba por un orificio en el techo llamado “Compluvium”.
- ❖ En Irán se encuentran los “Abarbans”, los cuales son los sistemas tradicionales locales para la captación y almacenamiento de agua de lluvia.
- ❖ En la India se tiene conocimiento que al inicio de la era budista, los monjes vivían en zonas montañosas y en una caverna cercana a Bombay, labraron en la roca una serie de canaletas y cisternas para almacenar agua, de donde dependían las comunidades de alrededor para satisfacer sus necesidades domésticas.
- ❖ Otro caso semejante es el de Sassi de Matera, Italia en donde la ciudad está construida a orillas de barrancos profundos, los techos están tallados



en la misma piedra y los pozos recolectores se construyeron alrededor de un patio en el que se cava un gran aljibe que recoge el agua de los tejados.

- ❖ El agua de la lluvia es colectada por un sistema de drenaje dentro de las cuevas compuesto de canales de terracota que llevan el agua al aljibe.
- ❖ En las zonas altas de la República de Yemen donde las lluvias son escasas, se encuentran edificaciones, templos y sitios de oración que fueron construidas antes del año 1,000 a.C., que cuentan con patios y terrazas utilizadas para captar y almacenar agua de lluvia
- ❖ En México durante la época prehispánica en la península de Yucatán los mayas y los toltecas aprovecharon los cenotes y las cuevas de formación natural, producto de la filtración del agua de lluvia a través de la superficie de piedra caliza, como medio de captar y almacenar agua de lluvia, fue esa riqueza de cenotes la que permitió el florecimiento de la cultura maya. Los habitantes cavaron canales y diques de drenaje para administrar el agua de lluvia y mediante de un sistema de depósitos, estos permitía que la gente permaneciera en la zona durante la estación seca cuando escaseaba agua potable

### **A nivel Nacional.**

En el Perú ante la escasez de agua, una de las consecuencias del calentamiento global, existen prácticas sociales que pueden contribuir a su mejor gestión. Una evidencia viva de ellas son las llamadas amunas, palabra quechua que se refiere a un sistema prehispánico de siembra y cosecha del agua.

El sistema de las amunas consiste en captar las aguas que se producen por el escurrimiento de las lluvias en las alturas, arriba de los 4.400 msnm, a través de acequias y llevarlas hasta zonas previamente identificadas donde hay rocas fisuradas o fracturadas de la montaña. Al ingresar a la roca, el agua se desplaza lentamente dentro de ella para aflorar, meses después, por los manantiales (ojos de agua o puquios) y arroyos que están entre 1.500 y 1.800

metros más abajo. Para que las amunas puedan funcionar es indispensable la existencia de la comunidad, pues constituye un factor fundamental para el trabajo, tanto en el aspecto físico como de organización de este proceso de siembra, cosecha, conducción e infiltración del agua de lluvia en la montaña, para recargar “humanamente” los acuíferos.

Tal como lo manifiesta la antropóloga Fánel Guevara: “Sin comunidad organizada, no son posibles las amunas. En muchos lugares donde las comunidades han desaparecido o se han debilitado, los habitantes actuales ya no tienen claro el concepto del cómo y para qué se recargan los acuíferos”.

Actualmente esta tecnología social se sigue utilizando en San Andrés de Tupicocha, en la provincia de Huarochirí, Perú. Allí, donde no hay nevados y todo depende de las lluvias, los pobladores han encontrado en las amunas una forma de sembrar y cosechar agua. Según declaraciones de los comuneros, ellos tienen el convencimiento de que las amunas funcionan para la conservación del agua en los manantiales y arroyos en la época seca o de estiaje, para su aprovechamiento doméstico y agropecuario pero también para los servicios públicos; por ello se organizan año tras año, con reverencia y ritualidad en una gran faena comunal de agradecimiento y promesa.

Las amunas constituyen un sistema complejo de gestión del agua y el territorio, basado en el conocimiento del ciclo del agua, de la geografía de los Andes, de la organización y el trabajo comunitarios, cohesionados por una cultura ancestral que perdura y refuerza la identidad y el sentido de pertenencia.

En el caso de Perú, si bien el país cuenta con una gran disponibilidad hídrica que lo ubica entre los 20 países más privilegiados con el recurso en el mundo (72 mil 510 metros cúbicos por habitante al año) sólo se utiliza una pequeña parte de ella, ya que en su mayoría el agua se desperdicia. Según la Autoridad Nacional del Agua, el 50% del agua se va al mar por falta de infraestructura apropiada (reservorios); mientras que otro 25% del recurso se desperdicia por falta de eficiencia de parte de los usuarios.

Frente a esta realidad, desde el año 2005 la Fundación Ayuda en Acción ejecuta el programa de “Siembra y Cosecha de Agua”, una propuesta que busca hacer frente a la escasez de agua en las zonas alto andinas de Perú ocasionada por su mal uso, la deforestación y el cambio climático.

La “cosecha de agua” es una alternativa sostenible en aquellas zonas donde es más complicado acceder a este recurso. Este programa tiene como punto de partida la siembra de especies de plantas que actúan como esponjas y captan gran cantidad de agua de lluvia. Con el tiempo, esa agua es “cosechada” mediante canales y en grandes reservorios que sirven para aprovechar el agua de la lluvia y también de los manantiales.

A través de estos reservorios es posible utilizar el agua de manera eficaz ya que además se incorporan sistemas de riego tecnificado que hacen posible la siembra en tierras secas donde antes era imposible cultivar.

Así, hasta el 2011 Ayuda en Acción ha construido 274 reservorios con una capacidad total para almacenar 688,380 metros cúbicos de agua y que han beneficiado a 6,329 familias (alrededor de 28,481 personas) que viven de la agricultura de las regiones de Cajamarca (Bambamarca, Chota, Cutervo y Santa Cruz), Ayacucho, La Libertad (Gran Chimú), Piura (Ayabaca) Cusco y Puno.

Gracias a estos reservorios, las familias campesinas beneficiadas ahora pueden tener dos cosechas al año (antes sólo podían tener una por falta de agua) y disponen de los alimentos que producen no sólo para generar ingresos sino, fundamentalmente, para su autoconsumo, lo cual garantiza la seguridad y soberanía alimentaria de la población.

#### **A Nivel Local.**

Según Díaz Zeballos, César y Velásquez Coaquira, Emiliano (1992) En la sierra de Moquegua se encuentra, también, una amplia superficie cubierta de Andenes, la mayor parte de ellos fuera de uso; lo propio ocurre con una

amplísima superficie cubierta por terrazas en Cuyo Cuyo, Sandia - Puno. Se estima, que la superficie cubierta por terrazas es mucho mayor al encontrar en casi todos los valles interandinos estas obras destinadas a dominar las pendientes y posibilitar el uso de las tierras minimizando la erosión de los suelos.

Los andenes "pircados" utilizando el material local; la piedra pizarra. Estos se hacen de las más diversas formas, lo que nos permitirá hacer todo un trabajo de tipología en otra ocasión. Es importante señalar sin embargo que, si bien ya no se construyen nuevos sectores de andenes, los andenes derrumbados son rápidamente rehabilitados. Entre Junio y agosto toda familia campesina dedica una parte considerable de su tiempo a la 12 rehabilitación de andenes derrumbados por efectos de lluvias y deslizamientos. (Morlon 1982: 26).

Según la misma fuente, los camellones o WaruWaru de Puno se encuentran distribuidos, principalmente, en las Provincias de San Román y Puno y secundariamente en Azángaro y Chucuito; en su mayor parte se encuentran en estado de abandono, salvo aquellas áreas que comenzaron a rehabilitarse hace aproximadamente una década y con mayor intensidad en los últimos cinco años, pero que en todo caso no sobrepasan las 400 Ha.

La segunda tecnología de manejo de suelo y agua desarrollada en el altiplano son los waru waru, conocidos también como camellones o campos elevados. A diferencia de las qochas, se encuentran en las zonas más bajas y menos inclinadas del altiplano, entre los 3,800 y 3,850 m.s.n.m.. Acá las antiguas poblaciones tuvieron que enfrentar otro tipo de riesgo en los contornos del lago Titicaca y sus ríos tributarios: las inundaciones. Para ello inventaron estos surcos gigantescos, de 4 a 10 m. de ancho por 100 a más de largo y 1 m. de altura, que facilitara el drenaje, mejoraban la fertilidad del suelo y causaban un espejo de agua que protegía las plantas contra el granizo y las heladas. Esta tecnología, inventada en el año 1,300 a.C., se encuentra dispersa en una extensión de 142,000 ha., e investigaciones recientes han demostrado que permiten, por

ejemplo, un rendimiento de papa en más del 40% en comparación con la producción en las laderas o la pampa.

Las constataciones que hemos puesto en evidencia nos lleva a proponer una tarea complementaria a la anteriormente mencionada.

La tarea impostergable de proponer alternativas de captación de agua para una gestión doméstica local como un paso previo para dar curso a un Programa Nacional de Adaptación al Cambio Climático Global, el cual debe formar parte substantiva de la Estrategia Nacional de Adaptación al Cambio Climático Global. A partir de las experiencias particulares respecto al aprovechamiento del agua de lluvia para el consumo humano. (Erickson 1996: 154).

## II. MARCO TEÓRICO

### MARCO CONCEPTUAL, E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.

#### 2.1. MARCO TEÓRICO.

##### 2.1.1. LA PRECIPITACIÓN

Las precipitaciones son importantes porque ayudan a mantener el balance atmosférico. Sin precipitación, todo el planeta sería un desierto. Las precipitaciones ayudan a la flora, las siembras y nos proporcionan agua para beber.

Sin embargo, las precipitaciones también pueden ser dañinas. Demasiada lluvia puede ocasionar inundaciones severas, daños en el campo y en zonas urbanas. (Villon, 2011, p.69).

##### ➤ **Definición de la precipitación.**

- ❖ Como precipitación se conocen todas las formas de humedad que caen a la tierra, provenientes de las nubes como agua, nieve hielo. La precipitación constituye la entrada primordial del sistema hidrológico y es el factor principal que controla la hidrología de una región.
- ❖ En meteorología, la precipitación es cualquier forma de hidrometeoro que se precipita del cielo a la superficie terrestre.

Según la definición oficial de la Organización Meteorológica Mundial, la lluvia es la precipitación de partículas de agua líquida de diámetro mayor de 0.5 mm, o de gotas menores pero muy dispersas.

Cualquier producto formado por la condensación de vapor de agua atmosférico en el aire libre o la superficie de la tierra es un hidrometeoro

La lluvia depende de tres factores: presión, temperatura y en especial la radiación solar.

➤ **Como se mide la precipitación:**

La precipitación se mide por la altura que el agua caída alcanzaría sobre una superficie plana y horizontal, en la que no existieran pérdidas por infiltración y evaporación; tal altura se mide en milímetros (mm).

La medición de la precipitación se efectúa por medio de pluviómetros o pluviógrafos. (Villon, 2011, p.73).

**El pluviómetro:** Proporciona la altura de precipitación total en milímetros en intervalos de tiempo fijados, generalmente de 24 horas.

**El pluviógrafo:** Mide continuamente la precipitación en el tiempo, es el mismo pluviómetro provisto de un mecanismo de relojería que le permite marcar en un tipo especial de papel la variación de la precipitación con el tiempo.

➤ **Formas de precipitación.**

Las gotas de agua pequeñas son casi esféricas, mientras que las mayores están achatadas. Su tamaño oscila entre los 0.5 y los 6.35 mm, mientras que su velocidad de caída varía entre los 8 y los 32 km/h, dependiendo de su volumen. (Villon, 2011, p.70).

Por la forma en que cae, se pueden clasificar diversos tipos de precipitación:

❖ **Llovizna:** son gotas de agua pequeñas por lo que su velocidad de caída es bastante baja y rara vez sobrepasa un valor de 1 mm/hrs.

- ❖ **Chispear:** se usa para describir un término medio entre una llovizna y una lluvia débil. En comparación con la primera de éstas, la pluviosidad es mayor y las gotas también aumentan de tamaño.
- ❖ **Lluvia:** consiste en gotas de agua líquida con diámetros mayores a las que componen la llovizna propiamente dicha, va de débil a moderada, sin alcanzar la intensidad de una tormenta.

Comúnmente se reportan cuatro intensidades de lluvia:

- ✓ Ligera, hasta 2.5 mm/hora.
- ✓ Moderada, entre 2.5 y 7.6 mm/hora.
- ✓ Fuerte, mayores a 7.6 mm/hora.
- ✓ Torrencial, aquella que supera los 12.7 mm/hora.

Cada milímetro medido de precipitación representa la altura en lámina precipitada, que tendría un cubo con un área igual a un metro cuadrado y una altura de 1 mm.

- ❖ **Escarcha:** es una capa de hielo que se forma producto del enfriamiento de una superficie húmeda producida por lluvia o llovizna.
- ❖ **Chubasco:** el viento, las gotas y la intensidad, aumentan.
- ❖ **Tormenta:** puede ser débil o intensa, su precipitación es alta y las gotas son grandes, el viento es intenso e incluye la posibilidad de que se precipite granizo.
- ❖ **Nieve:** está compuesta por cristales de hielo blanco o traslúcido.
- ❖ **Granizo:** precipitación en forma de bolas o cristales irregulares de hielo que se producen generalmente por nubes convectivas.
- ❖ **Tromba:** es más fuerte que la tormenta, tiene viento intenso, gotas grandes, precipitación suficientemente alta para inundar y causar

estrágos. Esta lluvia tiene la capacidad de crear granizo sumamente grande y con posibilidad de aparición de tornados.



En general las nubes se forman por enfriamiento del aire por debajo de su punto de saturación. Este enfriamiento puede tener lugar por varios procesos, que conducen al ascenso y descenso de la presión y descenso térmico asociado.

La intensidad y cantidad de precipitación dependerán del contenido de humedad del aire y la velocidad vertical.

➤ **Tipos de precipitación.**

De acuerdo con la causa que origina el ascenso de la masa húmeda, pueden distinguirse tres tipos de precipitación: (Herrera, 2010, p.08).

- ❖ **Precipitación ciclónica:** Resulta del levantamiento del aire que converge de un área de baja presión o ciclón.
- ❖ **Precipitación convectiva:** Es causada por el ascenso de aire cálido más liviano que el aire frío de los alrededores. Se caracteriza por ser puntual y su intensidad puede variar entre aquella correspondiente a lloviznas ligeras o aguaceros.
- ❖ **Precipitación orográfica:** Resulta del ascenso mecánico sobre una cadena de montañas.

Es importante destacar que en la naturaleza, los efectos de estos varios tipos de enfriamiento a menudo están interrelacionados, de manera que la precipitación resultante no puede identificarse como de un solo tipo.

### 2.1.2. SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.

La captación de agua de lluvia es un sistema ancestral que ha sido practicado en diferentes épocas y culturas. Este sistema es un medio fácil y sensato de obtener agua para el consumo humano y para el uso agrícola. En aquellos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se cuenta con la suficiente cantidad y calidad de agua para consumo humano, se puede recurrir al agua de lluvia como fuente de abastecimiento.

El agua de lluvia puede ser interceptada, colectada y almacenada en depósitos especiales para su uso posterior. Esto haría posible el hacer más llevadero el tiempo de secas y en un futuro sobrevivir las secas, ya que por el mal uso del agua y por factores tales como la deforestación masiva en el planeta, el agua ira escaseando progresivamente lo cual significa que en un futuro no muy lejano, el sistema de captación de agua de lluvia será un mecanismo de sobrevivencia. (Herrera, 2010, p.82).

La captación de aguas pluviales (o de lluvia) es el arte de desviar y capturar la precipitación (Aguas de lluvia o nieve derretida) para usarse en la vida diaria.

La captación del agua de lluvia puede ser definida como la recolección de los escurrimientos superficiales para uso productivo. (FAO, 2000).

### 2.1.3. PRINCIPALES SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

Los sistemas de aprovechamiento de agua lluvia son utilizados intensivamente en muchas zonas del planeta y es el resultado de las necesidades de demanda de agua. Se implementan cuando no existe una red de acueducto o el suministro es deficiente; cuando no se dispone de los recursos, es decir no exista dinero para invertir y los materiales de construcción son muy costosos, cuando la calidad del agua es muy baja

Provocada por su contaminación, cuando la disponibilidad de agua subterránea y superficial es muy baja o por prácticas culturales y la legislación vigente de cada región. (UNATSABAR, 2001).

Diferentes formas de captación de agua de lluvia se han utilizado tradicionalmente a través de la historia de las civilizaciones; pero estas tecnologías sólo se han comenzado a estudiar y publicar en fechas recientes.

La captación de agua de lluvia es un medio tan antiguo de abastecimiento de agua, que perdió importancia a partir del rápido crecimiento de las ciudades y cuando los avances tecnológicos permitieron introducir el agua por medio de tuberías en nuestros domicilios.

Muchas de las obras históricas de captación de agua de lluvia para uso doméstico se originaron principalmente en Europa y Asia, se han practicado desde que surgieron los primeros asentamientos humanos y se tiene conocimiento de que se empezaron a utilizar hace más de 4000 años a.C. en la antigua Mesopotamia, cuando las civilizaciones crecieron demográficamente y algunos pueblos debieron ocupar zonas áridas o semiáridas del planeta tomando como alternativa para el riego de cultivos y el consumo doméstico la captación de agua de lluvia.

#### **2.1.4. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.**

Como se ha podido apreciar, se han utilizado distintos Sistemas de Captación y Aprovechamiento del Agua de Lluvia a través del tiempo hasta la actualidad; por tal motivo a continuación se presenta una clasificación de los métodos alternativos de captación y uso eficiente de agua, las cuales fueron identificados a través de la investigación y experiencias de investigadores

dedicados al uso eficiente del agua y basada conforme a la forma como el agua escurre por techos o sobre suelos naturales, caminos, patios o áreas

de captación especialmente preparadas y al uso que se le da. Esta clasificación incluye: (Anaya, 2009, p.09).

- ✓ Sistemas para uso humano.
- ✓ Sistemas para uso agrícola y ganadero.
- ✓ Recarga de mantos acuíferos en zonas urbanas.
- ✓ Captación de agua de niebla.

A continuación se hace una descripción detallada de cada sistema.

➤ **Sistemas para uso humano.**

Dentro de esta clasificación entran las técnicas de captación de agua de lluvia que aprovechan el escurrimiento superficial captado a través de tejados o superficies terrestres para ser almacenada luego en diversos tipos de cisternas y utilizarse en la vida diaria como son:

- ❖ Los sistemas de captación de agua de lluvia: es un medio para obtener agua para consumo humano y uso doméstico. Consiste de cinco elementos principales que son la captación, recolección y conducción, interceptor o filtro, almacenamiento y un sistema de distribución los cuales se describen detalladamente más adelante.

Estos sistemas pueden ser muy sencillos o sofisticados con tratamientos automáticos en cada proceso y con monitoreo electrónico dependiendo del uso que se le dé al agua captada como: uso sanitario, limpieza, alimentación, riego de jardines, etcétera. Existe una gran diversidad de estos sistemas en los cuales comúnmente varía principalmente el elemento de almacenamiento utilizando lagunas, zanjas o aljibes revestidos con ladrillo, polietileno o plástico, piletas de ladrillo de arcilla y concreto y pozos cisternas



*Figura N° 01: Sistema de captación de agua de lluvia en techos  
Fuente: Elaboración propia.*

### ➤ **Sistemas para uso agrícola y ganadero**

Estos sistemas están enfocados a mejorar la producción de los cultivos, árboles y pastizales en áreas propensas a sequía en lugar de que el escurrimiento superficial provoque erosión además de convertirse en lugares aptos para abrevadero de ganado. Funcionan bajo el concepto de micro captación in situ, el cual manipula los escurrimientos superficiales para su almacenamiento en presas de tierra, estanques, jagüeyes y aljibes, que aún representan la fuente principal de agua en muchos ejidos y ranchos.

Las técnicas de micro captación in situ involucran conservación del suelo, aumentan la disponibilidad de agua para los cultivos, mitigan los efectos de sequía y mejoran el entorno ecológico.

Según Veenhuizen (1998), la micro captación in situ del agua de lluvia se diferencia de la captación general, básicamente en tres aspectos:

- ❖ Porque el sistema de captación se realiza exclusivamente para emplearlo en cultivos básicos, forrajeros, vegetación nativa, árboles, arbustos y frutales.
- ❖ Porque el área de esorrentía, está formada por micro captaciones que aportan cantidades adicionales de agua y no tienen que conducirla a grandes distancias, ya que dicha área está adyacente al área destinada al almacenamiento.
- ❖ Porque el área de almacenamiento incluye el mismo suelo, en el cual se desarrollan las raíces de los cultivos.

Estos sistemas de captación de agua de lluvia son especialmente relevantes para zonas áridas y semiáridas y donde los problemas de degradación ambiental, sequía y presiones de población son más evidentes.

➤ **Recarga de mantos acuíferos en zonas urbanas.**

La falta de estudios geo hidrológicos, geofísicos, y geológicos en la realización de nuevas construcciones, ocasiona que la captación de agua pluvial sea menor y no se le dé la importancia que amerita, ya que al ocupar lo que antes eran áreas verdes con nuevos desarrollos habitacionales, consorcios comerciales, etcétera.

La infiltración del agua de lluvia al subsuelo se reduce por el incremento de las zonas pavimentadas y su desalojo a través de drenajes, lo que genera problemas de gran magnitud en obras recientes; pues la sobreexplotación del manto acuífero modifica de manera considerable la estructura del subsuelo. Se parte de estos problemas para darnos cuenta de la importancia que tiene la infiltración, no solo para el abastecimiento del agua; sino para la preservación del ciclo hidrológico.

➤ **Captación de agua de niebla.**

Se presenta el estudio de las condiciones climáticas y de la captación de agua de niebla en Lachay y Atiquipa, considerada como áreas representativas de lomas ubicadas en las intercuencas de la costa desértica del Perú. El clima en las lomas costeras se caracteriza por presentar una ocurrencia de niebla entre mayo y diciembre, una precipitación anual de 67.8 mm y una temperatura promedio de 13.6°C (agosto) y 22.2°C (febrero).

Mientras que la captación de agua de niebla (CAN) tuvo un promedio de 2.8 l/m<sup>2</sup>/d (Lachay) y 1.7 l/m<sup>2</sup>/d (Atiquipa) para el periodo mayo-agosto de 1988. Los resultados demostraron que la niebla es una fuente de recurso hídrico en las lomas que requiere ser evaluada con mayor información de CAN y de parámetros meteorológicos, a fin de establecer la disponibilidad del recurso hídrico en el año.

#### **2.1.5. CONSIDERACIONES PARA DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.**

La información que a continuación se presenta se ha obtenido al realizar el análisis de diferentes proyectos elaborados por diversas instituciones, así como de manuales de sistemas de captación de agua de lluvia, con la finalidad de facilitar al lector, obtener el conocimiento adecuado para la fácil elaboración de un sistema de captación de agua de lluvia. Al realizar este análisis podemos darnos cuenta que las consideraciones de diseño para un sistema de captación de agua de lluvia, por tratarse de gastos menores no necesita de una implementación afondo de las leyes de la hidráulica, esto no quiere decir que no sean necesarias, sino todo lo contrario, la persona responsable del diseño de un sistema de captación de agua de lluvia debe tener amplio conocimiento de la aplicación de las leyes de la hidráulica a fin de asegurar el funcionamiento del sistema.

### 2.1.5.1. VENTAJAS Y DESVENTAJAS.

La captación del agua de lluvia para consumo humano presenta las siguientes ventajas. (Anaya, 2009, p.26).

- ✓ Alta calidad del agua de lluvia.
- ✓ Sistema independiente y por lo tanto ideal para comunidades dispersas y alejadas.
- ✓ Empleo de mano de obra y/o materiales locales.
- ✓ No requiere energía para la operación del sistema.
- ✓ Fácil de mantener.
- ✓ Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección del agua de lluvia.
- ✓ Es un sistema autónomo.
- ✓ Disponibilidad del agua almacenada para su consumo.

Las desventajas de este método de abastecimiento de agua son las siguientes

- ✓ Al costo inicial que puede impedir su implementación por parte de las familias de bajos recursos económicos.
- ✓ La cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar y del área de captación.

### 2.1.5.2. APLICACIÓN.

La captación de agua de lluvia para consumo humano es recomendada en primera instancia para zonas rurales o urbano marginales, con niveles de precipitación pluviométrica que hagan posible el adecuado abastecimiento de agua de la población beneficiada y que no cuentan con acceso a fuentes superficiales cercanas, y donde el nivel freático de las aguas subterráneas es muy bajo, pero en la actualidad es importante hacer provecho de la captación de agua en todas las zonas pobladas aunque



exista un sistema de abastecimiento; considerando así a la captación de agua como un sistema alternativo o complementario de distribución de agua.

### 2.1.5.3. FACTIBILIDAD.

En el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia es necesario considerar los factores técnicos, económicos, sociales y ambientales.

#### ➤ **Factor técnico.**

Los factores técnicos a tener presente son la producción u oferta y la demanda de agua:

- ❖ **Producción u “oferta” de agua;** ésta relacionada directamente con la precipitación pluvial durante el año y con las variaciones estacionales de la misma. Por ello es necesario contar con datos de precipitación suministrados por la autoridad competente del país o de la región donde se pretende ejecutar el proyecto.
- ❖ **Demanda de agua;** La demanda depende de las necesidades del interesado y los usos que quiere darle al agua.

#### ➤ **Factor económico.**

Existe una relación directa entre la oferta y la demanda de agua, las cuales inciden en el área de captación y el volumen de almacenamiento, se encuentra que ambas consideraciones están íntimamente ligadas con el aspecto económico, lo que habitualmente resulta una restricción para la mayor parte de los interesados, lo que imposibilita acceder a un sistema de abastecimiento de esta naturaleza. En la evaluación económica es necesario tener presente que en ningún caso la dotación de agua debe ser menor a 20 litros de agua por familia y por día, la misma que permite satisfacer sus

necesidades básicas elementales, debiendo atenderse los aspectos de higiene personal y lavado de ropa por otras fuentes de agua. Así mismo, los costos del sistema propuesto deben ser comparados con los costos de otras alternativas destinadas al mejoramiento del abastecimiento de agua, teniendo presente el impacto que representa la cantidad de agua en la salud de las personas beneficiadas por el servicio de agua. (UNATSABAR 2001).

➤ **Factor social.**

En la evaluación de las obras de ingeniería a nivel comunitario, siempre se debe tener presente los factores sociales, representados por los hábitos y costumbres que se puedan afectar con la implementación de las tecnologías aplicadas. Al efecto, el responsable del estudio debe discutir con la comunidad las ventajas y desventajas de la manera tradicional de abastecimiento de agua y de la tecnología propuesta, buscando que la propia comunidad seleccione lo que más le conviene emplear.

Los análisis deben considerar la conveniencia de adoptar soluciones individuales y colectivas, el tipo de material empleado en la fabricación de sus techos, la existencia de materiales alternativos en el lugar o sus alrededores y el grado de participación de la comunidad en la implementación del proyecto. (UNATSABAR 2001).

➤ **Factor Ambiental.**

En la actualidad todos los proyectos deben considerar las consecuencias ambientales que se contraen con la obra a realizar, en este caso las obras alternativas contribuyen con el factor ambiental, la disponibilidad del agua como elemento primordial para la conservación de otros recursos naturales como flora, fauna y regeneración natural, mejora el ambiente escénico, el clima es más saludable, lo que a la vez hace que las tierras ubicadas en estas condiciones adquieran un mejor valor. En el aspecto agronómico se considera que en mejores condiciones ambientales,

hay menos daños de plagas a los cultivos, además de alargar las reservas de agua potable disponibles al ahorrar en el consumo. (Herrera, 2010, p.50)

### 2.1.6. COMPONENTES DE LOS SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.

Retomando que la captación de agua de lluvia es considerada en este estudio como una tecnología utilizada para habilitar en tal sentido los techos y los pisos, o bien, otras áreas impermeables de las construcciones, para ser almacenada luego en diversos tipos de cisternas. Se tiene que el sistema de captación de agua de lluvia en techos está compuesto de los siguientes elementos y que se pueden apreciar en la figura

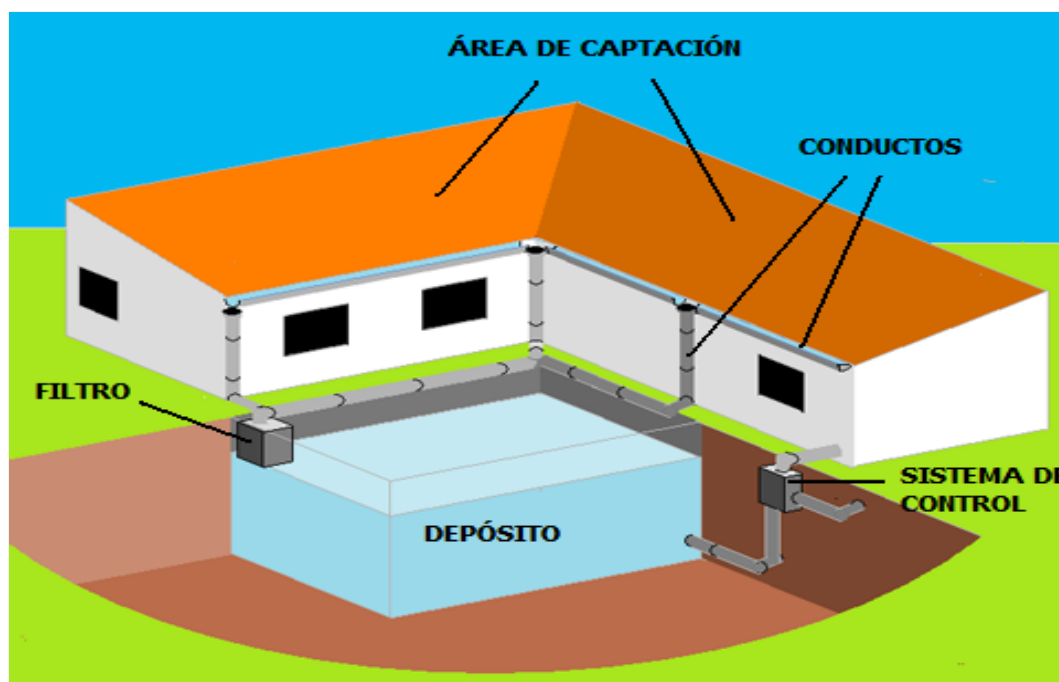


Figura N° 02: Sistema de captación de agua de lluvia.

#### a) El área de captación.

La captación está conformada por el techo de la edificación, el mismo que debe tener la superficie y pendiente adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección.

En el cálculo se debe considerar solamente la proyección horizontal del techo.

Los materiales empleados en la construcción de techos para la captación de agua de lluvia son la plancha metálica ondulada, tejas de arcilla, paja, etc.

La plancha metálica es liviana, fácil de instalar y necesita pocos cuidados, pero puede resultar costosa y difícil de encontrar en algunos lugares donde se intente proyectar este sistema.

Las tejas de arcilla tienen buena superficie y suelen ser más baratas, pero son pesadas, y para instalarlas se necesita de una buena estructura, además que para su elaboración se necesita de una buena fuente de arcilla y combustible para su cocción.

La paja, por ser de origen vegetal, tiene la desventaja que libera lignina y tanino, lo que le da un color amarillento al agua, pero que no tiene mayor impacto en la salud de los consumidores siempre que la intensidad sea baja. En todo caso puede ser destinada para otros fines diferentes al de consumo, como riego, bebida de ganado, lavado de ropa, higiene personal, limpieza de servicios sanitarios, etc.

Para el diseño se debe considerar los siguientes puntos:

- ❖ La superficie debe ser de tamaño suficiente para cumplir la demanda requerida. Es importante que los materiales con que están construidas estas superficies, no desprendan olores, colores y sustancias que puedan contaminar el agua pluvial o alterar la eficiencia de los sistemas de tratamiento.
- ❖ El techo de la edificación deberá contar con pendiente y superficie adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección, debe tener una pendiente no menor al cinco por ciento (5%) en dirección a las canaletas de recolección del agua de lluvia. En el cálculo se debe considerar la proyección horizontal del techo y el coeficiente de escurrimiento.

- ❖ En el caso de utilizar aéreas sobre terreno, estas deben estar limpias y ser lo suficientemente impermeables para no permitir que cierta parte importante del agua precipitada se pierda por infiltración en el terreno.

Cuando llueve existen pérdidas de agua en el techo debido a infiltraciones; por evaporación del agua que humedece la superficie y por salpicaduras debido a fuertes vientos. Estas pérdidas se representan en los diferentes materiales utilizados como un coeficiente de escurrimiento ( $C_e$ ) y es un número entre 0 y 1. Algunos de estos coeficientes aplicados se pueden ver en la tabla.

**Tabla Nº 01: Coeficiente de escurrimiento**

TIPOS DE CAPTACIÓN	$C_e$
Cubiertas superficiales	
Concreto	0,6-0,8
Pavimento	0,5-0,6
Geo membrana de PVC	0,85-0,90
Azotea	
Azulejos, teja	0,8-0,9
Hojas de metal acanaladas	0,7-0,9
Orgánicos (hojas con barro)	< 0,2
Captación en tierra	
Suelo con pendientes menores al 10%	0,0-0,3
Superficies naturales rocosas	0,2-0,5

*Fuente: Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural (UNATSABAR) 2003*

## b) Recolección y conducción.

Este componente es una parte esencial de los Sistemas de Captación de Agua Pluvial en Techos ya que conducirá el agua recolectada por el techo directamente hasta el tanque de almacenamiento. Está conformado por las canaletas que van adosadas

en los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo.

El material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua. Al efecto se puede emplear materiales, como el bambú, madera, metalo PVC.

Las canaletas de metal son las que más duran y menos mantenimiento necesita, sin embargo son costosas. Las canaletas confeccionadas a base de bambú y madera son fáciles de construir pero se deterioran rápidamente. Las canaletas de PVC son más fáciles de obtener, durables y no son muy costosas. (Velázquez, 2012, p.95)

Para el diseño se debe considerar los siguientes puntos:

- ❖ Las canaletas podrán ser de cualquier material que no altere la calidad fisicoquímica del agua recolectada.
- ❖ El ancho mínimo de la canaleta será de 75 mm y el máximo de 150 mm.
- ❖ Las canaletas deben ser lo suficientemente profundas para mantener el agua recolectada y prevenir que se rebote.
- ❖ Las canaletas deberán estar fuertemente adosadas a los bordes más bajos del techo.
- ❖ El techo deberá prolongarse hacia el interior de la canaleta, como mínimo en un 20% del ancho de la canaleta.
- ❖ La distancia que debe mediar entre la parte superior de la canaleta y la parte más baja del techo debe ser la menor posible para evitar la pérdida de agua.
- ❖ El máximo tirante de agua en las proximidades del interceptor no deberá ser mayor al 60% de la profundidad efectiva de la canaleta.
- ❖ La velocidad del agua en las canaletas no deberá ser mayor a 1 m/s.
- ❖ Para calcular la capacidad de conducción de la canaleta se podrán emplear formulas racionales como la de Maning, con sus

correspondientes coeficientes de rugosidad, acordes con la calidad física del material con que fue construida la canaleta.

- ❖ Las uniones entre canaletas deben ser herméticas y lo más lisas posibles para evitar el represamiento del agua.
- ❖ En el caso de techos planos de losas de concreto, se recomienda conducir el agua hacia un punto donde se capte y canalice a la cisterna.

Las canaletas se fijan al techo con:

- ✓ Alambre
- ✓ Madera
- ✓ Clavos.

Por otra parte, es muy importante que el material utilizado en la unión de los tramos de la canaleta no contamine el agua con compuestos orgánicos o inorgánicos. En el caso de que la canaleta llegue a captar materiales indeseables, tales como hojas, excremento de aves, etc. El sistema debe tener mallas que retengan estos objetos para evitar que obturen la tubería montante o el dispositivo de descarga de las primeras aguas. (Herrera, 2010, p.85)



*Figura N° 03: canaleta de recolección de agua de lluvia en techos*

### c) Interceptor

Conocido también como dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado del techo y que contiene todos los materiales que en él se encuentren en el momento del inicio de la lluvia. Este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada y de la que vaya a almacenarse posteriormente

En el diseño del dispositivo se debe tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo y que se estima en 1 litro por m<sup>2</sup> de techo.

El volumen de agua resultante del lavado del techo debe ser recolectado en un tanque de plástico. Este tanque debe diseñarse en función del área del techo para lo cual se podrán emplear recipientes de 40, 60, 80 ó 120 litros, y para áreas mayores de techo se utilizarían combinaciones de estos tanques para captar dicho volumen.

- ❖ Debe asegurar la calidad del agua dependiendo de su uso.
- ❖ El techo destinado a la captación del agua de lluvia puede tener más de un interceptor. En el caso que el área de captación tenga dos o más interceptores, ellos deberán atender áreas específicas del techo y por ningún motivo un determinado interceptor deberá captar las primeras agua de lluvia de un área que haya sido atendida por otro interceptor con el fin de agilizar el proceso de lavado del techo.
- ❖ Al inicio del tubo de bajada al interceptor deberá existir un ensanchamiento que permita encauzar el agua hacia el interceptor sin que se produzcan reboses, y su ancho inicial debe ser igual al



- ▣ doble del diámetro de la canaleta debiendo tener la reducción a una longitud de dos veces el diámetro.
- ❖ El diámetro mínimo del tubo de bajada del interceptor no será menor a 75 mm.
- ❖ La parte superior del interceptor deberá contar con un dispositivo de cierre automático una vez que el tanque de almacenamiento del interceptor se haya llenado con las primeras aguas de lluvia.
- ❖ El fondo del tanque de almacenamiento del interceptor deberá contar con grifo o tapón para el drenaje del agua luego de concluida la lluvia.
- ❖ El interceptor contará con un dispositivo que debe cerrarse una vez que se hayan evacuado las primeras aguas de lluvia.
- ❖ El filtro deberá diseñarse de modo que la velocidad de filtración sea menor a 0.2 m/h.
- ❖ Su funcionamiento debe de ser auto-purgante para no requerir de mayor
- ❖ mantenimiento y limpieza.

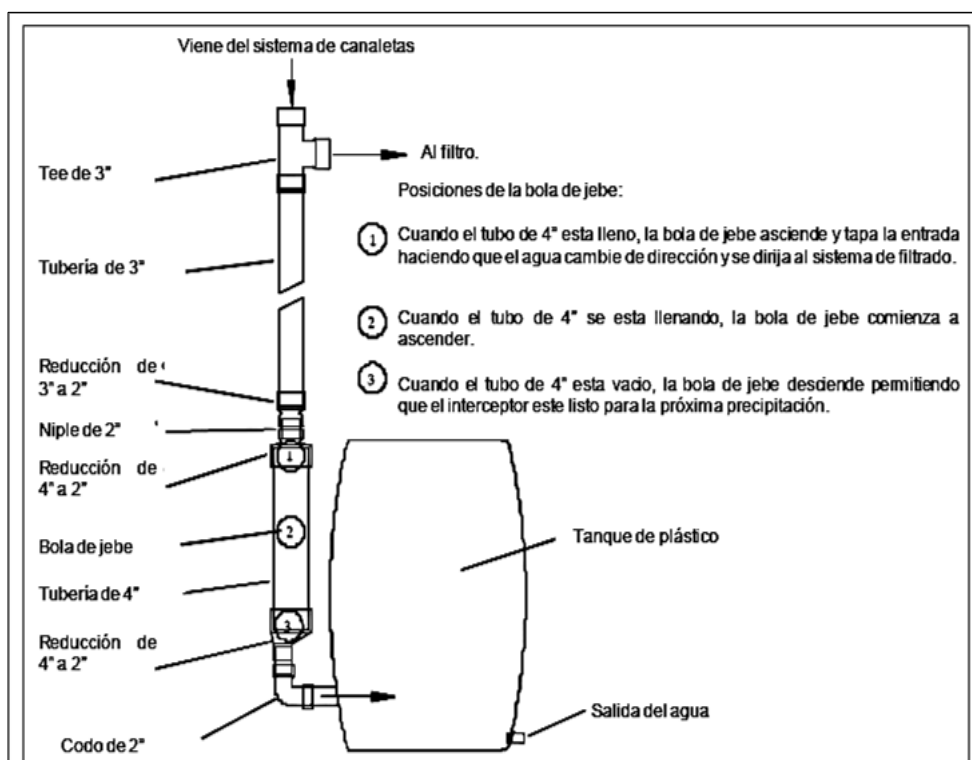


Figura N° 04: Dispositivo interceptor de las primeras aguas  
Fuente: Guía de diseño para captación del agua de lluvia.

#### d) Almacenamiento:

Es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para el consumo diario de las personas beneficiadas con este sistema, en especial durante el período de sequía

La unidad de almacenamiento debe ser duradera y al efecto debe cumplir con las especificaciones siguientes:

- ✓ Impermeable para evitar la pérdida de agua por goteo o transpiración.
- ✓ De no más de 2 metros de altura para minimizar las sobre presiones.
- ✓ Dotado de tapa para impedir el ingreso de polvo, insectos y de la luz solar.
- ✓ Disponer de una escotilla con tapa sanitaria lo suficientemente grande como para que permita el ingreso de una persona para la limpieza y reparaciones necesarias.
- ✓ La entrada y el rebose deben contar con mallas para evitar el ingreso de insectos y animales.
- ✓ Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje. Esto último para los casos de limpieza o reparación del tanque de almacenamiento. En el caso de tanques enterrados, deberán ser dotados de bombas de mano.



*Figura N° 05: Cisterna de concreto de 40m<sup>3</sup>  
Fuente: Elaboración propio.*

Los tipos de tanques de almacenamiento de agua de lluvia que pueden ser empleados en el medio rural pudieran ser construidos con los materiales siguientes:

- ✓ Mortero de cemento – arena; el mortero de cemento – arena se aplica sobre un molde de madera u otro material de forma preestablecida. Los modelos pequeños suelen variar entre 0.1 a 0.5 m<sup>3</sup> y los modelos más grandes pueden alcanzar alturas de 1.5 m y volúmenes de hasta 2.3 m<sup>3</sup>.
- ✓ Concreto; normalmente se construye vaciando concreto en moldes concéntricos de acero de un diámetro de 1.5 m, 0.1 m de espesor y 0.60 m de altura. Este tipo de tanque de almacenamiento puede alcanzar volúmenes de hasta 60m<sup>3</sup>.

### 2.1.7. CALIDAD DE AGUA

El agua pura es un producto artificial, las aguas naturales siempre contienen materiales extraños en solución o en suspensión en proporciones muy variables. Estas sustancias pueden modificar considerablemente las propiedades, efectos y usos del agua. (Miglio, 2009, p.08)

Las características del agua que se hacen llamar de “buena calidad” son directamente dependientes del uso que se hará de ella, por ejemplo: un agua dura será de pobre calidad para la producción de vapor por las incrustaciones de sales que se producirán en las tuberías; un agua turbia será inaceptable para la fabricación de hielo. Pero en cambio será aceptable para usarla en la concentración de minerales. Para considerar agua potable, su ingestión no debe causar efectos nocivos a la salud; el agua contaminada puede transmitir diferentes enfermedades.

Existen normas nacionales e internacionales de calidad de agua potable, la mayoría de los países en desarrollo han adoptado las normas de OMS, las cuales incluyen criterios de calidad de agua en sus aspectos físico, químico y bacteriológico.

En términos generales el agua debe estar libre de organismos patógenos, de sustancias tóxicas y de exceso de minerales y material orgánico; para que sea agradable debe estar libre de color, turbiedad, sabor y olor; más aún su contenido de oxígeno debe ser suficiente, debiendo tener una temperatura adecuada.

### 2.1.8. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA.

El agua no debe contener impurezas ofensivas a los sentidos de la vista, gusto u olfato; las características físicas a través de un examen incluyen turbidez, color, pH, sabor y olor y pueden incluir temperatura. (Miglio, 2009, p.08)

#### ➤ **Turbidez.**

Es una medida de la resistencia del agua al paso de la luz; la turbidez es causada por la presencia de materia en suspensión generalmente arena fina, arcilla, tierra vegetal y materia coloidal. El valor de la turbidez se verifica mediante aparatos calibrados, ya sea el turbidímetro de Jackson o el de Hellige. Una unidad de turbidez a una suspensión de 1mg de sílice (S.O<sub>2</sub>) en un litro de agua. (Miglio, 2009, p.09)

#### ➤ **Color.**

El color aunque tiene poca significación sanitaria es estéticamente indeseable, pues puede manchar materiales o afectar procesos industriales. El color en el agua es debido generalmente a la presencia de materia orgánica en suspensión coloidal. También de materia mineral en solución o en suspensión (sales de hierro o manganeso). Es común encontrar las siguientes coloraciones:

- Aguas pantanos                                  Negros
- Aguas con compuestos de hierro            Rojos
- Aguas con presencia de cobre                Azul

El valor patrón del color se aprecia sobre agua filtrada (para que no haya encubrimiento debido a la turbidez) y se compara con una escala de patrones preparando con cloruro de platino y cobalto. El número que expresa el color es igual a los miligramos de platino que contiene un litro de la solución patrón, cuyo color es igual al agua examinada. (Miglio, 2009, p.09)

➤ **Olor y sabor.**

El agua debe ser inodora y de sabor agradable. La presencia de olores y sabores puede resultar de la combinación de varios factores, como presencia de microorganismos muertos o vivos, gases disueltos, etc.

Las aguas naturales generalmente no tienen ningún olor, excepto el que pueda ocasionarles eventualmente el fierro y el azufre o el crecimiento de ciertos organismos como algas u otros. (Miglio, 2009, p.09)

➤ **pH.**

El pH es el cologaritmo de la concentración de los hidrógenos ionizados en moles por litro, se determina utilizando aparatos de extremada sensibilidad como el potenciómetro.

### 2.1.9. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUA.

El agua no debe contener exceso de mineral soluble ni exceso de las sustancias químicas que se emplean para tratarlas. El agua no debe contener:

- ✓ Sustancias indeseables directamente relacionadas con la salud como el plomo, el arsénico (causa envenenamiento progresivo); el flúor (los fluoruros arriba de 1.5 mg/L provocan la aparición de manchas oscuras y picaduras en los dientes); cromo, selenio, cianuro, nitratos (arriba de 50mg/L pueden provocar alteraciones en la sangre en niños de corta edad).
- ✓ Sustancias que no conviene que se presenten en concentraciones mayores a las fijadas como límite: cobre, fierro, magnesio, zinc, cloruros (el exceso de cloruros – sal produce sabor desagradable – salado), sulfatos (el exceso de sulfatos actúa como laxante), compuestos fenol y sólidos totales. (OMS, 2000).

➤ **Sustancias relacionados con el aspecto económico.**

- Las que causan dureza: un exceso de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio causan dureza en el agua; un agua dura es aquella que exige un alto consumo de jabón o con la cual no puede producirse espuma; modifica el cocimiento de las verduras dándoles un sabor especial; mancha; forma incrustaciones en tuberías. (OMS, 2000).

**Hay dos tipos de dureza:** la comunicada por carbonatos es la llamada dureza temporal, se pierde al hervir el agua pues las sales se precipitan; la comunicada por sulfatos, es la llamada dureza permanente, no se pierde con el hervido, se corrige con procedimientos químicos.

Desde el punto de vista sanitario la dureza del agua no presenta ningún peligro, lo perjudicial ocurre en el aspecto económico, pues las aguas duras descomponen el jabón y obligan a usarlo en mayor proporción para el lavado; igualmente producen incrustaciones en los calderos, siendo más peligrosas las producidas por sulfatos que muchas veces se descomponen dejando el ácido sulfúrico en libertad produciendo corrosiones.

- **Las que causan corrosión:** CO<sub>2</sub>, óxidos minerales y orgánicos (pH ácido); hidróxido y carbonatos (pH alcalino, aguas corrosivas para el cemento)
  - **El hierro:** colorea el agua y produce un sabor desagradable; mancha tejidos y aparatos sanitarios.
  - **Sulfatos.** Transforman las aguas en agresivas para el concreto.
- **Sustancias indicadores de contaminación orgánica.**
- **Nitrógeno:** como amoníaco, nitritos y nitratos la mayor o menor proporción de estos elementos, indica contaminación por materia orgánica y el grado de auto depuración alcanzado.
  - **Oxígeno:** un agua que consume gran proporción de oxígeno, tiene un alto contenido de materia y aprovecha este oxígeno en la nitrificación de la materia orgánica, para formar nitratos.
  - **Cloruros:** la presencia de cloruros indica posible contaminación por deyecciones humanas.

En la interpretación del análisis químico, en lo referente a sustancias directamente relacionadas a la salud hay que mantener un estricto control de las sustancias que son tóxicas y peligrosas para la salud de los consumidores.

**Tabla N° 02: Requisitos físico químico para el agua potable.**

Características	Max. Deseable	Max. admisible	Observación
Ph	7.5 – 8.5	6.5 – 9.2	Sabores corrosión
Color	5 unidades (*)	50 Unidades	Coloración
Turbidez	5 Unidades	25 Unidades	Posibles irritaciones gastro intestinal
Cloruros	200 ml/l	600 ml/l	Sabor
Sulfatos	200 ml/l	400 ml/l	Irritaciones gastro intestinal cuando hay magnesio
Dureza total	100 ml/l	500 ml/l	Deposito excesivo de incrustaciones
Dureza de calcio	75 ml/l	200 ml/l	Deposito excesivo de incrustaciones.
Dureza de magnesio	30ml/l (**) 150 ml/l(***)	150 ml/l	Dureza, sabor irritaciones gastro intestinal
Magnesio	0.05 ml/l	0.5 ml/l	Sabor, coloración, turbidez, depósitos en las tuberías.
Hierro	0.1 ml/l	1.0 ml/l	Proliferación de ferro bacterias.
Fluoruros	1.5 ml/l	1.5 ml/l	Fluoresis
Nitratos	10 ml/l	45 ml/l	Formación de bacterias intestinales, especialmente niños.

(\*) En la escala de platino – cobalto, (\*\*) si hay 250 ml/l de sulfato, (\*\*\*) si hay de 250 ml/l de sulfato Fuente: MINSA

### 2.1.10. ASPECTOS DE IMPACTO AMBIENTAL

La EIA, (Evaluación de Impacto Ambiental), es un procedimiento jurídico – administrativo que tiene por objeto la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos. (MINEM, 1993).

Todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de las distintas autoridades competentes.

Siempre en toda construcción sobre el suelo, sucede una alteración del equilibrio ecológico de la zona, sobre todo en lo relacionado en la flora, es por esta razón que debe tratar de no alterar dicho equilibrio causado por la construcción de tanques de reservorio, en los sistemas de captación de agua de lluvia.



### Matriz de Leopold.

Es una metodología para la identificación y evaluación de los impactos ambientales que consiste en un Tabla de doble entrada – matriz en el que se disponen como filas los factores ambientales que pueden ser afectados y como columnas las acciones del proyecto que vayan a tener lugar y que serán causa de los posibles impactos. (Tebbut, 1990).

## 2.2. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.

### 2.2.1. Términos hidráulicos.

A continuación se presentarán los términos hidráulicos para estimar la potencia hidráulica de la bomba y extraer el agua almacenada. (Rodríguez, 2008)

- ✓ **Espejo de agua.** Superficie en reposo del agua dentro de la cisterna, pozo o noria.
- ✓ **Nivel estático.** Profundidad a la que se ve el espejo de agua en estado estacionario (cuando no hay extracción de agua). Es la distancia que hay desde el nivel de la superficie al espejo del agua. Está representado por B y se mide en metros.
- ✓ **Nivel dinámico.** Profundidad a la que se ve el espejo de agua en el proceso de bombeo (durante la extracción). Es la distancia que hay desde el nivel de superficie al espejo de agua durante el proceso de bombeo, se mide en metros.
- ✓ **Nivel de descarga.** Altura a la que hay que llevar el agua. Distancia que hay desde la superficie hasta el borde superior del tanque de almacenamiento. Está representado por A y se mide en metros.
- ✓ **Profundidad de abatimiento.** Diferencia de distancia entre el nivel estático y el dinámico. Está representado por C, se mide en metros, m. (ver figura).

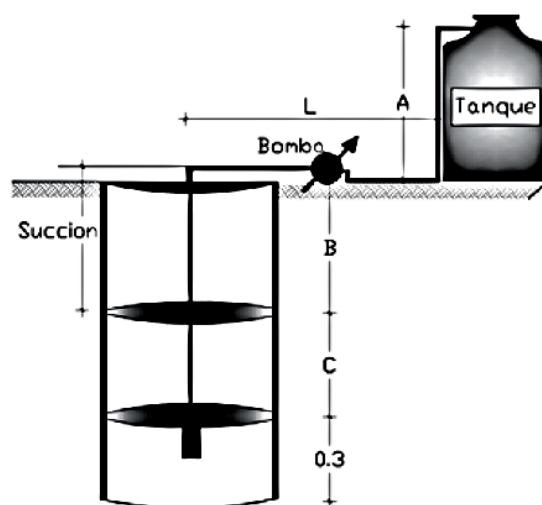


Figura N° 06: Diagrama de bombeo de agua almacenada – 2013.

Fuente: Manual sobre sistemas de captación y aprovechamiento de aguas de lluvia

- ✓ **Altura de fricción.** Distancia adicional que hay que agregar debido a la fuerza de fricción que oponen las paredes de la tubería, conexiones y válvulas, para el flujo de agua.
- ✓ **Profundidad de succión.** Es la distancia que hay desde el centro de una bomba superficial al espejo de agua, se mide en metros, m.  
Los parámetros hidráulicos referidos a los términos anteriores están basados en el concepto físico asociado al trabajo que se tiene que realizar, para un volumen de agua determinado a cierta altura, en contra de la fuerza de atracción gravitacional. En hidráulica, a la fuerza que hay que realizar para efectuar este trabajo, se le llama carga hidráulica.
- ✓ **Carga estática.** Es la distancia a la que hay que llevar el agua desde el nivel estático hasta el nivel de descarga (A+B).
- ✓ **Carga dinámica o de fricción.** Carga adicional que aparece cuando el agua se desplaza dentro de la tubería, en toda su longitud, a un gasto dado, se simboliza por CF, también se mide en metros, m. Su cuantificación depende de factores físicos como el tipo de tubería, longitud y el gasto que circula por ella.
- ✓ **Carga dinámica total.** Es la carga hidráulica total en el proceso de bombeo, se simboliza por CDT.

$$CDT = (A + B) + CF$$

- ✓ **Potencia hidráulica (PH).** Es la fuerza que debe tener la bomba para realizar dicho trabajo, en watts y está dada por la expresión:

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ watts}$$

$$PH = 9.8 Q \cdot CDT$$

Donde, 9.8 es la aceleración de la gravedad, m s, Q el gasto o caudal, m<sup>3</sup> s.

## 2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.3.1. Hipótesis General

La evaluación y diseño para captar agua de lluvia en zonas rurales garantiza una gestión del agua con calidad, para el consumo doméstico en las viviendas rurales en Molino - Juli.

### 2.3.2. Hipótesis Específicas

- La evaluación de las coberturas de las viviendas rurales para la captación y aprovechamiento de agua de lluvia garantiza un suministro adecuado de agua que no represente ningún riesgo para la salud de los pobladores del ámbito de estudio en Molino – Juli.
- El diseño de un sistema de captación, almacenamiento, distribución, del agua de lluvia constituye una alternativa para abastecer agua para el consumo doméstico en las viviendas rurales en Molino - Juli.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO:

##### 3.1.1. UBICACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

###### a) Ubicación Política:

Políticamente el área de estudio está ubicada en:

Región : Puno

Departamento : Puno

Provincia : Chucuito

Distrito : Juli

Localidad : Molino.

Figura Nº 07: Macro localización del proyecto de investigación

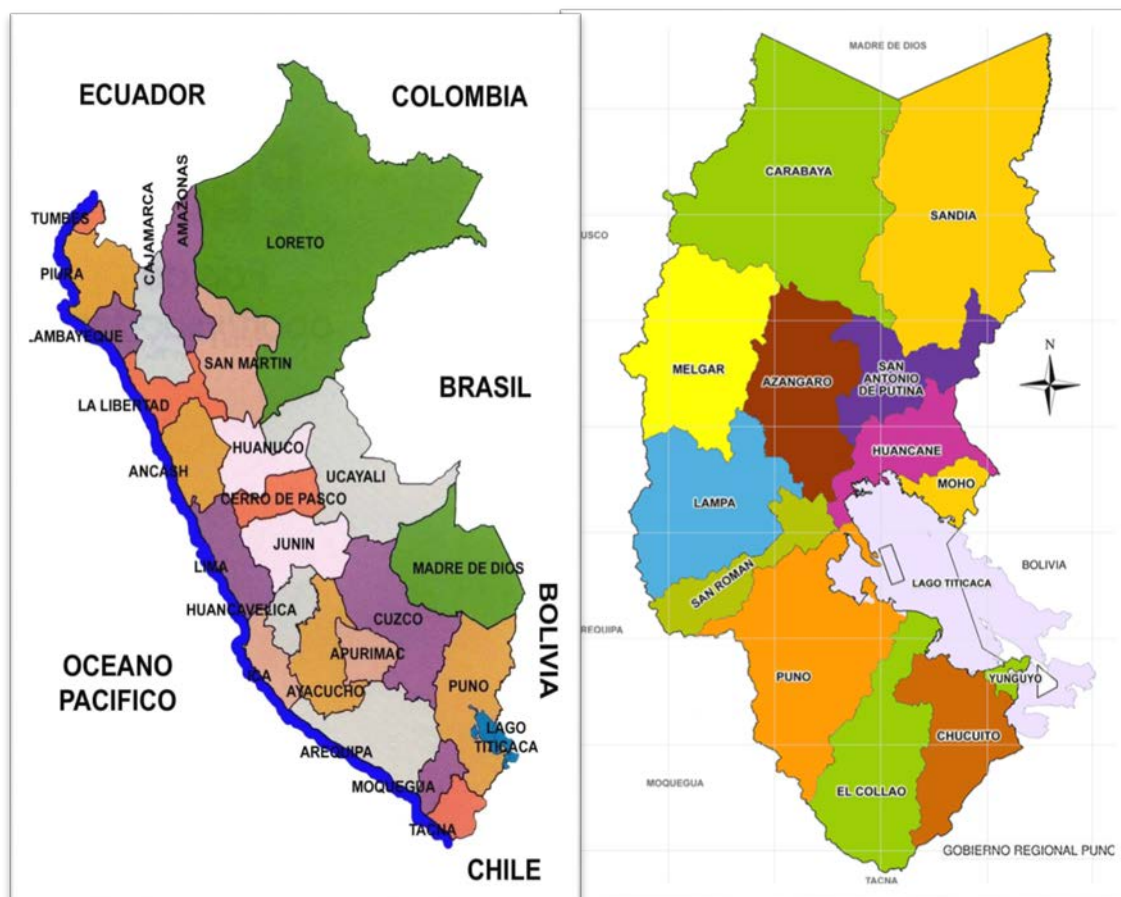


Figura N° 08: Micro localización del Proyecto.

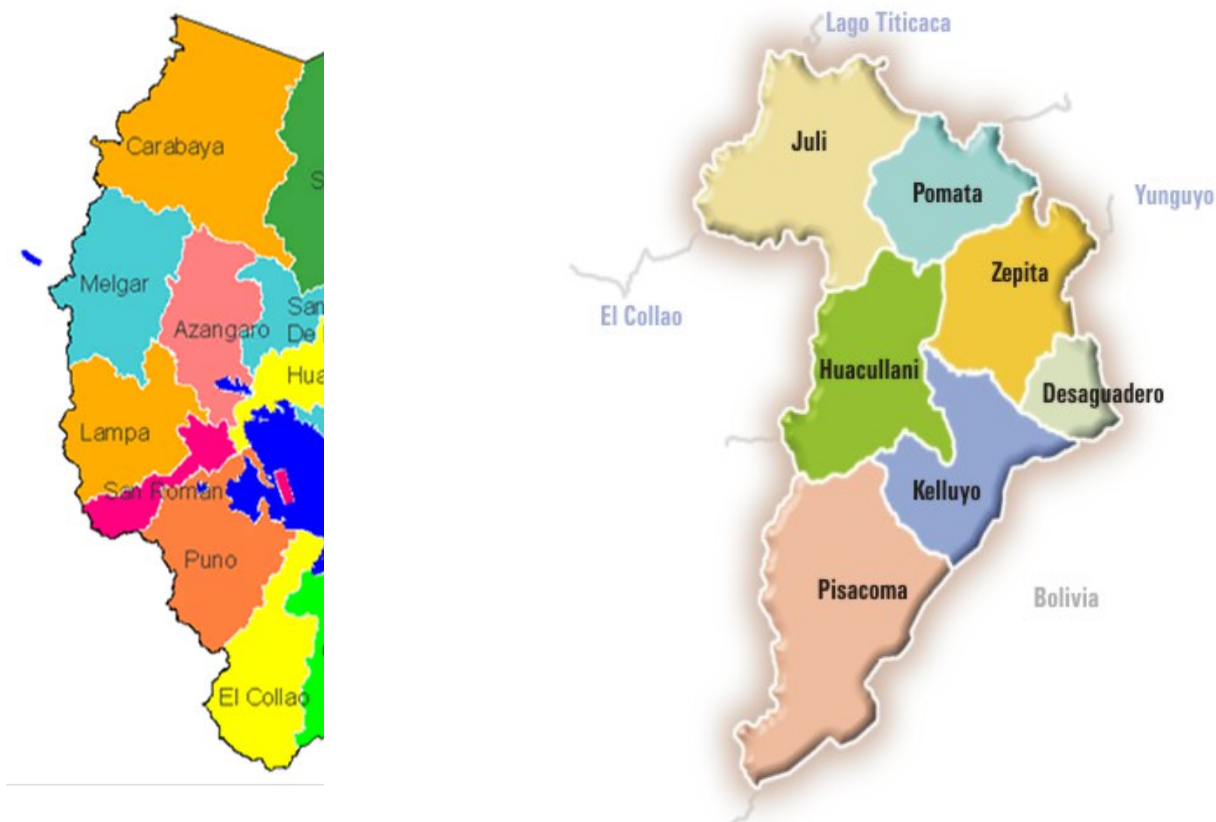


Figura N° 09: Ubicación del Proyecto



- PROVINCIA
- DISTRITO
- LOCALIDAD

**b) Ubicación Geográfica:**

Geográficamente el Centro Poblado de Molino está ubicada en el Altiplano Puneño, en las coordenadas 16°06'17" de latitud sur y 69°32'54" de longitud oeste, a 3,836.00 m.s.n.m., el distrito de Juli tiene una superficie aproximadamente de 157.00 km<sup>2</sup> que equivale al 28% de la extensión territorial de la provincia de Chucuito, ocupando el sexto lugar y está dividido en 82 comunidades campesinas y 8 centros poblados.

El Centro Poblado de Molino se encuentra dentro de la jurisdicción del distrito de Juli, Tiene una superficie de 720380m<sup>2</sup> aproximadamente.

**c) Ubicación Hidrográfica:**

- ❖ Vertiente : Pacífico.
- ❖ Hoya hidrográfica : Lago Titicaca.
- ❖ Cuenca : Rio Ilave

**d) Límites en el área de estudio:**

- ❖ NORTE : Comunidad Vilcallame
- ❖ SUR : Comunidad Sihuairo
- ❖ ESTE : Lago Titicaca
- ❖ OESTE : Sector Morojahua.

**e) Vías de acceso al área de estudio.**

La principal vía de acceso a la zona de estudio es por la carretera panamericana Puno Desaguadero – posteriormente por la carretera Juli Desaguadero, es la única vía que existe para acceder a la zona de estudio, los cuales se ilustra en el siguiente Tabla.

**Tabla N° 03: Vías de acceso a la zona de estudio.**

TRAMO	DISTANCIA (Km)	TIEMPO (min)	TIPO DE VIA	VIA PRINCIPAL
Puno - Juli	82	80	Asfaltada	Puno – Desaguadero
Juli - Molino	13	13	Asfaltada	Juli - Molino
Molino - (Proyecto)	2	15	Trocha	Camino - Juli

*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.2. DIAGNÓSTICO DEL ÁMBITO DE ESTUDIO EN EL CENTRO POBLADO DE MOLINO – DISTRITO DE JULI PROVINCIA DE CHUCUITO.

#### SERVICIO DE SANEAMIENTO.

##### a) Agua potable en el área de estudio.

En el área de estudio solo una vivienda se abastece con agua tratada para consumo humano, 78 viviendas se abastecen de pozo, 3 viviendas consumen de la vivienda vecina, los resultados se muestran en el siguiente Tabla.

**Tabla N° 04: Abastecimiento de agua potable en el área de estudio.**

ABASTECIMIENTO DE AGUA EN LA VIVIENDA	TIPO DE ÁREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
Pilón (agua tratada)	-	1	1
Pozo rústico	-	78	78
Pozo Vecino	-	3	3
<b>Total</b>	-	<b>82</b>	<b>82</b>

*Fuente: Censos Nacionales XI Población y VI de Vivienda 2007.*

El sector rural consume agua sin potabilizar; porque el agua lo extraen directamente de los acuíferos, ríos y riachuelos que discurren por las comunidades, estas aguas están contaminadas y hay que mencionar

que de esas mismas fuentes el ganado bebe el agua. Uno de los problemas urgentes que se requiere solucionar es la falta de sistemas de agua potable para la población que no cuenta con este servicio.

#### b) Sistema de alcantarillado en el área de estudio.

En el área de estudio las viviendas no cuentan con el servicio de desagüe, 02 familias tiene pozo séptico y 77 viviendas cuentan con letrina con pozo ciego, 03 viviendas no tienen letrinas.

**Tabla N° 05: Sistema de alcantarillado en el área de estudio.**

SERVICIO HIGIÉNICO QUE TIENE LA VIVIENDA	TIPO DE ÁREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
Pozo séptico	-	2	2
Pozo ciego o negro / letrina	-	77	77
No tiene	-	3	3
<b>Total</b>	-	<b>82</b>	<b>82</b>

*Fuente: Censos Nacionales XI Población y VI de Vivienda 2007.*

El pueblo de Juli si tiene instalado el sistema de desagüe sin embargo no está operativo por falta de la culminación de algunas tuberías y la laguna de oxidación; esto hace que se prolifere la contaminación del medio ambiente, se observan excretas en las calles y alrededor de las casas, donde aparte de dar mal aspecto son verdaderos focos infecciosos, atrayendo a las moscas y otros bichos transmisores de enfermedades y plagas.

La baja autoestima de la población y el poco interés mostrado por representantes y dirigentes comunales, instituciones y autoridades locales no ha permitido solucionar este problema que viene siendo postergado por falta de decisión de nuestras autoridades de turno.



### c) Vivienda.

La construcción de las viviendas en la zona urbana del distrito de Juli es en su mayoría de adobe, el mismo que está revestido con material de concreto, siendo el techo de calamina galvanizada. En la zona de estudio 22 viviendas son de material bloqueta y 59 son de adobe, los resultados se muestran a continuación.

**Tabla N° 06: Aspectos de las viviendas en el área de estudio.**

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTE EN LAS PAREDES	TIPO DE ÁREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
Ladrillo o bloqueta de cemento	-	22	22
Adobe	-	59	59
Piedra	-	1	1
Total	-	82	82
NSA:		29	

*Fuente: Censos Nacionales XI Población y VI de Vivienda 2007.*

En la zona de estudio 67 viviendas son de piso de tierra, y 13 viviendas tienen piso de cemento, con loseta 1, parquet o madera 1 vivienda.

**Tabla N° 07: Aspectos de las viviendas en el área de estudio.**

MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN PREDOMINANTE EN LOS PISOS	TIPO DE ÁREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
Tierra	-	67	67
Cemento	-	13	13
Losetas, terrazos	-	1	1
Parquet o madera pulida	-	1	1
Total		82	82
NSA:		29	

*Fuente: Censos Nacionales XI Población y VI de Vivienda 2007.*

**ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS DE LA POBLACIÓN.**

**CAPITAL HUMANO.**

**a) Población referencial.**

Está constituida por la población de todo el distrito de Juli y para realizar la tasa de crecimiento Provincial inter censal es de 0.34%

**Tabla Nº 08: Población total, por área urbana y rural, según sexo del dpto., provincia y distrito.**

DEPARTAMENTO PROVINCIA Y DISTRITO	TOTAL	POBLACIÓN		TOTAL	URBANA		TOTAL	RURAL.	
		HOMBRES	MUJERES		HOMBRES	MUJERES		HOMBRES	MUJERES
Dpto. Puno	1,268,441	633,332	635,109	629,89	313,663	316,228	638,6	319,669	318,881
Prov. CHUCUITO	81,059	41,148	39,911	25,376	13,04	12,336	55,68	28,108	27,575
Distrito JULI	14,151	7,038	7,113	1,372	684	688	12,78	6,354	6,425

Fuente: INEI. XI de población y VI de vivienda – Censos 2007.

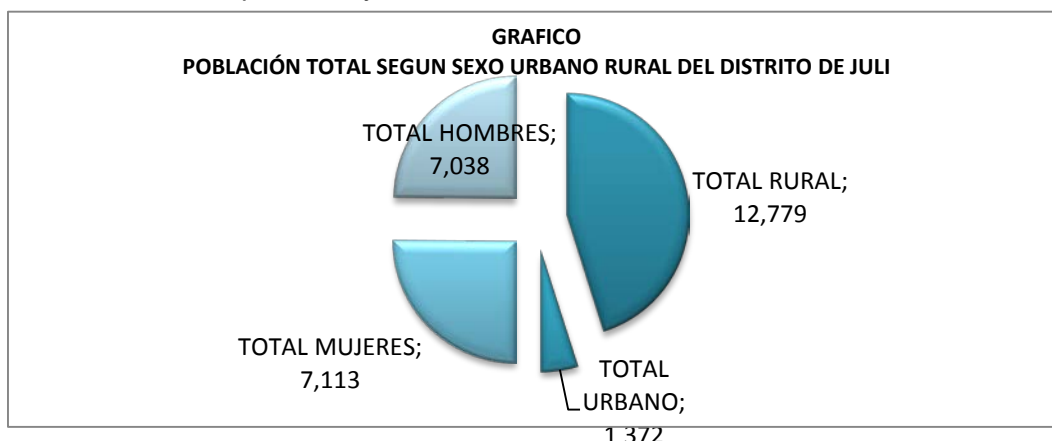


Figura Nº 10: Población total según el sexo.

**Población objetivo**

Está constituido por la población del área de influencia del proyecto es decir la población de Molino del distrito de Juli, para realizar la estimación de la proyección se utiliza la tasa de crecimiento intercensal Provincial de 0.34%, en vista que la tasa de crecimiento a nivel distrital (Juli) resulta ser negativo (- 1.23). Por lo que no se aplica la tasa de crecimiento poblacional distrital según el Censo de Población y Vivienda del 2007. Por otro lado se estima el promedio de personas que

conforman es 5 habitantes/familia, los resultados se muestran en el Tabla siguiente.

**Tabla N° 09: Población objetivo del proyecto**

SEGÚN SEXO	TIPO DE ÁREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
Hombre	-	106	530
Mujer	-	103	515
Total	-	209	1045

*Fuente: Censos Nacionales XI Población y VI de Vivienda 2007.*

**b) Población económicamente activa en el área de estudio.**

La población de PEA según la información del INEI, se tiene 138 personas mayores de 14 años de edad pertenecen a la Población Económicamente Activa – PEA, y 48 habitantes pertenecen a la PEA desocupada, los resultados se muestran en el siguiente Tabla.

**Tabla N° 10: Evolución de la población económicamente activa**

ACTIVIDAD ECONÓMICA DE LA POBLACIÓN	TIPO DE ÁREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
PEA Ocupada	-	138	138
No PEA	-	48	48
Total	-	186	186
NSA:	23		

*Fuente: Censos Nacionales XI Población y VI de Vivienda 2007.*

Según la información obtenida por el Plan de desarrollo Concertado al 2021, del Gobierno Regional de Puno. El ingreso familiar per cápita mensual asciende a 231.40 nuevos soles a nivel de la provincia de Chucuito.

La distribución de la población Económicamente Activa a nivel del distrito, según rama de actividad económica, se muestra en el siguiente Tabla.

**Tabla Nº 11: población económicamente activa por grupos de edad del distrito de Juli, según ramas de actividad.**

RAMAS DE ACTIVIDAD ECONÓMICA	TOTAL	GRANDES GRUPOS DE EDAD				
		6 A 14 AÑOS	15 A 29 AÑOS	30 A 44 AÑOS	45 A 64 AÑOS	65 Y MAS AÑOS
Agric. Ganadería, caza y silvicultura	<b>3665</b>	47	706	855	1242	815
Pesca	<b>112</b>	-	36	41	34	1
Industrias manufactureras	<b>84</b>	-	39	23	11	11
Construcción	<b>67</b>	-	23	17	23	4
Comerc. rep. Veh. Autom.,efecto.pers.	<b>305</b>	3	102	107	82	11
Venta, mant, y rep.Veh. Automo, y motoc.	<b>22</b>	-	14	5	2	1
Comercio al por mayor	<b>5</b>	-	1	4	-	-
Comercio al por menor	<b>278</b>	3	87	98	80	10
Hoteles y restaurantes	<b>15</b>	-	2	8	5	-
Trans., almac. Y comunicaciones	<b>61</b>	1	18	32	9	1
Actividad inmovil., empresa; y alquileres	<b>12</b>	-	9	2	1	-
Admin...pub., ydefensa; p. seguridad.socialafil	<b>58</b>	-	20	21	17	-
Enseñanza	<b>154</b>	-	23	59	69	3
Servicios sociales y de salud	<b>25</b>	-	8	7	10	-
Otras activ. Serv.comun.soc y personales	<b>6</b>	1	-	2	3	-
Hogares privados con servicio domestico	<b>14</b>	-	8	5	-	1
Actividad económica no especificada	<b>159</b>	-	33	34	46	46
Desocupado	<b>282</b>	1	139	70	48	24
<b>Total</b>	<b>5324</b>	<b>56</b>	<b>1268</b>	<b>1390</b>	<b>1682</b>	<b>928</b>

Fuente: INEI. XI de población y VI de vivienda – Censos 2007.

### c) Migraciones.

En el altiplano puneño es característico el fuerte progreso migratorio de la población rural hacia los centros y pueblos de mayor

desarrollo relativo, como son: Moquegua, Tacna, Arequipa, Cusco y Juliaca.

El progreso migratorio tiene su origen en la escasa tenencia y propiedad de los recursos productivos, en el uso inadecuado de la fuerza de trabajo y la tecnología, los exiguos ingresos per cápita y la baja producción y productividad anual.

La migración es mayor en los pobladores de sector rural en el grupo de edades de 20 a 29 años, principalmente en el sexo masculino (15.2%), este indicador muestra que el campesino incentivado en futuras mejoras económicas, tiende a movilizarse a diferentes regiones y centros urbanos, originando diversas corrientes migratorias que en su mayor parte son de carácter temporal y se realizan en las épocas posteriores a los periodos de siembra y cosecha.

#### **d) Servicios de educación en el área de estudio.**

Los servicios educativos que brindan son públicos, las mismas que son facilitados por el ministerio de educación, la cobertura educativa alcanza a mayoría de los centros poblados, comunidades y parcialidades, las instituciones educativas iniciales, primarias en algunos de ellos, en caso de secundario está concentrado en la capital del distrito.

Un aspecto fundamental en el tema de educación es el analfabetismo de la población, que en datos representa 43 personas que no saben leer y escribir, y 156 personas saben leer y escribir.

**Tabla N° 12: Evolución de la población económicamente activa**

QUE SABE LEER Y ESCRIBIR	TIPO DE AREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
Si	-	156	156
No	-	43	43
Total	-	199	199
NSA:	10		

*Fuente: Censos Nacionales XI Población y VI de Vivienda 2007.*

**Tabla N° 13: Población y situación de infraestructura educativa, según niveles del distrito de Juli – 2007.**

NIVEL EDUCATIVO	POBLACIÓN	DOCENTES	Nº DE I.E.	SITUACIÓN DE INFRAESTRUCTURA %		
				BUENO	REGULAR	MALO
Educación inicial	232	11	8	30	55	15
Primaria	1354	91	31	34	53	13
Secundaria	1100	106	7	40	50	10
Sup. CEO	75	6	1	20	30	50
Superior ESFAP	46	9	1	20	60	30
<b>TOTAL</b>	<b>2,807</b>	<b>223</b>	<b>48</b>			

*Fuente: Ministerio de Educación – Oficina de Planificación, UGEL CHUCUITO, 2008.*

Del total de Instituciones Educativas del distrito de Juli, solamente el 28% se encuentran en buenas condiciones de infraestructura, el 49% en estado regular, y el 23% en mal estado; dado que varias instituciones aún no han remodelado y datan de 30 a 40 años y son de material adobe, específicamente en las zonas rurales, los mismos que requieren nueva construcción.

Según resultado, en el Distrito de Juli, el 21% de la población total es analfabeta, de los cuales el 30% corresponden a mujeres y el 12% a hombres.

**Tabla N° 14: Población de 3 años a mas, distrito de Juli según sexo y condición de alfabetismo.**

Nivel de alfabetismo	Hombres	%	Mujeres	%	TOTAL
Sabe leer y escribir	5930	88	4813	70	10743
No sabe leer y escribir	830	12	2056	30	2886
<b>TOTAL</b>	<b>6760</b>	<b>100</b>	<b>6869</b>	<b>100</b>	<b>13629</b>

*Fuente: INEI. XI de población y VI de vivienda – Censos 2007.*

## SOCIAL E INSTITUCIONAL

### a) Organización Comunal.

El Centro Poblado de Molino es una organización social y económica integrada por familias 209 familias que representan 1049 habitantes con una densidad poblacional de 5.00 hab/fam/vivienda, a esto los mismos que se muestra en el Tabla siguiente.

**Tabla N° 15: Número de Familias en la organización**

Según sexo	TIPO DE ÁREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
Hombre	-	106	106
Mujer	-	103	103
Total	-	209	209

*Fuente: INEI. XI de población y VI de vivienda – Censos 2007.*

### b) Organización de productores.

El proceso productivo en el ámbito del área de estudio en Molino, particularmente referido a la actividad agropecuaria se organiza de dos maneras; a nivel de la organización comunal (comités agropecuarios) y familia campesina:

### c) Organización familiar parcelaria.

Este tipo de organización de producción es la que tiene mayor vigencia en Molino del distrito de Juli. La familia campesina tiene como objetivo principal satisfacer sus necesidades de consumo, adicionalmente requiere cubrir gastos en educación, salud, vivienda, vestido, etc.

### d) Energía eléctrica.

Así mismo, en el área de estudio y/o en el área rural solo 76 viviendas cuentan con el servicio de energía eléctrica, 1289 viviendas no cuentan con el servicio de energía eléctrica.

**Tabla Nº 16: Servicio de energía eléctrica en el área de estudio**

La vivienda tiene alumbrado eléctrico	TIPO DE ÁREA		TOTAL
	URBANO	RURAL	
Si	214	-	214
No	49	-	49
Total	263	-	263
NSA:	3		

*Fuente: Censos Nacionales XI de población y VI de vivienda – Censos 2007.*

## LOS RECURSOS NATURALES

### a) Suelo.

La superficie del distrito de Juli es de 10,740.00 Has., el distrito de Juli es el segundo en ocupar las tierras de cultivo, respecto a los pastos naturales es muy reducido a comparación de otros distritos de la Provincia de Chucuito teniendo Juli de superficie total de 16,030.00. El distrito de Juli tiene la máxima fragmentación: 74% de las unidades con más de 10 parcelas y una superficie promedio de 3.4 has, resultando la parcela con una superficie menor de 3000 metros cuadrados.



La parcelación es a menudo una necesidad a la vez para diversificar los cultivos y utilizar la variabilidad climática vertical, y para permitir una rotación de los cultivos, indispensable al mantenimiento de una buena calidad, en un contexto de escasez de la tierra. Tampoco el relieve del terreno permite a veces cultivar grandes parcelas.

La fragmentación de una propiedad agrícola significa también un freno para la mecanización, la gestión del riego y el mejoramiento de la rentabilidad.

Las tierras y suelos del distrito de Juli se encuentran parceladas, en donde existe una creciente parcelación de tierras por el constante crecimiento demográfico, trayendo como consecuencia la reducción de las áreas de cultivo por familias.

**Tabla N° 17: Capacidad de uso del recurso suelo en el distrito de Juli.**

Provincial Distrital	Nº DE PRODUCTORES ESTIMADOS	ÁREAS AGRICOLAS				%	Superficie con pastos naturales	%	Superficie Forestal	%	Superficie con otras tierras	%	Superficie total	Altitud
		TOTAL	Superficie con cultivos	%	Superficie en descanso									
JULI	16210,00	29540,00	12390,00	59	17150,00	88	43560,00	14	190,00	4	18067,00	9	91357,00	3,847
DESAGUADERO	8540,00	10740,00	8530,00	41	2210,00	11	5170,00	2	10,00	1	110,00	0,5	16030,00	3,836
POMATA	1420,00	60,00	40,00	0,1	20,00	1	47820,00	15	710,00	12	47747,00	24	96337,00	3,950
ZEPITA	1650,00	0,00	0,00	0	0,00	0	171900,00	55	4390,00	82	76112,00	38	252402,00	4,026
HUACULLANI	405,00	0,00	0,00	0	0,00	0	44640,00	14	10,00	1	59275,00	29	103925,00	4,400
<b>TOTAL</b>						10								
<b>PROVINCIA</b>	28225,00	40340,00	20960,00	100	19380,00	0	313090,00	100	5310,00	100	201311,00	100	560051,00	

Fuente: Dirección Agraria Puno – Agencia Agraria Chucuito.

**b) Actividad agrícola.**

Los cultivos predominantes son las variedades de papa, “dulce – amargas”, oca, isaño, habas, quinua, trigo, cebada, avena, cañihua entre otros. Los pastos naturales son muy importantes para la crianza de ganado y son los siguientes; alfalfa, crespillo y grama salada. Además se tiene otras especies con potenciales medicinales como: mostaza, layo, entre los más principales.

**Tabla Nº 18: Producción agrícola en el distrito de Juli en t.m. y has (2002-2005)**

PRODUCTOS	2002				2003				2004				2005			
	Has	%	TM	%	Has	%	TM	%	Has	%	TM	%	Has	%	TM	%
Papa dulce	469	21	2448	33	599	29	1685	46	730	25	764	36	511	19	1685	11
Papa amarga	429	19	2413	32	365	17	1260	34	260	9	29	1	182	9	360	2,4
Quinua	524	23	96	1,5	402	19	88	2	280	10	79	4	265	10	168	1,1
Cabada grano	615	27	285	4	510	24	280	8	695	24	141	8	710	27	462	3
Avena grano	83	4	40	0,5	70	3	56	2	90	3	22	1	50	2	26	0,5
Cebada forraje	48	2	816	11	60	3	105	3	690	24	864	41	720	27	9300	60
Avena forraje	80	4	1376	18	95	5	180	5	165	5	188	9	165	6	3300	22
<b>TOTAL</b>	<b>2248</b>	<b>100</b>	<b>7474</b>	<b>100</b>	<b>2101</b>	<b>100</b>	<b>3654</b>	<b>100</b>	<b>2910</b>	<b>100</b>	<b>2087</b>	<b>100</b>	<b>2603</b>	<b>100</b>	<b>15301</b>	<b>100</b>

Fuente: Ministerio de Agricultura y Alimentaria, Oficina de Estadística – Agencia Agraria – Juli.

### 3.3. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN Y DISEÑO DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA EN VIVIENDAS RURALES EN MOLINO.

Para el aspecto técnico de la propuesta, se considera importante el siguiente procedimiento:

#### 3.3.1. MATERIALES Y EQUIPOS.

Fue necesario el uso de materiales y equipos siguientes:

##### Materiales de Gabinete:

- Equipo de cómputo e impresión
- Equipo de dibujo
- Útiles de escritorio (papel bond de 75g/m. Cuadernos, lapiceros, lápices, plumones y otros.)

##### Equipos de Campo:

- Pluviómetro
- Termómetro
- Probeta
- Gps
- Wincha de 50m
- Libreta de campo
- Estacas de madera
- Cámara fotográfica
- Carta nacional
- Pico y lampa

### 3.3.2. INFORMACIÓN BÁSICA.

#### 3.3.2.1. Información Meteorológica.

La información meteorológica se tomó de las siguientes estaciones meteorológicas ubicadas en la cuenca del río Ilave.

**Tabla N° 19: Estación meteorológica.**

CODIGO N°	ESTACIÓN/CONTROL	TIPO	ALTITUD (m.s.n.m.)	COORDENADAS		DISTRITO	PROPIEDAD
				LONGITUD	LATITUD		
120708	PUNO	CO	3820.00	70°00'43.5"	15°49'34.5"	PUNO	SENAMHI
110880	JULI	CO	3812.00	69°27'35.7"	16°12'13.6"	JULI	SENAMHI
110879	ILAVE	CO	3880.00	69°38'42"	16°05'17.7"	ILAVE	SENAMHI
116060	DESAGUADERO	CO	3860.00	69°02'19.8"	16°33'48.66"	DESAGUADERO	SENAMHI
116029	PIZACOMA	CO	4060.00	69°22'06.08"	16°54'25.3"	PIZACOMA	SENAMHI
158326	CAPAZO	CO	4530.00	69°44'07.08"	17°11'15.8"	CAPAZO	SENAMHI
110878	MAZOCRUZ	CO	4100.00	69°42'21.09"	16°44'24.4"	MAZOCRUZ	SENAMHI

*Fuente: Elaboración propia.*

**Tabla N° 20: Resumen de parámetros Meteorológicos de la Estación Juli (1969-2012)**

MESES	VARIABLES		
	Precipitación (mm)	Temperatura (°)	Humedad relativa (%)
ENERO	158.93	9.70	67.30
FEBRERO	132.21	9.30	38.40
MARZO	107.64	9.40	67.10
ABRIL	42.29	9.00	59.80
MAYO	9.95	7.10	49.90
JUNIO	6.40	5.40	46.40
JULIO	4.95	5.20	45.90
AGOSTO	14.83	6.30	48.30
SEPTIEMBRE	27.36	7.80	48.70
OCTUBRE	32.48	9.00	46.90
NOVIEMBRE	52.36	9.70	48.90
DICIEMBRE	83.86	9.90	56.50
PROMEDIO		8.15	54.51
<b>TOTAL</b>	<b>673.26</b>		

### 3.3.3. METODOLOGÍA DE LA EVALUACIÓN DE LOS TECHOS DE LAS VIVIENDAS.

Se ha aplicado la técnica de estudio de campo, porque se ha realizado la observación en contacto directo con el objeto de estudio, es

decir los techos de las viviendas, así como se ha efectuado el acopio del testimonio del Presidente de la población respecto a la cantidad de habitantes que conforman en Molino.

### **3.3.4. METODOLOGÍA DEL ASPECTO TÉCNICO.**

Como proceso metodológico del aspecto técnico fue necesario partir de la realización del diagnóstico del ámbito de estudio; así mismo cálculos de la oferta y demanda de agua para consumo humano, para tomar en cuenta criterios para el diseño de sistemas de captación del agua de lluvia.

Para ello debe considerarse lo siguiente:

- ❖ Localización del sitio para establecer el sistema de captación de agua de Lluvia.
- ❖ Determinación de la demanda de agua por familia.
- ❖ Cálculo de la precipitación pluvial neta,
- ❖ Área de captación del agua de lluvia,
- ❖ Diseño del sistema de conducción del agua captada,
- ❖ Diseño del volumen del sedimentador por trampa de sólidos,
- ❖ Diseño del sistema de almacenamiento del agua de lluvia captada,
- ❖ Diseño para el bombeo del agua almacenada
- ❖ Diseño del sistema del tratamiento y/o purificación del agua de lluvia.

#### **3.3.4.1. Localización del sitio para establecer el sistema de captación de agua de Lluvia.**

La localización del sistema se realiza considerando la recopilación de información general, medio ambiente, identificación de impactos ambientales y programas de mitigación del predio.

### 3.3.4.2. Determinación de la demanda de agua por familia.

La demanda o dotación por persona, es la cantidad de agua que necesita una persona diariamente para cumplir con las funciones físicas y biológicas de su cuerpo. Además, considera el número de habitantes a beneficiar.

**Tabla Nº 21: Dotación por Región**

Región	Dotación L/Hab/Día
Selva	70
Costa	60
Sierra	50

Fuente: Ministerio de Salud.

**Tabla Nº 22: Cantidad de Agua que necesitamos.**

USO	CONSUMO (lt/hab/dia)
BEBIDA	5
SERVICIO DE SANEAMIENTO	20
HIGIENE	15
PREPARACIÓN DE ALIMENTOS	10
<b>TOTAL L/HAB/DIA</b>	<b>50</b>

Fuente: Ministerio de Salud 1984 Roger Agüero Pittman. (OMS).

La expresión matemática para calcular la demanda de agua es la siguiente:

$$D_j = \frac{Nu * Dot * Nd_j}{1000} \quad \text{Ecuación (3.1.)}$$

$$D_{anual} = \sum_{j=1}^{12} D_j \quad \text{Ecuación (3.2.)}$$

Donde:

$D_j$	=	Demanda de agua en el mes $j$ , $m^3/mes$ /población.
$N_u$	=	Número de beneficiarios del sistema.
$Dot$	=	Dotación, en $l/persona/día$ .
$Nd_j$	=	Número de días del mes.
$D_{anual}$	=	Demanda de agua para la población.
$j$	=	Número del mes ( $j=1, 2, 3, \dots, 12$ )
1000	=	Factor de conversión en litros en $m^3$

### 3.3.4.3. Cálculo de la precipitación pluvial neta.

A partir de la información disponible de precipitación, se determina la Precipitación Neta, que se define como la cantidad de agua de lluvia que queda a disposición del sistema (SCALL), una vez habiendo descontado las pérdidas por factores como salpicamiento, velocidad del viento, evaporación, fricción, tamaño de la gota; considerados en un coeficiente de captación que se ha planteado del 85%(0.85) de acuerdo con la experiencia desarrollada en el CIDECALLI-CP. La eficiencia de la captación del agua de lluvia depende del coeficiente de escurrimiento de los materiales del área de captación, el cual varía de 0.1 a 0.9

**Tabla Nº 23: Coeficientes de escurrimiento ( $C_e$ ) de los diferentes materiales en el área de captación.**

TIPOS DE CAPTACIÓN	$C_e$
Cubiertas superficiales	
Concreto	0,6-0,8
Pavimento	0,5-0,6
Geomembrana de PVC	0,85-0,90
Azotea	
Azulejos, teja, calamina galvanizada	0,8-0,9
Hojas de metal acanaladas	0,7-0,9
Orgánicos (hojas con barro)	< 0,2
Captación en tierra	
Suelo con pendientes menores al 10%	0,0-0,3
Superficies naturales rocosas	0,2-0,5

Fuente: Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural (UNATSABAR) 2003.

Fórmula para estimar la precipitación neta:

$$PN_{ijk} = P_{ijk} * \eta_{captación} \quad \text{Ecuación (3.3)}$$

Donde:

$PN_{ijk}$  = Precipitación neta del día i, mes j y año k, mm.

$P_{ijk}$  = Precipitación Total del día i, mes j y año k, mm.

$\eta_{captación}$  = Eficiencia de captación del agua de lluvia, 0.765

Cuando las precipitaciones medias mensuales sean menores de 50 mm y de baja intensidad (mm/h), se recomienda no considerarlas, sobre todo si se presentan durante las épocas secas, ya que la cantidad y calidad del agua de lluvia no será de consideración para su almacenamiento.

#### 3.3.4.4. Consideraciones para la realización de los cálculos

La información más útil que el técnico puede usar en el cálculo del área de captación del agua de lluvia es que por cada milímetro de agua de lluvia que cae sobre un metro cuadrado, se obtendrá un litro de agua. No obstante, existen coeficientes de ponderación que modifican el enunciado anterior debido a las pérdidas en las superficies de captación causadas por el rebote del agua al caer, la absorción, evaporación del agua y la pendiente de las superficies. En este apartado se les han asignado valores a dichos coeficientes, pero dado que su influencia depende de las condiciones de cada lugar en particular, los valores pueden ser modificados a criterio del técnico según los estudios previos y experiencias con que cuente.

En el siguiente Tabla se muestra un análisis del volumen del agua de lluvia captado en litros, con relación al área de captación y precipitación pluvial promedio. Se han hecho algunas consideraciones para su utilización, tomando en cuenta precipitaciones pluviales promedio

de 1, 10, 100, Y 1,000 mm y áreas de captación de 1 hasta 10,000 m<sup>2</sup> en múltiplos de 50 m<sup>2</sup>.

De esta forma, se puede obtener el volumen del agua de lluvia a captar para cualquier condición, mediante las sumas correspondientes a las intersecciones de precipitación contra el área de captación. Si por ejemplo, se tiene una área de captación de 1 m<sup>2</sup> y se cuenta con una precipitación de 110 mm, el volumen de agua captado es de 110 l, que se obtiene de sumar el valor correspondiente a las intersecciones de la hilera del área de captación correspondiente a 1 m<sup>2</sup> con la precipitación de 10 mm (10 l) más la de 100 mm (100 l).

**Tabla Nº 24: Volumen de agua captado en litros con relación al área de captación y a la precipitación pluvial promedio.**

Área de captación (m <sup>2</sup> )	Precipitación pluvial promedio(mm)			
	1	10	100	1000
	<b>Volumen captado en Litros</b>			
1m <sup>2</sup>	1	10	100	1000
10 m <sup>2</sup>	10	100	1000	10000
50 m <sup>2</sup>	50	500	5000	50000
100 m <sup>2</sup>	100	1000	10000	100000
150 m <sup>2</sup>	150	1500	15000	150000
200 m <sup>2</sup>	200	2000	20000	200000
250 m <sup>2</sup>	250	2500	25000	250000
300 m <sup>2</sup>	300	3000	30000	300000
350 m <sup>2</sup>	350	3500	35000	350000
400 m <sup>2</sup>	400	4000	40000	400000
450 m <sup>2</sup>	450	4500	45000	450000
500 m <sup>2</sup>	500	5000	50000	500000
550 m <sup>2</sup>	550	5500	55000	550000
600 m <sup>2</sup>	600	6000	60000	600000
650 m <sup>2</sup>	650	6500	65000	650000
700 m <sup>2</sup>	700	7000	70000	700000
750 m <sup>2</sup>	750	7500	75000	750000
800 m <sup>2</sup>	800	8000	80000	800000

Fuente: Elaboración propio.

### 3.3.4.5. Área de captación del agua de lluvia

El área de captación del agua de lluvia se obtiene con la ecuación: (en vista de planta).



$$A = a * b$$

Donde:

$A$  = Área de captación, m<sup>2</sup>

$a$  = Ancho de la casa, m

$b$  = Largo de la casa, m

En caso de que no exista el área de captación del sistema de captación de agua de lluvia, se diseñara en función de la demanda anual de los habitantes a beneficiar y de la precipitación pluvial neta anual.

$$A_{ec} = \frac{D_{anual}}{\sum_{j=1}^{12} PN_j} \quad \text{Ecuación (3.4)}$$

$$j = \text{No. del mes con lluvia, } j = 1, \dots, 12$$

Donde:

$A_{ec}$  = Área de captación necesaria para abastecer la demanda de agua a una familia o comunidad, en m<sup>2</sup>

$D_{anual}$  = demanda de agua anual que necesita una población.

$\sum_{j=1}^{12} PN_{anual}$  = Suma de las precipitaciones netas medias mensuales que originan escurrimiento en mm.

#### 3.3.4.6. Diseño del sistema de conducción del agua de lluvia captada

El agua pluvial captada en techos y áreas de escurrimiento debe ser conducida al sistema de almacenamiento, mediante canaletas de lámina galvanizada y tubería de PVC. Cuando la pendiente es mayor al 10% y se trata de laderas colectoras del agua de lluvia, es necesario contar con un dispositivo hidráulico o un sedimentador para reducir la velocidad del agua y al mismo tiempo sedimentar los sólidos en suspensión contenidos en el escurrimiento del agua del área de captación.

El caudal de conducción en la tubería se obtiene con la siguiente expresión:

$$Q_c = \frac{5}{18} (Aec * I lluvia) \quad \text{Ecuación (3.5.)}$$

El diámetro se determina despejando el área de la ecuación de continuidad (Sotelo, 2005).

$$D = 2 * \sqrt{\frac{Q_c}{\pi v}} \quad \text{Ecuación (3.6.)}$$

Otra opción para determinar el diámetro es considerar las pérdidas de carga con las deducciones de Swamee y Jain, 1976, para flujos en tuberías, como sigue:

$$D = 0.66 \left[ e^{1.25} \left( \frac{L Q_c^2}{g h_L} \right)^{4.75} + v Q_c^{9.4} \left( \frac{L}{g h_L} \right)^{5.2} \right]^{0.04} \quad \text{Ecuación (3.7.)}$$

Con la Fórmula de Darcy - Weisbach, se obtiene la pérdida por fricción de un tubo.

$$h_L = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad \text{Ecuación (3.8.)}$$

Donde:

$Q_c$  = Caudal de conducción, lps.

5/8 = Factor de conversión de  $m^3h^{-1}$

$Aec$  = Es el área efectiva de captación del agua de lluvia,  $m^2$

$I lluvia$  = Es la intensidad máxima de lluvia en la zona,  $0.05 mh^{-1}$

$D$  = Diametro de tubería, m.

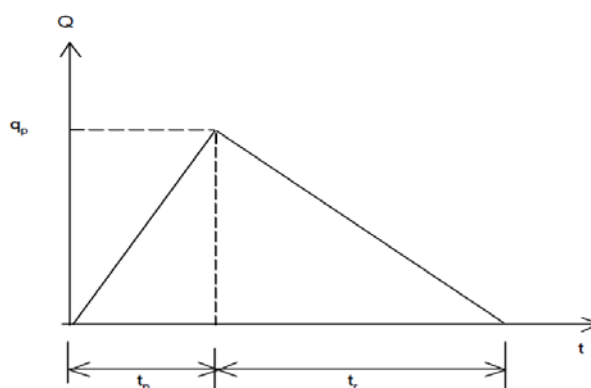
$L$  = Longitud de tubo, m.

- $hL$  = Perdida por fricción, m.  
 $f$  = Es el factor de fricción, adimensional.  
 $g$  = Aceleración de la gravedad,  $m\ s^{-2}$   
 $v$  = Velocidad media,  $ms^{-1}$   
 $\pi$  = 3.1416

➤ **Colección y conducción de agua de lluvia.**

Las canaletas son accesorios para coleccionar y conducir los escurrimientos pluviales a un sistema de almacenamiento, sus dimensiones están en función de la duración de la precipitación (cortas y homogéneas), tiempo de concentración del agua, la longitud del área de paso y de su pendiente.

En un área de captación el tiempo de concentración es un parámetro fundamental en el estudio hidrológico de una cuenca y áreas de escurrimiento con pendiente, está descrita por expresiones matemáticas, que basándose en características físicas del área de captación o de la cuenca proporcionan un hidrograma resultante.



Hidrograma triangular: caudal máximo ( $Q_p$ ), tiempo de concentración del caudal máximo ( $t_b$ ), y el tiempo en que se produce el caudal máximo ( $t_p$ ).

$$t_{base} = t_p + t_0 \quad \text{Ecuación (3.9.)}$$

Donde:

$t_{base}$  =Tiempo de concentración del hidrograma, h.

$t_p$  = Tiempo en que produce el caudal máximo, h.

$t_0$  = Tiempo de concentración, min.

La secuencia para determinar el caudal máximo de una tormenta es la siguiente:

- a) **Calcular el tiempo de concentración ( $t_c$ ) mediante la fórmula de Kirpich:**

$$t_c = 0.000325 \left( \frac{L^{0.77}}{S^{0.385}} \right) \quad \text{Ecuación (3.10.)}$$

Dónde:

S = es la pendiente media, L es la longitud del área de captación en m y  $t_c$  resulta en h.

- b) **Tiempo ( $T_p$ ) en que se alcanza el máximo escurrimiento en la cuenca o área de captación,** se estima mediante la expresión:

$$t_p = 0.5 D + 0.6 t_c \quad \text{Ecuación (3.11.)}$$

Dónde:

D = Duración de la precipitación efectiva, h

Cuando no se conoce la duración de la precipitación máxima diaria se utiliza la ecuación:

$$t_p = 2\sqrt{t_c} + 0.6 t_c \quad \text{Ecuación (3.12.)}$$

- c) **Tiempo de concentración del caudal máximo ( $t_b$ ).** Se calcula para drenar todos los escurrimientos superficiales del área de captación impermeable, se estima con la siguiente ecuación:

$$t_b = 2.67 t_p \quad \text{Ecuación (3.13.)}$$

- d) **El gasto máximo ( $Q_p$ ).** El gasto esperado con la precipitación neta en el área de escurrimiento se estima con la expresión:

$$Q_p = \frac{0.278 \cdot P \cdot A}{t_p} \quad \text{Ecuación (3.14.)}$$

Dónde:

P = precipitación efectiva, mm

A = área de captación o de la cuenca, km<sup>2</sup>

0.278 = factor de conversión a m<sup>3</sup>S<sup>-1</sup>

- e) **Estimación del área de la canaleta.**

El flujo en canaletas de captación y conducción se comporta como un flujo espacialmente variado, ya que el agua se va recolectando a lo largo de la canaleta, para determinar el área necesaria de conducción se utiliza la ecuación de continuidad, en la cual solo se despeja el área y se asumen velocidades promedio de 0.9 m s<sup>-1</sup> en pendientes 2 a 4% y 1.2 m s<sup>-1</sup> en pendientes 4 a 6%.

$$Q_P = AV$$

$$A = \frac{Q_P}{V}$$

Ecuación (3.15.)

Dónde:

Q<sub>P</sub> = flujo en la canaleta, m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>

V = velocidad del flujo en la canaleta, m s<sup>-1</sup>(la velocidad en canaletas con pendiente de 4 a 6% es de 1.2 m s<sup>-1</sup>)

A = área de la sección transversal, m<sup>2</sup>

En el Tabla siguiente se muestran las expresiones para determinar las dimensiones de algunas secciones usadas como canaletas.

**Tabla N° 25: Altura, área hidráulica, Perímetro mojado y Radio hidráulico en secciones para colectar el agua de lluvia.**

Forma	Altura tirante	Área Hidráulica	Perímetro mojado	Radio Hidráulico	Observaciones
Circular	0,5D	1,57 r <sup>2</sup>	3,14 r	0,500r	D = diámetro r = radio
Rectangular	Y	Bt	B+2y	$\frac{by}{b+2y}$	b = base y = tirante
Triangulo 90°	Y	y <sup>2</sup>	2,83y	$\frac{y}{2.83}$	y = tirante
Trapezoidal talud 60° con la horizontal				$y = \left( \frac{b+y/\sqrt{3}}{b+4y/\sqrt{3}} \right)$	b = ancho y = tirante

Fuente: Manual de Construcción de Reservorios de Agua de Lluvia.

### 3.3.4.7. Diseño del volumen del sedimentador o trampa de sólidos

La sedimentación es un proceso físico que consiste en la separación, por la acción de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el del agua. Las variables de diseño de la trampa son el área efectiva de captación del agua de lluvia y la intensidad máxima de precipitación registrada considerando un valor de 50-100 mm/h, Anaya, 2005.

$$V_{\text{sedimentador}} = Aec * Ip \tag{Ecuación (3.16.)}$$

Dónde:

V<sub>sedimentador</sub> = volumen del sedimentador, m<sup>3</sup> hora<sup>-1</sup>

Aec= área efectiva de captación del agua de lluvia, m<sup>2</sup>

Ip= intensidad de precipitación, m hora<sup>-1</sup>

#### Cálculo de la intensidad de la precipitación.

La intensidad de la precipitación (Ip) para una tormenta es la relación, de la lámina de precipitación entre el tiempo de duración de la tormenta, es decir la pendiente de las gráficas producidas por el pluviógrafo.

La intensidad de lluvia máxima será la mayor pendiente observada para una tormenta según la ecuación siguiente.

$$I_p = \frac{P_r}{t} \quad \text{Ecuación (4.17.)}$$

Dónde:

$P_r$  = la precipitación máxima registrada,  $\text{mm h}^{-1}$

$T$  = tiempo de duración de la tormenta, h

### 3.3.4.8. Diseño del sistema de almacenamiento del agua de lluvia captada

El almacenamiento del agua de lluvia consiste en depositarla dentro de cisternas, para abastecer a una población considerada durante los meses de sequía y los de no sequía. Los materiales de construcción de la cisterna son de concreto, tabique o revestimiento con geomembrana, ésta resulta más económica, impermeable y proporciona agua segura para uso doméstico y consumo humano.

La pendiente de los taludes de la cisterna depende de las características de cohesión de los suelos y de los ángulos de reposo del mismo (Sánchez, 2005).

El criterio para el diseño del volumen de la cisterna consiste en considerar la demanda de agua mensual que necesita una población durante los meses de sequía más dos meses (coeficiente de seguridad) de acuerdo al centro internacional de demostración y captación en aprovechamiento del agua de lluvia, con el objeto de asegurar el abastecimiento de agua a la población.

$$V_{\text{cisterna}} = D_j * M_{\text{sequia}+2} \quad \text{Ecuación (3.18.)}$$

Dónde:

$V_{\text{cisterna}}$  = volumen mínimo de la cisterna,  $\text{m}^3$

$D_j$  = demanda mensual,  $\text{m}^3 \text{mes}^{-1}$

$M_{\text{sequia}+2}$  = meses con sequia más 2.

#### a. Análisis de estabilidad de taludes del sistema de almacenamiento y del sedimentador.

Una vez determinadas las dimensiones del sistema de almacenamiento del agua captada y del sedimentador, se realiza un análisis de estabilidad de taludes o paredes, los cuales están en función del valor de los coeficientes del volteamiento y deslizamiento; para calcularlos se considera el peso volumétrico del terreno natural, la presión del líquido sobre la superficie plana, centros de presión y momentos segundos para una superficie plana.

#### 3.3.4.9. Bombeo del agua de lluvia almacenada

Consiste en extraer el agua almacenada y captada en los meses con precipitación pluvial mediante un sifón o un equipo de bombeo. Los componentes son: pichancha, línea de conducción, motobomba y un tanque de almacenamiento previo al tren de tratamiento de purificación.

- ✓ **Profundidad de succión.** Es la distancia que hay desde el centro de una bomba superficial al espejo de agua, se mide en metros, m.  
Los parámetros hidráulicos referidos a los términos anteriores están basados en el concepto físico asociado al trabajo que se tiene que realizar, para un volumen de agua determinado a cierta altura, en contra de la fuerza de atracción gravitacional. En hidráulica, a la fuerza que hay que realizar para efectuar este trabajo, se le llama carga hidráulica.
- ✓ **Carga estática.** Es la distancia a la que hay que llevar el agua desde el nivel estático hasta el nivel de descarga (A+B).
- ✓ **Carga dinámica o de fricción.** Carga adicional que aparece cuando el agua se desplaza dentro de la tubería, en toda su longitud, a un gasto dado, se simboliza por CF, también se mide en metros, m. Su cuantificación depende de factores físicos como el tipo de tubería, longitud y el gasto que circula por ella.



- ✓ **Carga dinámica total.** Es la carga hidráulica total en el proceso de bombeo, se simboliza por CDT.

$$CDT = (A + B) + CF \quad \text{Ecuación (3.19.)}$$

- ✓ **Potencia hidráulica (PH).** Es la fuerza que debe tener la bomba para realizar dicho trabajo, en watts y está dada por la expresión:

$$1 \text{ HP} = 746 \text{ watts}$$

$$PH = 9.8 Q \cdot CDT \quad \text{Ecuación (3.20.)}$$

Donde, 9.8 es la aceleración de la gravedad,  $\text{m s}^{-2}$ ; Q el gasto o caudal,  $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$

### 3.3.4.10. Evaluación de la calidad de agua de lluvia.

La evaluación consiste en comparar la calidad del agua de lluvia captada en el techo de calamina de una casa en molino, con respecto a los límites máximos permisibles señalados en la Norma OMS – Ministerio de Salud (1972), para ello se requirió de un muestreo y análisis de los resultados, el muestreo obedece a los factores técnicos y de operación, como la disponibilidad del sitio, los problemas de transportación y la representatividad de los resultados, con ello se propondrá el uso y tratamiento del agua de lluvia para cumplir con la norma vigente, los parámetros se muestran en el Tabla.

**Tabla N° 26: Parámetros, límites máximos permisibles de la calidad de agua.**

PARAMETROS	UNIDAD DE MEDIDA	Nivel Máximo Admisible	Métodos de ensayo.
Turbiedad	UNT	5	Nefelométrico
Temperatura	°C	--	Termómetro
pH	Valor de Ph	6.5 a 8.5	Potenciométrico
Conductividad (25°)	$\mu\text{mho/cm}$	1 500	Potenciométrico
Sólidos Disueltos Totales	$\text{mg/L}^{-1}$	1 000	potenciométrico
Sólidos suspendidos	$\text{mg/L}^{-1}$	--	
Dureza Total	$\text{mg/L CaCO}_3\text{L}^{-1}$	500	APHA-AWWA
Cloruros	$\text{mg Cl}^{-1} \text{L}^{-1}$	250	APHA-AWWA
Sulfatos	$\text{mg SO}_4=\text{L}^{-1}$	250	APHA-AWWA

*Fuente: OMS – MINSAL Reglamento de la calidad del agua para consumo humano.*

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### 4.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS TECHOS DE LAS VIVIENDAS RURALES PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA CON FINES DE CONSUMO DOMÉSTICO, EN MOLINO.

###### 4.1.1. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LOS TECHOS DE LAS VIVIENDAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN MOLINO DEL DISTRITO DE JULI.

Para el aspecto técnico de la propuesta de captación de agua de lluvia para consumo humano, se ha considerado el estudio del área de los techos que conforman las viviendas en Molino. Para ello fue necesario realizar un diagnóstico del ámbito de estudio y producto de este trabajo se ha encontrado que, el área de los techos de la zona de estudio es de material de calamina galvanizada, la ventaja que proporciona este material es que presenta una superficie lisa de fácil escurrimiento y efecto esterilizante debido al calentamiento del metal producido por el sol.



*Figura Nº 11: Evaluando el techo de una vivienda en Molino - 2015  
Fuente: Elaboración Propia.*

Actualmente las viviendas, en su mayoría están conformadas por tres habitaciones construidas con material noble, con techos de lámina galvanizada, lo que hace un promedio en cuanto al área de recolección aproximada de 100 m<sup>2</sup>. Cabe mencionar que los techos de las viviendas no presentan óxido en los techos las cuales garantizan la captación del agua de

buena calidad, asimismo estos techos tienen una pendiente que facilita el escurrimiento del agua.

**Tabla N° 27: Vivienda familiar y área total de techos construidos con lámina galvanizada**

Nº VIVIENDA	JEFE DE FAMILIA	CARGA FAMILIAR	Nº DE HABITACIONES	ÁREA TOTAL DE HABITACIONES M <sup>2</sup>	DIMENSIONES DE HABITACIONES
1	Genaro CHAYÑA CHIPANA	3	3	104	5X8 5X8 4X6
2	Mariano CHALCO COLLATUPA	5	3	115	5X9 5X9 5X5
3	Carmen CALISAYA PERCA	2	3	88	4X8 4X8 4X6
4	Eugenio CANDIA PACCO	4	2	52	5X8 2X6
5	Olga CONSTANCIA JULI	2	4	142	5X8 5X8 4X5 6X8

Fuente: *Elaboración propio.*

La vivienda del señor Genaro chayña chipana, está conformado de un dormitorio principal, un dormitorio secundario, cocina y sala multiusos. Los mismos que tienen las siguientes características: Los muros de las viviendas están construidas de bloqueta de 20 cm de grosor; el techo es de lámina galvanizada, de dos aguas. Considerando tres habitaciones se determinó un área de 104 m<sup>2</sup>, lo que está distribuido en un dormitorio principal, dormitorio secundario cocina y sala multiusos. Las viviendas en la zona de estudio en su gran mayoría no cuentan con canaletas para la colección de agua de lluvia.



*Figura N° 12: Vivienda sin canaleta para la colección del agua de lluvia – 2015.*  
Fuente: *Elaboración Propio*

Se consideró conveniente utilizar los techos de las viviendas con el objeto de fomentar una cultura de aprovechamiento del recurso hídrico a través de la captación y el aprovechamiento eficiente del agua de lluvia para el consumo doméstico, que contribuya al desarrollo rural sustentable en las comunidades de las zonas marginales.

La vivienda donde se instaló las canaletas tiene 64 metros lineales cada habitación, construidos con lámina galvanizada, calibre 26 unidas cada 3.05m con remaches y silicón de alta resistencia. La canaleta tiene una base de 10 cm, y una altura de 12 cm. El soporte para las canaletas de bajo de las orillas de los techos se realizó con una solera de acero de 1 \* 1/8 de pulgada a cada metro de distancia. El sistema de conducción de agua pluvial tiene una altura promedio de 2.70 en material de PVC sanitario.

#### **4.1.2. RESULTADOS DEL DIAGNOSTICO TÉCNICO DE AGUA POTABLE EN EL ÁREA DE ESTUDIO EN MOLINO.**

Actualmente en Molino no cuenta con el abastecimiento de agua potable, la forma como se realiza el abastecimiento de agua para consumo humano es a través de los pozos rústicos los que no cuentan con un tratamiento adecuado



*Figura N° 13: Medición del área y la profundidad del pozo rustico – 2015.  
Fuente: Elaboración Propio*

**Tabla N° 28: Jefes de familia encuestados que consumen agua de los pozos rústicos**

Nº POZO	BENEFICIARIO	FORMA DEL POZO	PROFUNDIDAD DEL POZO	NIVEL ESTÁTICO	VOLUMEN APROXIMADO M <sup>3</sup>
1	Silverio RAMIREZ LAQUI	CIRCULAR	2,8	1,3	2,5
2	Juan JALIRI COLLATUPA	CIRCULAR	3,6	2	3,1
3	Efraín FLORES JIMENEZ	CIRCULAR	2,7	1,2	2,3
4	Tomasa MAQUERA VILCA	CIRCULAR	3	1,4	2,7
5	Juan JALIRI ARHUATA	CIRCULAR	2,5	1,2	2,6

*Fuente: Elaboración propio.*

Los pobladores de Molino no cuenta con el servicio de desagüe, del total de viviendas encuestadas solo 02 familias tienen pozo séptico y 77 viviendas cuentan con letrina o pozo ciego, 03 viviendas no tienen servicio higiénico.

Esto hace que se prolifere la contaminación del medio ambiente, afectando el desarrollo biológico e intelectual de la población, especialmente de los niños.

Asimismo a través de la encuesta aplicado en Molino del mes de Mayo del 2015 se ha determinado que en 31 viviendas se consume agua en un promedio de 42 litros/persona/día, lo que demuestra que en la sierra del Perú el promedio según el Ministerio de Salud y la Organización Mundial de la Salud es de 50 Litros/persona/día en zonas rurales, la mayoría de los hogares rurales obtienen al agua de diversas fuentes.

Entre ellas destacan significativamente las fuentes no tratadas (pozos rústicos, ríos y riachuelos). Los pobladores que podrían sufrir de salud como enfermedades gastrointestinales (diarreas, parasitosis y entre otros).

**Tabla N° 29: Familias encuestadas que consumen agua por Lit/pers/día - 2015**

POBLADORES DE MOLINO												
	POBLADORES	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	RICARDO JARO OLIVA	2	3	80	<b>78</b>	X	X		3	18	10	8
2	ROBERTO MOLLINEDO CACERES	5	3	113	<b>250</b>	X	X		5	20	15	10
3	ALEX TICONA AGUILAR	1	4	48	<b>43</b>	X		X	6	12	15	10
4	GENARO CHAYÑA CHIPANA	2	3	104	<b>90</b>	X	X		5	20	10	10
5	NICOLAS PACCO CARITA	5	3	128	<b>180</b>	X	X		3	15	10	8
6	ROSA CHACOLLI CHAGUA	2	4	48	<b>76</b>	X	X		8	10	10	10
7	ANTONIO MAMANI NINA	3	3	90	<b>111</b>	X		X	4	15	10	8
8	EDGAR MULLUNI MAMANI	2	4	64	<b>76</b>	X	X		5	18	10	5
9	VICTOR CANDIA BENITO	2	3	96	<b>86</b>	X	X		3	20	15	5
10	SABINO AYCAYA CONDORI	3	3	96	<b>126</b>	X		X	6	20	6	10
11	ALBERTO PONGO CACERES	4	3	128	<b>160</b>	X	X		5	20	10	5
12	OLGA CONSTANCIA JULI	2	4	142	<b>76</b>	X	X		3	15	10	10
13	PABLO TICONA RAMOS	5	3	120	<b>190</b>	X	X		5	15	8	10
14	RICARDO LOVE CHIPANA	2	3	96	<b>82</b>	X	X		6	20	10	5
15	JUAN JALIRI ARHUATA	1	3	48	<b>42</b>	X	X		4	20	10	8
16	PABLO BARBAITO CHAMBI	4	4	96	<b>176</b>	X		X	4	25	10	5
17	ZOCRATES OLIVA CONSTANZA	4	4	96	<b>164</b>	X	X		3	20	8	10
18	JUAN PACCO COLQUE	4	3	128	<b>164</b>	X		X	5	20	8	8
19	JUAN CANDIA CHACOLLI	2	4	64	<b>84</b>	X	X		4	20	10	8
20	ISAAC MULLUNI AMARU	4	3	96	<b>152</b>	X		X	4	25	5	4
21	GABRIEL CALIZAYA PERCA	4	3	128	<b>168</b>	X		X	6	20	8	8
22	NORMA GUTIERREZ CANDIA	3	3	96	<b>129</b>	X	X		5	20	10	8
23	EDWIN MURRILLO TICONA	3	4	96	<b>147</b>	X	X		4	25	10	10
24	CARMEN CALISAYA PERCA	2	3	88	<b>100</b>	X	X		5	20	15	10
25	SILVERIO RAMIREZ LAQUI	3	3	96	<b>129</b>	X	X		5	20	10	8
26	TIMOTEO HUANCA QUISPE	2	3	96	<b>82</b>	X	X		3	20	10	8
27	JOSE MOLLINEDO MAMANI	4	5	128	<b>164</b>	X	X		3	20	10	8
28	NORMA QUISPE MAMANI	3	3	120	<b>117</b>	X		X	4	25	5	5
29	MARIANO CHALCO COLLATUPA	3	3	115	<b>144</b>	X	X		5	15	20	8
30	JULIO CONSTANCIA JULI	4	3	120	<b>152</b>	X	X		3	20	10	5
31	EFRAIN FLORES JIMENEZ	4	2	128	<b>192</b>	X		X	5	20	15	8

A Carga familiar

B Número de habitaciones

C Área de techo en m<sup>2</sup>

D Consumo de agua en lts/persona/día

E Viviendas con techos de calamina galvanizada

F Material noble con el que está construido la vivienda

G Material de adobe con el que está construido la vivienda

H Litros de agua para la bebida diaria por persona

I Litros de agua para el saneamiento (lavado de ropa otros)

J Litros de agua para la higiene

K Litros de agua para la preparación de alimentos

*Fuente: Elaboración propio.*

#### 4.1.3. RESULTADOS DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA PARA USO DOMESTICO A NIVEL FAMILIAR EN VIVIENDAS RURALES EN MOLINO DEL DISTRITO JULI.

Los Sistemas de Captación de Agua de Lluvia para el consumo humano se constituyen como un medio muy importante para combatir la contaminación y escases de agua en medios rurales, tal es en Molino. La captación de agua de lluvia de los techos de los domicilios, proporciona ventajas como: agua de buena calidad para los habitantes que utilizan el sistema, al mismo tiempo eleva su calidad de vida al no tener que sufrir por abastecerse del recurso, recorriendo grandes distancias para conseguir agua para beber y hacer sus labores domésticas. La higiene personal mejora, disminuyendo el número de enfermedades relacionadas por la falta de agua de buena calidad. En la implementación del sistema de captación de agua de lluvia no se requiere mayor inversión económica por ser de fácil aplicación, el empleo de mano de obra, los materiales existentes en la zona disminuyen los costos de construcción, el consumo de energía es escaso o nulo a excepción del sistema de distribución utilizado.

Se plantea la propuesta de efectuar los sistemas de captación de agua de lluvia en las 82 viviendas construidos por techos apropiados de calamina galvanizada considerando que esta propuesta es de vital importancia para una adecuada gestión del recurso hídrico carente en épocas de estiaje; para mejorar la calidad de vida del poblador rural.



*Figura Nº 14: Vivienda con techo de calamina galvanizada - 2015.  
Fuente: Elaboración propia*

#### 4.1.4. ASPECTOS TÉCNICOS DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN DEL AGUA DE LLUVIA PARA USO DOMÉSTICO Y CONSUMO HUMANO A NIVEL FAMILIAR.

Se hizo el diseño de los componentes del sistema de captación de agua de lluvia en Molino, el cual integra: sistemas de captación, conducción, filtrado, almacenamiento y disposición para abastecer de agua potable a una familia de 4 personas con un consumo per capita de 50litros / habitante /día considerando para poblaciones de sierra (según el Ministerio de Salud – 1984) citado por Roger Agüero Pittman “Agua Potable para poblaciones rurales – 1997”.

##### A. Localización del sitio para establecer el sistema de captación de agua de lluvia.

El primer paso fue determinar el lugar de instalación del sistema de captación de agua de lluvia.

##### Ubicación

Longitud Oeste	N 69° 29´ 23.23”
Latitud	E 16° 05´ 52.48”
Altura	3816 msnm

##### B. Determinación de la demanda de agua de la familia.

El proyecto se realizó en Molino del Distrito de Juli Provincia de Chucuito del Departamento de Puno, para la determinación del agua que es necesaria para actividades domésticas se obtiene la demanda de agua mensual y anual en base al promedio que gasta una persona, 50litros / habitante /día considerando para poblaciones de sierra.

Se consideró una familia de 4 habitantes para la determinación de la demanda de agua por cada mes.



Mes de enero	$:D_j = \frac{4 \cdot 31 \cdot 50}{1000} = 6.20m^3/mes$
Mes de febrero	$:D_j = \frac{4 \cdot 28 \cdot 50}{1000} = 5.6 m^3 / mes$
Mes de marzo	$:D_j = \frac{4 \cdot 31 \cdot 50}{1000} = 6.20m^3/mes$
Mes de abril	$:D_j = \frac{4 \cdot 30 \cdot 50}{1000} = 6.00m^3/mes$
Mes de mayo	$:D_j = \frac{4 \cdot 31 \cdot 50}{1000} = 6.20 m^3/mes$
Mes de junio	$:D_j = \frac{4 \cdot 30 \cdot 50}{1000} = 6.00 m^3/mes$
Mes de julio	$:D_j = \frac{4 \cdot 31 \cdot 50}{1000} = 6.20 m^3/mes$
Mes de agosto	$:D_j = \frac{4 \cdot 31 \cdot 50}{1000} = 6.20 m^3/mes$
Mes de setiembre	$:D_j = \frac{4 \cdot 30 \cdot 50}{1000} = 6.00m^3/mes$
Mes de octubre	$:D_j = \frac{4 \cdot 31 \cdot 50}{1000} = 6.20 m^3/mes$
Mes de noviembre	$:D_j = \frac{4 \cdot 30 \cdot 50}{1000} = 6.00 m^3/mes$
Mes de diciembre	$:D_j = \frac{4 \cdot 31 \cdot 50}{1000} = 6.20m^3/mes$

$$D_{anual} = \sum_{j=1}^{12} D_j = 73.00m^3 /año/familia$$

**TABLA N° 30: DEMANDA DEL AGUA MENSUALIZADA PARA 1 PERSONA**

VOLUMEN MENSUALIZADO POR PERSONA AL AÑO (m³)													
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Nº DE DIAS	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
VOLUMEN (m³)	1,55	1,4	1,55	1,5	1,55	1,5	1,55	1,55	1,5	1,55	1,5	1,55	18,25
<b>VOLUMEN TOTAL DE AGUA REQUERIDA EN UN AÑO (m³)</b>													18,25

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

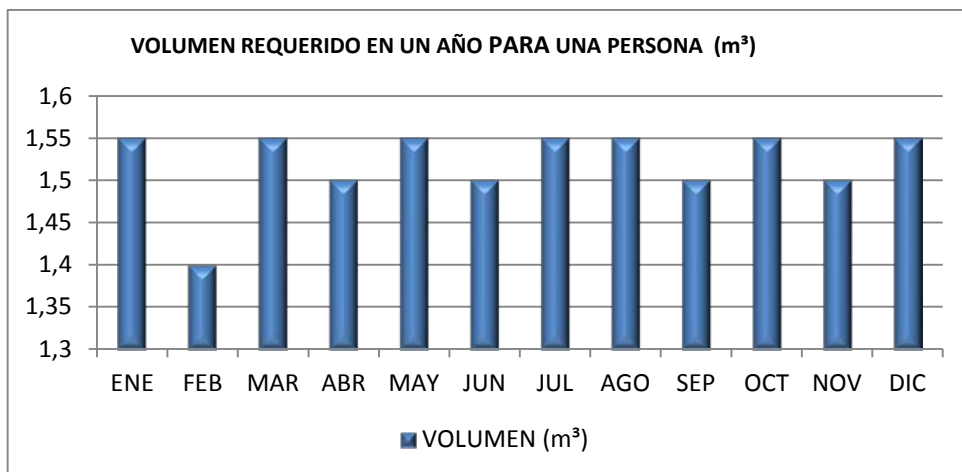


Figura N° 15: Volumen requerido para una persona

**TABLA N° 31: DEMANDA DEL AGUA MENSUALIZADA PARA 4 PERSONAS**

VOLUMEN MENSUALIZADO (m³)													TOTAL
MESES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
Nº DE DIAS	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365
VOLUMEN (m³)	6,20	5,60	6,20	6,00	6,20	6,00	6,20	6,20	6,00	6,20	6,00	6,20	73,00
<b>VOLUMEN TOTAL DE AGUA REQUERIDA EN UN AÑO (m³)</b>													<b>73,00</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

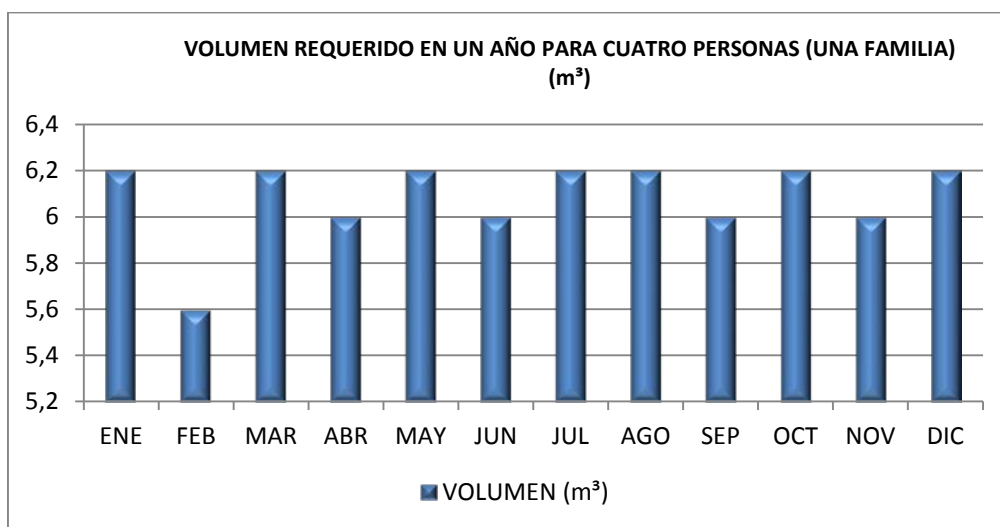


Figura N° 16: Volumen requerido para 4 personas

**C. Cálculo de la oferta de precipitación pluvial.**

**- Cálculo de oferta de precipitación pluvial mensual**

La precipitación que se toma en cuenta para calcular la precipitación pluvial neta es la mensual promedio de los últimos años con

registro, en este caso los meses con lluvia van de Diciembre a Marzo con 901.8. mm.

**TABLA N° 32: OFERTA DE PRECIPITACIÓN DEL AGUA MENSUALIZADA**

MESES	PRECIPITACIONES		AREA DE TECHO m <sup>2</sup>	PRESIPITACIÓN MENSUAL m <sup>3</sup>
	Precipitación 1969-2012 (mm)	Precipitación 2014-2015 (mm)		
ENERO	158.93	233,6	120	28,032
FEBRERO	132.21	177,44	120	21,2928
MARZO	107.64	90,4	120	10,848
ABRIL	42.29			
MAYO	9.95			
JUNIO	6.40			
JULIO	4.95			
AGOSTO	14.83			
SETIEMBRE	27.36			
OCTUBRE	32.48			
NOVIEMBRE	52.36			
DICIEMBRE	83.86	220	120	26,4
PROMEDIO				
<b>TOTAL</b>	<b>673.26</b>	<b>721,44</b>		<b>86,57</b>

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

TABLA Nº 33: PRECIPITACIÓN DEL MES DE DICIEMBRE 2014 EN (mm)

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL DICIEMBRE 2014				
LUGAR DE ESTUDIO	Molino			
PERIODO DE ESTUDIO	DICIEMBRE 2014 - MARZO 2015			
PRECIPITACION OFERTADA MES DE DICIEMBRE 2014				
FECHA	DIA	PRECIPITACIÓN (mm)		ACUMULADO POR DIA (mm)
		06:00 hrs	18:00 hrs	
01/12/2014	LUNES	10	1	11
02/12/2014	MARTES	14		14
03/12/2014	MIÉRCOLES	12	2,5	14,5
04/12/2014	JUEVES	8		8
05/12/2014	VIERNES	9,4		9,4
06/12/2014	SÁBADO	2	2	4
07/12/2014	DOMINGO	8,5		8,5
08/12/2014	LUNES	1		1
09/12/2014	MARTES	0,5		0,5
10/12/2014	MIÉRCOLES	0,4		0,4
11/12/2014	JUEVES	4	6	10
12/12/2014	VIERNES	0,2		0,2
13/12/2014	SÁBADO	23	3	26
14/12/2014	DOMINGO	18	15	33
15/12/2014	LUNES	8,5	3	11,5
16/12/2014	MARTES	6,2	3,5	9,7
17/12/2014	MIÉRCOLES	8		8
18/12/2014	JUEVES	16		16
19/12/2014	VIERNES	8	5	13
20/12/2014	SÁBADO	4	10	14
21/12/2014	DOMINGO	6		6
22/12/2014	LUNES	5,8		5,8
23/12/2014	MARTES			0
24/12/2014	MIÉRCOLES	2		2
25/12/2014	JUEVES	1	3	4
26/12/2014	VIERNES	10		10
27/12/2014	SÁBADO	9	2,8	11,8
28/12/2014	DOMINGO	2	3	5
29/12/2014	LUNES	0,5	5	5,5
30/12/2014	MARTES	10	0,5	10,5
31/12/2014	MIÉRCOLES	0,5	2	2,5
TOTAL (mm)		208,5	67,3	275,8

Fuente: *Elaboración Propia.*

TABLA Nº 34: PRECIPITACIÓN DEL MES DE ENERO 2015 EN (mm)

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL ENERO 2015				
LUGAR DE ESTUDIO	Molino			
PERIODO DE ESTUDIO	DICIEMBRE 2014 - MARZO 2015			
PRECIPITACIÓN OFERTADA MES DE ENERO 2015				
FECHA	DÍA	PRECIPITACIÓN (mm)		ACUMULADO POR DÍA
		06:00 hrs	18:00 hrs	
01/01/2015	JUEVES	12	5	17
02/01/2015	VIERNES	15	5	20
03/01/2015	SÁBADO	10	2,5	12,5
04/01/2015	DOMINGO	5		5
05/01/2015	LUNES	8	3	11
06/01/2015	MARTES	9		9
07/01/2015	MIÉRCOLES	5	2	7
08/01/2015	JUEVES	5,5	3,5	9
09/01/2015	VIERNES	5	3,5	8,5
10/01/2015	SÁBADO	3,5	4	7,5
11/01/2015	DOMINGO	4		4
12/01/2015	LUNES	6	4	10
13/01/2015	MARTES		3	3
14/01/2015	MIÉRCOLES	6		6
15/01/2015	JUEVES	1,5	4	5,5
16/01/2015	VIERNES	3		3
17/01/2015	SÁBADO	3,5	4	7,5
18/01/2015	DOMINGO	5		5
19/01/2015	LUNES	6	1	7
20/01/2015	MARTES		2,5	2,5
21/01/2015	MIÉRCOLES	2	5,5	7,5
22/01/2015	JUEVES	5,5		5,5
23/01/2015	VIERNES	4	2,5	6,5
24/01/2015	SÁBADO	5	6	11
25/01/2015	DOMINGO	4,5	2	6,5
26/01/2015	LUNES	7	5	12
27/01/2015	MARTES	9	8	17
28/01/2015	MIÉRCOLES	6	6	12
29/01/2015	JUEVES	10	8	18
30/01/2015	VIERNES	12	4	16
31/01/2015	SÁBADO	5	15	20
TOTAL (mm)		183	109	292

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA Nº 35: PRECIPITACIÓN DEL MES DE FEBRERO 2015 EN (mm)

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL FEBRERO 2015				
LUGAR DE ESTUDIO	Molino			
PERIODO DE ESTUDIO	DICIEMBRE 2014 - MARZO 2015			
PRECIPITACIÓN OFERTADA MES DE FEBRERO 2015				
FECHA	DÍA	PRECIPITACIÓN (mm)		ACUMULADO POR DÍA
		06:00 hrs	18:00 hrs	
01/02/2015	DOMINGO	6,5	0	6,5
02/02/2015	LUNES	2,8	0	2,8
03/02/2015	MARTES	5	2,5	7,5
04/02/2015	MIÉRCOLES	16	1	17
05/02/2015	JUEVES	0	0	0
06/02/2015	VIERNES	4,5	0	4,5
07/02/2015	SÁBADO	2,5	3,5	6
08/02/2015	DOMINGO	8,5	2,5	11
09/02/2015	LUNES	2	10	12
10/02/2015	MARTES	14	2	16
11/02/2015	MIÉRCOLES	5	0	5
12/02/2015	JUEVES	7	0	7
13/02/2015	VIERNES	5	5	10
14/02/2015	SÁBADO	7	40	47
15/02/2015	DOMINGO	8,5	0	8,5
16/02/2015	LUNES	2	0	2
17/02/2015	MARTES	0	0	0
18/02/2015	MIÉRCOLES	1	0	1
19/02/2015	JUEVES	0	0	0
20/02/2015	VIERNES	5	2	7
21/02/2015	SÁBADO	8	0	8
22/02/2015	DOMINGO	8	1	9
23/02/2015	LUNES	5	0	5
24/02/2015	MARTES	7	1	8
25/02/2015	MIÉRCOLES	4	6	10
26/02/2015	VIERNES	1	0	1
27/02/2015	SÁBADO	2	0	2
28/02/2015	DOMINGO	8	0	8
TOTAL (mm)		145,3	76,5	221,8

Fuente: Elaboración Propia.

TABLA Nº 36: PRECIPITACIÓN DEL MES DE MARZO 2015 EN (mm)

REGISTRO DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL MARZO 2015				
LUGAR DE ESTUDIO	Molino			
PERIODO DE ESTUDIO	DICIEMBRE 2014 - MARZO 2015			
PRECIPITACION OFERTADA MES DE MARZO 2015				
FECHA	DÍA	PRECIPITACIÓN (mm)		ACUMULADO POR DÍA
		06:00 hrs	18:00 hrs	
01/03/2015	DOMINGO	5	0	5
02/03/2015	LUNES	4	0	4
03/03/2015	MARTES	6	0	6
04/03/2015	MIÉRCOLES	0	2	2
05/03/2015	JUEVES	0	1	1
06/03/2015	VIERNES	4	4	8
07/03/2015	SÁBADO	7	0	7
08/03/2015	DOMINGO	5	0	5
09/03/2015	LUNES	3	0	3
10/03/2015	MARTES	0	0	0
11/03/2015	MIÉRCOLES	0	0	0
12/03/2015	JUEVES	8	0	8
13/03/2015	VIERNES	0	2	2
14/03/2015	SÁBADO	5	3	8
15/03/2015	DOMINGO	0	4	4
16/03/2015	LUNES	3	2	5
17/03/2015	MARTES	7	2	9
18/03/2015	MIÉRCOLES	8	6	14
19/03/2015	JUEVES	0	0	0
20/03/2015	VIERNES	0	0	0
21/03/2015	SÁBADO	0	0	0
22/03/2015	DOMINGO	0	0	0
23/03/2015	LUNES	0	0	0
24/03/2015	MARTES	0	0	0
25/03/2015	MIÉRCOLES	0	0	0
26/03/2015	JUEVES	5	0	5
27/03/2015	VIERNES	8	1	9
28/03/2015	SÁBADO	5	3	8
29/03/2015	DOMINGO	0	0	0
30/03/2015	LUNES	0	0	0
31/03/2015	MARTES	0	0	0
TOTAL (mm)		83	30	113

Fuente: Elaboración Propia.

**TABLA Nº 37: OFERTA DE PRECIPITACIÓN EN (mm) DURANTE LOS MESES DE DICIEMBRE 2014 A MARZO DEL 2015**

PRECIPITACIÓN POR MESES					
MES	DIC-14	ENE-15	FEB-15	MAR-15	TOTAL
PRECIPITACIÓN (mm)	275,00	292,00	221,80	113,00	901,80
DIAS DEL MES	31	31	28	31	121

Fuente: *Elaboración Propia.*

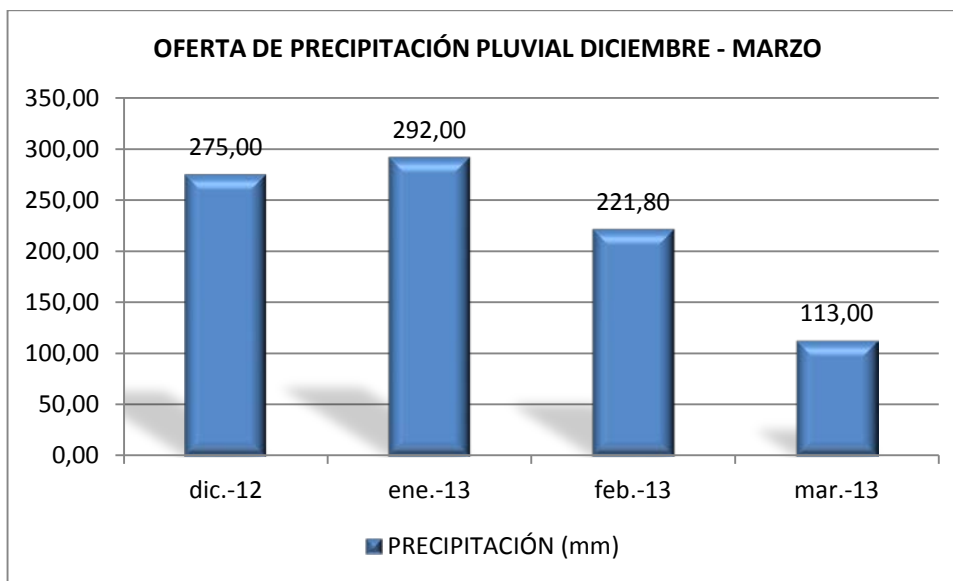


Figura Nº 17: Precipitación pluvial

**- Cálculo de la oferta de precipitación pluvial neta**

En el cálculo de la precipitación pluvial neta solo se considera las precipitaciones netas con valores mayores a 40 mm (valores inferiores no se almacenan y se utilizan para la limpieza del área de captación y canaletas); para ello se tiene un coeficiente de escurrimiento de 0.8 por tratarse de calamina.

- Mes de diciembre            2014     $PN_{ijk} = 275 * 0.8 = 220$
- Mes de enero                2015     $PN_{ijk} = 292 * 0.8 = 233.6$
- Mes de febrero              2015     $PN_{ijk} = 221.8 * 0.8 = 177.44$
- Mes de marzo                2015     $PN_{ijk} = 113 * 0.8 = 90.4$

*La precipitación pluvial neta es de 721.44mm*



**TABLA Nº 38: OFERTA DE PRECIPITACIÓN PLUVIA NETA DE LOS MESES DICIEMBRE – MARZO**

MES	dic-12	ene-13	feb-13	mar-13	TOTAL
PRECIPITACIÓN (mm)	220,00	233,60	177,44	90,40	721,44
DIAS DEL MES	31	31	28	31	121

Fuente: *Elaboración Propio*

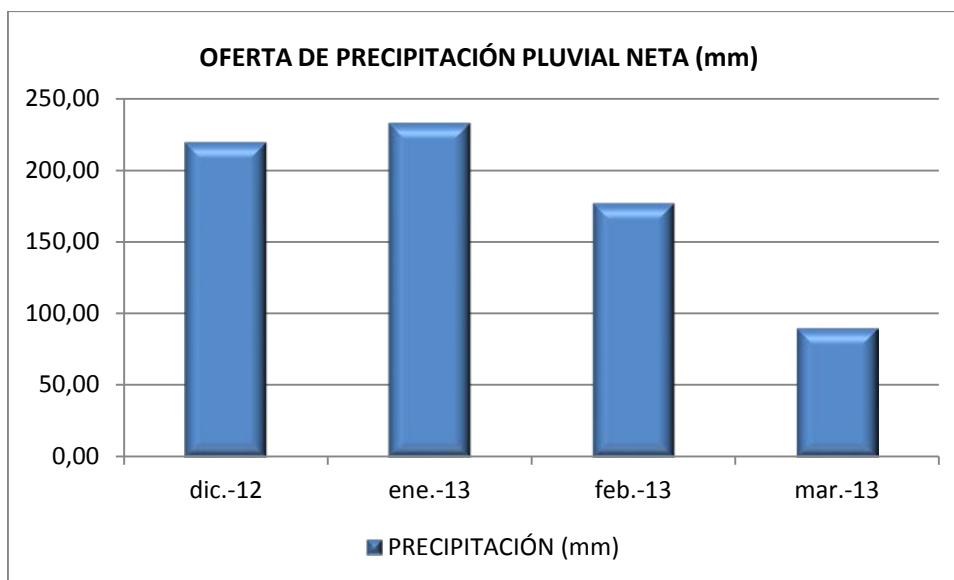


Figura Nº 18: Precipitación pluvial neta

**D. Área de captación del agua de lluvia.**

El área de captación de la vivienda ubicado en Molino es de 120 m<sup>2</sup> las cuales son de dos techos cada uno es de 60m<sup>2</sup>. Para comprobar si el área de captación de la infraestructura existente es suficiente, se utiliza la expresión que relaciona la demanda mensual y la precipitación neta de los meses más lluviosos, como es de diciembre a marzo

$$Aec = \frac{73 \text{ m}^3}{721.44\text{mm}} = 101.18\text{m}^2$$

El área de captación para el abastecimiento del agua en la vivienda de una familia de 4 personas para todo el año es de 101.18 m<sup>2</sup>.

#### 4.2. RESULTADOS DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN Y APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA EL CONSUMO DOMÉSTICO EN LAS VIVIENDAS RURALES DEL DISTRITO DE JULI, PROVINCIA DE CHUCUITO.

- **Diseño del sistema de conducción del agua captada.**

- Longitud del cauce : 10 m
- Cota máxima : 3.5 m
- Cota mínima : 2.40 m
- Superficie de captación : 60 m<sup>2</sup>

$$60m^2 \times \left(\frac{1km}{1000m}\right)^2 \times \frac{60m \times km^2}{1000000} = 0.000060km^2$$

Precipitación máxima registrada diaria = 47mm  
 Duración de la precipitación pluvial neta = 90 minutos (del pluviómetro)

*Convertimos en horas*

$$90 \text{ min} \times \frac{1 \text{ hr}}{60 \text{ min}} = 1.5 \text{ hrs}$$

La pendiente media consideramos = 0.06

#### **Resultados:**

##### **a) tiempo de concentración del agua**

$$t_c = 0.000325 \left( \frac{8.5^{0.77}}{0.060^{0.385}} \right) = 0.0049h$$

- b) Estimación del tiempo en que ocurre el máximo escurrimiento con el empleo del tiempo de concentración.

$$t_p = 2\sqrt{0.0049} + (0.6 * 0.0049) = 0.14294h$$

Conociendo el tiempo de duración de la precipitación pluvial máxima, se obtiene el tiempo en que ocurre el máximo escurrimiento.

$$t_p = 0.5D + 0.6(tc)$$

D = duración de la precipitación efectiva, h

Reemplazando

$$t_p = 0.5(1.5h) + 0.6(0.0049) = 0.75294 h$$

- c) Tiempo para drenar todos los escurrimientos

El tiempo que se necesita para drenar los escurrimientos se calcula con la siguiente expresión:

$$t_b = 2.67(tp)$$

Reemplazando en los dos casos

$$t_b = 2.67(0.142) = 0.3816 h$$

$$t_b = 2.67(0.7529) = 2.0103h$$

- d) El gasto máximo esperado para el área indicada es:

$$Q_p = \frac{0.278 * 47mm * 0.000060km^2}{0.143h} = 0.0104m^3/s$$

$$Q_p = 0.0104 \frac{m^3}{s} \times \frac{1000l}{1m^3} = 10.49 \text{ lt/s}$$

$$Q_p = \frac{0.278 * 47mm * 0.000060km^2}{0.211hr} = 0.00371m^3/s$$

$$Q_p = 3.71 \text{ lts/s}$$

El gasto esperado es de 10.49 lts/s.

**e) Estimación del área transversal de una canaleta rectangular y circular para conducir 10.49lts/seg**

Datos:

$$Q_p = 0.0104 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 1.2 \text{ m/s}$$

La pendiente es 6% entonces el área será:

$$A = \frac{0.0104m^3/s}{1.2m/s} = 0.0086 \text{ m}^2$$

$$0.0086m^2 \times \frac{100cm^2}{m^2} = 86 \text{ cm}^2$$

La sección del canal será (rectangular)

**TABLA N° 39: Altura, Área hidráulica, Perímetro mojado y Radio hidráulico en sección circular y rectangular**

Forma	área hidráulica	altura tirante	perímetro mojado	radio hidráulico	Observaciones
rectangular	0,16m <sup>2</sup>	0,08m	0,12m	0,025	b = 0.12 = base y = 0.16 =tirante

Fuente: *Elaboración Propio*

**A. Diseño del sistema de almacenamiento del agua de lluvia captada**

Área del sistema diseñado:

$$A = 5.30 \times 5.30 = 28.09 \text{ m}^2$$

Volumen a acumular

$$\text{Volumen del cisterna} = 28.09 \text{ m}^2 \times 1.80 \text{ m} = 50.562 \text{ m}^3$$

El reservorio podrá almacenar en un promedio de 50.562m<sup>3</sup> de agua

**B. Resultado del bombeo de agua de lluvia almacenada.**

*Calculo del bombeo*

$$D = K X^{0.25} \sqrt{Qb} \quad \text{Ecuación (0.1)}$$

*Dónde:*

K = 1.3 : es tomado de acuerdo a la región.

X = N° Hrs de bombeo continuo (horas)

Qb = Caudal del bombeo

$$Q_b = \frac{Q_{maxd} * 24}{Nh}$$

*Dónde:*

Qmaxd = caudal máximo diario

Nh = número de horas

*Reemplazando:*

$$Q_b = \frac{(0.003)(24)}{0.5} = 0.144 \text{ l/seg} \quad \text{Ecuación (0.2)}$$

*Remplazando en*

$$D = (1.3) \left( \frac{0.5}{24} \right)^{0.25} (\sqrt{0.000144})$$

$$D = (1.3)(0.021)^{0.21}(\sqrt{0.000144})$$

$$D = 0.0059m$$

$$D = 0.0059m \cong 0.6cm$$

Diámetro de la tubería ½" pulgada.

$$P_b = \frac{H_{DT} * Q_b * \gamma}{75\eta}$$

Ecuación (0.3)

*Dónde:*

P<sub>b</sub> = potencia de la bomba y del motor (Hp)

Q<sub>b</sub> = Caudal de bombeo en (m<sup>3</sup>/s)

HDT= Altura dinámica (m)

η = Eficiencia de la bomba

γ = peso específico del agua

*Reemplazando en ecuación 3*

$$P_b = \frac{(8)(0.000144)(1000)}{(75)(0.80)} = 0.02 Hp$$

La bomba que se usara es de 0.5 Hp

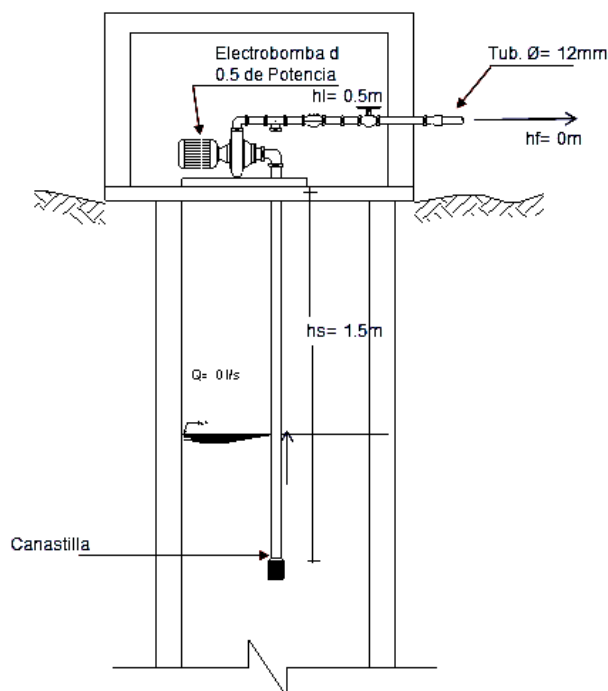


Figura N° 19: Diseño de línea de impulsión – 2015.  
Fuente: Elaboración propio

Su potencia es de 0.35 Kw/h

Consumo diario de energía

$$(0.35kw/h)(0.5h)(1/2 hp) = 0.87$$

Se bombea 3 veces al mes.

Consumo es =  $(0.87)*(3)=2.61$

El consumo por **mes será de S/. 2.61** soles durante un mes

Y durante todo el **año será de S/. 31.2** soles durante todo el año.

### C. Evaluación de la calidad de agua de lluvia

La evaluación del agua de lluvia obtenida de un techo de una vivienda ubicada en Molino, se realizó el 6 de Agosto del 2015. La fecha obedecieron a factores técnicos y de operación, como la disponibilidad del sitio, los problemas de trasportación y la representatividad de los resultados.

Las características obtenidos del análisis físico químico del agua de lluvia están dentro de los límites permisibles señalados en la norma de la OMS – Ministerio de Salud (1972) los cuales se detallan en el siguiente Tabla.

**TABLA Nº 40 Las características y análisis físico químico del agua de lluvia 2015.**

CARACTERISTICAS	Unid.	M-01 T=0 min Turbio	M-02 T=15 min Semiturbio	M-03 T=30 min Limpio	Método
Potencial de hidrogeno	pH	6.35	6.32	7.01	Potenciométrico
Solidos Totales Disueltos	mg/L	179.80	109.50	42.70	Conductimétrico
Dureza	mg/L	107.08	79.00	18.32	Volumet/EDTA
Alcalinidad	mg/L	86.62	39.53	25.62	Volumet/Heliantina
Cloruro	mg/L	23.96	24.12	23.97	Volumétrico
Sulfatos	mg/L	112.50	74.12	3.00	Colorimétrico
Calcio	mg/L	35.223.94	25.12	5.01	Volumet/Murexída
Magnesio	mg/L	3.94	2.92	1.41	Volumétrico
Turbidez	NTU	38	15	3	Colorimétrico

Fuente: *Elaboración Propia*

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES.

A partir de la experiencia de este trabajo se llegan a las siguientes conclusiones:

1. Del diagnóstico de las viviendas rurales, se ha observado que el 95% de las viviendas, en Molino del Distrito de Juli, están construidas con techo de calamina galvanizada. En cada vivienda familiar se ha podido observar una superficie mayor de 100m<sup>2</sup> de calamina galvanizada. Cada habitación tiene las siguientes dimensiones aproximadamente 8.00 m de largo x 5.00 m de ancho. Siendo el área por habitación de 40 m<sup>2</sup>. Considerando tres habitaciones por vivienda familiar, se ha determinado el área total por muestra de 120 m<sup>2</sup>. aproximadamente.
2. La demanda per cápita por persona es de 50 Lit/hab/día. Para suministrar el líquido elemento se requiere de una cobertura de techo de calamina galvanizada de 25.29 m<sup>2</sup>, para recolectar 18.25m<sup>3</sup> agua/persona/año.
3. La oferta de precipitación pluvial, en el punto de captación, es de 721.44 mm/año. Por 1 m<sup>2</sup> se capta 1 litro de agua y por 721.44mm se capta 721.44 litros de agua. Por lo tanto, en 25.29 m<sup>2</sup> de superficie materia de estudio, se obtiene 18.25 m<sup>3</sup>, del líquido elemento; durante todo el año por persona.
4. Según el diseño de captación se ha determinado que la sección transversal de la canaleta es de 86 cm<sup>2</sup>, con una base de 0.08 m, con una pendiente de 0.006 m. El diámetro calculado de la tubería recolectora es de 2' de clase 5. El volumen de la cisterna para acumular el agua es de 73 m<sup>3</sup>; se ha descontado al volumen total 24.2 m<sup>3</sup>, teniendo en cuenta el consumo de agua de diciembre a marzo, en consecuencia se ha propuesto diseñar un cisterna de 50.5 m<sup>3</sup>. El costo de bombeo por año es de 32.4 nuevos soles, considerando un consumo de energía de 0.35 kw/h., por un tiempo 0.5 hrs de bombeo de tres veces a mes y utilizando una bomba de agua de 0.5hp de capacidad.



### RECOMENDACIONES.

1. Para lograr efectos positivos en el proceso de captación de agua de lluvia para consumo humano en los techos en viviendas rurales, se recomienda considerar el rubro capacitación para que la población tenga el conocimiento básico lo que contribuirá a la sostenibilidad a los recursos naturales de la zona de estudio y esencialmente la conservación del recurso hídrico.
2. Que la Universidad promueva realizar investigaciones más detalladas en el tema captación de agua de lluvia para consumo humano en techos de las viviendas rurales, como una medida para enfrentar la escases de los recursos hídricos que viene ocurriendo debido al problema del cambio climático, ocasionado por el calentamiento global.
3. Se recomienda utilizar este documento como un primer paso para la realización de un manual en Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, ya que aunque los elementos del sistema son muy sencillos, es necesario trabajar mucho en diseños que aseguren agua de buena calidad y la salud de la personas.

**BIBLIOGRAFÍA**

- ANAYA M., (2009) Sistemas de captación de agua de lluvia para uso doméstico en América Latina y el Caribe, Manual Técnico.
- BAEZ A.- BELMONT R., GARCIA R., PADILLA H., TORRES, M.C., (2007) Chemical composition of rainwater collected at a southwest site of Mexico City, Mexico, Atmospheric Research 86(1):61-75
- CIDECALLI – CP, (2007) Sistema de captación de agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano a nivel familiar.
- CRITCHLEY, W y SIEGERT, K. (1991) “Water harvesting”. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma.
- DAVIS M., (2005) Ingeniería y ciencias ambientales. Mc Graw Hill.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), (2000) Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia. Serie: Zonas Áridas y Semiáridas N° 13. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe.
- GUTIÉRREZ, J. (2003) “Reuso de agua y nutrientes” Medio ambiente y desarrollo, Cuba.
- HERRERA L., (2010) Estudio de alternativas, para el uso sustentable del agua de lluvia.
- LAMBE, T. y WHITMAN, R. (1990) “Wastewater treatment and. Use in agriculture” FAO. Irrigación y drenaje.
- LLOSA, J., PAJARES, E. y TORO, O. (2009) “cambio climático, crisis del agua y adaptación en las montañas andinas”. Reflexión, denuncia y propuesta desde los Andes. Lima desco: Red Ambiental Peruana.

- SAGAR K. (2002) Sampling and physico-chemical analysis of precipitation: a review. *Environmental Pollution* 120 (3): 565-594. Salud. Perú.
- TEBBUT, T. (1990) "Fundamentos del control de calidad de Aguas" Editorial Limusa, Noriega – Mexico.
- MIGLIO, R., (2009) Abastecimiento de agua en el medio rural.
- UNATSABAR (Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural), (2001) Guía de diseño para captación del agua de lluvia.
- UNATSABAR, (2001) Guía de diseño para captación del agua de lluvia, Perú.
- UNATSABAR, (2003) Captación de agua de lluvia para consumo humano: especificaciones técnicas, Perú.
- VELÁZQUEZ G., (2012) Sistemas de captación y aprovechamiento pluvial para un ecobarrio de la CD. De México.

## ANEXOS

- ❖ FICHA TÉCNICA
- ❖ PANEL FOTOGRÁFICO

**FICHA TECNICA**

**ENCUESTA DE CONSUMO DE AGUA EN LITROS/PERSONA/DIA C. P. MOLINO - 2014**

**A. INFORMACIÓN BÁSICA DE LA LOCALIDAD**

Encustador: \_\_\_\_\_

Persona encuestado (a): \_\_\_\_\_

Fecha de Entrevista: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_ Hora \_\_\_\_\_

Departamento: Puno Provincia: Chucuito Distrito: Juli

Dirección: Molino

Persona Entrevistada (jefe del hogar): Padre ( ) Madre ( )  
otro \_\_\_\_\_

**B. INFORMACIÓN SOBRE LA VIVIENDA**

- 1.- Uso: Sólo vivienda ( ) Vivienda y otra actividad productiva asociada ( )
- 2.- Tiempo que viven en la casa ..... año(s) ..... Meses
- 3.- Tenencia de la vivienda  
Propia ( ) ¿Cuánto vale su Vivienda? .....
- Alquilada ( ) ¿Cuánto paga al mes? S/. .....
- 4.- Material predominante en la casa  
Adobe ( ) Material noble ( ) Otro .....
- 5.- Material predominante de los techos  
Calamina Galvanizada Si ( ) No ( ) Otros \_\_\_\_\_
- Número de habitaciones \_\_\_\_\_
- 6.- Posee energía eléctrica si ( ) No ( ) ¿Cuánto paga al mes? S/. .....
- 7.- Pozo séptico/Letrina/Otro si ( ) No ( ) \_\_\_\_\_
- 8.- Apreciaciones del Entrevistador
  - a. La vivienda pertenece al nivel económico:  
Alto( ) Medio( ) Bajo( )
  - b. La zona en que está ubicada la vivienda pertenece al nivel económico:  
Alto ( ) Medio ( ) Bajo ( )

**C. INFORMACIÓN SOBRE LA FAMILIA**

- 9.- ¿Cuántas personas habitan en la vivienda? \_\_\_\_\_
- 10.- ¿Cuántas familias viven en la vivienda? \_\_\_\_\_

**D. INFORMACIÓN SOBRE EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POR LITROS/PERSONA/DIA EN LA VIVIENDA**

- 11. ¿Cuánto de agua utiliza para la bebida diaria por persona? \_\_\_\_\_
- 12. ¿Cuánto de agua utiliza para el saneamiento?(lavado de ropa otros usos) \_\_\_\_\_
- 13. ¿Cuánto de agua utiliza para la higiene? \_\_\_\_\_
- 14. ¿Cuánto de agua utiliza para la preparación de alimentos? \_\_\_\_\_
- 15. ¿Almacena usted el agua para el consumo de su familia? si ( ) no ( )
- 16. ¿Cuántos litros cabe en el depósito donde almacena agua en su casa? \_\_\_\_\_ Litros

Recipientes	Cantidad	Capacidad del recipiente (litros)	Total en litros

- 17. La calidad del agua es:  
Buena ( ) Mala ( ) Regular ( )
- 18. ¿Está usted satisfecho con el agua de pozo? ¿Cómo lo calificaría?

Bueno ( ) Malo ( ) Regular ( )

19. ¿El agua antes de ser consumida le da algún tratamiento?:

Ninguno ( ) Hierve ( ) Lejía ( ) Otro \_\_\_\_\_

20.- El agua de pozo la usa para:

- a. Beber ( )                      b. Preparar alimentos ( )                      c. Lavar ropa ( )                      d. Higiene personal ( )  
e. Limpieza de la vivienda ( )                      f. Regar la chacra ( )                      g. Otros ( )

21.- ¿Se abastece de otra fuente?: si ( ) no ( ) Si es no, pasar a la siguiente pregunta

22.- Si es sí, ¿Cuál es la otra fuente?:

- a. Vecino ( )                      b. Lluvia ( )                      c. Otro (especificar) \_\_\_\_\_

23.- ¿Cuál es la distancia de la vivienda hasta la fuente de abastecimiento? \_\_\_\_\_ metros y ¿Qué tiempo se demora en ir y venir? \_\_\_\_\_ minutos.

24.- ¿Cuántas veces al día va a traer agua desde el pozo? \_\_\_\_\_

**E. INFORMACION SOBRE EL SANEAMIENTO**

24.- ¿Usted dispone de una letrina?

Si ( ) no ( )

25.- ¿Todos los que habitan la vivienda usan la letrina?

Si ( ) no ( )

26.- Si es no, ¿Por qué?:

- ( ) Está demasiado lejos                      ( ) No tiene costumbre  
( ) Tiene mal olor                      ( ) Está en mal estado  
( ) Le asusta usarla                      ( ) Otro \_\_\_\_\_

27.- ¿Considera usted que su letrina está en mal estado?

Si ( ) no ( )

**F. INFORMACIÓN GENERAL Y OTROS SERVICIOS DE LA VIVIENDA.**

28.- ¿Cree usted que el agua que consume puede causar enfermedades.

- Si ( ) ¿Por qué? \_\_\_\_\_  
No ( ) ¿Por qué? \_\_\_\_\_

**G. CONCIENCIA AMBIENTAL**

29.- ¿Cree usted que el agua escaseará algún día?

Si ( ) No ( ) No sabe ( )

30.- Cuando una persona arroja basura:

- Se contamina ( )  
No se contamina ( )  
No sabe/ No opina ( )

31.- ¿Qué es el agua?

- La fuente de la vida ( )  
Sin el agua no se puede vivir ( )  
Me sirve para cocinar, lavar etc. ( )  
Es solo agua ( )  
No sabe ( )  
Otro ( )



VIVIENDA ABANDONADA POR FALTA DE AGUAS PLUVIALES



POZO RUSTICO FUENTE DE DOTACION DE AGUA DE LA ZONA





INSTALANDO LAS CANALETAS DE MATERIAL LAMINA GALVANIZADA



AGUA DE LLUVIA ALMACENADO EN EL CILINDRO



REALIZANDO LA EXCAVACION PARA EL ALMACENAMIENTO DEL AGUA DE LLUVIA



EVALUANDO LA COBERTURA DE LAS VIVIENDAS EN LA ZONA