



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO LA FLORIDA, HUASMÍN, CELENDIN, CAJAMARCA”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Civil**

**Autor:**

Bach. Leyning Hernández Malca

**Asesor:**

Msc. Ing. María Salome de la Torre Ramírez

Cajamarca – Perú

2014

## **APROBACIÓN DE LA TESIS**

La asesora y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Leyning Hernández Malca**, denominada:

**“SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA PARA EL  
ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN EL CASERÍO LA FLORIDA-  
HUASMÍN- CELENDIN-CAJAMARCA”**

---

Msc. Ing. María Salome de la Torre Ramírez  
**ASESOR**

---

Dr. Ing. Orlando Águilar Aliaga  
**JURADO  
PRESIDENTE**

---

Ing. Gerson Quispe Rodriguez  
**JURADO  
SECRETARIO**

---

Ing. Sergio Nicola Quispe Salazar  
**JURADO  
VOCAL**

## DEDICATORIA

A Dios por sus bendiciones y por permitir que esta tesis se concluya.

A mis padres Fermín Hernández Fernández y Deysi Malca Terrones por su apoyo en los momentos difíciles de mi vida, por su amor, comprensión e infinito amor incondicional y por ser la razón que me ha impulsado a continuar todos estos años.

A mi hermano Ernesth Hernández Malca por su apoyo incondicional, por ser el ejemplo a seguir y por estar presente en los momentos difíciles, aconsejándome siempre a seguir adelante.

A los miembros de mi familia quienes me apoyaron para culminar mis estudios universitarios.

## AGRADECIMIENTO

A Dios por dar paz y tranquilidad a mi familia, amigos y a mi persona para seguir adelante y poder concluir con la presente tesis.

A mis padres y hermano por su gran apoyo en mi realización tanto profesional como personal.

A mi asesora de Tesis, Msc. Ing. María Salome de la Torre Ramírez y al Dr. Ing. Orlando Aguilar Aliaga por su tiempo y apoyo incondicional en la elaboración de esta tesis.

A mis compañeros y amigos por el tiempo brindado y apoyo en la elaboración de la presente tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DE LA TESIS.....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS .....</b>	<b>x</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>xiii</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Realidad problemática .....	1
1.2. Formulación del problema.....	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Limitaciones .....	3
1.5. Objetivos .....	4
1.5.1. <i>Objetivo General</i> .....	4
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i> .....	4
<b>CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
2.1. Antecedentes .....	5
2.2. Bases Teóricas .....	8
2.2.1. <i>Cuenca Hidrológica</i> .....	8
2.2.2. <i>Precipitación</i> .....	9
2.2.3. <i>Estudio de una tormenta</i> .....	15
2.2.4. <i>Sistema de Aprovechamiento de Agua De Lluvia</i> .....	18
2.2.5. <i>Captación de Agua De Lluvia para Consumo Humano</i> .....	19
2.3. Definición de términos básicos .....	59
<b>CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS.....</b>	<b>62</b>
3.1. Formulación de la hipótesis .....	62
3.2. Operacionalización de variables .....	63
<b>CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>64</b>
4.1. Tipo de diseño de investigación.....	64
4.2. Material de estudio.....	64
4.2.1. <i>Unidad de estudio</i> .....	64
4.2.2. <i>Población</i> .....	64
4.2.3. <i>Muestra</i> .....	64
4.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.....	65

4.3.1.	Para recolectar datos.....	65
4.3.2.	Para analizar información.....	66
<b>CAPÍTULO 5. RESULTADOS .....</b>		<b>69</b>
5.1.	Población Futura .....	69
5.2.	Vivienda N° 01.....	70
5.3.	Vivienda N° 02.....	76
5.4.	Vivienda N° 03.....	82
5.5.	Vivienda N° 04.....	88
5.6.	Vivienda N° 05.....	94
5.7.	Vivienda N° 06.....	100
5.8.	Vivienda N° 07.....	106
5.9.	Vivienda N° 08, 09, 10, 11,12, 13, 14 y 15. ....	111
5.10.	Calidad del agua de lluvia.....	119
5.11.	Costos del sistema planteado.....	119
<b>CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN.....</b>		<b>120</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>122</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>		<b>123</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>		<b>124</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>127</b>
6.1.	Panel Fotográfico .....	128
6.2.	Formato de encuesta para diagnóstico de situación actual en el caserío La Florida.....	135
6.3.	Formato de Inspección y Observación. ....	138
6.4.	Ubicación de Estaciones Meteorológicas y Viviendas en Estudio en Google Earth .....	140
6.5.	Hojas de Cálculo .....	143
6.6.	Análisis Físico Químico y Bacteriológico .....	385
6.7.	Datos de Precipitaciones e Intensidades SENAMHI .....	388
6.8.	Presupuesto .....	396
6.9.	Gastos Generales .....	398
6.10.	Metrados .....	400
6.11.	Cotizaciones.....	406
6.12.	Planos .....	413

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: INTENSIDAD MÁXIMA PARA PERIODOS DE DURACIÓN DE 10, 30, 60, 120 Y 240.....	17
TABLA 2: COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA.....	25
TABLA 3: LÍMITES PERMISIBLES DE AGUA PARA CONSUMO HUMANO.....	38
TABLA 4: MÉTODO DE DESINFECCIÓN DEL AGUA DISPONIBLE.....	40
TABLA 5: PROPIEDADES DE LOS PRODUCTOS DE CLORO.....	44
TABLA 6: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	63
TABLA 7: POBLACIÓN FUTURA.....	69
TABLA 8: PRECIPITACIONES PROMEDIO MENSUALES PARA VIVIENDA N° 01.....	70
TABLA 9: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 114.6 M2 Y DOTACIÓN DE 42.78 LITROS/HAB-DÍA.....	71
TABLA 10: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 114.6 M2 Y DOTACIÓN DE 31 LITROS/HA.....	72
TABLA 11: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 57.3 M2 Y DOTACIÓN DE 15.5 LITROS/HA.....	73
TABLA 12: ANÁLISIS DE VOLÚMENES DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA VIVIENDA N° 01.....	74
TABLA 13: INTENSIDADES – DURACIÓN- TIEMPO DE RETORNO.....	75
TABLA 14: PRECIPITACIONES PROMEDIO MENSUALES PARA VIVIENDA N° 02.....	76
TABLA 15: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 93.94 M2 Y DOTACIÓN DE 56.21 LITROS/HA-VIVIENDA N° 02.....	77
TABLA 16: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 93.94 M2 Y DOTACIÓN DE 40 LITROS/HA-VIVIENDA N° 02.....	78
TABLA 17: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 46.97 M2 Y DOTACIÓN DE 20.4 LITROS/HA-VIVIENDA N° 02.....	79
TABLA 18: ANÁLISIS DE VOLÚMENES DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA VIVIENDA N° 02.....	80
TABLA 19: INTENSIDADES – DURACIÓN- TIEMPO DE RETORNO.....	81
TABLA 20: PRECIPITACIONES PROMEDIO MENSUALES PARA VIVIENDA N° 03.....	82
TABLA 21: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 104.14 M2 Y DOTACIÓN DE 62.36 LITROS/HA-VIVIENDA N° 03.....	83
TABLA 22: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 104.14 M2 Y DOTACIÓN DE 45 LITROS/HA-VIVIENDA N° 03.....	84
TABLA 23: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 52.07 M2 Y DOTACIÓN DE 22.5 LITROS/HA-VIVIENDA N° 03.....	85

TABLA 24: ANÁLISIS DE VOLÚMENES DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA VIVIENDA N° 03.86	
TABLA 25: INTENSIDADES – DURACIÓN- TIEMPO DE RETORNO .....	87
TABLA 26: PRECIPITACIONES PROMEDIO MENSUALES PARA VIVIENDA N° 04 .....	88
TABLA 27: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 70 M2 Y DOTACIÓN DE 25.97 LITROS/HA-VIVIENDA N° 04 .....	89
TABLA 28: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 70 M2 Y DOTACIÓN DE 18.95 LITROS/HA-VIVIENDA N° 04 .....	90
TABLA 29: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 35 M2 Y DOTACIÓN DE 9.4 LITROS/HA-VIVIENDA N° 04 .....	91
TABLA 30: ANÁLISIS DE VOLÚMENES DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA VIVIENDA N° 04.92	
TABLA 31: INTENSIDADES – DURACIÓN- TIEMPO DE RETORNO .....	93
TABLA 32: PRECIPITACIÓN MENSUAL EN VIVIENDA N° 05 .....	94
TABLA 33: PRECIPITACIONES PROMEDIO MENSUALES PARA VIVIENDA N° 05 .....	94
TABLA 34: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 81.2 M2 Y DOTACIÓN DE 30.12 LITROS/HA-VIVIENDA N° 05.....	95
TABLA 35: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 81.2 M2 Y DOTACIÓN DE 21.95 LITROS/HA-VIVIENDA N° 05.....	96
TABLA 36: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 40.6 M2 Y DOTACIÓN DE 10.95 LITROS/HA-VIVIENDA N° 05.....	97
TABLA 37: ANÁLISIS DE VOLÚMENES DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA VIVIENDA N° 05.98	
TABLA 38: INTENSIDADES – DURACIÓN- TIEMPO DE RETORNO .....	99
TABLA 39: PRECIPITACIONES PROMEDIO MENSUALES PARA VIVIENDA N° 06 .....	100
TABLA 40: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 108.55 M2 Y DOTACIÓN DE 35.79 LITROS/HA-VIVIENDA N° 06 .....	101
TABLA 41: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 108.55 M2 Y DOTACIÓN DE 25 LITROS/HA-VIVIENDA N° 06 .....	102
TABLA 42: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 54.275 M2 Y DOTACIÓN DE 12.9 LITROS/HA-VIVIENDA N° 06 .....	103
TABLA 43: ANÁLISIS DE VOLÚMENES DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA VIVIENDA N° 06 .....	104
TABLA 44: INTENSIDADES – DURACIÓN- TIEMPO DE RETORNO .....	105
TABLA 45: PRECIPITACIONES PROMEDIO MENSUALES PARA VIVIENDA N° 07. ....	106
TABLA 46: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 414.24 M2 Y DOTACIÓN DE 41.41 LITROS/HA-VIVIENDA N° 07 .....	107

TABLA 47: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 108.55 M2 Y DOTACIÓN DE 29.9 LITROS/HA-VIVIENDA N° 07 .....	108
TABLA 48: ANÁLISIS DE OFERTA Y DEMANDA DE AGUA PARA UN ÁREA DE CAPTACIÓN DE 207.12 M2 Y DOTACIÓN DE 14.97 LITROS/HA-VIVIENDA N° 07 .....	109
TABLA 49: ANÁLISIS DE VOLÚMENES DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO PARA VIVIENDA N° 07 .....	110
TABLA 50: INTENSIDADES – DURACIÓN- TIEMPO DE RETORNO .....	111
TABLA 51: ANÁLISIS DE VOLÚMENES DE TANQUES Y ÁREAS DE CAPTACIÓN PARA DIFERENTES DOTACIONES EN VIVIENDAS 8- 15 .....	112
TABLA 52: RESULTADOS DE DISEÑO DE CANALETAS 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14 Y 15 .....	118
TABLA 53: RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO Y BACTERIOLÓGICO DE LA MUESTRA DE AGUA DE LLUVIA. ....	119

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: DELIMITACIÓN DE CUENCA HIDROLÓGICA QUEBRADA CHUGURMAYO .....	9
GRÁFICO 2: PROCEDIMIENTO PARA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA.....	21
GRÁFICO 3: SCAPT - SISTEMA DE CAPTACIÓN DE AGUA PLUVIAL EN TECHOS .....	22
GRÁFICO 4: PARTES DE UN SCAPT.....	23
GRÁFICO 5: INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS DE LLUVIA.....	27
GRÁFICO 6: INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS DE LLUVIA.....	28
GRÁFICO 7: TRANSPORTE DE CISTERNA DE CONCRETO: (A) 5 M <sup>3</sup> Y (B) 75,6 M <sup>3</sup> .....	32
GRÁFICO 8: CISTERNA DE CEMENTO-TABIQUE Y TAPA DE PROTECCIÓN DE CISTERNA. ....	32
GRÁFICO 9: CISTERNA DE METAL .....	35
GRÁFICO 10: TANQUE DE POLIETILENO DE 5 M <sup>3</sup> .....	35
GRÁFICO 11: CISTERNA DE MADERA DE PINO CON TENSORES PARA ALMACENAR 5 M <sup>3</sup> . ....	36
GRÁFICO 12: FILTRO ESTÁNDAR.....	49
GRÁFICO 13: FILTRO JUMBO .....	50
GRÁFICO 14: FILTRO DE GRIFO .....	51
GRÁFICO 15: PURIFICADOR SOBRE TARJA .....	51
GRÁFICO 16: PURIFICADOR BAJO TARJA.....	52
GRÁFICO 17: CARBÓN ACTIVADO.....	53
GRÁFICO 18: PRECIPITACIÓN MENSUAL EN VIVIENDA N° 01 .....	70
GRÁFICO 19: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL.....	71
GRÁFICO 20: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL.....	72
GRÁFICO 21: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL.....	73
GRÁFICO 22: CURVA INTENSIDAD VS DURACIÓN PARA VIVIENDA N° 01 .....	75
GRÁFICO 23: PRECIPITACIÓN MENSUAL EN VIVIENDA N° 02 .....	76
GRÁFICO 24: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 02 .....	77
GRÁFICO 25: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL .....	78
GRÁFICO 26: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL .....	79
GRÁFICO 27: CURVA INTENSIDAD VS DURACIÓN PARA VIVIENDA N° 02 .....	81
GRÁFICO 28: PRECIPITACIÓN MENSUAL EN VIVIENDA N° 03 .....	82
GRÁFICO 29: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA 03.....	83
GRÁFICO 30: OFERTA Y DEMANDA ACUMULADA EN VIVIENDA N° 03.....	84
GRÁFICO 31: OFERTA Y DEMANDA ACUMULADA EN VIVIENDA N° 03.....	85
GRÁFICO 32: CURVA INTENSIDAD VS DURACIÓN EN VIVIENDA N° 03 .....	87

GRÁFICO 33: PRECIPITACIÓN MENSUAL EN VIVIENDA N° 04 .....	88
GRÁFICO 34: OFERTA Y DEMANDA ACUMULADA EN VIVIENDA N° 04 .....	89
GRÁFICO 35: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 04 .....	90
GRÁFICO 36: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 04 .....	91
GRÁFICO 37: CURVA INTENSIDAD VS DURACIÓN .....	93
GRÁFICO 38: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 05 .....	95
GRÁFICO 39: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 05 .....	96
GRÁFICO 40: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 05 .....	97
GRÁFICO 41: CURVA INTENSIDAD VS DURACIÓN EN VIVIENDA N° 05.....	99
GRÁFICO 42: PRECIPITACIÓN MENSUAL EN VIVIENDA N° 06 .....	100
GRÁFICO 43: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 06 .....	101
GRÁFICO 44: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 06 .....	102
GRÁFICO 45: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 06 .....	103
GRÁFICO 46: CURVA INTENSIDAD VS DURACIÓN .....	105
GRÁFICO 47: PRECIPITACIÓN MENSUAL EN VIVIENDA N° 07 .....	106
GRÁFICO 48: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 07 .....	107
GRÁFICO 49: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 07 .....	108
GRÁFICO 50: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 07 .....	109
GRÁFICO 51: CURVA INTENSIDAD VS DURACIÓN EN VIVIENDA N° 07 .....	111
GRÁFICO 52: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 08 .....	113
GRÁFICO 53: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 09 .....	114
GRÁFICO 54: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 10 .....	114
GRÁFICO 55: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 11 .....	115
GRÁFICO 56: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 12 .....	115
GRÁFICO 57: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 13 .....	116
GRÁFICO 58: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 14 .....	116
GRÁFICO 59: OFERTA Y DEMANDA DE AGUA ACUMULADA MENSUAL EN VIVIENDA N° 15 .....	117

## RESUMEN

En ciertas zonas del Perú se presentan problemas de suministro de agua potable por no existir manantiales, ríos u otras fuentes de agua cercanas, que se puedan aprovechar para suministrar agua apta para el consumo humano, es por ello que en la presente tesis se pretende fortalecer la idea de captar y aprovechar el agua de lluvia para el suministro de agua potable, demostrando que con las precipitaciones que se dan en el lugar de estudio, en este caso precipitaciones que se dan en el caserío La Florida del distrito de Huasmín son las suficientes para proporcionar agua de buena calidad y cantidad necesaria, de manera que los beneficiarios sean abastecidos de agua que les permita el buen desarrollo de sus actividades básicas, como la alimentación, la higiene, la educación, el trabajo entre otras actividades necesarias para su subsistencia. Es importante señalar que con la implementación de los sistemas familiares de aprovechamiento de agua de lluvia para abastecer agua potable se reduce el riesgo a contraer enfermedades de origen hídrico y se abastece de agua de buena calidad ayudando a preservar la salud y logrando que las personas tengan un normal desarrollo de sus actividades, además este tipo de sistema de aprovechamiento de agua de lluvia propuesto se adecúan a las zonas rurales, en donde las viviendas se encuentran dispersas y no tienen acceso al agua potable tal y como sucede con los pobladores del caserío en mención, es por ello que la presente tesis tiene como objetivo determinar el nivel de abastecimiento de agua potable anual con la implementación de un Sistema de Aprovechamiento de Agua de Lluvia, concluyendo en que con las precipitaciones que se dan en el lugar de estudio son las necesarias para acopiar la cantidad de agua suficiente diseñando así hidráulicamente el sistema de abastecimiento de agua potable, cuyos elementos son áreas de captación (Techos), Líneas de conducción (canaletas y tuberías), tanques de almacenamiento entre otros componentes necesarios para preservar la buena calidad del agua acopiada.

## **ABSTRACT**

In certain areas of Peru problems drinking water occur in the absence springs, rivers or other nearby water sources, which can be built to supply water suitable for human consumption, is why in this thesis aims to strengthen the idea of capturing and harnessing rainwater for drinking water supply, showing that the rainfall occurring in the study site, in this case rainfall occurring in the village of La Florida district Huasmín are sufficient to provide good water quality and quantity, so that beneficiaries are supplied with water to allow them the good development of its core activities, such as food, hygiene, education, work and other activities necessary for their subsistence. Importantly, the implementation of family systems use rainwater to supply drinking water reduces the risk of contracting waterborne diseases and provides water quality by helping to preserve the health and getting people have normal development of their activities, and this type of system proposed water harvesting rain suited to rural areas, where homes are scattered and have no access to drinking water as happens with the inhabitants of the village in mention is why this thesis aims to determine the level of annual drinking water supply with the implementation of a System of rainwater Harvesting, concluding that the precipitation observed in the study site are the necessary to collect sufficient amount of water designing hydraulic system and potable water, whose elements are catchments (Roofing), Power Lines (gutters and pipes), storage tanks among other components necessary to preserve the quality collected water.

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

En el siglo XIX y XX las ciudades de la mayoría de los países experimentan un gran crecimiento de población, influyendo de esta manera en la necesidad de mejorar la calidad del agua, ya que el suministro de agua se lo realiza por medio de la acumulación de agua superficial para luego ser distribuida por una red centralizada de acueducto. En otras ocasiones se acudió a la explotación del agua subterránea. En cualquiera de los casos se elimina la posibilidad de sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia u otros sistemas alternativos (Ballén, Galarza, & Ortiz, 2006) que estén más en concordancia con la realidad de ciertas poblaciones dispersas y que no tienen acceso al agua potable.

Un Sistema que puede ser aprovechado para el abastecimiento de agua potable a familias que no tienen acceso a este recurso y que son dispersas, es el de Captación y Aprovechamiento de Agua de Lluvia, sistema que ayuda a prevenir diferentes enfermedades de origen hídrico ya que el sector rural en el Perú como en otros países de la Región, se encuentra en una situación deficiente especialmente en cuanto a las condiciones sanitarias que requiere para preservar la salud de sus habitantes impidiendo el normal desarrollo de sus actividades y por ende su subsistencia. Las enfermedades diarreicas de las cuales son víctimas los pobladores y principalmente los niños peruanos, afectan la situación de sus habitantes cada vez más ... es así que la cobertura de abastecimiento de agua en el sector rural del país alcanza al 63% que cubre principalmente a poblados concentrados y en formas casi nula a comunidades dispersas que son atendidas generalmente por organizaciones no gubernamentales o proyectos de pequeño alcance, con tecnologías poco apropiadas para el contexto local (Unidad de Apoyo Técnico Básico Rural, 2005).

Considerando lo mencionado anteriormente, y que los pobladores del caserío La Florida ubicado en el distrito de Huasmín se encuentran inmersos dentro de la problemática anteriormente descrita, que es el de consumir agua no apta para el consumo humano ya que según reporte de 14 familias y de los docentes de la

Institución Educativa del caserío, éstas no cuentan con acceso al agua potable ya que sus viviendas se encuentran en las partes altas y son dispersas, es decir que la separación entre viviendas según la definición que maneja CARE PROPILAS es mayor o igual a 50 metros, y más aún el sistema de agua por gravedad que poseen para suministro de agua potable para toda la población del caserío no oferta la cantidad de agua necesaria, no logrando acceder al agua que suministra este sistema y no consiguiendo plantear otro sistema del mismo tipo por no contar con manantiales cerca de la zona. A esto hay que sumar que las familias en mención obtienen el agua que consumen a través del acopio del agua de lluvia o teniendo que caminar grandes distancias (aproximadamente 2 horas) para llegar a la quebrada más cercana consumiendo el agua sin tratar y empleando el tiempo para esta actividad que muchas veces lo tienen que hacer los jóvenes y niños, quienes descuidan sus estudios y presentan bajo rendimiento académico, además de reportar altos índices de enfermedades de origen hídrico según reporte de los beneficiarios en inspección realizada el día 13 de Noviembre del 2013. Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente se propone implementar un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia para el abastecimiento de agua apta para el consumo humano de las 14 familias y alumnos de la Institución Educativa N° 82475 del Caserío en mención.

El proyecto que se plantea tendrá como principal fuente de estudio a las precipitaciones que se dan en el lugar ya que el abastecimiento de agua será con el aprovechamiento de agua de lluvia, la cual será tratada con el fin de ser apta para el consumo humano.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el nivel de abastecimiento de agua potable anual con la implementación de un Sistema de Aprovechamiento de Agua de Lluvia?

## **1.3. Justificación**

Los altos índices de enfermedades de origen hídrico, las grandes distancias que tienen que recorrer para obtener el agua, el bajo rendimiento académico que presentan los niños, entre otros problemas que presentan los pobladores del caserío

La florida, constituyen la razón suficiente para realizar el proyecto como una alternativa de solución a la problemática que se presenta.

El proyecto cobra gran importancia porque se propone el diseño de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia para abastecer a la población de agua que al ser tratada, será apta para su consumo humano ya que *“Ninguna de las actividades básicas humanas, como la alimentación, la salud, la educación, la higiene, el trabajo o la vivienda pueden ser satisfechas sin abastecimiento de agua potable de calidad y cantidad suficiente”* (García, 2012).

El proyecto les servirá de base a estudiantes universitarios y profesionales como guía para futuros diseños de sistemas de captación de agua de lluvia para consumo humano, de esta forma se fortalece la propuesta de la captación y aprovechamiento de agua de lluvia no solo en el lugar del proyecto sino a nivel de todo el Perú, ya que puede ser replicable para otros lugares con características similares.

#### **1.4. Limitaciones**

La falta de información concerniente a precipitaciones, por no existir una estación meteorológica en la zona del proyecto. Por sus características nos servirá como base y como punto de partida para otros estudios acerca de este tema.

En la presente investigación se propondrá y sustentará de manera teórica los componentes del sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia, los cuales se diseñaran tomando los datos de las precipitaciones medias obtenidas con la elaboración de isoyetas de las estaciones meteorológicas cercanas. No se construirá ningún modelo a escala para determinar la eficiencia del sistema.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

Determinar el nivel de abastecimiento de agua potable anual con la implementación de un Sistema de Aprovechamiento de Agua de Lluvia.

### **1.5.2. Objetivos Específicos**

Diseñar hidráulicamente el sistema de abastecimiento de agua potable empleando agua de lluvia.

## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Entre los antecedentes más relevantes tenemos:

#### Ámbito internacional:

- García, J. (2012). *Sistema de Captación y Aprovechamiento Pluvial para un Ecobarrio de la CD. De México*. Tesis para Optar por el Grado de Maestro en Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Tesis que fue desarrollada para fortalecer la captación y Aprovechamiento Pluvial en el Ecobarrio de Santa Rosa Xochiac en la Delegación Álvaro Obregón de la ciudad de México, como parte de una solución sustentable e integral al problema hídrico que presenta dicha cuenca (García, 2012).

Ésta tesis cobra gran importancia ya que refuerza la idea de Captar y aprovechar el agua de lluvia mediante áreas de captación concluyendo en que “*el agua de lluvia captada por el techo de una casa en el Ecobarrio de Santa Rosa Xochiac obtuvo una mejor calidad y menor variabilidad que el agua captada por el patio, en los parámetros: color verdadero, turbiedad, SST, sólidos sedimentables, CE, sulfato (SO<sub>4</sub> 2-), nitrato (NO<sub>3</sub>-), cloruro (Cl-), sodio (Na+), coliformes totales, coliformes fecales y mesófilos aerobios*” (García, 2012). Cabe destacar que el autor menciona las características de diseño a ser tomadas en cuenta en los sistemas de captación y aprovechamiento de Agua de lluvia.

- Palacio, N (2010), *Propuesta de un Sistema de Aprovechamiento de Agua Lluvia, Como Alternativa para el Ahorro de Agua Potable, En La Institución Educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia*. Trabajo de Monografía para optar al título de Especialista en Manejo y Gestión del Agua, Universidad de Antioquia, Medellín.

“Éste proyecto presenta la ingeniería conceptual de una propuesta de diseño de un sistema de aprovechamiento de agua lluvia, como alternativa para el ahorro de agua potable en usos tales como la descarga de sanitarios, el lavado de zonas comunes, entre otros. Además se presenta un análisis de la viabilidad técnica y

económica de dicho aprovechamiento, en una institución educativa del municipio de Caldas, Antioquia” (Palacio, 2010)

En este proyecto, el autor muestra su gran preocupación por el uso eficiente del agua, aprovechando las precipitaciones que se dan en la zona, y considera que aprovechar el agua de lluvia “es una práctica interesante, tanto ambiental como económicamente, si se tiene en cuenta la gran demanda del recurso sobre las cuencas hidrográficas, el alto grado de contaminación de las fuentes superficiales y los elevados costos por el consumo de agua potable en la Institución Educativa María Auxiliadora de Caldas” (Palacio, 2010), hecho que afianza la idea de aprovechar fuentes alternativas para abastecer de agua potable a comunidades dispersas ya que según las conclusiones del estudio en mención nos indica que se cumple con el objetivo principal que es “Proponer un sistema de aprovechamiento de aguas de lluvia de bajo costo, fácil implementación y mantenimiento, como alternativa para el ahorro de agua potable, la disminución de los gastos debidos al consumo y un uso eficiente del recurso, en la Institución Educativa María Auxiliadora del municipio de Caldas, Antioquia” (Palacio, 2010).

- Herrera, A (2010), *Estudio de Alternativas, para el uso sustentable del Agua de Lluvia*. Tesis para Obtener el grado de Maestro en Ingeniería Civil, Instituto Politécnico Nacional, México.

“Esta tesis se propone a los sistemas de captación de agua de lluvia como una solución complementaria que ayude a combatir la escasez de agua en poblaciones rurales, las cuales no cuentan con algún tipo de sistema de abastecimiento de agua potable, siendo estos sistemas económicos, fáciles de construir y de buena aceptación; características que facilitan su implementación ante otro tipo de sistema” (Herrera, 2010)

El objetivo General de esta tesis es “Revisión del Estado del arte de los diferentes Sistemas de Captación de Agua de Lluvia considerando el empleo que los mismos han tenido en México y proponer alternativas de solución en estos Sistemas” (Herrera, 2010). Tesis de gran interés ya que en ésta encontramos que el autor hace un análisis de los diferentes sistemas de captación de agua de lluvia con el fin de proponer mejoras y hacer recomendaciones.

- Arroyo, T.I. (2010). *Colecta de Agua Pluvial como Medida para el Aprovechamiento Sustentable de La Energía*. Tesis para Obtener el Título de Licenciado en Ciencias Ambientales, México.

Tesis de gran interés ya que nos muestra que el sistema de aprovechamiento de agua de lluvia si es viable y no sólo para suplir las necesidades básicas que se presenta en comunidades y si no que también nos ayuda en el ahorro de energía ya que el autor menciona que “*al utilizar un sistema de recolección de agua pluvial en las casas, no sólo se cubriría un porcentaje del requerimiento diario de agua de las personas, sino que también se estaría evitando parte de la energía utilizada para su transporte y tratamiento, por lo que se dejaría de emitir un porcentaje del CO2 total*” (Arroyo, 2010).

- Kinkade-Levario, Heather (2007). *Design for water, rainwater harvesting, stormwater catchment and alternate water reuse*. Canada: New Society Publishers.

Investigación realizada en recomendación de la coordinación técnica de la UNAM y que enfatiza en que el aprovechamiento del agua de lluvia es importante como una alternativa para el abastecimiento de agua tanto potable como para otros usos. En esta investigación el autor menciona las partes que debe tener un sistema de captación de agua de lluvia (SCALLs), los cuidados que se deben tener presente al elegir los diferentes materiales a usar para las partes constitutivas de los SCALLs y nos menciona que estos sistemas son “*de menor costo, fáciles de construir, operar y mantener*” (Kinkade-Levario, Heather, 2007).

### **Ámbito Nacional:**

- Casas, S.A. (2008). *Aprovechamiento Potencial del Agua de Lluvia caso Sub Región Alto Mayo- San Martín, Perú*.

Investigación en donde el autor muestra su preocupación por el uso y aprovechamiento sostenible de las precipitaciones que se dan en la Sub Región de Alto Mayo – San Martín, nos hace de conocimiento que “*la aplicación del Modelo SCAPT (Sistema de Micro Captación de Agua Pluvial en Techos) en la Cuenca del Alto Mayo, es una alternativa para el aprovechamiento potencial del agua de lluvia local, para uso doméstico, recreacional y agropecuario*” (Casas,

2008). Lo que afianza la idea de implementar los sistemas de Captación y Aprovechamiento de agua de lluvia para Abastecer de agua Potable a comunidades que no tienen acceso a este recurso.

## 2.2. Bases Teóricas

### 2.2.1. Cuenca Hidrológica

#### 2.2.1.1. Definición

La cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido. (Villón, 2002)

#### 2.2.1.2. Características

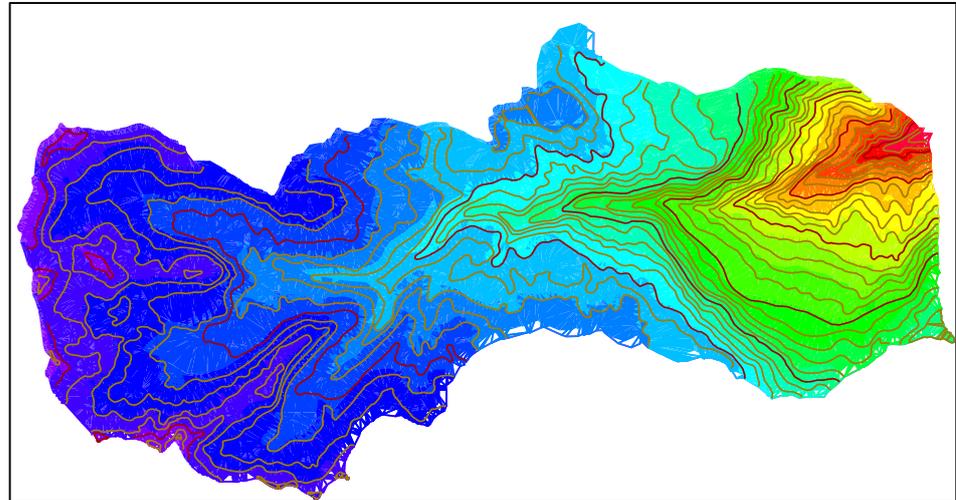
**Superficie de la Cuenca.** Es el área proyectada en un plano horizontal, es de forma muy irregular y se obtiene después de delimitar la cuenca (Villón, 2002). Hoy en día se obtiene haciendo uso de programas computacionales como el AutoCAD.

**Perímetro de la cuenca.** Se refiere al borde de la forma de la cuenca proyectada en un plano horizontal, se obtiene después de delimitar la cuenca (Villón, 2002).

#### 2.2.1.3. Delimitación

La delimitación de una cuenca, se hace sobre un plano o mapa a curvas de nivel ....siguiendo las líneas del divortium acuorum (Parte aguas), la cual es una línea imaginaria, que divide las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación, que en cada sistema de corriente, fluye hacia el punto de salida de la cuenca. El parte aguas está formado por los puntos de mayor nivel topográfico y cruza las corrientes en los puntos de salida, llamado estación de aforo (Villón, 2002).

Gráfico 1: Delimitación de Cuenca Hidrológica Quebrada Chugurmayo



*Fuente: Elaboración propia tomando como base Carta Nacional de  
Celendín (14g)*

La delimitación de una cuenca se realiza para establecer las características de una determinada zona y poder determinar caudales máximos, alturas más frecuentes, altura media entre otros factores que nos sirven para diseñar una obra hidráulica. Para la presente tesis es necesario conocer las definiciones y la forma del trazado para identificar la trayectoria de las curvas de nivel necesarias para la comparación con las curvas isoyetas, ya que éstas en lo posible tienen que seguir la misma trayectoria.

Si tomamos en cuenta la definición de “cuenca” nos menciona que el agua producto de las precipitaciones que cae en una determinada área se une en un solo punto, comparado con los techos de las viviendas el agua que cae sobre éstos fluye hacia las canaletas que al final se reúnen en un solo punto, entonces si se requiere determinar el caudal máximo podemos considerar a los techos de las viviendas como cuencas hidrológicas y si éstos son a dos aguas la división puede ser considerada como parteaguas..

## **2.2.2. Precipitación**

### **2.2.2.1. Definición**

*“La precipitación, es toda forma de humedad que originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta definición la*

*precipitación puede ser en forma de lluvias, granizadas y garúas” (Villón, 2002) . Estas formas de precipitación se originan producto del ciclo hidrológico y son consideradas como la fuente primaria del agua de la superficie terrestre.*

#### **2.2.2.2. Origen de la Precipitación**

Una nube está constituida por pequeñísimas gotas de agua, que se mantienen estables gracias a su pequeño tamaño, algunas características de las gotitas de las nubes son: Diámetro aproximado de las gotitas 0.02 mm, espaciamiento entre gotitas 1mm, masa de 0.5 a 1 gr/m<sup>3</sup> (Villón, 2002)

La diferencia de las gotitas antes mencionadas con respecto a las gotas de lluvia es que éstas últimas tienen un “*diámetro de 0.5 a 2 mm, es decir, un aumento en el volumen de 100.000 a 1.000.000 de veces*” (Villón, 2002) , Factor importante asociado al origen de las precipitaciones ya que según Villón (2002) este origen se da gracias a dos fenómenos que son “*La unión entre sí de numerosas gotitas y el engrosamiento de una gota por la fusión y condensación de otras*”.

#### **2.2.2.3. Formas de Precipitación**

Villon (2002) considera 5 formas de precipitación que son: Llovizna (Diámetro de gotas entre 0.1 y 0.5 mm), Lluvia (Diámetro de gotas mayor a 0.5mm), Escarcha, Nieve y Granizo, las dos primeras se diferencian en el diámetro de sus gotas mientras que la escarcha viene a ser una “*Capa de hielo por lo general transparente y suave, pero que usualmente contiene bolsas de aire*” , la Nieve está “*compuesta de cristales de hielo blanco traslucido, principalmente de forma compleja*” y el Granizo que viene hacer la “*Precipitación en forma de bolsas o formas irregulares de hielo, que se producen por nubes convectivas<sup>1</sup>, pueden ser esféricos, cónicos o de forma irregular, su diámetro varía entre 5 y 125 mm*” (Villón, 2002).

---

<sup>1</sup> Las precipitaciones de convección se dan por el aumento de temperatura el cual produce bastante evaporación de agua, y hace que estas masas de vapor por estar más calientes se eleven hasta encontrar condiciones que provoquen su condensación y la precipitación.

#### 2.2.2.4. Medición de la precipitación

La precipitación se mide en términos de altura de lámina de agua (hp), y se expresa comúnmente en milímetros. Esta altura de lámina de agua, indica la altura del agua que se acumularía en una superficie horizontal, si la precipitación permaneciera donde cayó. Los aparatos de medición se basan en la exposición a la intemperie de un recipiente cilíndrico abierto en su parte superior, en el cual se recoge el agua producto de la lluvia u otro de tipo de precipitación, registrando su altura (Villón, 2002) .

En nuestro medio existen entidades compiladoras de datos quienes vienen recopilando datos a través de estaciones meteorológicas instaladas en diferentes puntos, de tal forma de que se obtenga gran cantidad de información a diferentes grados de detalle.

#### 2.2.2.5. Cálculo de la Precipitación media sobre una Zona.

Es importante conocer la altura de agua que se puede acumular en un lugar determinado ya que nos permite plantear diferentes proyectos como soluciones prácticas ante diversos problemas hidrológicos que se presentan en la realidad, entonces es necesario conocer la altura de precipitación media de una zona ya que *“En general, la altura de precipitación que cae en un sitio dado, difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercanos”* (Villón, 2002).

Villón (2002) nos da a conocer ciertas definiciones acerca de las alturas de precipitación que son necesarias y deben ser consideradas según el problema hidrológico a solucionar. A continuación se describe las definiciones mencionadas tomando como base la publicación hecha por Máximo Villón Béjar en el año 2002 en su libro Hidrología:

**Altura de precipitación diaria**, es la suma de las lecturas observadas en un día.

**Altura de precipitación media diaria**, es el promedio aritmético de las lecturas observadas en un día.

**Altura de precipitación mensual**, es la suma de alturas diarias ocurridas en un mes.

**Altura de precipitación media mensual**, es el promedio aritmético de las alturas de precipitación mensual, correspondiente a un cierto número de meses.

**Altura de precipitación anual**, es la suma de las alturas de precipitación mensual, ocurridas en un año.

**Altura de precipitación media anual**, es el promedio aritmético de las alturas de precipitación anual, correspondiente a un cierto número de años. Para calcular la precipitación media de una tormenta o la precipitación media anual existen tres métodos de uso generalizado:

#### **Promedio Aritmético**

Según Villón (2002) “*Consiste en obtener el promedio aritmético, de las alturas de precipitaciones registradas, de las estaciones localizadas dentro de la zona*” es decir la sumatoria de las alturas de precipitaciones registradas dividido entre la cantidad de datos registrados:

$$P_{med} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

Donde:

$P_{med}$  = Precipitación media de la zona o cuenca

$P_i$  = Precipitación de la estación  $i$ .

$n$  = Número de estaciones dentro de la cuenca.

“La precisión de este criterio, depende de la cantidad de estaciones disponibles, de la forma como están localizadas, y de la distribución de la lluvia estudiada. Es el método más sencillo, pero sólo da buenos resultados cuándo el número de pluviómetros es grande” (Villón, 2002) .

#### **Polígono de Thiessen**

Según Villón (2002) Para este método, es necesario conocer la localización de las estaciones en la zona de estudio, ya que su aplicación, se requiere

delimitar la zona de influencia de cada estación, dentro del conjunto de estaciones.

El método según Villón (2002) consiste en:

- Ubicar las estaciones, dentro y fuera de la cuenca
- Unir las estaciones formando triángulos, procurando en lo posible que estos sean acutángulos (ángulos menores 90°)
- Trazar las mediatrices de los lados de los triángulos (figura 3.8) formando polígonos. (Por geometría elemental, las mediatrices correspondientes a cada triángulo convergen en un solo punto. En un triángulo acutángulo, el centro de mediatrices, está ubicada dentro del triángulo, mientras que en un obtusángulo está ubicada fuera del triángulo)
- Definir el área de influencia de cada estación, cada estación quedará rodeada por las líneas del polígono (en algunos casos, en parte por el parteaguas de la cuenca). El área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parteaguas será el área de influencia de la estación correspondiente.
- Calcular el área de cada estación.
- Calcular la precipitación media, como el promedio pasado de las precipitaciones de cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente, es decir:

$$P_{med} = \frac{1}{A_t} \sum_{i=1}^n A_i P_i$$

Donde:

$P_{med}$  = Precipitación media

$A_t$  = Área total de la cuenca

$A_i$  = Área de influencia parcial del polígono de Thiessen correspondiente a la estación  $i$

$P_i$  = Precipitación de la estación  $i$

$n$  = Número de estaciones tomadas en cuenta

## Isoyetas

Para este método, se necesita un plano de isoyetas de la precipitación registrada, en las diversas estaciones de la zona en estudio. Las isoyetas son curvas que unen puntos de igual precipitación. Este método es el más exacto, pero requiere de un cierto criterio para trazar el plano de isoyetas. Se puede decir que si la precipitación es de tipo orográfico, las isoyetas tenderán a seguir una configuración parecida de las curvas de nivel. Por supuesto, entre mayor sea el número de estaciones dentro de la zona de estudio, mayor será la aproximación con lo cual se trace el plano de isoyetas (Villón, 2002).

El método según Villón (2002) consiste en:

- Ubicar las estaciones dentro y fuera de la cuenca.
- Trazar las isoyetas, interpolando las alturas de precipitación entre las diversas estaciones, de modo similar a como se trazan las curvas de nivel.
- Hallar las áreas  $A_1, A_2, \dots, A_n$  entre cada 2 isoyetas seguidas.
- Si  $P_0, P_1, \dots, P_n$  son las precipitaciones representadas por las isoyetas respectivas, calcular la precipitaciones media utilizando:

$$P_{med} = \frac{\frac{P_0 + P_1}{2} A_1 + \dots + \frac{P_{n-1} + P_n}{2} A_n}{A_1 + \dots + A_n}$$

$$P_{med} = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n \frac{P_{i-1} + P_i}{2} A_i$$

Donde:

$P_{med}$  = Precipitación media

$A_T$  = Área total de la cuenca

$P_i$  = Altura de precipitación de las isoyetas  $i$

$A_i$  = Área parcial comprendida entre las isoyetas  $P_{i-1}$  y  $P_i$

$n$  = Número de áreas parciales

### 2.2.3. Estudio de una tormenta

Se entiende por tormenta o borrasca, al conjunto de lluvias que obedecen a una misma perturbación meteorológica y de características bien definidas. De acuerdo a esta definición, una tormenta puede durar desde unos pocos minutos hasta varias horas y aún días, y puede abarcar extensiones de terrenos muy variables, desde pequeñas zonas, hasta vastas regiones (Villón, 2002).

#### 2.2.3.1. Importancia del análisis de las tormentas

Según Villón (2002), el análisis de las tormentas, está íntimamente relacionado con los cálculos o estudios previos, al diseño de obras de ingeniería hidráulica como son:

- Estudio de drenaje.
- Determinación de caudales máximo, que deben pasar por el aliviadero de una represa, o que deben encausarse, para impedir las inundaciones.
- Determinar de la luz de un puente.
- Conservación de suelos.
- Cálculo del diámetro de las alcantarillas.

Para el caso de la presente investigación, el estudio de la tormenta nos ayudara a determinar el caudal para posteriormente diseñar el sistema de conducción del sistema propuesto.

#### 2.2.3.2. Elementos Fundamentales del Análisis de las Tormentas

- a. Intensidad.** Es la cantidad de agua caída por unidad de tiempo. Lo que interesa particularmente de cada tormenta, es la intensidad máxima que se haya presentado, ella es la altura máxima de agua caída por unidad de tiempo (Villón, 2002).
- b. La duración.** Corresponde al tiempo que transcurre entre el comienzo y el fin de la tormenta. Aquí conviene definir el periodo de duración, que es un determinado período de tiempo, tomado en minutos u horas,

dentro del total que dura la tormenta. Tiene mucha importancia en la determinación de intensidades máximas.

Los parámetros antes mencionados se obtienen de un pluviograma, el cual registra intensidad vs duración. En nuestro medio el SENAMHI es la institución que se encarga de acopiar los datos correspondientes por cada estación.

- c. **La frecuencia (f).** Es el número de veces que se repite una tormenta, de características de intensidad y duración definidas en un período de tiempo más o menos largo, tomado generalmente en años (Villón, 2002).
- d. **Periodo de retorno (T).** Intervalo de tiempo promedio, dentro del cual un evento de magnitud  $x$ , puede ser igualado o excedido, por lo menos una vez en promedio. Representa el inverso de la frecuencia ( $T=1/f$ ) (Villón, 2002).

### 2.2.3.3. Análisis de la frecuencia de las tormentas

Según Villón (2002) para el análisis de las frecuencias de las tormentas, hacer lo siguiente:

- Analizar todas las tormentas caídas en el lugar, siguiendo el proceso ya indicado, es decir, para cada tormenta hallar la intensidad máxima, para diferentes duraciones.
- Tabular los resultados en orden cronológico, tomando la intensidad mayor de cada año para cada período de duración (10 min, 30 min, 60 min, 120 min, y 240 min), en una tabla similar a la N° 1 (Villón, 2002).

Tabla 1: Intensidad máxima para periodos de duración de 10, 30, 60, 120 y 240

Año	Período de duración (min)				
	10	30	60	120	240
1973	102	81	64	42	18
1974	83	70	50	33	16
1975	76	61	42	29	20
.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.
2001	105	83	65	50	23

*Fuente: Villón (2002)*

- Ordenar en forma decreciente e independiente del tiempo, los valores de las intensidades máximas correspondientes a cada uno de los periodos de duración. Para cada valor, calcular su periodo de retorno utilizando la fórmula de Weibull (Villón, 2002):

$$T = \frac{n + 1}{m}$$

Donde:

T= Periodo de retorno

m= Número de orden

n= Número total de observaciones, en este caso número de años.

- Construir las curvas intensidad-duración-periodo de retorno (i-d-T) (Villón, 2002). Para la construcción de estas curvas según Villón (2002) se debe hacer lo siguiente:
  - ✓ Trazar los ejes coordenados; en el eje X, colocar las duraciones (en min), mientras que en el eje Y, Colocar los valores de las intensidades (en mm/hr).
  - ✓ Para un periodo de retorno **T** (en años) ubicar los pares (duración, intensidad), para este periodo de retorno **T**.
  - ✓ Trazar una curva que una los puntos (duración, intensidad).
  - ✓ Repetir los dos últimos pasos para otros valores de **T**

Las curvas intensidad – duración – período de retorno, son complicadas de obtener, por la gran cantidad de información que hay que procesar, pero sumamente útiles para la obtención de la intensidad máxima, para una duración y un periodo de retorno dado (Villón, 2002).

El valor de la intensidad máxima para el presente estudio nos servirá para determinar mediante la fórmula del método racional el caudal de diseño de las canaletas de conducción. La fórmula a usar según Villón (2002) es:

$$Q = \frac{CIA}{360}$$

Donde:

Q= Caudal máximo, m<sup>3</sup>/s

C= Coeficiente de escorrentía

I= Intensidad máxima, en mm/hr, para una duración igual al tiempo de concentración y un período de retorno dado.

A= Área de la cuenca, has

#### **2.2.4. Sistema de Aprovechamiento de Agua De Lluvia**

Los sistemas de aprovechamiento de Agua de Lluvia son de gran importancia para solventar problemas de suministro de agua y *“datan de 4000 años a.C ...Estas metodologías utilizadas para la captación y almacenamiento del agua de lluvia son el resultado de la necesidad y demanda del recurso hídrico, Las condiciones disponibles: Precipitación pluvial, Costo de inversión, las características de los materiales de construcción y las condiciones sociales y ambientales de cada región* (Ballén, Galarza, & Ortiz, 2006).

Según Kinkade-Levario, Heather (2007) algunos beneficios de los sistemas de captación del agua de lluvia son:

- Proveer de una fuente de agua autosuficiente localizada cerca del usuario.
- Se reduce el costo y la necesidad de bombear el agua del subsuelo.
- El agua de lluvia es baja en minerales y es de alta calidad.
- El agua cosechada de manera pasiva ayuda a realimentar los mantos acuíferos<sup>2</sup>.
- Mitiga los efectos de las inundaciones.
- Es de menor costo.
- Son fáciles de construir, operar y mantener.

Los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia son de gran importancia ya que con la implementación de éstos se abastecería de agua a poblaciones dispersas y se aprovecharía así el recurso hídrico en forma primaria, es decir las precipitaciones que se dan en el lugar. Hay que tener en cuenta que el acopio de las aguas de lluvia puede tener diferentes fines como suministro de agua para riego de áreas verdes, riego agrícola, consumo de animales y consumo humano siendo este último el tema a abordar en la presente investigación.

## **2.2.5. Captación de Agua De Lluvia para Consumo Humano**

### **2.2.5.1. Definiciones**

- *“La colección de agua pluvial es el proceso de desviar, coleccionar y almacenar el torrente de agua pluvial que corre en la superficie del suelo y el uso de esta agua con fines benéficos”* (Goins, 2002) , Definición que mayor se adapta cuando el agua de lluvia captada es para fines de agricultura ya que según García, J. (2012) el agua captada en los techos presenta mejores características que la que se capta en la superficie del suelo es por ello que en la presente investigación se usará el modelo SCAPT (Sistema de captación de Agua Pluvial en Techos) que *“utiliza los techos de las viviendas para captar el agua a través de unas canaletas situadas en los bordes de los*

---

<sup>2</sup> Según Kinkade-Levario los SCALL se clasifican en Activos, que son aquellos que recolectan la lluvia, la filtran y la almacenan para reusarla y SCALL Pasivos, que son aquellos que no tienen componentes mecánicos para recolectar, limpiar y recolectar el agua.

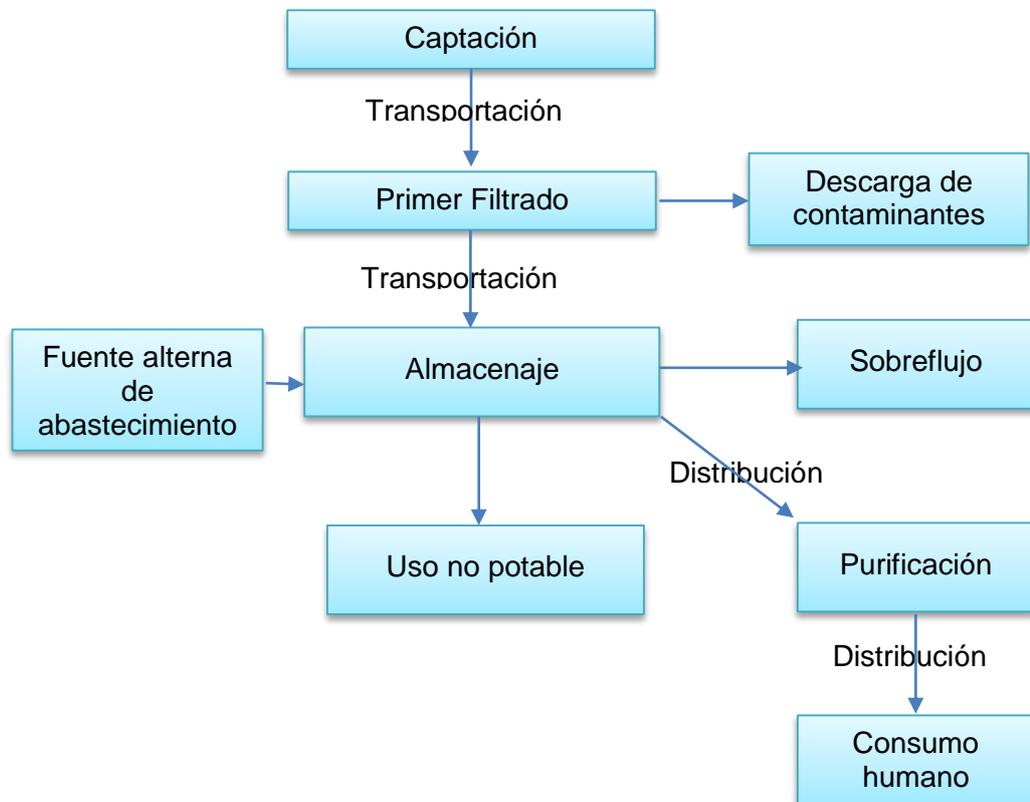
*mismos, este modelo tiene un beneficio adicional y es que además de su ubicación minimiza la contaminación del agua” (UNATSABAR, 2005) .*

- La captación de agua de lluvia es la recolección de agua que escurre en forma superficial con propósitos de consumo humano, productivo y conservación ambiental; para el bienestar socioeconómico y ambiental de los usuarios. En la captación de agua de lluvia para fines domésticos se acostumbra a utilizar la superficie de techo como captación, conocido este modelo como SCAPT (Sistema de captación de agua pluvial en techos) (Cajina, 2006)
- Para fines de este estudio, La captación de agua de lluvia es la habilitación de áreas impermeables, es decir los techos de las viviendas en las cuales se puedan captar y transportar a través de un sistema de canaletas hacia los demás elementos del sistema planteado (Cisternas, Reservorio, etc), para lograr que previo tratamiento el agua suministrada sea apta para el consumo humano.

#### **2.2.5.2. Componentes**

Kinkade-Levario Heather (2007) considera el siguiente esquema para explicar el procedimiento que se tiene, al captar agua de lluvia la cual puede ser usada para fines no potables como para consumo humano.

Gráfico 2: Procedimiento para captación de agua de lluvia

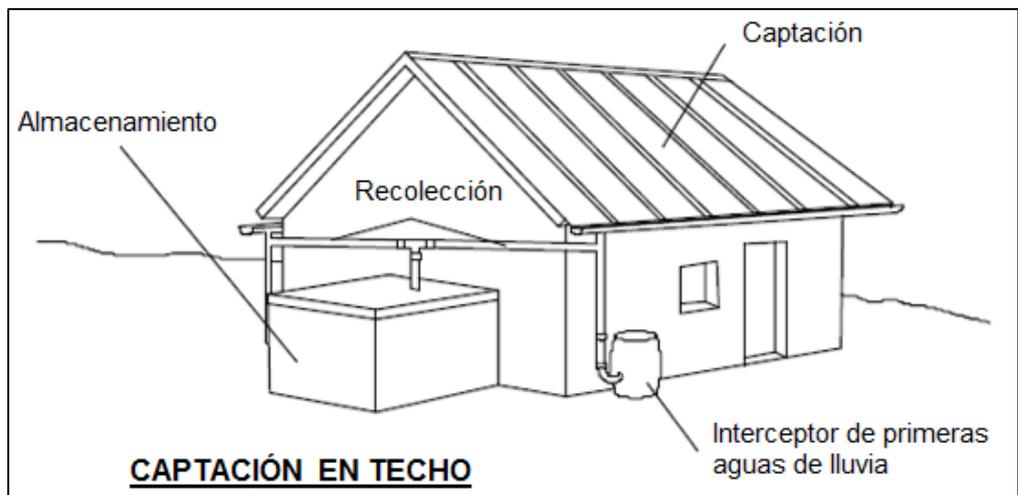


Fuente: Kinkade-Levario Heather (2007)

Los componentes que mayormente son considerados en los sistemas de captación de agua de lluvia (SCALL) teniendo en cuenta el esquema anterior son “Captación, Transportación, Filtración, Almacenaje, Distribución y Purificación” (Kinkade-Levario, Heather, 2007). Componentes semejantes a los que se considera en la guía de diseño para captación de agua de lluvia que presenta el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente mediante su Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural (UNATSABAR, 2001), el cual considera que el sistema de captación de agua de lluvia en techos (SCAPT) está compuesto de los siguientes elementos: Captación, recolección y conducción; interceptor; y almacenamiento (Ver Gráfico 3). Queda claro que los elementos antes mencionados son los necesarios para el acopio de agua lluvia sin embargo hace falta de un tratamiento adicional, es por ello que la guía de diseño

también considera que se le debe dar un acondicionamiento bacteriológico al agua como parte complementaria para la remoción de partículas recomendándonos hacer uso de un filtro de mesa seguido de la desinfección con cloro para suministrar agua de calidad.

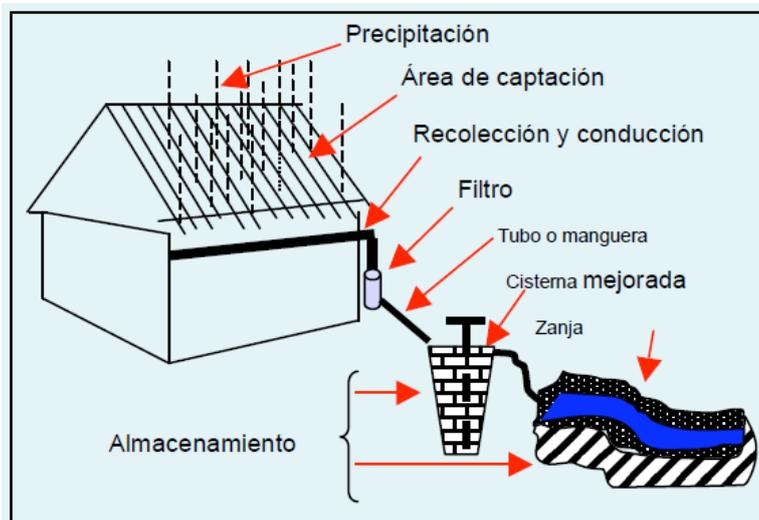
Gráfico 3: SCAPT - Sistema de Captación de Agua Pluvial en Techos



Fuente: UNATSABAR (2001)

Cajina & Faustino (2007) consideran que “El sistema de captación de agua pluvial en techo (SCAPT) tienen cuatro partes: Área de Captación, área de recolección y conducción, filtro y almacenamiento”, partes análogas a las emitidas en la guía de diseño presentada por UNATSABAR (Ver Gráfico N° 4)

Gráfico 4: Partes de un SCAPT



*Fuente: Canelo & Faustino (2007)*

Los componentes de los sistemas de captación de agua de lluvia son considerados de acuerdo al fin que se le va a dar al agua captada y como para el presente estudio el agua servirá para consumo humano se tendrá en cuenta los elementos necesarios para asegurar que el agua suministrada sea de calidad, es así que los componentes que mejor se ajustan para lograr los fines trazados son: **Captación, recolección y conducción, interceptor, almacenamiento y distribución**. Cabe destacar que el agua captada, seguirá un tratamiento adicional para garantizar que ésta sea potable.

- **Captación.** La captación está conformado 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 (UNATSABAR, 2001).
- **Recolección y Conducción.** Este componente es una parte esencial de los SCAPT 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 (UNATSABAR, 2001).

- **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 (UNATSABAR, 2001).
- **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 (UNATSABAR, 2001).
- **Distribución.** Es el conjunto de elementos que son necesarios para suministrar agua potable a los beneficiarios, dentro de estos elementos pueden ser consideradas tuberías, accesorios, grifos de agua entre otros.

### 2.2.5.3. Materiales

Los materiales con los que serán construidos los componentes que forman parte de un sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia son de gran importancia ya que garantizarán la buena calidad del agua suministrada. A continuación se describirá los materiales que son más frecuentes y que han dado buenos resultados en la construcción de mencionado sistema.

#### **Captación.**

Para las áreas de captación pueden ser aprovechables los patios, estacionamientos y otras superficies, sin embargo García, J. (2012) concluye que el agua captada en los techos presentan mejores características que las mencionadas anteriormente, es así que *“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.”* (UNATSABAR, 2001).

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 (UNATSABAR, 2001).

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 (UNATSABAR, 2001).

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. (UNATSABAR, 2001).

Cualquiera sea el material que se elija hay que recordar que existen pérdidas de agua debido a diferentes factores que pueden ser por el aumento de temperatura (Evaporación), el tipo de superficie, vientos, entre otros factores. Las pérdidas que se dan son de acuerdo al tipo de material y para realizar los cálculos se presenta como un coeficiente de escorrentía, es así que según la guía de diseño de agua de lluvia estos coeficientes son:

Tabla 2: Coeficientes de escorrentía

Coeficientes de escorrentía	
Calamina metálica	0.90
Tejas de arcilla	0.80-0.90
Madera	0.80-0.90
Paja	0.60-0.70

*Fuente: UNATSABAR (2001)*

En la elección de material a usar en las áreas de captación se tiene que tener en cuenta la viabilidad técnica, económica y social, es decir el área de captación debe ser lo suficientemente grande para que la cantidad de agua suministrada sea la adecuada y además la habilitación e instalación de los materiales no deben ser una restricción para los interesados de tal manera que el sistema tenga una aceptación social en su totalidad.

### **Recolección y Conducción**

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, metal o PVC (UNATSABAR, 2001).

*“Los materiales de las canaletas y las bajantes varían desde diversos plásticos y acero galvanizado hasta aluminio, cobre y acero inoxidable”* (Kinkade-Levario, Heather, 2007) sin embargo hay que considerar el factor económico al elegir, por ejemplo en la guía de diseño de agua de lluvia que presenta UNATSABAR (2001) nos menciona que las canaletas de metal son las que más duran y menos mantenimiento necesitan, sin embargo son costosas, hace de conocimiento también que las canaletas confeccionadas a base de bambú y madera son fáciles de construir pero se deterioran rápidamente concluyendo en que la mejor alternativa son las canaletas de PVC ya que son más fáciles de obtener, durables y no son muy costosas.

Para la fijación de las canaletas al techo se usa alambre, madera, clavos. *“Los sujetadores pueden ser fabricados localmente con varillas de hierro corrugadas de 3/8” de diámetro”* (Herrera, 2010).

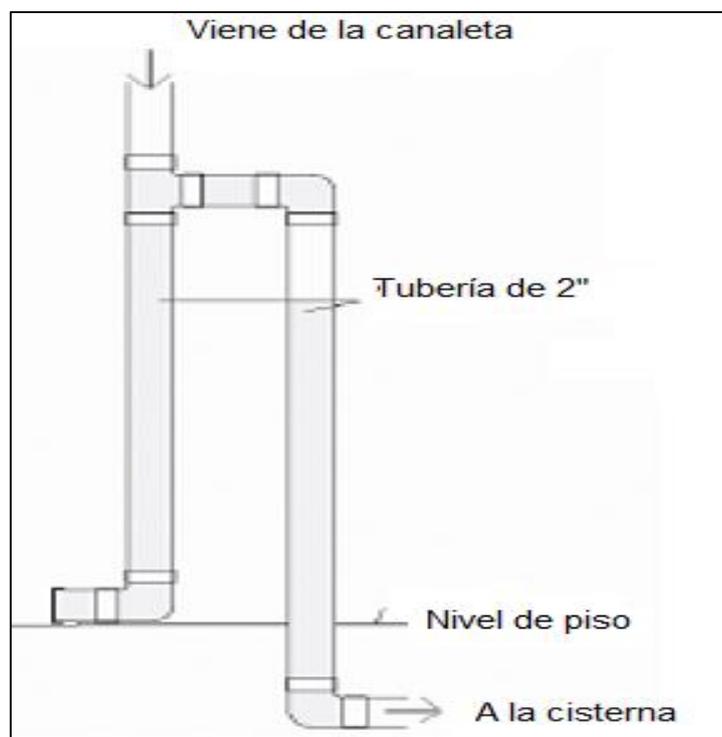
Por otra parte, es muy importante que el material utilizado en la unión de los tramos de la canaleta no contamine el agua con compuestos orgánicos o inorgánicos. En el caso de que la canaleta llegue a captar materiales indeseables, tales como hojas, excremento de aves, etc. El sistema debe tener mallas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

montante o el dispositivo de descarga de las primeras aguas (UNATSABAR, 2001).

### Interceptor

Es recomendable siempre que las primeras aguas de lluvia no lleguen al filtro ni al tanque es así que una forma sencilla y económica al implementar el interceptor de las primeras aguas de lluvia es la que se muestra en el gráfico 5, pero en este arreglo se debe tener cuidado de tener abierta la tubería para desalojar las primeras aguas que lavan el techo, además se recomienda colocar la tee lo más alto posible para disponer de un mayor volumen interceptado (Caballero, 2006).

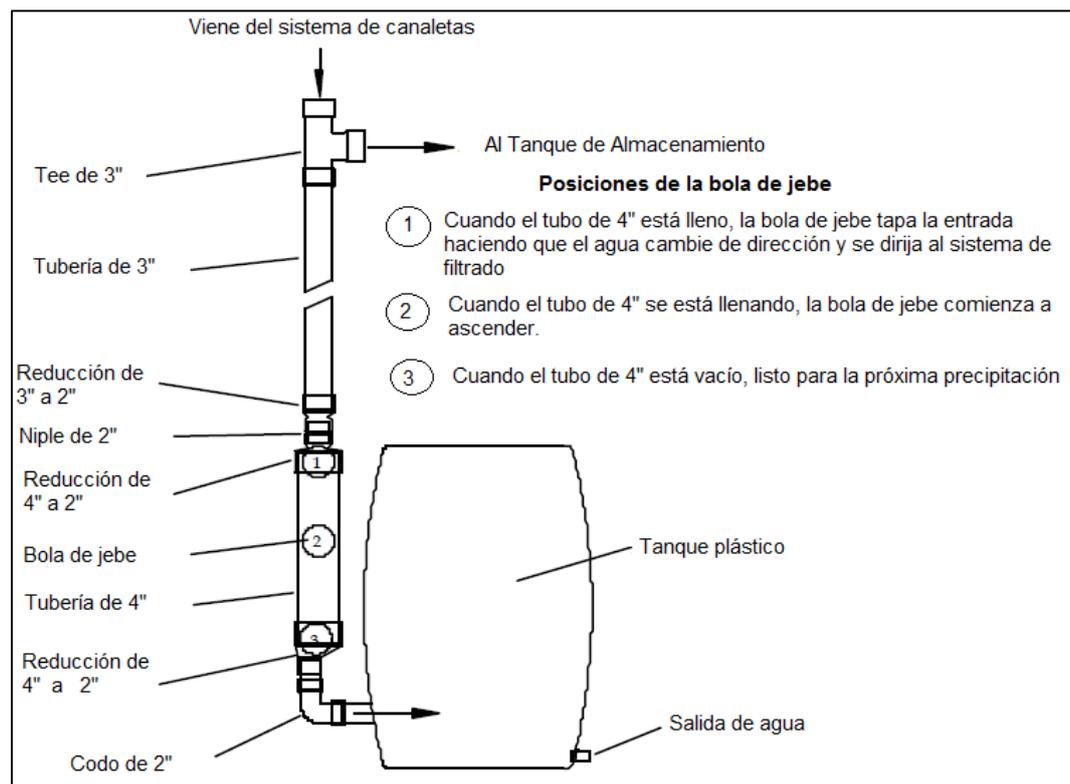
Gráfico 5: Interceptor de Primeras aguas de lluvia



*Fuente: Caballero (2006)*

El arreglo anterior como se mencionó es económico, sin embargo como un mejor arreglo se considera al que se muestra en la figura 6 ya que si se tiene en cuenta a la guía de diseño de agua de lluvia emitido UNATSABAR nos menciona que el volumen de agua resultante del lavado del techo debe ser recolectado en un tanque de plástico (Ver Gráfico 6). Este tanque debe diseñarse en función del área del techo (1 litro por metro cuadrado) 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

Gráfico 6: Interceptor de Primeras aguas de lluvia



Fuente: UNATSABAR (2001)

### Almacenamiento

La capacidad de almacenamiento debe ser suficiente para suministrar la cantidad de agua necesaria. Según los parámetros de diseño de

infraestructura de agua y saneamiento para Centros Poblados Rurales en el Perú (2004) nos menciona que *“En el caso de emplearse soluciones técnicas como bombas de mano, ... sistemas de abastecimiento de agua potable, cuya fuente es agua de lluvia, protección de manantiales o pozos con bomba manual se podrá considerar dotaciones menores de 20 lt/hab/día”*

### **Tipos de Tanques de Almacenamiento**

Según el manual técnico de captación de agua de lluvia y almacenamiento en tanques de ferrocemento (2006) Los tanques pueden clasificarse en función a su posición con respecto al nivel del terreno, así tenemos:

- Tanques elevados.
- Tanques superficiales (asentados en la superficie de terreno).
- Tanques semienterrados.
- Tanques enterrados, conocidos comúnmente como cisternas.

Los materiales utilizados para la construcción de las cisternas o tanques de almacenamiento pueden ser los siguientes (Hernández, 2005):

- Plásticos: Fibra de vidrio, polietileno y PVC
- Metales: Barril de acero (se corroe y oxida), tanques de acero galvanizado (se corroe y oxida).
- Concreto: Ferrocemento (se fractura), piedra (de difícil mantenimiento) y bloque de concreto (se agrieta).
- Madera: Madera roja, abeto, ciprés (es eficiente pero cara).

Dentro de los requisitos que se recomienda según el manual técnico de Captación de agua de lluvia y almacenamiento en tanques de ferrocemento (2006) son:

- Tener suficiente resistencia estructural ante fenómenos naturales.
- No deben permitir que pase la luz y evitar la entrada de polvo e insectos. La luz genera la aparición de algas (Agua con tonalidad verde) y los insectos encuentran un lugar apto para reproducirse.

- Tener un dispositivo de filtrado. Para el medio rural y por cuestiones económicas, es suficiente un filtro a base de grava, arena y carbón activado para obtener agua apta para uso doméstico.
- Tener tubería de entrada del agua de la canaleta al tanque de almacenamiento.
- Tener un dispositivo de extracción del agua por gravedad (llave de toma).
- Tener un dispositivo para eliminar el agua de excedencias sin dañar al tanque o su cimentación.
- Tener una tapa de acceso al interior para limpieza y reparaciones.
- Tener un dispositivo para eliminar el agua durante su limpieza (desagüe).

Con relación a la forma, los tanques pueden ser cilíndricos, esféricos, cúbicos, etc. En el caso del ferrocemento, este material permite la construcción de cualquier forma y por su facilidad de construcción se recomienda la forma cilíndrica con una tapa o cubierta que generalmente es un domo (Caballero, 2006).

### **Tanques o Cisternas de Ferrocemento**

Son fabricados de una tapa delgada de mortero de cemento portland, reforzada con una malla de alambre de pequeño diámetro y generalmente malla electro soldada que se distribuye uniformemente en toda su sección transversal. Es un material compuesto que por naturaleza del refuerzo provoca mejores resultados durante su funcionamiento que lo dado por cada uno de sus componentes en forma individual. Siendo todos los materiales fácilmente transportables hasta sitios remotos. Las estructuras para almacenamiento de agua que se fabrican siguiendo esta técnica tienen una respuesta estructural muy importante ante acciones sísmicas. Con esta técnica se han construido tanques desde 5m<sup>3</sup> hasta 100 m<sup>3</sup>, a costos del 40% al 50 % más barato que los tanques tradicionales de concreto (Organización Panamericana de la Salud - Representación en Colombia, 1997).

**Ventajas del tanque de ferrocemento:** Bajo costo, uso reducido de materiales, no se necesita molde, puede ser fabricado por personas de la localidad en poco tiempo, fácil de reparar y es aceptada por la comunidad (Hernández, 2005).

**Desventajas del tanque de ferrocemento:** El agua se calienta con facilidad, por lo que la cisterna siempre tiene que ser pintada de blanco, la obra no puede ser interrumpida pues las capas subsecuentes del aplanado no se adhieren suficientemente entre sí, lo cual puede ocasionar pérdidas de agua por filtración, estas cisternas no son recomendadas en zonas sísmicas, ya que puede fracturarse, sobre todo si está seca (Hernández, 2005).

#### **Tanques o Cisternas de Concreto.**

En Estados Unidos de América, las cisternas de concreto se fabrican bajo condiciones controladas, de ahí son trasladadas al sitio de instalación. La capacidad de almacenamiento es de 5 a 35 m<sup>3</sup>; cuando las dimensiones son mayores se construyen en el sitio seleccionado. La calidad del agua almacenada depende de los acabados realizados sobre sus paredes y el material utilizado para impermeabilizar. Las cisternas pueden estar sobre la superficie del suelo, enterradas o semienterradas; sin embargo, es una tecnología costosa para los países en desarrollo (Hernández, 2005).

En la construcción de este tipo de tanques se tiene que tener en cuenta la buena calidad de los materiales con los que éstos serán construidos y la accesibilidad al lugar de proyecto para determinar si los tanques serán construidos en lugar o no.

Gráfico 7: Transporte de cisterna de concreto: (a) 5 m<sup>3</sup> y (b) 75,6 m<sup>3</sup>



*Fuente: Hernández (2005)*

### **Cisternas de Cemento tabique**

Este tipo de cisternas mayormente en México y son de arcilla horneada y arena cementada.

Gráfico 8: Cisterna de cemento-tabique y tapa de protección de cisterna.



*Fuente: Hernández, 2005.*

**Desventajas de Cisternas de cemento tabique:** Son de baja flexibilidad ya que los materiales de construcción no resisten desplazamientos y movimientos sísmicos. En dimensiones mayores la construcción resulta con altos costos comparativos y mayor cantidad de material cementante, además

necesita estructuras de soporte como cadenas, mezcla de arena con cemento para el recubrimiento de las paredes para su impermeabilización. Es preocupante observar que el tamaño varía de 2 a 30 m<sup>3</sup> en la mayoría de los casos, ya que el volumen no es suficiente para hacer frente a la demanda de la familia durante un año (Hernández, 2005).

**Cisternas revestidas con cubierta flotante de geomembrana de PVC, polietileno de alta densidad ó polipropileno reforzado.**

Dentro de las nuevas tecnologías de productos geosintéticos se encuentran las geomembranas, que son impermeables a fluidos y partículas, evitan filtraciones, fugas y contaminación del agua almacenada. La geomembrana de PVC, el polietileno de alta densidad y alto peso molecular y el polipropileno reforzado ofrecen muchas ventajas: facilidad de instalación, elasticidad, resistencia a punzonamiento, de fácil colocación por ser termofusionable (cisternas, canales y otros depósitos); algunas de sus propiedades es que tiene 25 años de vida, elongación del 200 % sin perder su estructura molecular. La impermeabilización obtenida con 1 mm de espesor de geomembrana de PVC equivale a la impermeabilidad de 1 m de arcilla compactada. Una cisterna de concreto resulta de cuatro a cinco veces más costosa que una recubierta con estos productos geosintéticos (Hernández, 2005).

Tomando como base el manual de captación para la participación comunitaria de Hernández, F. (2005) Para la instalación de las geomembranas se requieren las siguientes actividades:

- ✓ Eliminar raíces y otros objetos punzantes que puedan dañar la geomembrana.
- ✓ Verificar que la tierra excavada sea apta para hacer terraplenes y compactación.
- ✓ Verificar la superficie sobre la cual se colocará la geomembrana.
- ✓ Definir qué tipo de geomembrana se va a utilizar (PVC, polietileno, poliuretano), color y espesor (depende de la profundidad).
- ✓ Determinación del ancho y largo de las porciones de geomembrana.

- ✓ Ensamblaje o soldadura térmica con equipo y personal especializado, calificado y certificado.
- ✓ El perímetro superior de la geomembrana debe anclarse alrededor de la cisterna, construyendo una cepa perimetral de 50x50x40 cm para cubrirse con tierra.
- ✓ Proteger los taludes exteriores con vegetación o con algún geo-textil.
- ✓ Se debe instalar un vertedor de demasías para prevenir los desbordamientos.

### **Ventajas**

Es de tres a cuatro veces más económica que una cisterna de ferrocemento, la geomembrana tiene una garantía de 10 años y una durabilidad de 25 años, la cisterna con cubierta flotante evita la contaminación del agua de lluvia por polvo y previene la proliferación de microbios, las reparaciones se realizan fácilmente y en corto tiempo, se necesita una compactación mínima con maquinaria pesada, en zonas sísmicas no ocurren desplazamientos ya que la geomembrana es flexible (Hernández, 2005).

### **Desventajas**

En terrenos arenosos se dificulta la compactación de las paredes de la cisterna, por lo cual es necesario considerar los taludes lo que aumenta la superficie a revestir con geomembrana y por consiguiente los costos de las cisternas (Hernández, 2005).

### **Cisternas de Metal**

Es el material más utilizado en la construcción de cisternas y tanques que almacenan agua de lluvia. El acero galvanizado no es resistente a la corrosión, pero es frecuentemente más resistente a la oxidación. En los tanques nuevos podría existir un exceso de zinc el cual puede afectar el sabor del agua de lluvia almacenada. Estos tanques deben lavarse con agua antes de usarse (Hernández, 2005).

Gráfico 9: Cisterna de Metal



*Fuente: Hernández (2005)*

### **Tanque de Polietileno**

Son ampliamente utilizados para el almacenamiento de agua ya que estos varían en forma, tamaño y color, pueden ser usados superficialmente o enterrados, son fáciles de transportar e instalar, durables, flexibles, con acabados sanitarios para agua potable (Gráfico 10). Existen presentaciones de 0.5 a 25 m<sup>3</sup> de capacidad.

Gráfico 10: Tanque de polietileno de 5 m<sup>3</sup>



*Fuente: Hernández (2005)*

### **Ventajas**

Según las especificaciones técnicas para tanques de almacenamiento, estos tienen las siguientes ventajas:

- Fabricados con HDPE, de una sola pieza.
- Ideales para almacenar agua.
- Facilidad para instalar conexiones de acuerdo a la necesidad en cualquier parte del tanque.
- Resistente a sustancias altamente corrosivas y densas, gracias a su reforzamiento de 20% y 40 %.
- No generan color, olor ni sabor al producto almacenado.
- No se oxidan ni se corroen.
- No requieren mantenimiento.

### **Cisterna de Madera**

Las civilizaciones humanas han utilizado estas cisternas, construidas con Secoya para almacenar agua para los diversos usos y consumo humano. Actualmente este tipo de cisternas tienen una gran presentación estética, a veces resulta una opción deseable ya que son construidos de pino, cedro y ciprés, envuelto con cables de acero de alta tensión (Gráfico 11).

Gráfico 11: Cisterna de madera de pino con tensores para almacenar 5 m<sup>3</sup>.



*Fuente: Hernández (2005)*

**La ventaja** es que mantienen el agua a una temperatura agradable en verano, la protege de congelarse en invierno; son desmontables y móviles.

**La desventaja** es que deben instalarse a una altura determinada sobre el suelo para su mayor duración, deben ser construidas por técnicos expertos y son costosas.

### **Distribución**

La distribución para el consumo humano para los sistemas de captación y aprovechamiento de agua de lluvia en viviendas dispersas, se hará a través de un grifo de agua instalado inmediatamente después del tanque de almacenamiento.

#### **2.2.5.4. Tratamiento**

Es necesario que el agua retirada y destinada al consumo directo de las personas sea tratada antes de su ingesta por tal motivo es que se planteó el interceptor y filtro como componentes del sistema de aprovechamiento de agua de lluvia, sin embargo para garantizar que el agua suministrada sea de buena calidad en la guía de diseño emitida por UNATSABAR (2001) recomienda que también sea desinfectada con cloro con el fin de cumplir con los estándares nacionales de calidad ambiental para agua emitidos según decreto supremo N° 002-2008-MINAM publicado a los 31 días del mes de julio del 2008 y los Límites permisibles (LMP) N° 031-2010-SA Reglamento de la calidad del agua para consumo humano, límites que comparados con los estándares de calidad nos hacen referencia al tipo de agua A1 (Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección). A continuación se presenta los límites permisibles según el D.S. N° 031-2010-SA (Ver tabla 3).

Tabla 3: Límites permisibles de agua para consumo humano

Parámetros	LMP del D.S. Nº 031-2010-SA Reglamento de la calidad del agua para consumo Humano
PH (18.8 °C)	6.5-8.5
Conductividad (uS/cm)	1500
Sólidos Totales Disueltos STD (mg/l)	1000
Turbidez (UNT)	5
Cloro (mg/l)	0.5 – 1
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	250
Hierro Fe (mg/l)	0.3
Cobre: Cu (mg/l)	2
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	0.05
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	1
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	10
Aluminio: (Al)	0.2
Coliformes Totales: 35 °C (UFC/100 ml)	< 1
Coliformes Fecales: 44.5 °C (UFC/100 ml)	< 1

Nota: <1 Significa ausencia

Fuente: LMP del D.S. Nº 031-2010-SA

Para la presente investigación se planteará la desinfección con cloro y se analizará la posibilidad de poner un filtro y purificador para complementar el tratamiento.

### **Desinfección**

La desinfección es el último proceso y uno de los más importantes en el tratamiento del agua destinada al consumo humano. Es la única forma de garantizar la eliminación de microorganismos patógenos en el agua que puedan dañar la salud de las personas (Organización Panamericana de la Salud, 2007).

### **Eficiencia de la desinfección**

La eficiencia de este proceso dependerá de factores que se deberán tener en cuenta, como son:

- La naturaleza y número de los organismos a ser destruidos
- El tipo y concentración del desinfectante usado.
- La temperatura del agua a ser desinfectada. Cuanta más alta sea la temperatura, más rápido es el proceso.
- El tiempo de contacto entre el desinfectante y el agua. Mientras mayor sea este periodo, los resultados son mejores. La totalidad de muertes de microorganismos es proporcional al tiempo de contacto.
- La calidad del agua a ser desinfectada. Si el agua contiene partículas, especialmente de naturaleza coloidal y orgánica, la eficiencia de la desinfección es menor. Es recomendable que la turbiedad del agua sea menor a 5 UNT.
- El pH del agua.
- Las condiciones de la mezcla. Se obtiene buenos resultados cuando la mezcla del agua y el desinfectante es homogénea.

### **Métodos de desinfección disponibles**

Según la guía para selección de sistema de desinfección emitida por la Organización Mundial de la Salud (2007) los desinfectantes y el equipo de desinfección se deben seleccionar de modo que satisfagan en lo posible las condiciones específicas de la aplicación a que se destinen teniendo en cuenta todos los factores que influyen en la fiabilidad, continuidad y eficacia de la desinfección. Los principales métodos se presentan la siguiente tabla.

Tabla 4: Método de desinfección del agua disponible.

Físicos		Químicos	
Ultrafiltración Ultrasonido Ósmosis inversa		Cloro	Gas
			Hipoclorito
Electroforético Ebullición Congelación			Dióxido de cloro Cloraminas
Radiación ionizante	Gamma	Permanganato de potasio Yodo Bromo Ozono Peróxido de hidrógeno Plata	
	Ultravioleta		

*Fuente: Organización Mundial de la Salud (2007)*

### Métodos de desinfección aplicables

Las características que deben tener los métodos de desinfección para ser aplicables en el ámbito rural según la guía para selección de sistema de desinfección emitida por la Organización Mundial de la Salud (2007) son los siguientes:

- Rápido y efectivo
- Fácilmente soluble en agua en las concentraciones requeridas y capaz de proveer una acción residual.
- Que no afecte el sabor, olor o color del agua.
- Fácil de manipular, transportar, aplicar y controlar

Bajo estas características el cloro es uno de los métodos que más aplica en el área rural.

### La cloración como método de desinfección

La guía para selección de sistema de desinfección emitida por la Organización Mundial de la Salud (2007) nos indica que la cloración es un mecanismo de

desinfección de mayor aplicación en los sistemas de abastecimiento de agua rural, debido a que:

- Es accesible
- Tiene alta capacidad oxidante que es el mecanismo de destrucción de la materia orgánica.
- Tiene potencia germicida de espectro amplio.
- Tiene propiedades residuales.
- El equipo para su dosificación es usualmente sencillo, confiable y de bajo costo.
- Además, en el ámbito de pequeñas comunidades hay varios dosificadores de “tecnología apropiada” que resultan fáciles de usar y de aceptar por los operadores locales.
- Los productos basados en el cloro se consiguen fácilmente
- Es económico y es eficaz con relación a sus costos.

### **Consideraciones para la cloración como método de desinfección**

#### **Productos disponibles**

Los productos de la familia del cloro disponibles en el mercado para realizar la desinfección del agua son:

- Cloro gaseoso (no aplicable al ámbito rural) El uso de cloro gas no es recomendable para caudales menores a 500 m<sup>3</sup>/día, lo que a una dotación de 100 litros por habitante por día, típica del medio rural, significa que el cloro gas solo es recomendable para poblaciones mayores de 5,000 habitantes.
- Cal clorada.
- Hipoclorito de sodio.
- Hipoclorito de calcio.

#### **Selección de los productos**

Según la guía para selección de sistema de desinfección emitida por la Organización Mundial de la Salud (2007) Para elegir cuál de estos productos se ha de emplear, así como el mecanismo para suministrarlo, el(los)

responsable(s) de esta selección deberá(n) basar su decisión en la respuesta a las siguientes interrogantes:

- ¿Cuál es la CANTIDAD necesaria del producto desinfectante?  
La cantidad necesaria de desinfectante está en función del caudal de agua a tratar, la dosis requerida de desinfectante según la calidad de agua y las normas de calidad de agua de bebida del país. Existe sin embargo, una regla no escrita que establece un límite entre el uso de cloro gas y otras formas. Tal frontera la marca el caudal de 500 m<sup>3</sup>/día.
- ¿Cuáles son las posibilidades de ABASTECIMIENTO del producto?
- El Abastecimiento del producto es un factor condicionante para la selección del mismo, ya que en muchos casos las zonas rurales se encuentran muy alejadas de las ciudades y son de difícil acceso, lo cual podría sugerir la necesidad de emplear otro desinfectante o bien de preparar hipoclorito de sodio in situ.
- ¿Con qué CAPACIDAD TÉCNICA se cuenta para el uso, la operación y mantenimiento de los equipos?
- La capacidad técnica disponible debe ser considerada para la selección, ya que operar instalaciones que sean complicadas requiere de personal entrenado y capaz, difícil de encontrar y remunerar en zonas rurales. Así mismo el acceso a energía eléctrica de manera continua y estable es requisito indispensable para el empleo de bombas.
- ¿Se cuenta con los recursos necesarios para evitar los RIESGOS a la salud de los trabajadores durante el almacenamiento y manipuleo?
- Dado que el cloro es tóxico, es importante capacitar al personal responsable de las zonas rurales sobre los efectos de un inadecuado manejo de los sistemas de desinfección para minimizar y controlar los riesgos inherentes a estas instalaciones.
- ¿Se dispone de la capacidad económica y financiera para asumir los COSTOS de inversión, operación y mantenimiento?
- Por último, en lo que se refiere a los costos de la desinfección, se habrá de tener en cuenta las circunstancias, por ejemplo: una solución más costosa podría convenir si la fiabilidad, durabilidad, sencillez de operación y disponibilidad de repuestos y suministros son mejores que

los del sistema menos costoso. Generalmente conviene pagar un poco más si la inversión adicional asegurará el éxito; y a la larga puede que inclusive sea más económica. Dado que las concentraciones de cloro activo en los diferentes productos de cloro varían, y por tanto el volumen requerido del mismo también variará, deberán ser considerados los costos de transporte. En todo caso, la salud debe ser la consideración principal al momento de seleccionar la alternativa más adecuada.

### **Propiedades de los productos del cloro y descripción del método**

Las variedades comerciales del cloro se obtienen por métodos diferentes y de ellos dependen la concentración de cloro activo, su presentación y estabilidad. En el cuadro de la siguiente página se listan las principales propiedades de cada una de estas variedades en un cuadro comparativo (Solsona & Méndez, Desinfección del Agua, 2002).

“Cloro activo” significa el porcentaje en peso de cloro molecular que aporta un determinado compuesto en cualquier estado; lo que quiere decir que si una solución tiene 10% de cloro activo, ello se debe a que se han burbujeado 10 gramos de cloro gas en 100 ml de agua y que el gas se ha absorbido totalmente y sin pérdida en ella. La solución tiene entonces 10 g de cloro en 100 g de agua (ya que 100 ml son prácticamente 100 gramos) y de allí el “10%”. La palabra “activo” significa que ese cloro está listo para entrar en acción; está pronto y “esperando” para atacar la materia orgánica o cualquier otra sustancia que sea oxidable por él (Solsona & Méndez, Desinfección del Agua, 2002).

El método de desinfección con cloro y sus derivados se deberá implementar en tres pasos sucesivos, cada uno de los cuales variará, en mayor o menor grado, según el producto que se va a utilizar:

- Paso 1: Evaluación de la cantidad de cloro que se va a dosificar en la red
- Paso 2: Preparación de las soluciones de los productos no gaseosos
- Paso 3: Calibración del dosificador.

**Tabla 5: Propiedades de los productos de cloro**

Nombre y formula	Nombre comercial o común	Características	% Cloro activo	Estabilidad en el tiempo	Seguridad	Envase usual
Cloro gas Cl <sub>2</sub>	Cloro licuado Cloro gaseoso	Gas licuado a presión	99.50%	Muy buena.	Gas altamente tóxico	Cilindros de 40 a 70 kg. Recipientes de 1 a 5 toneladas
Cal clorada CaO.2CaCl <sub>2</sub> O. 3H <sub>2</sub> O	Cal clorada, polvo blanqueador, hipoclorito de cal, cloruro de cal	Polvo blanco seco	15 a 35%	Media. Se deteriora rápidamente cuando se expone a temperatura alta, humedad y/o luz solar. Pérdida de 1% al mes.	Corrosivo	Latas de 1.5 kg Tambores de 45 - 135 kg Bolsas plásticas o de papel de 25 – 40 kg, otros.
Hipoclorito de sodio NaClO	Hipoclorito de sodio, blanqueador líquido, lejía, agua lavandina, agua sanitaria	Solución líquida amarillenta	a 15% como máximo. Concentraciones mayores a 10% son inestables.	Baja. Pérdida de 2-4% por mes; mayor si la temperatura excede los 30°C	Corrosivo	Diversos tamaños de botellas de plástico y vidrio, y garrafones
	Hipoclorito de sodio por electrólisis in situ	Solución líquida amarillenta	0.1 – 0.6 %	Baja	Oxidante	Cualquier volumen
Hipoclorito de calcio Ca(ClO) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	HTH, Perclorón	Polvo, gránulos y tabletas. Sólido blanco	Polvo: 20 – 35% Granulado: 65 - 70% Tabletas: 65 –70%	Buena. Pérdida de 2 a 2.5% por año	Corrosivo. Inflamación posible al entrar en contacto con ciertos materiales ácidos.	Latas de 1.5 kg, tambores 45 - 135 kg, Baldes de plástico

Fuente: Solsona & Méndez (2002)

Es necesario que los tanques de almacenamiento se mantengan limpios es por ello que Solsona & Méndez (2002) proponen una serie de instrucciones simples y explícitas para mantener limpios y desinfectados los tanques domiciliarios:

- Prepare una reserva razonable de agua en recipientes limpios y cerrados con tapa, pues durante la operación de limpieza y desinfección no contará con su provisión.
- Comience retirando la tapa del tanque y amarrando la válvula de flotación para que no siga entrando agua de la red. A partir de este momento nadie podrá utilizar agua dentro de la vivienda hasta que el proceso haya terminado
- Abra la válvula de desagüe (“desagote”) del tanque hasta que solo queden unos 10 cm de agua en el fondo.
- Con un cepillo de cerdas duras y ayudado por el agua del fondo cepille las paredes interiores del tanque hasta que queden lo más limpias posible. Puede ayudarse con un cepillo de mano y trapos limpios. Una linterna puede ser de utilidad.
- Elimine toda el agua con la suciedad por el desagote (no lo haga por las instalaciones y grifos de la vivienda).
- Si fuera necesario, repita la operación hasta que las paredes internas estén limpias.
- Desamarre la válvula de flotación, deje que entre el agua de la red y llene el tanque con agua hasta  $\frac{1}{4}$  parte de su volumen. Agregue entonces el hipoclorito de sodio o de calcio de forma que la concentración final (cuando el tanque esté lleno) sea de 100 mg de cloro por litro de agua. (En países donde se expendan un solo producto, por ejemplo hipoclorito de sodio de una concentración fija en todo el ámbito nacional, por ejemplo 8%, el cálculo de cuánto se debe agregar podrá ser realizado por las autoridades que preparen el instructivo y entonces simplemente se deberá decir: “agregue tal o cual volumen de lejía o agua sanitaria por cada mil litros de capacidad del tanque”. En donde haya varios compuestos de cloro de libre comercialización deberá hacerse el cálculo con las fórmulas que se muestran a continuación:

### **Hipoclorito de sodio**

Es comercializado en forma líquida bajo distintos nombres (lejía, agua sanitaria, lavandina, etc.), en concentraciones variables de cloro, siendo las presentaciones de 7% a 10% las más comunes.

$$V = \frac{Vt \times 10}{\%}$$

Donde:

V = Volumen en mililitros del hipoclorito de sodio a echar en el tanque

Vt = Volumen del tanque = Volumen de agua que se agregará al mismo para preparar la solución desinfectante

10 = Factor para que el resultado sea expresado en mililitros del producto

% = La concentración de cloro en el producto, según lo especifica el fabricante (en la fórmula solo debe colocarse el número, por ejemplo "7" cuando la concentración de cloro en el producto es de 7%)

### **Hipoclorito de calcio**

Es comercializado en forma sólida. El contenido de cloro de este producto es variable, siendo las de 60% a 70% las más comunes.

$$P = \frac{Vt \times 10}{\%}$$

Donde:

P = Peso del producto (hipoclorito de calcio) en gramos a disolver en el tanque

Vt = Volumen del tanque = Volumen de agua que se agregará al mismo para preparar la solución desinfectante

10 = Factor para que el resultado sea expresado en gramos del producto

% = La concentración de cloro en el producto, según lo especifica el fabricante (en la fórmula solo debe colocarse el número, por ejemplo “65” cuando la concentración de cloro en el producto es de 65%)

- Una vez que ha agregado el desinfectante, llene el tanque hasta el máximo nivel.
- Cuando el tanque esté lleno con la solución desinfectante, abra cada uno de los grifos (llaves) de la casa y deje salir el agua hasta notar el fuerte olor a cloro. Cierre entonces los grifos. Esta operación es importante para desinfectar no solo el tanque sino también todas las tuberías y grifos de la casa. Esta agua no debe beberse ni utilizarse para ningún fin.
- Deje el sistema en estas condiciones durante 12 horas para que el cloro actúe (puede ser menos tiempo, pero nunca menos de seis horas). De ser posible, es aconsejable dejar en reposo durante toda una noche.
- Luego de la desinfección, deje salir el agua contenida en el tanque por el desagote y abra todos los grifos dentro de la casa para eliminar el agua con cloro que aún queda en las tuberías.
- Permita la libre entrada del agua de la red al tanque y utilícela para beber y otros fines, puesto que las instalaciones ya están desinfectadas.
- Asegúrese de que el tanque quede bien tapado y que no haya posibilidad de entrada de animales o aves dentro del mismo. Sería ideal que la tapa quedara asegurada por un candado.
- Repita la limpieza y desinfección del tanque cada seis meses y nunca deje transcurrir más de un año entre operaciones.

## **Filtración**

En la actualidad existen diferentes formas de filtración, dentro de las cuales tenemos:

### **Filtración Lenta de Arena**

La filtración lenta es uno de los procesos de tratamiento de agua más efectivos, simples y económicos. Es apropiado para áreas rurales. Su diseño sencillo

facilita el uso de materiales y mano de obra locales. Requiere poco o ningún equipo especial. Este proceso difiere de la filtración rápida en arena, en su naturaleza biológica, su alta eficiencia y su facilidad de operación y mantenimiento para pequeñas comunidades. Al filtrarse el agua por este sistema se mejora considerablemente su calidad al eliminarse la turbiedad y reducirse considerablemente el número de microorganismos (bacterias, virus, quistes). Debido al movimiento lento del agua y al alto tiempo de retención, este proceso se asemeja a la percolación del agua a través del subsuelo (Organización Panamericana de la Salud - Representación en Colombia, 1997)

Un filtro lento de flujo descendente (Velocidad 0.10 a 0.40 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/hora) consiste en una caja rectangular o circular en la cual se tiene un lecho filtrante de 0.60 m a 1.20 m de arena fina (de 0.15 a 0.35 mm y CU<1.5), sobre una capa de 0.40 a 0.45 m de grava, el agua se recolecta en un sistema de drenaje de diferentes formas. La carga de agua sobre el medio filtrante fluctúa de 1.00 a 1.50 m. Se regula el flujo a la entrada o la salida del filtro para mantener una velocidad constante de filtración. El área mínima necesaria es de 200 m<sup>2</sup> (Perez, 1978).

### **Filtros rápidos**

La filtración rápida (Velocidad de filtración de 120 a 150 m/día) es casi universalmente empleada para tratar aguas de un rango de calidad muy amplio, requiriéndose un tratamiento preliminar de coagulación y sedimentación (como mínimo). La profundidad necesaria de los filtros es de 2.5 a 3 m, carga de agua de 3-3.8 m. Se utiliza como medio filtrante Arena de 0.30 a 1 m, coeficiente de uniformidad menor a 1.20, con una altura de manto de 0.60 a 0.90 m, y grava de soporte con características similares a la utilizada en filtración convencional (Perez, 1978).

### **Filtración Gruesa.**

Los filtros gruesos se originaron como medio para solucionar las dificultades originadas en los filtros lentos cuando el agua cruda tiene cantidades excesivas de materiales en suspensión y particularmente un alto contenido de algas (Perez, 1978).

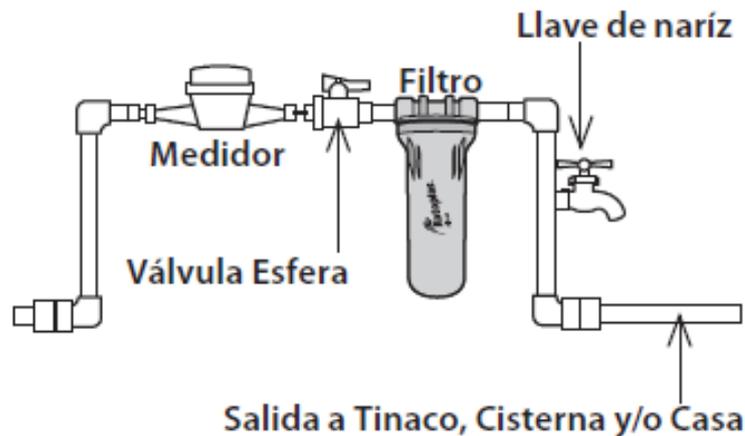
Los filtros anteriormente descritos necesitan grandes áreas para ser construidos y las capas que lo conforman hacen que la profundidad este entre los 2 a 3 metros, lo que encarecería el sistema de aprovechamiento de agua de lluvia, sin embargo en el mercado existen diferentes filtros que a continuación mencionaremos (Perez, 1978).

### **Filtro estándar**

Su exclusiva tecnología HydroNet retiene:

- 99% de partículas iguales o mayores a 50 micras.
- Arena, tierra y sedimentos.
- Ideal para zonas con alta concentración de sedimentos.
- Evita que se tapen las tuberías y regaderas.

Gráfico 12: Filtro Estándar.



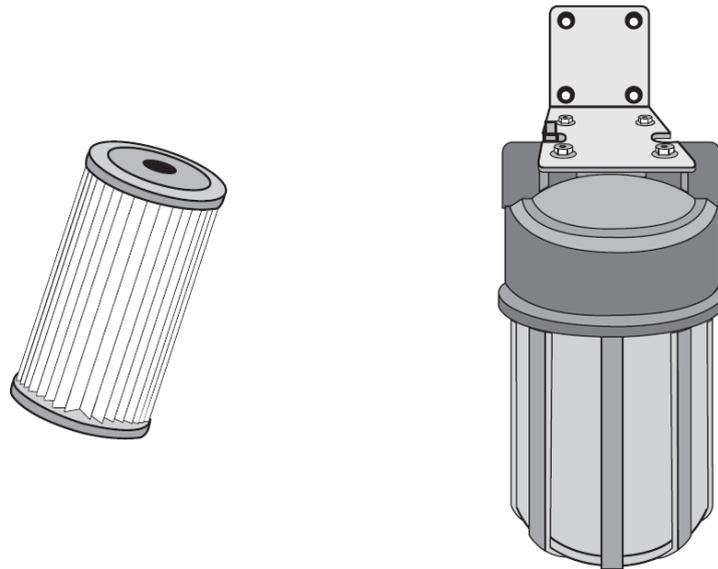
*Fuente: Instructivo Filtro estándar*

### **Filtro Jumbo**

- 99% de partículas iguales o mayores a 50 micras.
- Arena, tierra y sedimentos
- Ideal para zonas con alta concentración de sedimentos.
- Evita que se tapen las tuberías y regaderas.

- La frecuencia de mantenimiento sugerida es cada 3 o 6 meses dependiendo del uso.

Gráfico 13: Filtro Jumbo

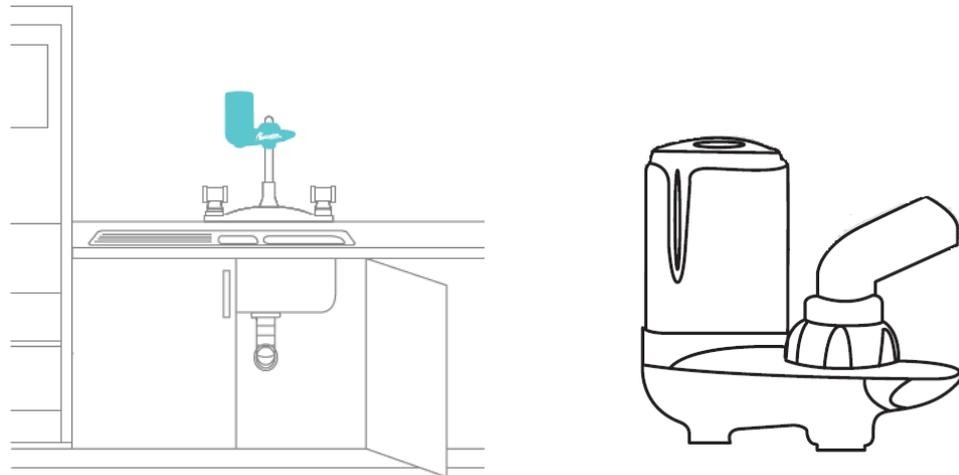


*Fuente: Instructivo Filtro Jumbo*

### **Filtro de Grifo**

- Cartucho de cerámica con carbón activado granular.
- Elimina el cloro y sólidos en suspensión.
- Mejora el olor, color y sabor del agua.
- Diseño práctico y compacto para la cocina.
- 1 cartucho filtra 125 L de agua.

Gráfico 14: Filtro de Grifo



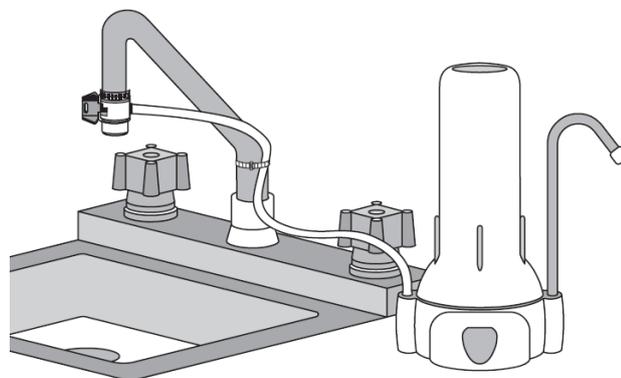
*Fuente: Especificaciones Técnicas para Filtro de Grifo*

### **Purificador sobre Tarja**

Su explosiva tecnología Hydronet de carbón activado impregnado con plata coloidal:

- Retiene el 99% de bacterias.
- Elimina el sabor a cloro.
- Mejora el sabor, color y olor del agua.
- 1 repuesto = 120 garrafones = 2,400 L

Gráfico 15: Purificador Sobre Tarja



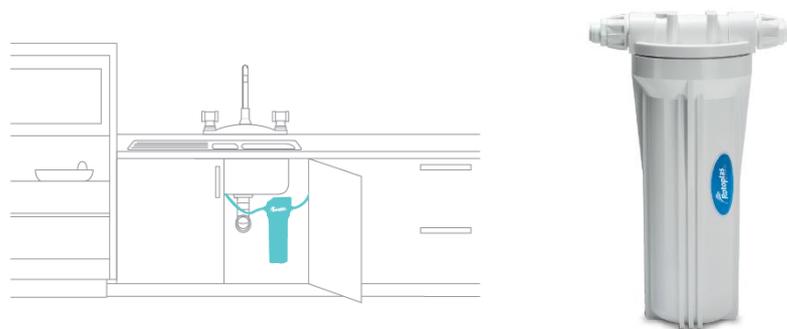
*Fuente: Instructivo Purificador sobre Tarja*

### **Purificador Bajo Tarja**

Su exclusiva tecnología Hydronet de carbón activado impregnado con plata coloidal:

- Retiene el 99% de bacterias.
- Elimina el sabor a cloro.
- Mejora el sabor, color y olor del agua.
- 1 repuesto = 120 garrafones = 2,400 L

Gráfico 16: Purificador Bajo Tarja



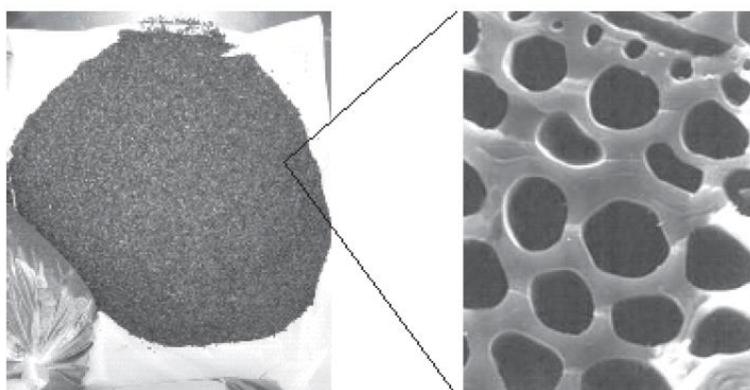
*Fuente: Especificaciones técnicas Purificador Bajo Tarja*

Cabe mencionar que el tener dentro de sus componentes carbón activado es de gran importancia ya que éste es usado desde que en los Estados Unidos, G.L. Spalding demostró en 1930 que se puede aplicar en forma satisfactoria y económica a un abastecimiento público de aguas. A partir de entonces, el carbón activado ha sido el adsorbente elegido en la remoción de olores y sabores complejos del agua. El polvo se ha aplicado también con éxito a los tanques de almacenamiento y tanques abiertos de sedimentación. Ahí, actúa como adsorbente y como un medio para obstruir el paso de la luz, impidiendo así, el crecimiento de algas (Fair, Geyer, & Okun, 2008). Cabe mencionara también que “la adsorción consiste en que los átomos de la superficie del carbón activado atraen las moléculas que causan mal olor, sabor o color de las impurezas indeseables” (Caballero, 2006).

El carbón activado se puede producir a partir de una variedad de materias primas carbonosas. Las fuentes más comunes son: Madera, turba, lignito y

carbón de las fábricas de papel. La materia prima se carboniza en ausencia de aire a una temperatura inferior a 600 °C. Después, se activa mediante combustión lenta a nivel de 600 a 700 °C, o por oxidación con vapores o gases adecuados, como vapor de agua o bióxido de carbono, de 800 a 900 °C. El carbón activado granular tiene generalmente el tamaño de arena para filtros, es decir de 0.1 a 1 mm de diámetro. (Fair, Geyer, & Okun, 2008). A continuación se presenta la vista microscópica del carbón activado (véase Figura N° 16).

Gráfico 17: Carbón activado



Descripción: (Izquierda) Carbón activado en gránulos colocado en el registro como parte del filtro. (Derecha) Vista en el microscopio de una parte de un gránulo.

*Fuente: Caballero (2006)*

#### **2.2.5.5. Diseño**

Antes de mencionar los parámetros es necesario analizar la factibilidad del proyecto y que según la guía de diseño para la captación el diseño debe ser factible en sus tres aspectos que a continuación mencionamos.

##### **Factibilidad**

En el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia es necesario considerar los factores técnicos, económicos y sociales (UNATSABAR, 2001).

- **Factor Técnico:** Los factores técnicos a tener presente según la guía de diseño para captación de agua de lluvia son la producción u oferta y la demanda de agua:
  - ✓ Producción u “oferta” de agua; está relacionada directamente con la precipitación durante el año y con las variaciones estacionales de la misma. Por ello, en el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia es altamente recomendable trabajar con datos suministrados por la autoridad competente y normalmente representada por la oficina meteorológica del país o de la región donde se pretende ejecutar el proyecto (UNATSABAR, 2001).
  - ✓ Demanda de agua; A su vez, la demanda depende de las necesidades del interesado y que puede estar representada por solamente el agua para consumo humano, hasta llegar a disponer de agua para todas sus necesidades básicas como son preparación de alimentos, higiene de personal, lavado de vajillas y de ropa e inclusive riego de jardines (UNATSABAR, 2001)
- **Factor Económico:** Al existir 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).

La dotación que se tomará en cuenta para el presente proyecto será la recomendada para sistemas no convencionales que es de 25 Lt/hab-día.

- **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 puedan afectar la sostenibilidad de la intervención. Al efecto, el profesional 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. Este análisis debe 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).

#### **Bases del diseño.**

Según la guía de diseño para captación del Agua de Lluvia (UNATSABAR, 2001) antes de emprender el diseño de un sistema de captación de agua pluvial, es necesario tener en cuenta los aspectos siguientes:

- Precipitación en la zona. Se debe conocer los datos pluviométricos de por lo menos los últimos 10 años, e idealmente de los últimos 15 años,
- Tipo de material del que está o va a estar construida la superficie de captación,
- Número de personas beneficiadas, y
- Demanda de agua.

#### **Criterios de diseño.**

Este método conocido como: “**Cálculo del Volumen del Tanque de Almacenamiento**” toma como base de datos la precipitación de los 10 ó 15 últimos años. Mediante este cálculo se determina la cantidad de agua que es capaz de recolectarse por metro cuadrado de superficie de techo y a partir de ella se determina a) el área de techo necesaria y la capacidad del tanque de

almacenamiento, o b) el volumen de agua y la capacidad del tanque de almacenamiento para una determinada área de techo (UNATSABAR, 2001).

Como datos complementarios para el diseño la guía de diseño emitida por UNATSABAR (2001) considera:

- Número de usuarios,
- Coeficiente de escurrimiento (Valor según tabla N° 02)
- Demanda de agua

Los pasos que se considerará en el diseño de un sistema familiar de aprovechamiento de agua de lluvia son:

**a. Determinación de la precipitación promedio mensual.** A partir de los datos promedio mensuales de precipitación de los últimos 10 ó 15 años se obtiene el valor promedio mensual del total de años evaluados. Este valor puede ser expresado en mm/mes, litros/m<sup>2</sup>/mes, capaz de ser recolectado en la superficie horizontal del techo (UNATSABAR, 2001). Para obtener este dato se aplica la fórmula número (1) de cálculo de promedio aritmético, quedando la fórmula de la siguiente manera:

$$P_{ppi} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

n: Número de años evaluados

P<sub>i</sub>: valor de precipitación mensual del mes "i", (mm)

P<sub>ppi</sub>: precipitación promedio mensual del mes "i" de todos los años evaluados. (mm/mes)

**b. Determinación de la demanda.** Se lo calcula a partir de la dotación asumida por persona se calcula la cantidad de agua necesaria para atender las necesidades de la familia o familias a ser beneficiadas en cada uno de los meses (UNATSABAR, 2001).

Para sistema no convencionales se podrá considerar dotaciones menores de 20 lt/hab/día (Gobierno del Perú, 2004).

$$D_i = \frac{Nu \times Nd \times Dot}{1000}$$

Nu: Número de beneficiarios que se benefician del sistema

Nd: Número de días del mes analizado

Dot: Dotación (L/persona x día)

Di: Demanda mensual (m3)

- c. Determinación del volumen del tanque de abastecimiento.** Teniendo en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados, el material del techo y el coeficiente de escorrentía, se procede a determinar la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo y por mes. (UNATSABAR, 2001).

$$A_i = \frac{Ppi \times Ce \times Ac}{1000}$$

Ppi: Precipitación promedio mensual (litros/m2)

Ce: Coeficiente de escorrentía

Ac: Área de captación (m2)

Ai: Oferta de agua en el mes "i" (m3)

Teniendo como base los valores obtenidos en la determinación de la demanda mensual de agua y oferta mensual de agua de lluvia, se procede a calcular el acumulado de cada uno de ellos mes a mes encabezado por el mes de mayor precipitación u oferta de agua. A continuación se procede a calcular la diferencia de los valores acumulados de oferta y demanda de cada uno de los meses. Las áreas de techo que conduzcan a diferencias acumulativas negativas en alguno de los meses del año se descartan por que no son capaces de captar la cantidad de agua demandada por los interesados (UNATSABAR, 2001).

El área mínima de techo corresponde al análisis que proporciona una diferencia acumulativa próxima a cero (0) y el volumen de almacenamiento corresponde a la mayor diferencia acumulativa. Áreas de techo mayor al mínimo darán mayor seguridad para el abastecimiento de los interesados. El acumulado de la oferta y la demanda en el mes “i” podrá determinarse por (UNATSABAR, 2001):

$$Aa_{(i)} = Aa_{(i-1)} + \frac{Ppi \times Ce \times Ac}{1000}$$

$$Da_i = Da_{(i-1)} + \frac{Nu \times Ndi \times Ddi}{1000}$$

Aai: Oferta acumulada en el mes “i”

Dai: Demanda acumulada en el mes “i”

Ac: Área de captación (m<sup>2</sup>)

Ai: Oferta de agua en el mes “i” (m<sup>3</sup>)

$$V_i(m^3) = Ai(m^3) - D_i(m^3)$$

Vi: Volumen del tanque de almacenamiento necesario para el mes “i”

Ai: Volumen de agua que se captó en el mes “i”

Di: Volumen de agua demandada por los usuarios para el mes “i”

Recordemos que el área de techo escogido será multiplicada 1 litro por m<sup>2</sup> para determinar el volumen del tanque interceptor

- d. Sistema de Conducción.** Para determinar el diámetro de las canaletas según el manual la guía de diseño de sistemas de captación del agua de lluvia para uso doméstico y consumo humano (COLPOS 1) a nivel de familia (CIDECALLI –CP, 2007) es necesario seguir los pasos que a continuación se indica:

- Determinar el caudal de conducción, con la siguiente formula:

$$Q_c = \frac{5}{18} (A_{ec} * I_{lluvia})$$

Donde:

Qc: Caudal de conducción

5/18: Factor de conversión de m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup> a lps

I<sub>lluvia</sub>: Es la intensidad máxima de la lluvia en la zona

A<sub>ec</sub>: Área efectiva de captación del agua de lluvia

Cabe mencionar que para el cálculo de este parámetro también se puede hacer uso de la formula N° 06.

- Según Sotelo (2005) el diámetro se determina despejando el área de la ecuación de Continuidad:

$$D = 2 * \sqrt{\frac{Q_c}{\pi v}}$$

- Determinación tiempo de concentración
- Estimación del tiempo en que ocurre el máximo escurrimiento con el empleo del tiempo de concentración.
- Tiempo para drenar los escurrimientos
- Gasto máximo esperado para el área indicada
- Estimación del área transversal de una canaleta rectangular y circular para conducir el gasto esperado

### 2.3. Definición de términos básicos

**Agua de lluvia:** Tipo de precipitación que cae en una determinada zona en forma de gotas de agua mayores a 0.5 mm, cuya intensidad varía en el lugar de estudio aunque sea en sitios cercanos y de acuerdo a los meses del año. Los aparatos que se utiliza para su medición son el pluviómetro y pluviógrafo cuya diferencia radica en que éste último registra la altura en función del tiempo mientras que el primero nos da sólo

alturas de agua en mm. En la actualidad existen entidades compiladoras de estos datos, para nuestro caso esta entidad viene hacer el SENAMHI.

**Abastecimiento de Agua potable:** Proveer de agua con buenas características físico químico y bacteriológicas garantizando la cantidad necesaria de acuerdo al número de consumidores a ser beneficiados y dotaciones según parámetros emitidos para suministro a de agua potable en zonas rurales del Perú.

**Precipitaciones:** Forma de humedad o fuente primaria de agua que se origina en las nubes y que puede caer a la superficie del suelo en forma de lluvias, nevadas, garúas y granizadas.

**Oferta de Agua:** Volumen de agua que se puede captar y almacenar durante las épocas de lluvia para abastecer de agua potable a los beneficiarios. Para su cálculo se tiene en cuenta las precipitaciones medias mensuales en las viviendas, áreas de captación (área de techos en casas) y cantidad de agua perdida por efectos de evaporación, infiltración u otros, que se expresa como un coeficiente de esorrentía que depende del tipo de material en el que cae la lluvia.

**Demanda de agua:** Cantidad de agua requerida por una familia para atender a todas sus necesidades en los diferentes meses del año. Se calcula teniendo en cuenta la cantidad de personas a ser beneficiadas, número de días por mes y las dotaciones (en litros/habitante-día), éstas últimas que deben estar de acuerdo con las dotaciones para sistemas de aprovechamiento no convencional para viviendas dispersas.

**Continuidad:** Suministro de agua potable a los beneficiarios durante todos los meses del año.

**Calidad de Agua de Lluvia:** Analizar el agua captada de tal manera que se determine sus características físico químicas y bacteriológicas, las cuales deben estar dentro de los límites permisibles de una agua apta para consumo humano.

**Ubicación del Lugar de estudio:** Determinación a través de planos, fichas de inspección y observación el lugar donde se emplazara los componentes de cada sistema familiar de aprovechamiento de agua de lluvia, de tal manera que la ubicación nos sirva para el análisis de las precipitaciones que se dan en el lugar y verificación de la funcionalidad del sistema.

**Volumen de agua:** Cantidad de agua en m<sup>3</sup> que se puede captar y aprovechar.

**Captación de Agua de Lluvia:** Colecta de agua producto de las lluvias que se dan en una determinada zona y que se pueden aprovechar. Para la captación de agua de lluvia se utilizan diferentes tipos superficies pero para esta tesis se usarán los techos de las viviendas como áreas de captación

**Análisis físico químico y bacteriológico:** Determinar las características de composición del agua captada para poder evaluar si es un agua apta para el consumo humano.

**Mapas de precipitaciones:** Representación a través de planos las precipitaciones que se dan en el lugar de estudio en los diferentes meses del año y en las diferentes ubicaciones. Para la representación se hacen uso de las curvas isoyetas que dan a conocer las diferentes precipitaciones de acuerdo al lugar y mes.

## **CAPÍTULO 3. HIPÓTESIS**

### **3.1. Formulación de la hipótesis**

- La implementación de un Sistema de Aprovechamiento de Agua de Lluvia garantiza un nivel abastecimiento de agua potable anual.

#### **Variables**

- Variable Independiente: Agua de Lluvia
- Variable Dependiente: Abastecimiento de agua Potable

### 3.2. Operacionalización de variables

Tabla 6: Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Agua de lluvia (independiente)	El agua de lluvia es una forma de precipitación que se originan producto del ciclo hidrológico y que se caracteriza porque sus gotas tienen un diámetro entre 0.5 mm a 2 mm (Villón, 2002)	Ubicación de lugar en estudio	Fichas y formatos de observación e Inspección Planos
		Precipitación en el lugar de estudio	Reportes de precipitaciones emitidos por SENAMHI (mm)
			Mapas de precipitaciones
Abastecimiento de agua potable (Dependiente)	Suministrar agua apta para el consumo humano, que cumplan buenas condiciones físico – químicas y bacteriológicas.	Análisis de oferta y demanda de agua	Volumen de agua captada y volumen de agua necesaria por familia (m3)
		Continuidad	Volumen de agua ofertado y demandado por mes (m3)
		Calidad	Análisis físico químico y bacteriológico PH, Turbidez (UNT), Coliformes Totales y Fecales (UFC/100 ml)

*Fuente: Elaboración Propia*

## **CAPÍTULO 4. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1. Tipo de diseño de investigación.**

La presente es una investigación Transversal Descriptivo ya que “Indaga la incidencia de las modalidades, categorías o niveles de una o más variables en una población” (Universidad Privada del Norte, 2014).

### **4.2. Material de estudio.**

#### **4.2.1. Unidad de estudio.**

La presente investigación tomará como base los datos de precipitaciones e intensidades con 15 años de antigüedad de las estaciones más cercanas a la zona de estudio emitidas por el SENAMHI.

La delimitación de cuenca hidrológica se realizó en la Carta Nacional 14 G (Celendín) emitida por el IGN y se realizará esta delimitación tan sólo para delimitar el lugar de estudio y verificar las curvas de nivel presentes.

Los datos de campo como dimensiones de áreas captación, Altura de viviendas, ubicación, entre otros datos topográficos necesarios para la elaboración de la presente tesis se hará mediante medición directa en zona de estudio utilizando formatos elaborados de acuerdo a cada fin.

Las muestras de agua serán recogidas en campo y su análisis físico químico y bacteriológico será realizado por el Ministerio de Salud.

#### **4.2.2. Población.**

Pobladores del caserío La Florida, del Distrito de Huasmín, Provincia de Celendín, Región Cajamarca.

#### **4.2.3. Muestra.**

15 Familias del Caserío La Florida.

### 4.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos.

#### 4.3.1. Para recolectar datos.

**Precipitaciones e Intensidades Máximas.** Estos datos fueron obtenidos mediante solicitud a SENAMHI. Para determinar las precipitaciones medias de la cuenca en estudio, se usará el método de Isoyetas ya que según Villón (2002) es el método más exacto.

#### **Carta Nacional de Área de Estudio.**

Las cartas a nivel de todo el Perú son emitidas por el IGN y a la vez se encuentran disponibles digitalmente y en forma gratuita en la página del Ministerio de Educación. Es necesario agenciarse de la carta en magnético (IGN) y en digital con el fin de corroborar y hacer que el trabajo sea más rápido y factible. Los programas que se usaran para el procesamiento de datos son ArcGIS y Civil 3d. La carta se usará para contrastar con los mapas de precipitaciones emitidos por SENAMHI y verificar que la precipitación obtenida en los análisis son los correctos.

#### **Análisis Físico Químico y Bacteriológico del Agua de Lluvia**

Recojo de Muestra de Agua. El agua de lluvia que servirá de muestra para el análisis será recogida a través de un plástico ubicado debajo del techo de tal manera que la gotera caiga sobre éste, Una vez que se haya acumulado el agua necesaria se hará un pequeño hoyo en el centro del plástico y se llenará los envases proporcionados por el MINSa para recojo de muestras y se procederá con el transporte de éstas hacia el laboratorio. Si el área de estudio queda alejada al laboratorio es necesario agenciarse de un conservante ya que por recomendación del MINSa la muestra debe llegar al laboratorio en un lapso de 6 horas sin conservante y 24 horas con conservante.

El plástico a usarse será previamente lavado asegurándose de que esté totalmente limpio sin presencia de ninguna sustancia que pueda afectar o alterar las características físico químicas y bacteriológicas del agua captada.

El plástico estará sujetado en sus extremos a estacas y será instalado después de 30 minutos que se haya iniciado la lluvia con el fin de que en ese lapso de tiempo se haya lavado el techo de la vivienda. Cabe mencionar que la instalación del plástico será con fines prácticos para el recojo de la muestra.

### **Información de campo**

La información de campo necesaria como cantidad personas por vivienda, dimensiones de las áreas de captación, altura de fachadas y otras medidas de las viviendas serán recopiladas a través de formatos de inspección y observación.

### **Levantamiento Topográfico**

Se lo realizará con ayuda de GPS navegador y estación Total. Los puntos que se tomarán serán las esquinas de las casas y puntos de relleno alrededor de éstas para determinar la morfología del terreno que rodea. Los programas a usarse en la elaboración del plano topográfico son el ArcGIS y Civil 3D.

#### **4.3.2. Para analizar información.**

A continuación se describirá los procedimientos que se realizarán para el análisis de información en los diferentes componentes del sistema de aprovechamiento de agua de lluvia propuesto:

#### **Determinación de precipitaciones en el lugar de estudio**

Se determinará a través del método de Isoyetas ya que según Villón (2002) es el método más exacto y representa una distribución espacial de las precipitaciones que se dan en el lugar, por ello se establecerá para cada casa su precipitación por meses. Se usará los programas Civil 3d y Excel para el dibujo de las Isoyetas y registro de precipitaciones, la triangulación para la generación de curvas a nivel (Isoyetas) se hará tomando en cuenta las precipitaciones de las estaciones más cercanas cuyo registro lo obtuvo el SENAMHI.

### **Volumen de tanque de almacenamiento**

Se seguirán los pasos enunciados en la guía de diseño para la captación del agua de lluvia (UNATSABAR, 2001), es decir se determinará las precipitaciones promedio mensuales y con éstas la Oferta y demanda de agua para luego determinar el volumen de almacenamiento necesario. Se hará uso del programa Excel para realizar los cálculos necesarios.

### **Sistema de Conducción**

Se hará la transferencia de datos de las intensidades máximas de la estación Weberbahuer a los puntos de interés, es decir a los puntos donde se plantea construir los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia, para posteriormente hacer un análisis y ver si se ajustan o no los datos al modelo Gumbel determinando de esta forma la intensidad máxima de diseño y por ende el caudal máximo con el método racional ( $Q=CIA$ ).

Con el dato de caudal obtenido se determinará el diseño de las canaletas y líneas de conducción teniendo en consideración los pasos enunciado en las bases teóricas.

El programa a usarse para el procedimiento será el Excel y Hcanales V 3.0.

### **Interceptor**

Para determinar su volumen se tomará en cuenta lo enunciado anteriormente en donde nos menciona que éste está en base al área de captación ( $l/m^2$ ).

### **Filtro**

Con los resultados obtenidos en el laboratorio se analizará si el sistema es complementado con un filtro o no, cabe mencionar que el sistema planteado debe ser factible.

### **Calidad de Agua**

Se hará un comparativo en programa Excel de los datos obtenidos en el laboratorio del análisis físico químico y bacteriológico con los estándares de calidad y límites permisibles para agua de consumo humano.

## CAPÍTULO 5. RESULTADOS

### 5.1. Población Futura

Teniendo en cuenta los parámetros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para Centros Poblados Rurales en el Perú (2004) se proyectó la población a 20 años, según el procedimiento de la hoja de cálculo (Ver anexo) obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 7: Población Futura

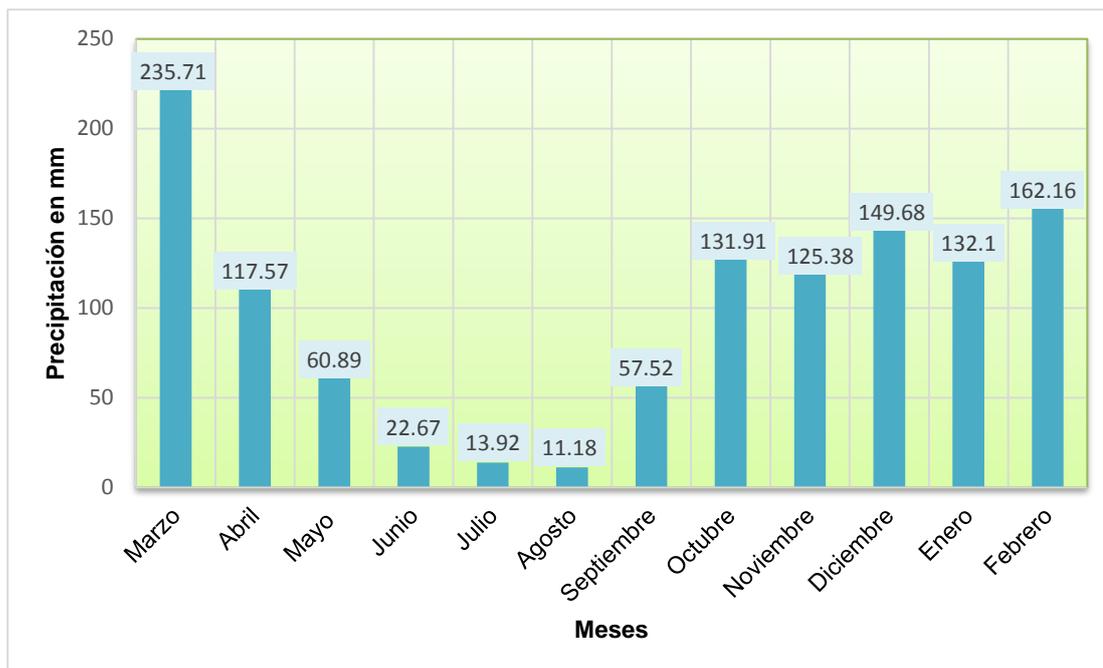
Nº Vivienda	Población actual (Pa)	Tasa de crecimiento (r%)	Tiempo de vida útil (Años)	Población Futura (Pf)
1	5	2.5	20	8
2	3	2.5	20	5
3	3	2.5	20	5
4	5	2.5	20	8
5	5	2.5	20	8
6	6	2.5	20	9
7	20	2.5	20	30
8	6	2.5	20	9
9	5	2.5	20	8
10	5	2.5	20	8
11	5	2.5	20	8
12	6	2.5	20	9
13	6	2.5	20	9
14	4	2.5	20	6
15	8	2.5	20	12

## 5.2. Vivienda N° 01

### Precipitaciones en el Lugar de Estudio

A continuación presentamos las precipitaciones obtenidas con el método de Isoyetas con las cuales se trabajó.

Gráfico 18: Precipitación mensual en vivienda N° 01



Las precipitaciones que se muestran en el gráfico están ordenadas empezando por el mes que tiene mayor precipitación y con base al siguiente cuadro en donde E corresponde al mes de enero, F al mes de febrero y así sucesivamente las demás letras son las iniciales de los 12 meses del año.

Tabla 8: Precipitaciones promedio mensuales para vivienda N° 01

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ppi (mm)	132.1	162.16	235.71	117.57	60.89	22.67	13.92	11.18	57.52	131.91	125.38	149.68

En el grafico podemos apreciar que el mes que tiene mayor precipitación corresponde al mes de marzo y que hay 3 meses que tienen precipitaciones bajas y que corresponden a los meses de junio, julio y agosto.

### Tanque de Almacenamiento

Cabe mencionar que la metodología seguida para obtener el volumen de almacenamiento es la mencionada en las bases teóricas concernientes a la guía de diseño para captación del agua de lluvia (UNATSABAR, 2001).

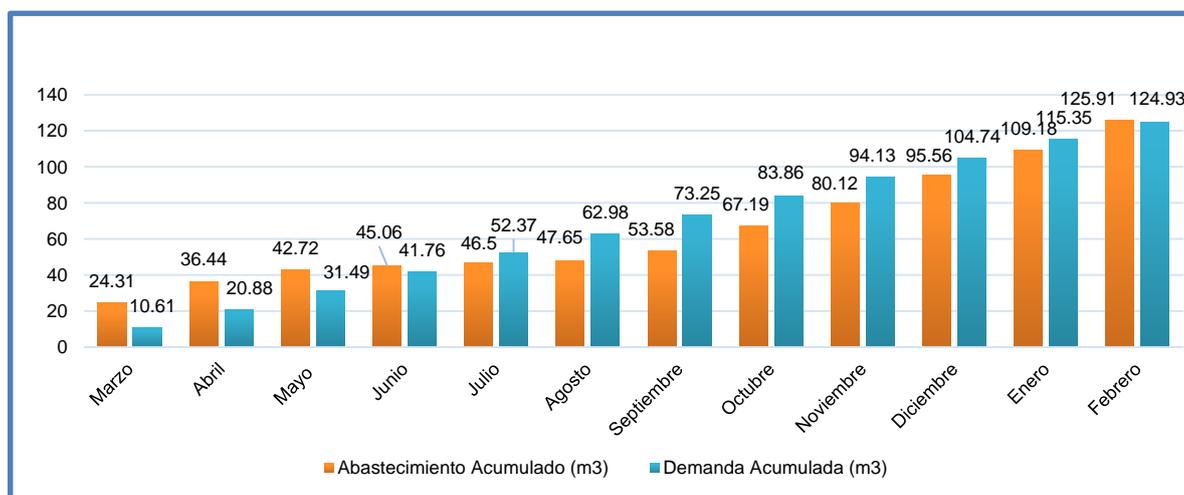
Para la presente tesis con las precipitaciones y con el área de captación definidas se obtuvo la oferta y demanda de agua para diferentes dotaciones y áreas de techado, obteniendo los resultados que a continuación se indican.

**Para un área de Captación de 114.6 m<sup>2</sup> y una dotación de 42.78 litros/Hab-día se tiene:**

Tabla 9: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 114.6 m<sup>2</sup> y dotación de 42.78 litros/Hab-día

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m3)		Demanda (m3)		Diferencia (m3)
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	235.71	24.31	24.31	10.61	10.61	13.7
30	Abril	117.57	12.13	36.44	10.27	20.88	15.56
31	Mayo	60.89	6.28	42.72	10.61	31.49	11.23
30	Junio	22.67	2.34	45.06	10.27	41.76	3.3
31	Julio	13.92	1.44	46.5	10.61	52.37	-5.87
31	Agosto	11.18	1.15	47.65	10.61	62.98	-15.33
30	Septiembre	57.52	5.93	53.58	10.27	73.25	-19.67
31	Octubre	131.91	13.61	67.19	10.61	83.86	-16.67
30	Noviembre	125.38	12.93	80.12	10.27	94.13	-14.01
31	Diciembre	149.68	15.44	95.56	10.61	104.74	-9.18
31	Enero	132.1	13.62	109.18	10.61	115.35	-6.17
28	Febrero	162.16	16.73	125.91	9.58	124.93	0.98

Gráfico 19: Oferta y Demanda de Agua acumulada mensual



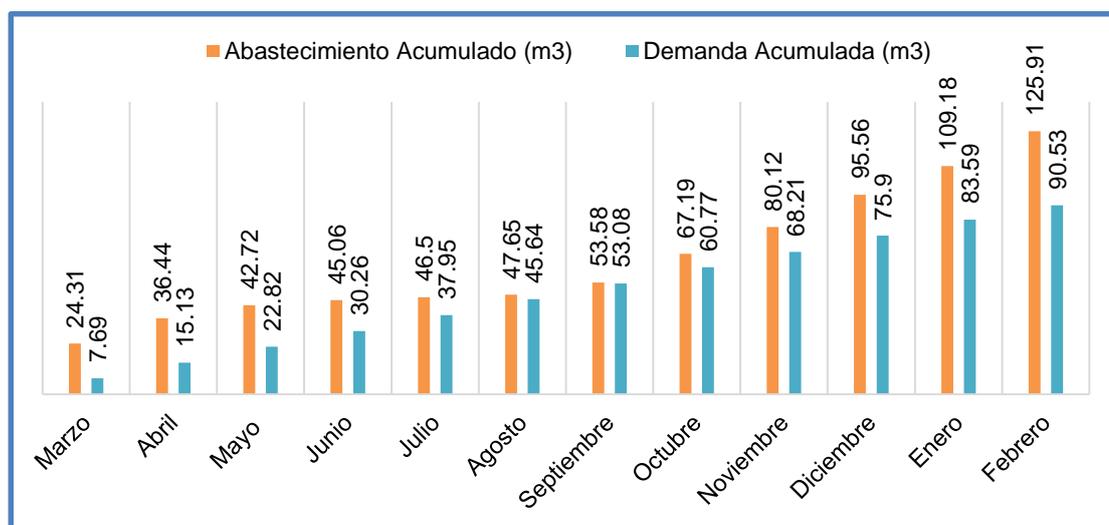
En el gráfico se aprecia que para el área de captación y dotación especificada anteriormente, la oferta de agua es menor que la demanda con lo que la familia no tendría agua por 7 meses, por lo que es necesario realizar otro análisis.

Para un área de Captación de 114.6 m<sup>2</sup> y una dotación de 31 litros/Hab-día se tiene

Tabla 10: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 114.6 m<sup>2</sup> y dotación de 31 litros/Ha

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	235.71	24.31	24.31	7.69	7.69	16.62
30	Abril	117.57	12.13	36.44	7.44	15.13	21.31
31	Mayo	60.89	6.28	42.72	7.69	22.82	19.9
30	Junio	22.67	2.34	45.06	7.44	30.26	14.8
31	Julio	13.92	1.44	46.5	7.69	37.95	8.55
31	Agosto	11.18	1.15	47.65	7.69	45.64	2.01
30	Septiembre	57.52	5.93	53.58	7.44	53.08	0.5
31	Octubre	131.91	13.61	67.19	7.69	60.77	6.42
30	Noviembre	125.38	12.93	80.12	7.44	68.21	11.91
31	Diciembre	149.68	15.44	95.56	7.69	75.9	19.66
31	Enero	132.1	13.62	109.18	7.69	83.59	25.59
28	Febrero	162.16	16.73	125.91	6.94	90.53	35.38

Gráfico 20: Oferta y Demanda de Agua acumulada mensual



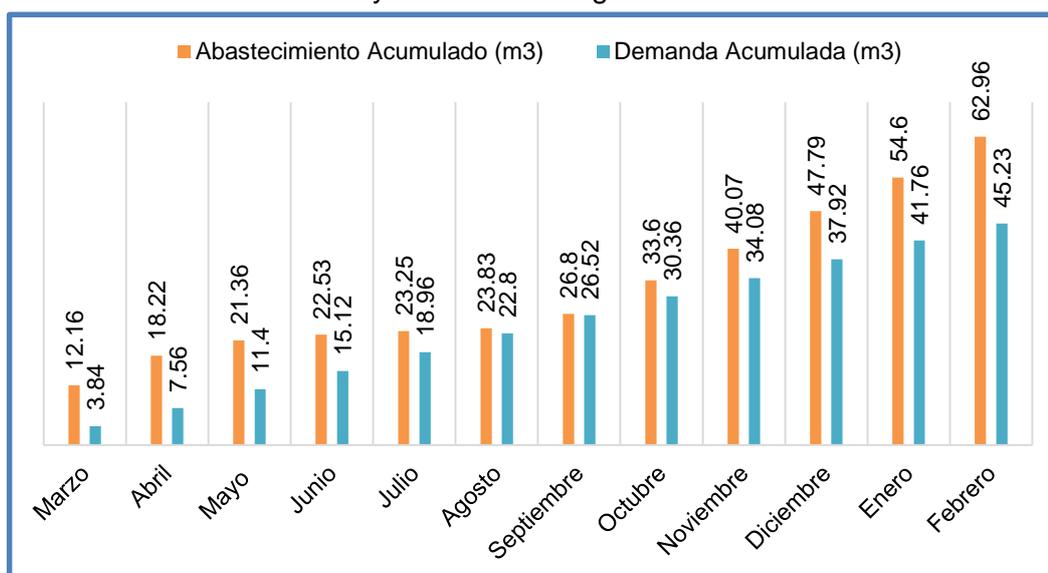
Del gráfico podemos decir que la oferta de agua es mayor que la demanda con lo que habría que analizar si el volumen del tanque de almacenamiento es el adecuado.

Para un área de Captación de 57.3 y una dotación de 15.5 litros/Hab-día se tiene

Tabla 11: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 57.3 m<sup>2</sup> y dotación de 15.5 litros/Ha

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	235.71	12.16	12.16	3.84	3.84	8.32
30	Abril	117.57	6.06	18.22	3.72	7.56	10.66
31	Mayo	60.89	3.14	21.36	3.84	11.4	9.96
30	Junio	22.67	1.17	22.53	3.72	15.12	7.41
31	Julio	13.92	0.72	23.25	3.84	18.96	4.29
31	Agosto	11.18	0.58	23.83	3.84	22.8	1.03
30	Septiembre	57.52	2.97	26.8	3.72	26.52	0.28
31	Octubre	131.91	6.8	33.6	3.84	30.36	3.24
30	Noviembre	125.38	6.47	40.07	3.72	34.08	5.99
31	Diciembre	149.68	7.72	47.79	3.84	37.92	9.87
31	Enero	132.1	6.81	54.6	3.84	41.76	12.84
28	Febrero	162.16	8.36	62.96	3.47	45.23	17.73

Gráfico 21: Oferta y Demanda de Agua acumulada mensual



En el gráfico se muestra que para el área de captación y dotación (15.5 litros/Hab-día) especificada, la oferta de agua es mayor que la demanda, lo que demuestra que si es posible abastecer de agua potable durante todos los meses del año.

### Cuadro resumen

Tabla 12: Análisis de volúmenes de tanque de almacenamiento para vivienda N° 01

Área de techo (m <sup>2</sup> )	Dotación (lt /Hab - día)	Diferencias acumulativas m <sup>3</sup>	
		Máximo valor (Volumen de almacenamiento m <sup>3</sup> )	Mínimo valor (Volumen de reserva m <sup>3</sup> )
114.6	42.78	15.56	-19.67
114.6	31	35.38	0.50
57.3	15.5	17.73	0.28

Tomando como base el cuadro anterior se determinó que el sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia sería utilizar la mitad de área de techado es decir que **el área de captación sería de 57.3 m<sup>2</sup> y tanque de almacenamiento de agua de 20 m<sup>3</sup>** con una capacidad de almacenamiento extra de 2.55 m<sup>3</sup> (Ver Hoja de Cálculo en Anexo)

Los resultados obtenidos demuestran que con las precipitaciones que se dan en el lugar si es posible almacenar y proveer de agua potable a los pobladores del caserío la florida durante todo el año con una dotación de 15.5 litros/Hab-día.

### Volumen de Tanque Interceptor

Con el área de captación se definió que el tanque a usar para el lavado y evacuación de las primeras aguas de lluvia tendría una capacidad de **60 litros**.

### Sistema de Conducción

Para determinar las dimensiones de las canaletas a usar se determinó primeramente la intensidad máxima, luego se hizo del método racional para determinar el caudal y posteriormente hacer uso del programa Hcanales V. 3.0

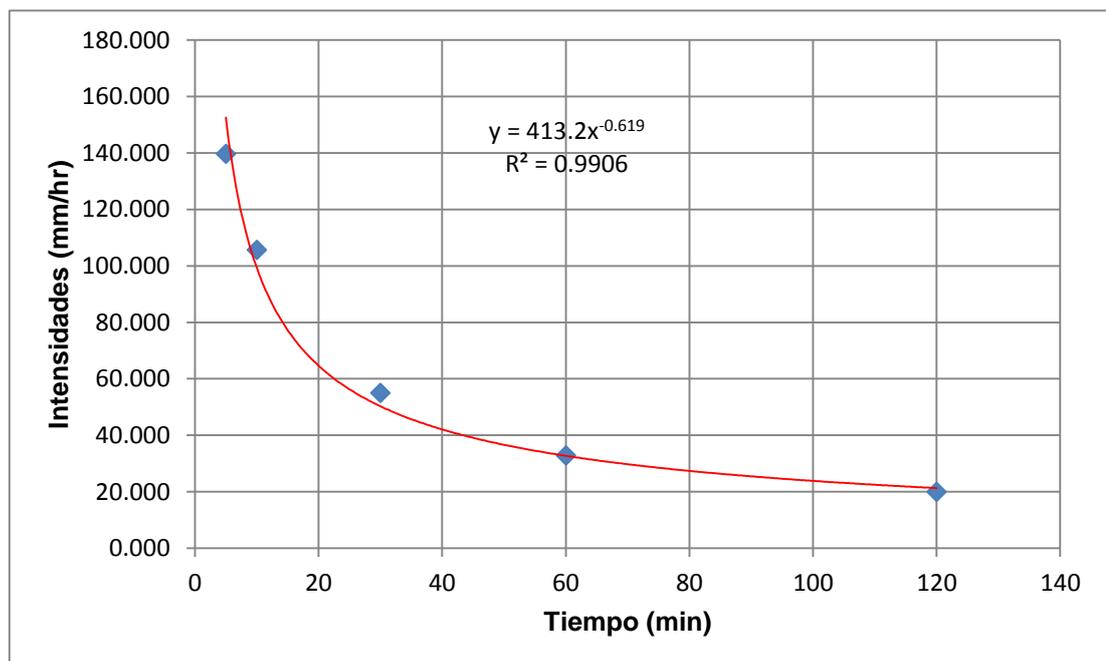
### Intensidad máxima

Según la hoja de cálculo, la gráfica y ecuación de la curva se construyó a partir de los siguientes datos.

Tabla 13: Intensidades – Duración- Tiempo de Retorno

Tiempo (min)	Intensidades (mm)
5	139.610
10	105.608
30	55.019
60	32.833
120	19.930

Gráfico 22: Curva Intensidad Vs Duración para Vivienda N° 01



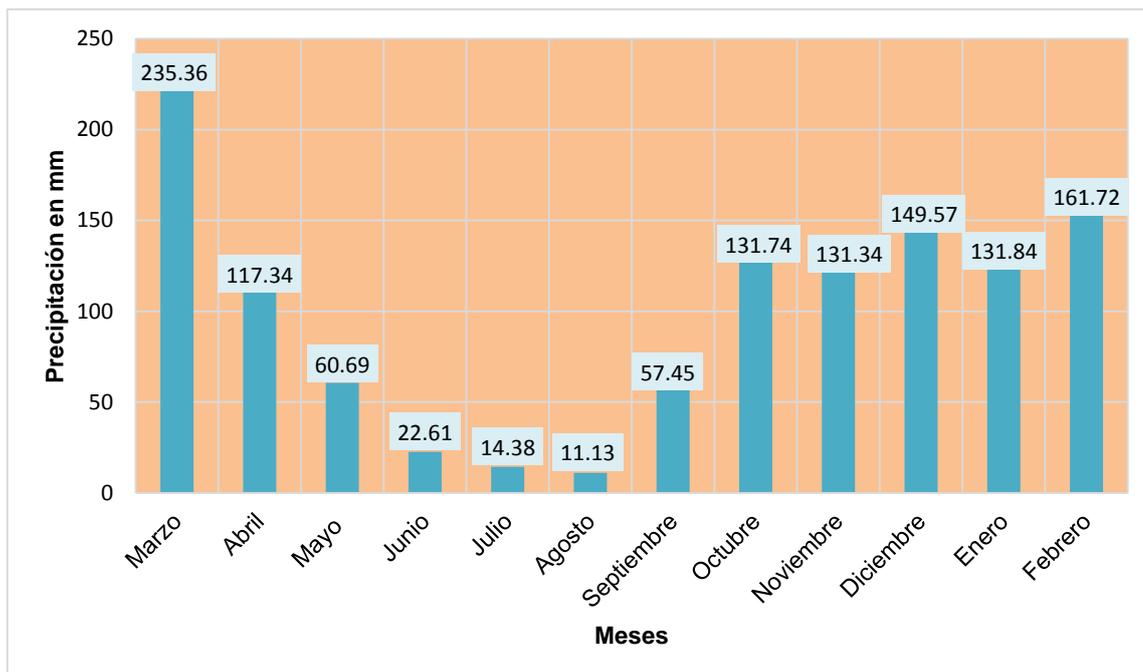
En la ecuación “x” es reemplazado por el tiempo de concentración obteniendo así para este caso una intensidad máxima de 386.276 mm/hr y un caudal de 0.005533404 m<sup>3</sup>/seg (5.53 lt/seg) con lo que según hoja adjunta de diseño de canaletas se concluye que se debe hacer uso de tubería de PVC de 6” para la elaboración de las canaletas para esta vivienda.

### 5.3. Vivienda N° 02

#### Precipitaciones en el Lugar de Estudio

A continuación presentamos las precipitaciones obtenidas con el método de Isoyetas con las cuales se trabajó.

Gráfico 23: Precipitación Mensual en Vivienda N° 02



Las precipitaciones que se muestran en el gráfico están ordenadas empezando por el mes que tiene mayor precipitación y con base al siguiente cuadro en donde E corresponde al mes de enero, F al mes de febrero y así sucesivamente las demás letras son las iniciales de los 12 meses del año.

Tabla 14: Precipitaciones promedio mensuales para vivienda N° 02

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ppi (mm)	131.84	161.72	235.36	117.34	60.69	22.61	14.38	11.13	57.45	131.74	131.34	149.57

En el grafico podemos apreciar que el mes que tiene mayor precipitación corresponde al mes de marzo y que hay 3 meses que tienen precipitaciones bajas y que corresponden a los meses de junio, julio y agosto.

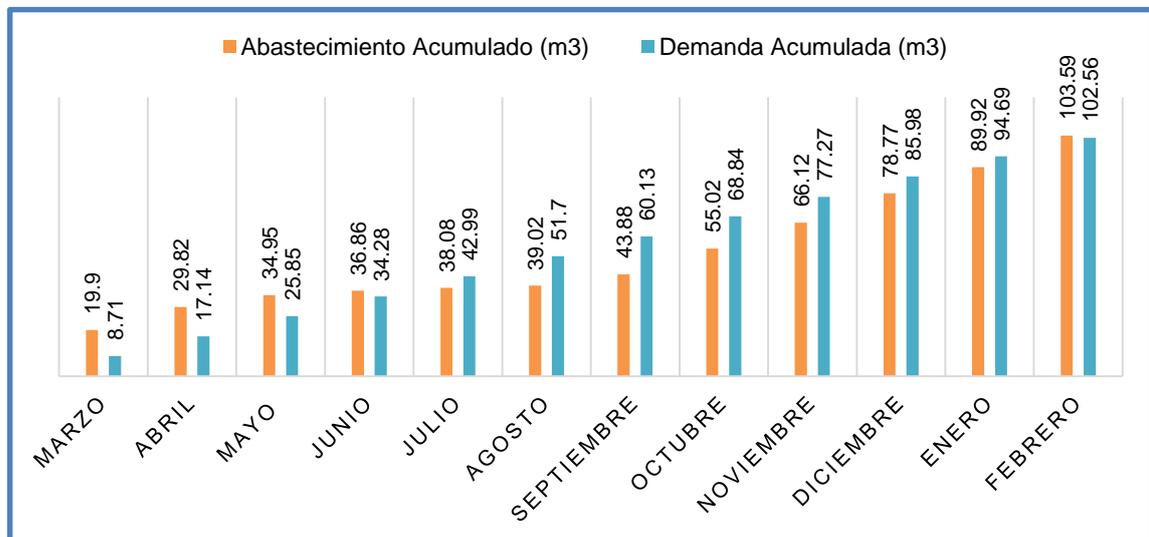
### Tanque de Almacenamiento

Para un área de Captación de 93.94 m<sup>2</sup> y una dotación de 56.21 litros/Hab-día se tiene:

Tabla 15: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 93.94 m<sup>2</sup> y dotación de 56.21 litros/Ha-Vivienda N° 02

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	235.36	19.9	19.9	8.71	8.71	11.19
30	Abril	117.34	9.92	29.82	8.43	17.14	12.68
31	Mayo	60.69	5.13	34.95	8.71	25.85	9.1
30	Junio	22.61	1.91	36.86	8.43	34.28	2.58
31	Julio	14.38	1.22	38.08	8.71	42.99	-4.91
31	Agosto	11.13	0.94	39.02	8.71	51.7	-12.68
30	Septiembre	57.45	4.86	43.88	8.43	60.13	-16.25
31	Octubre	131.74	11.14	55.02	8.71	68.84	-13.82
30	Noviembre	131.34	11.1	66.12	8.43	77.27	-11.15
31	Diciembre	149.57	12.65	78.77	8.71	85.98	-7.21
31	Enero	131.84	11.15	89.92	8.71	94.69	-4.77
28	Febrero	161.72	13.67	103.59	7.87	102.56	1.03

Gráfico 24: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 02



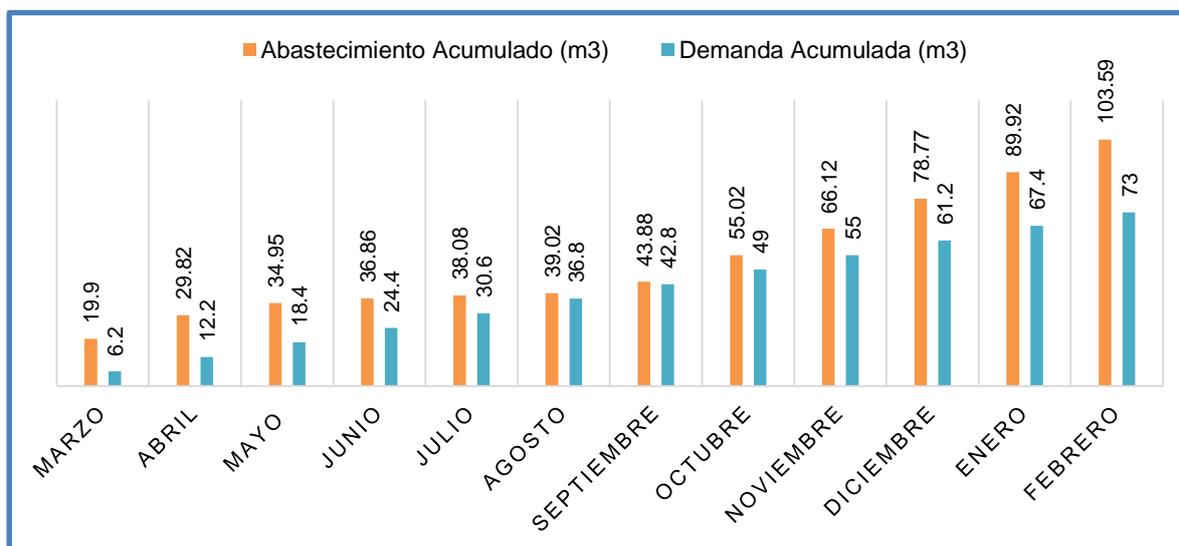
En el gráfico se aprecia que para el área de captación y dotación especificada anteriormente, la oferta de agua es menor que la demanda con lo que la familia no tendría agua por 7 meses, por lo que es necesario realizar otro análisis.

Para un área de Captación de 93.94 m<sup>2</sup> y una dotación de 40 litros/Hab-día se tiene

Tabla 16: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 93.94 m<sup>2</sup> y dotación de 40 litros/Ha-Vivienda N° 02

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	235.36	19.9	19.9	6.2	6.2	13.7
30	Abril	117.34	9.92	29.82	6	12.2	17.62
31	Mayo	60.69	5.13	34.95	6.2	18.4	16.55
30	Junio	22.61	1.91	36.86	6	24.4	12.46
31	Julio	14.38	1.22	38.08	6.2	30.6	7.48
31	Agosto	11.13	0.94	39.02	6.2	36.8	2.22
30	Septiembre	57.45	4.86	43.88	6	42.8	1.08
31	Octubre	131.74	11.14	55.02	6.2	49	6.02
30	Noviembre	131.34	11.1	66.12	6	55	11.12
31	Diciembre	149.57	12.65	78.77	6.2	61.2	17.57
31	Enero	131.84	11.15	89.92	6.2	67.4	22.52
28	Febrero	161.72	13.67	103.59	5.6	73	30.59

Gráfico 25: Oferta y demanda de agua acumulada mensual



Del gráfico podemos decir que la oferta de agua es mayor que la demanda con lo que habría que analizar si el volumen del tanque de almacenamiento es el adecuado

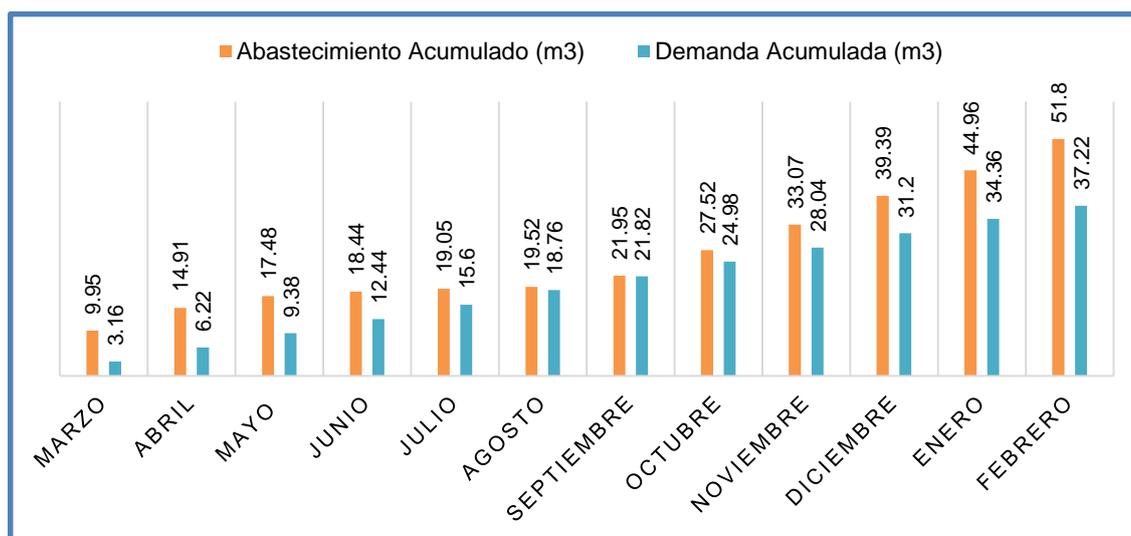
ya que como se puede apreciar en la tabla el volumen de tanque de almacenamiento sería de 30.59 m<sup>3</sup>.

Para un área de Captación de 46.97 m<sup>2</sup> y una dotación de 20.4 litros/Hab-día se tiene

Tabla 17: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 46.97 m<sup>2</sup> y dotación de 20.4 litros/Ha-Vivienda N° 02

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	235.36	9.95	9.95	3.16	3.16	6.79
30	Abril	117.34	4.96	14.91	3.06	6.22	8.69
31	Mayo	60.69	2.57	17.48	3.16	9.38	8.1
30	Junio	22.61	0.96	18.44	3.06	12.44	6
31	Julio	14.38	0.61	19.05	3.16	15.6	3.45
31	Agosto	11.13	0.47	19.52	3.16	18.76	0.76
30	Septiembre	57.45	2.43	21.95	3.06	21.82	0.13
31	Octubre	131.74	5.57	27.52	3.16	24.98	2.54
30	Noviembre	131.34	5.55	33.07	3.06	28.04	5.03
31	Diciembre	149.57	6.32	39.39	3.16	31.2	8.19
31	Enero	131.84	5.57	44.96	3.16	34.36	10.6
28	Febrero	161.72	6.84	51.8	2.86	37.22	14.58

Gráfico 26: Oferta y demanda de agua acumulada mensual



En el gráfico se muestra que para el área de captación y dotación (20.4 litros/Hab-día) especificada, la oferta de agua es mayor que la demanda, lo que demuestra que si es posible abastecer de agua potable durante todos los meses del año con un volumen de tanque de 14.58 m<sup>3</sup>.

### Cuadro resumen

Tabla 18: Análisis de volúmenes de tanque de almacenamiento para vivienda N° 02.

Área de techo (m <sup>2</sup> )	Dotación (lt /Hab - día)	Diferencias acumulativas m <sup>3</sup>	
		Máximo valor (Volumen de almacenamiento m <sup>3</sup> )	Mínimo valor (Volumen de reserva m <sup>3</sup> )
93.94	56.21	12.68	-16.25
93.94	40	30.59	1.08
46.97	20.4	14.58	0.13

Tomando como base el cuadro anterior se determinó que el sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia sería utilizar la mitad de área de techado es decir que **el área de captación sería de 46.97 m<sup>2</sup> y tanque de almacenamiento de agua de 15 m<sup>3</sup>** con una capacidad de almacenamiento extra de 0.55 m<sup>3</sup> (Ver Hoja de Cálculo en Anexo)

Los resultados obtenidos demuestran que con las precipitaciones que se dan en el lugar si es posible almacenar y proveer de agua potable a los pobladores del caserío la florida durante todo el año con una dotación de 20.4 litros/Hab-día.

### Volumen de Tanque Interceptor

Con el área de captación se definió que el tanque a usar para el lavado y evacuación de las primeras aguas de lluvia tendría una capacidad de **50 litros**.

### Sistema de Conducción

Para determinar las dimensiones de las canaletas a usar se determinó primeramente la intensidad máxima, luego se hizo del método racional para determinar el caudal y posteriormente hacer uso del programa Hcanales V. 3.0

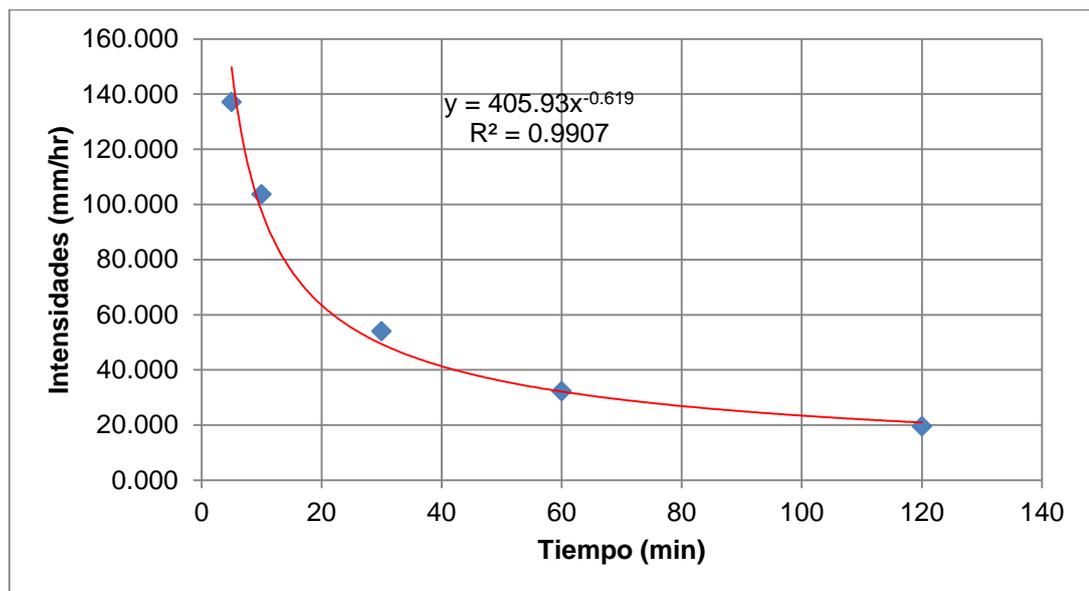
### Intensidad máxima

Según la hoja de cálculo, la gráfica y ecuación de la curva se construyó a partir de los siguientes datos.

Tabla 19: Intensidades – Duración- Tiempo de Retorno

Tiempo (min)	Intensidades (mm)
5	137.161
10	103.755
30	54.054
60	32.256
120	19.582

Gráfico 27: Curva Intensidad Vs Duración para Vivienda N° 02



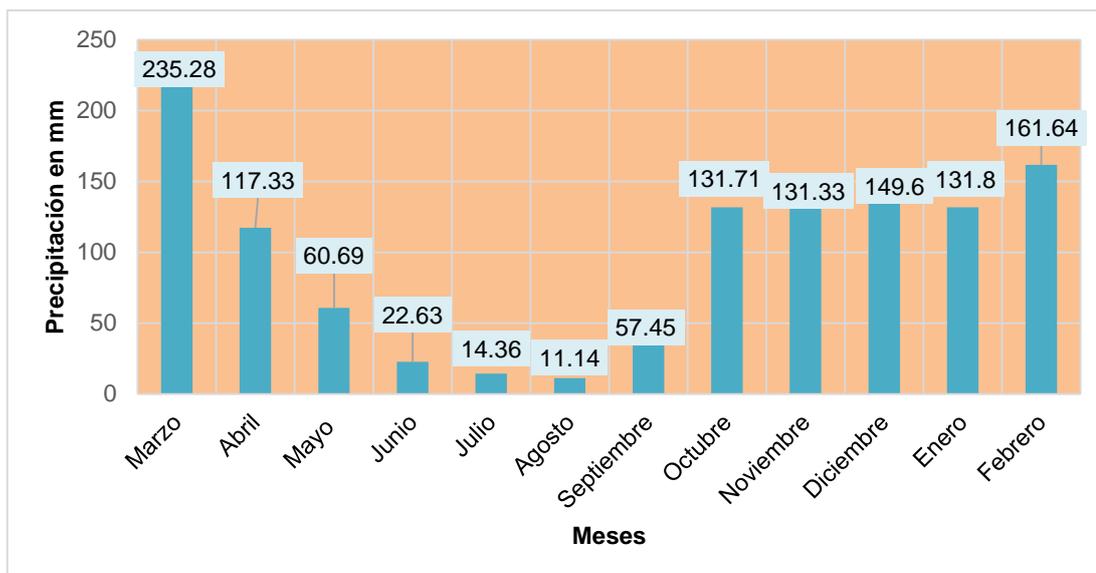
En la ecuación "x" es reemplazado por el tiempo de concentración obteniendo así para este caso una intensidad máxima de 470.437 mm/hr y un caudal de 0.005524106m<sup>3</sup>/seg (5.52 lt/seg) con lo que según hoja adjunta de diseño de canaletas se concluye que se debe hacer uso de tubería de PVC de 6" para la elaboración de las canaletas para esta vivienda.

#### 5.4. Vivienda N° 03

##### Precipitaciones en el Lugar de Estudio

A continuación presentamos las precipitaciones obtenidas con el método de Isoyetas con las cuales se trabajó.

Gráfico 28: Precipitación mensual en vivienda N° 03



Las precipitaciones que se muestran en el gráfico están ordenadas empezando por el mes que tiene mayor precipitación y con base al siguiente cuadro en donde E corresponde al mes de enero, F al mes de febrero y así sucesivamente las demás letras son las iniciales de los 12 meses del año.

Tabla 20: Precipitaciones promedio mensuales para vivienda N° 03

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ppi (mm)	131.8	161.64	235.28	117.33	60.69	22.63	14.36	11.14	57.45	131.71	131.33	149.6

En el grafico podemos apreciar que el mes que tiene mayor precipitación corresponde al mes de marzo y que hay 3 meses que tienen precipitaciones bajas y que corresponden a los meses de junio, julio y agosto.

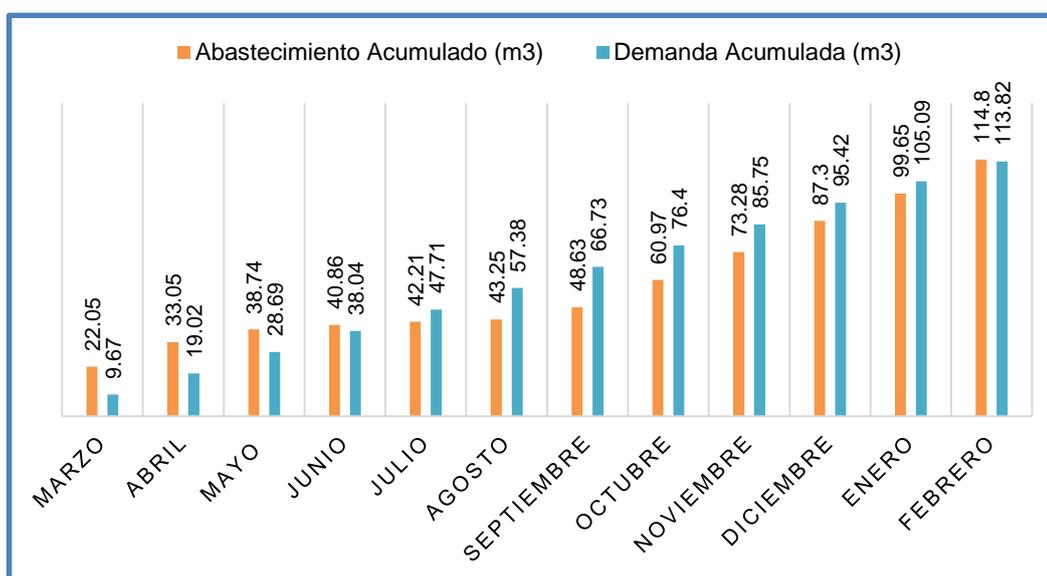
##### Tanque de Almacenamiento

Para un área de Captación de 104.14 m<sup>2</sup> y una dotación de 62.36 litros/Hab-día se tiene:

Tabla 21: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 104.14 m<sup>2</sup> y dotación de 62.36 litros/Ha-Vivienda N° 03

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	235.28	22.05	22.05	9.67	9.67	12.38
30	Abril	117.33	11	33.05	9.35	19.02	14.03
31	Mayo	60.69	5.69	38.74	9.67	28.69	10.05
30	Junio	22.63	2.12	40.86	9.35	38.04	2.82
31	Julio	14.36	1.35	42.21	9.67	47.71	-5.5
31	Agosto	11.14	1.04	43.25	9.67	57.38	-14.13
30	Septiembre	57.45	5.38	48.63	9.35	66.73	-18.1
31	Octubre	131.71	12.34	60.97	9.67	76.4	-15.43
30	Noviembre	131.33	12.31	73.28	9.35	85.75	-12.47
31	Diciembre	149.6	14.02	87.3	9.67	95.42	-8.12
31	Enero	131.8	12.35	99.65	9.67	105.09	-5.44
28	Febrero	161.64	15.15	114.8	8.73	113.82	0.98

Gráfico 29: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda 03



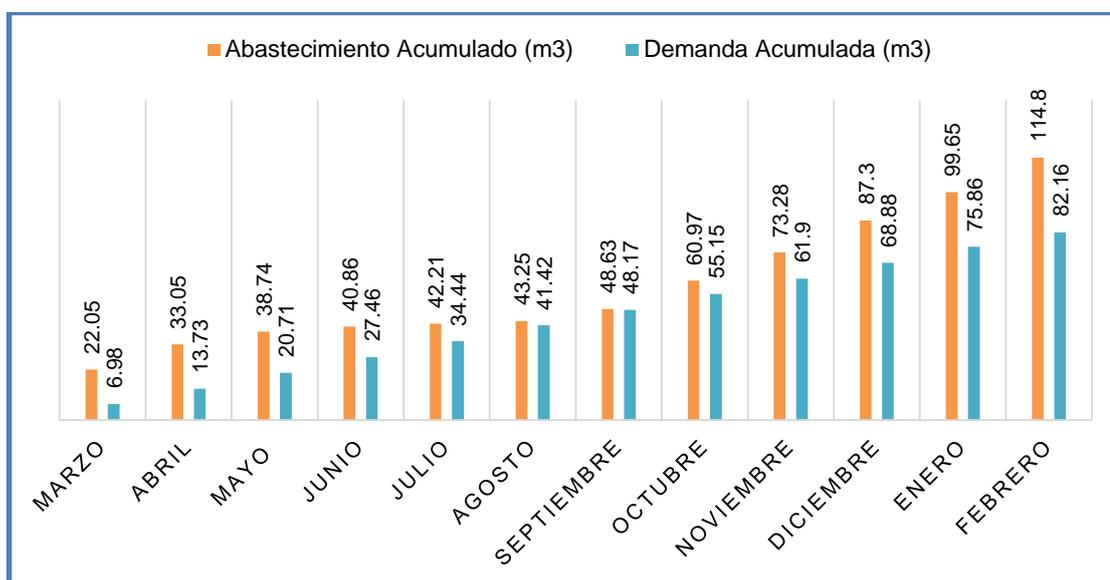
En el gráfico se aprecia que para el área de captación y dotación especificada anteriormente, la oferta de agua es menor que la demanda con lo que la familia no tendría agua por 7 meses, por lo que es necesario realizar otro análisis.

Para un área de Captación de 104.14 m<sup>2</sup> y una dotación de 45 litros/Hab-día se tiene

Tabla 22: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 104.14 m<sup>2</sup> y dotación de 45 litros/Ha-Vivienda N° 03

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	235.28	22.05	22.05	6.98	6.98	15.07
30	Abril	117.33	11	33.05	6.75	13.73	19.32
31	Mayo	60.69	5.69	38.74	6.98	20.71	18.03
30	Junio	22.63	2.12	40.86	6.75	27.46	13.4
31	Julio	14.36	1.35	42.21	6.98	34.44	7.77
31	Agosto	11.14	1.04	43.25	6.98	41.42	1.83
30	Septiembre	57.45	5.38	48.63	6.75	48.17	0.46
31	Octubre	131.71	12.34	60.97	6.98	55.15	5.82
30	Noviembre	131.33	12.31	73.28	6.75	61.9	11.38
31	Diciembre	149.6	14.02	87.3	6.98	68.88	18.42
31	Enero	131.8	12.35	99.65	6.98	75.86	23.79
28	Febrero	161.64	15.15	114.8	6.3	82.16	32.64

Gráfico 30: Oferta y demanda acumulada en vivienda N° 03



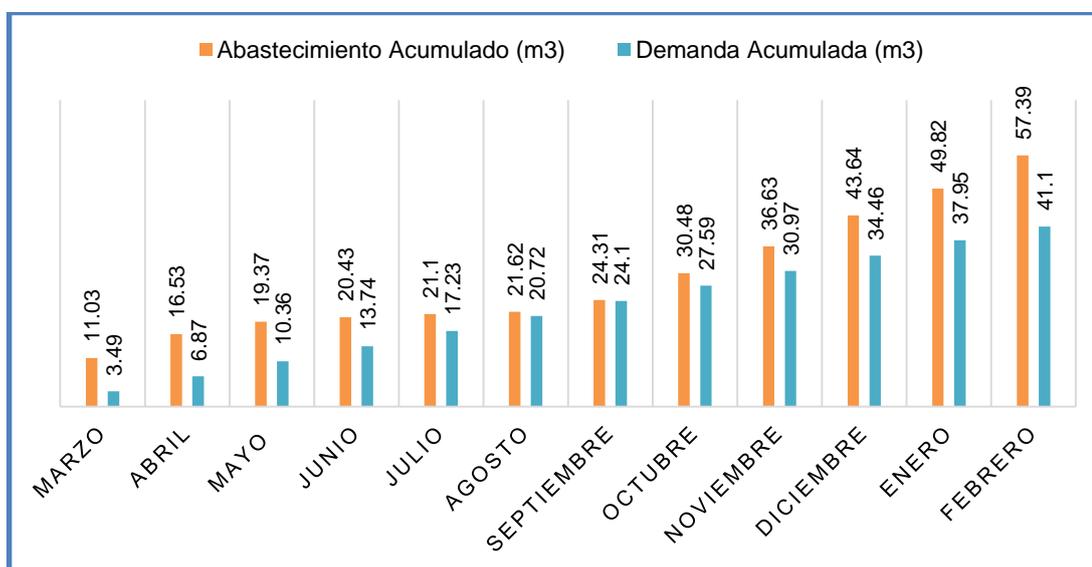
Del gráfico podemos decir que la oferta de agua es mayor que la demanda con lo que habría que analizar si el volumen del tanque de almacenamiento es el adecuado ya que como se puede apreciar en la tabla el volumen de tanque de almacenamiento sería de 32.64 m<sup>3</sup>.

Para un área de Captación de 52.07 m<sup>2</sup> y una dotación de 22.5 litros/Hab-día se tiene

Tabla 23: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 52.07 m<sup>2</sup> y dotación de 22.5 litros/Ha-Vivienda N° 03

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	235.28	11.03	11.03	3.49	3.49	7.54
30	Abril	117.33	5.5	16.53	3.38	6.87	9.66
31	Mayo	60.69	2.84	19.37	3.49	10.36	9.01
30	Junio	22.63	1.06	20.43	3.38	13.74	6.69
31	Julio	14.36	0.67	21.1	3.49	17.23	3.87
31	Agosto	11.14	0.52	21.62	3.49	20.72	0.9
30	Septiembre	57.45	2.69	24.31	3.38	24.1	0.21
31	Octubre	131.71	6.17	30.48	3.49	27.59	2.89
30	Noviembre	131.33	6.15	36.63	3.38	30.97	5.66
31	Diciembre	149.6	7.01	43.64	3.49	34.46	9.18
31	Enero	131.8	6.18	49.82	3.49	37.95	11.87
28	Febrero	161.64	7.57	57.39	3.15	41.1	16.29

Gráfico 31: Oferta y demanda acumulada en vivienda N° 03



En el gráfico se muestra que para el área de captación y dotación (22.5 litros/Hab-día) especificada, la oferta de agua es mayor que la demanda, lo que demuestra que si es posible abastecer de agua potable durante todos los meses del año con un volumen de tanque de 16.29 m<sup>3</sup>.

## Cuadro resumen

Tabla 24: Análisis de volúmenes de tanque de almacenamiento para vivienda N° 03

Área de techo (m <sup>2</sup> )	Dotación (lt /Hab - día)	Diferencias acumulativas m <sup>3</sup>	
		Máximo valor (Volumen de almacenamiento m <sup>3</sup> )	Mínimo valor (Volumen de reserva m <sup>3</sup> )
104.14	62.36	14.03	-18.10
104.14	45	32.64	0.46
52.07	22.5	16.29	0.21

Tomando como base el cuadro anterior se determinó que el sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia sería utilizar la mitad de área de techado es decir que **el área de captación sería de 52.07 m<sup>2</sup> y tanque de almacenamiento de agua de 17.5 m<sup>3</sup>** con una capacidad de almacenamiento extra de 1.42 m<sup>3</sup> (Ver Hoja de Cálculo en Anexo). Cabe mencionar que para alcanzar este volumen, son necesarios dos tanques de polietileno el primero con una capacidad de 15 m<sup>3</sup> y el segundo con una capacidad 2.5 m<sup>3</sup>.

Los resultados obtenidos demuestran que con las precipitaciones que se dan en el lugar si es posible almacenar y proveer de agua potable a los integrantes de esta familia durante todo el año con una dotación de 22.5 litros/Hab-día.

### Volumen de Tanque Interceptor

Con el área de captación se definió que el tanque a usar para el lavado y evacuación de las primeras aguas de lluvia tendría una capacidad de **60 litros**.

### Sistema de Conducción

Para determinar las dimensiones de las canaletas a usar se determinó primeramente la intensidad máxima, luego se hizo del método racional para determinar el caudal y posteriormente hacer uso del programa Hcanales V. 3.0

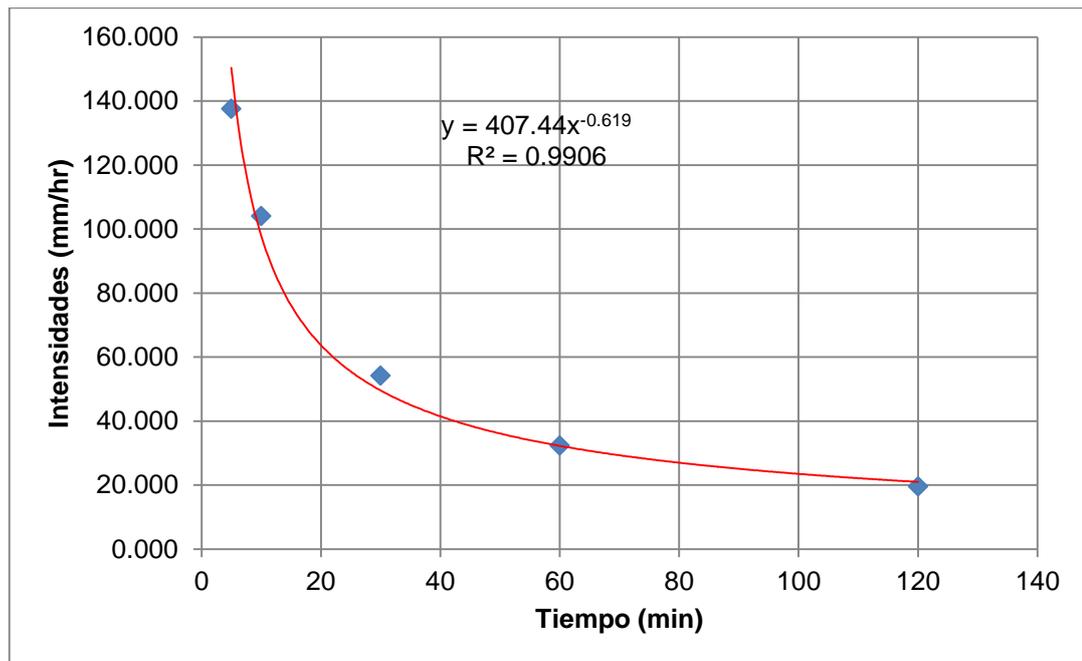
### Intensidad máxima

Según la hoja de cálculo, la gráfica y ecuación de la curva se construyó a partir de los siguientes datos.

Tabla 25: Intensidades – Duración- Tiempo de Retorno

Tiempo (min)	Intensidades (mm)
5	137.666
10	104.138
30	54.255
60	32.376
120	19.653

Gráfico 32: Curva Intensidad Vs Duración en vivienda N° 03



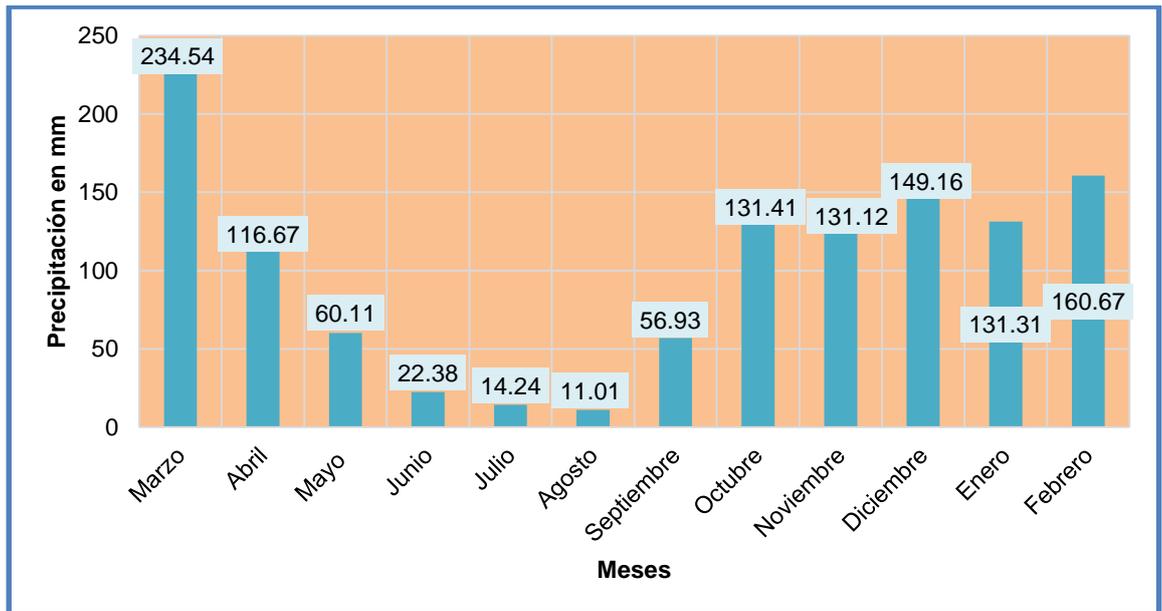
En la ecuación “x” es reemplazado por el tiempo de concentración obteniendo así para este caso una intensidad máxima de 365.278 mm/hr y un caudal de 0.006252646 m<sup>3</sup>/seg (6.25 lt/seg) con lo que según hoja adjunta de diseño de canaletas se concluye que se debe hacer uso de tubería de PVC de 6” para la elaboración de las canaletas para esta vivienda.

## 5.5. Vivienda N° 04

### Precipitaciones en el Lugar de Estudio

A continuación presentamos las precipitaciones obtenidas con el método de Isoyetas con las cuales se trabajó.

Gráfico 33: Precipitación mensual en vivienda N° 04



Las precipitaciones que se muestran en el gráfico están ordenadas empezando por el mes que tiene mayor precipitación y con base al siguiente cuadro en donde E corresponde al mes de enero, F al mes de febrero y así sucesivamente las demás letras son las iniciales de los 12 meses del año.

Tabla 26: Precipitaciones promedio mensuales para vivienda N° 04

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ppi (mm)	131.31	160.67	234.54	116.67	60.11	22.38	14.24	11.01	56.93	131.41	131.12	149.16

En el grafico podemos apreciar que el mes que tiene mayor precipitación corresponde al mes de marzo y que hay 3 meses que tienen precipitaciones bajas y que corresponden a los meses de junio, julio y agosto.

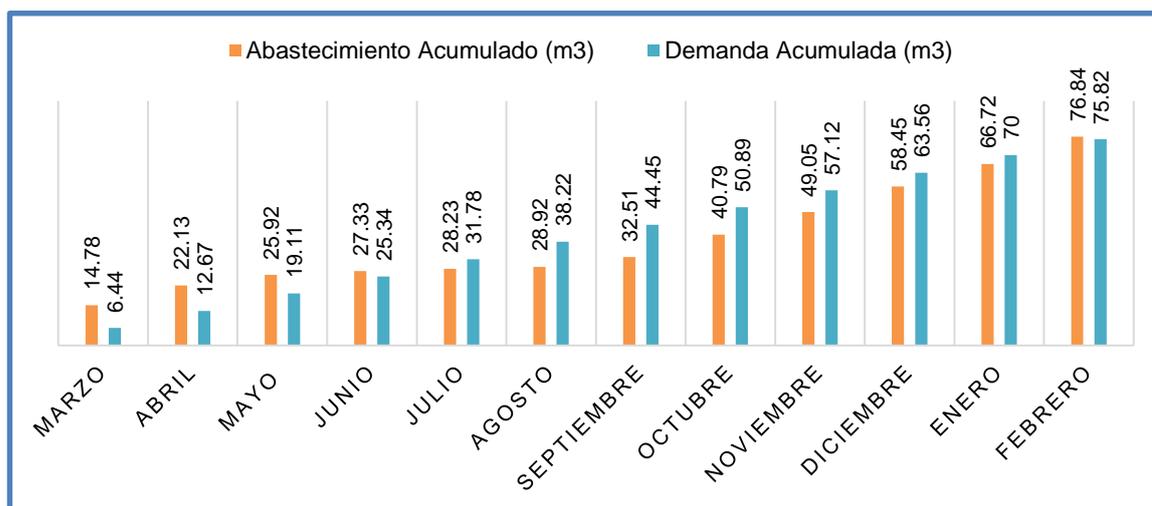
## Tanque de Almacenamiento

Para un área de Captación de 70 m<sup>2</sup> y una dotación de 25.97 litros/Hab-día se tiene:

Tabla 27: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 70 m<sup>2</sup> y dotación de 25.97 litros/Ha-Vivienda N° 04

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m3)		Demanda (m3)		Diferencia (m3)
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	234.54	14.78	14.78	6.44	6.44	8.34
30	Abril	116.67	7.35	22.13	6.23	12.67	9.46
31	Mayo	60.11	3.79	25.92	6.44	19.11	6.81
30	Junio	22.38	1.41	27.33	6.23	25.34	1.99
31	Julio	14.24	0.9	28.23	6.44	31.78	-3.55
31	Agosto	11.01	0.69	28.92	6.44	38.22	-9.3
30	Septiembre	56.93	3.59	32.51	6.23	44.45	-11.94
31	Octubre	131.41	8.28	40.79	6.44	50.89	-10.1
30	Noviembre	131.12	8.26	49.05	6.23	57.12	-8.07
31	Diciembre	149.16	9.4	58.45	6.44	63.56	-5.11
31	Enero	131.31	8.27	66.72	6.44	70	-3.28
28	Febrero	160.67	10.12	76.84	5.82	75.82	1.02

Gráfico 34: Oferta y demanda acumulada en vivienda N° 04



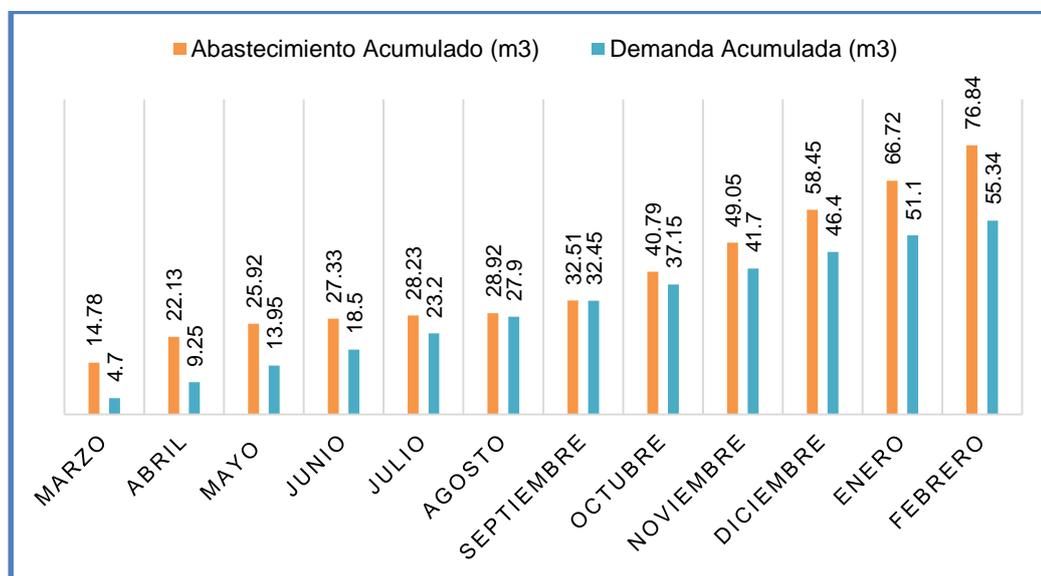
En el gráfico se aprecia que para el área de captación y dotación especificada anteriormente, la oferta de agua es menor que la demanda con lo que la familia no tendría agua por 7 meses, por lo que es necesario realizar otro análisis.

Para un área de Captación de 70 m<sup>2</sup> y una dotación de 18.95 litros/Hab-día se tiene

Tabla 28: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 70 m<sup>2</sup> y dotación de 18.95 litros/Ha-Vivienda N° 04

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	234.54	14.78	14.78	4.7	4.7	10.08
30	Abril	116.67	7.35	22.13	4.55	9.25	12.88
31	Mayo	60.11	3.79	25.92	4.7	13.95	11.97
30	Junio	22.38	1.41	27.33	4.55	18.5	8.83
31	Julio	14.24	0.9	28.23	4.7	23.2	5.03
31	Agosto	11.01	0.69	28.92	4.7	27.9	1.02
30	Septiembre	56.93	3.59	32.51	4.55	32.45	0.06
31	Octubre	131.41	8.28	40.79	4.7	37.15	3.64
30	Noviembre	131.12	8.26	49.05	4.55	41.7	7.35
31	Diciembre	149.16	9.4	58.45	4.7	46.4	12.05
31	Enero	131.31	8.27	66.72	4.7	51.1	15.62
28	Febrero	160.67	10.12	76.84	4.24	55.34	21.5

Gráfico 35: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 04



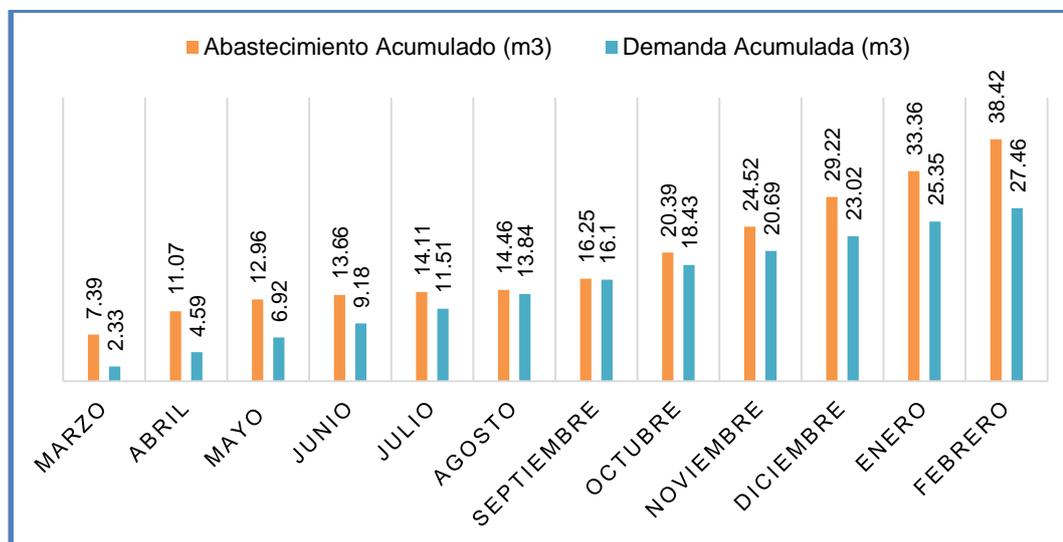
Del gráfico podemos decir que la oferta de agua es mayor que la demanda con lo que habría que analizar si el volumen del tanque de almacenamiento es el adecuado ya que como se puede apreciar en la tabla el volumen de tanque de almacenamiento sería de 21.5 m<sup>3</sup>.

Para un área de Captación de 35 m<sup>2</sup> y una dotación de 9.4 litros/Hab-día se tiene

Tabla 29: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 35 m<sup>2</sup> y dotación de 9.4 litros/Ha-Vivienda N° 04

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m3)		Demanda (m3)		Diferencia (m3)
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	234.54	7.39	7.39	2.33	2.33	5.06
30	Abril	116.67	3.68	11.07	2.26	4.59	6.48
31	Mayo	60.11	1.89	12.96	2.33	6.92	6.04
30	Junio	22.38	0.7	13.66	2.26	9.18	4.48
31	Julio	14.24	0.45	14.11	2.33	11.51	2.6
31	Agosto	11.01	0.35	14.46	2.33	13.84	0.62
30	Septiembre	56.93	1.79	16.25	2.26	16.1	0.15
31	Octubre	131.41	4.14	20.39	2.33	18.43	1.96
30	Noviembre	131.12	4.13	24.52	2.26	20.69	3.83
31	Diciembre	149.16	4.7	29.22	2.33	23.02	6.2
31	Enero	131.31	4.14	33.36	2.33	25.35	8.01
28	Febrero	160.67	5.06	38.42	2.11	27.46	10.96

Gráfico 36: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 04



En el gráfico se muestra que para el área de captación y dotación (9.4 litros/Hab-día) especificada, la oferta de agua es mayor que la demanda, lo que demuestra que si es posible abastecer de agua potable durante todos los meses del año con un volumen de tanque de 10.96 m<sup>3</sup>.

## Cuadro resumen

Tabla 30: Análisis de volúmenes de tanque de almacenamiento para vivienda N° 04

Área de techo (m <sup>2</sup> )	Dotación (lt /Hab - día)	Diferencias acumulativas m <sup>3</sup>	
		Máximo valor (Volumen de almacenamiento m <sup>3</sup> )	Mínimo valor (Volumen de reserva m <sup>3</sup> )
70	25.97	9.46	-11.94
70	18.95	21.50	0.06
35	9.4	10.96	0.15

Tomando como base el cuadro anterior se determinó que el sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia sería utilizar la mitad de área de techado es decir que **el área de captación sería de 35 m<sup>2</sup> y tanque de almacenamiento de agua de 10.96 m<sup>3</sup>** con una capacidad de almacenamiento extra de 0.15 m<sup>3</sup> (Ver Hoja de Cálculo en Anexo). Cabe mencionar que para alcanzar este volumen, es necesario un tanque de polietileno con una capacidad 12.5 m<sup>3</sup>.

Los resultados obtenidos demuestran que con las precipitaciones que se dan en el lugar si es posible almacenar y proveer de agua potable durante todo el año con una dotación de 9.4 litros/Hab-día.

### Volumen de Tanque Interceptor

Con el área de captación se definió que el tanque a usar para el lavado y evacuación de las primeras aguas de lluvia tendría una capacidad de **35 litros**.

### Sistema de Conducción

Para determinar las dimensiones de las canaletas a usar se determinó primeramente la intensidad máxima, luego se hizo del método racional para determinar el caudal y posteriormente hacer uso del programa Hcanales V. 3.0

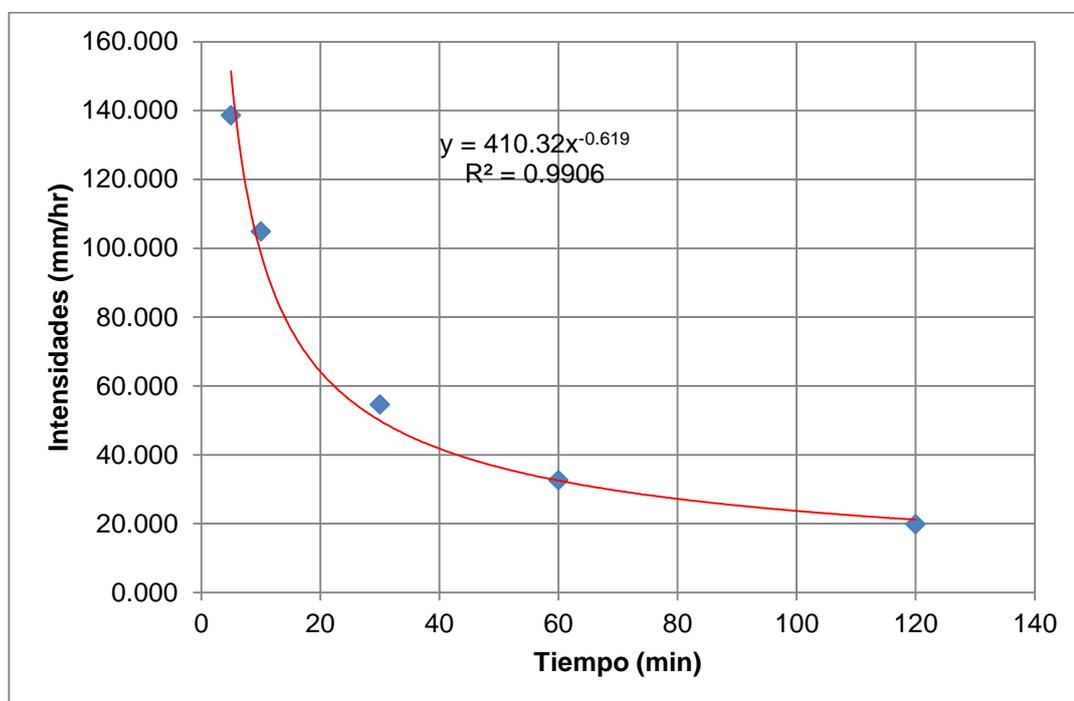
### Intensidad máxima

Según la hoja de cálculo, la gráfica y ecuación de la curva se construyó a partir de los siguientes datos.

Tabla 31: Intensidades – Duración- Tiempo de Retorno

Tiempo (min)	Intensidades (mm)
5	138.637
10	104.873
30	54.637
60	32.605
120	19.791

Gráfico 37: Curva Intensidad Vs Duración



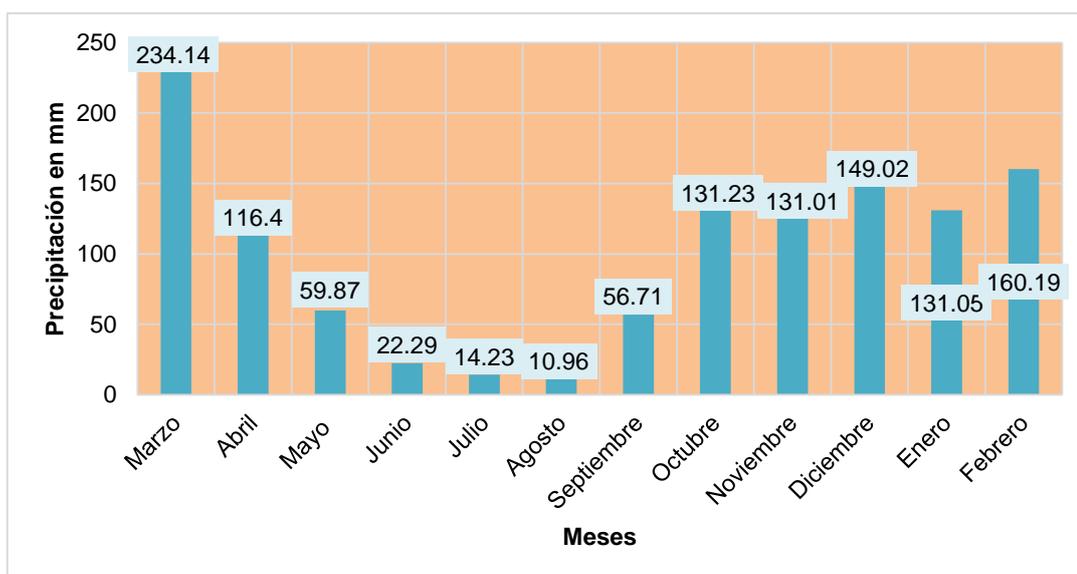
En la ecuación “x” es reemplazado por el tiempo de concentración obteniendo así para este caso una intensidad máxima de 522.86 mm/hr y un caudal de 0.004575025m<sup>3</sup>/seg (4.58 lt/seg) con lo que según hoja adjunta de diseño de canaletas se concluye que se debe hacer uso de tubería de PVC de 6” para la elaboración de las canaletas para esta vivienda.

## 5.6. Vivienda N° 05

### Precipitaciones en el Lugar de Estudio

A continuación presentamos las precipitaciones obtenidas con el método de Isoyetas con las cuales se trabajó.

Tabla 32: Precipitación mensual en vivienda N° 05



Las precipitaciones que se muestran en el gráfico están ordenadas empezando por el mes que tiene mayor precipitación y con base al siguiente cuadro en donde E corresponde al mes de enero, F al mes de febrero y así sucesivamente las demás letras son las iniciales de los 12 meses del año.

Tabla 33: Precipitaciones promedio mensuales para vivienda N° 05

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ppi (mm)	131.05	160.19	234.14	116.4	59.87	22.29	14.23	10.96	56.71	131.23	131.01	149.02

En el grafico podemos apreciar que el mes que tiene mayor precipitación corresponde al mes de marzo y que hay 3 meses que tienen precipitaciones bajas y que corresponden a los meses de junio, julio y agosto.

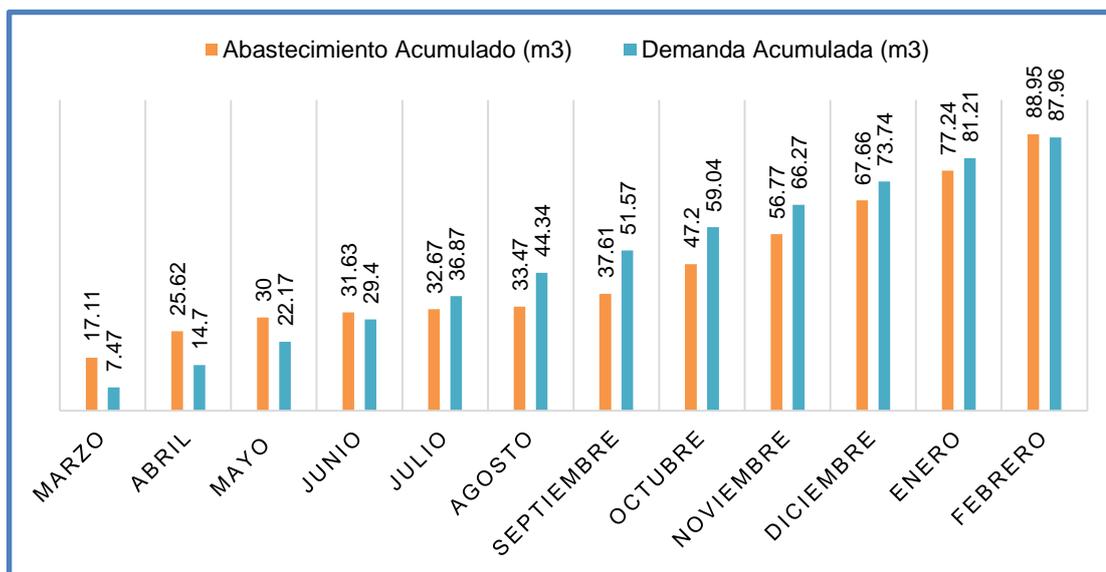
## Tanque de Almacenamiento

Para un área de Captación de 81.2 m<sup>2</sup> y una dotación de 30.12 litros/Hab-día se tiene:

Tabla 34: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 81.2 m<sup>2</sup> y dotación de 30.12 litros/Ha-Vivienda N° 05

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m3)		Demanda (m3)		Diferencia (m3)
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	234.14	17.11	17.11	7.47	7.47	9.64
30	Abril	116.4	8.51	25.62	7.23	14.7	10.92
31	Mayo	59.87	4.38	30	7.47	22.17	7.83
30	Junio	22.29	1.63	31.63	7.23	29.4	2.23
31	Julio	14.23	1.04	32.67	7.47	36.87	-4.2
31	Agosto	10.96	0.8	33.47	7.47	44.34	-10.87
30	Septiembre	56.71	4.14	37.61	7.23	51.57	-13.96
31	Octubre	131.23	9.59	47.2	7.47	59.04	-11.84
30	Noviembre	131.01	9.57	56.77	7.23	66.27	-9.5
31	Diciembre	149.02	10.89	67.66	7.47	73.74	-6.08
31	Enero	131.05	9.58	77.24	7.47	81.21	-3.97
28	Febrero	160.19	11.71	88.95	6.75	87.96	0.99

Gráfico 38: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 05



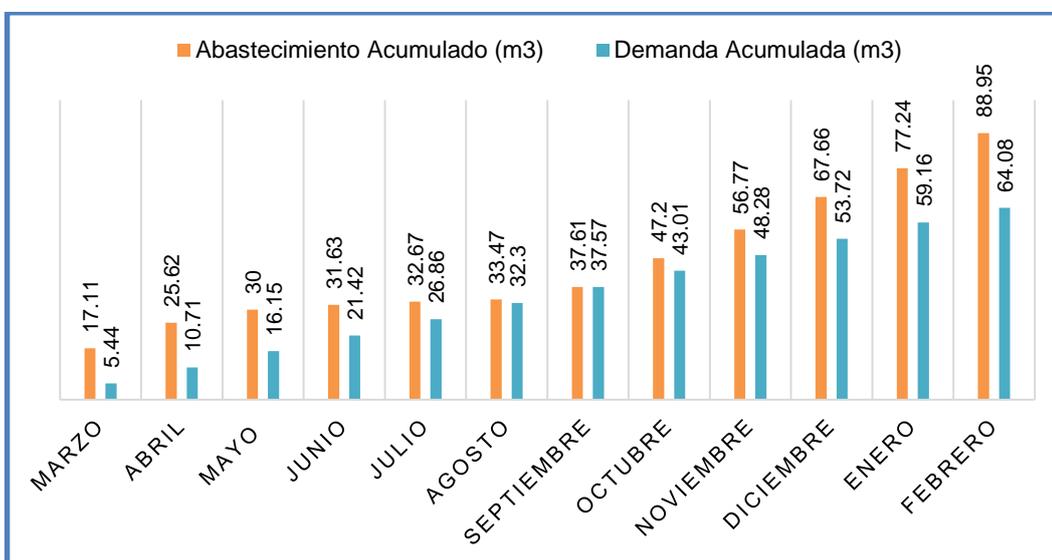
En el gráfico se aprecia que para el área de captación y dotación especificada anteriormente, la oferta de agua es menor que la demanda con lo que la familia no tendría agua por 7 meses, por lo que es necesario realizar otro análisis.

Para un área de Captación de 81.2 m<sup>2</sup> y una dotación de 21.95 litros/Hab-día se tiene

Tabla 35: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 81.2 m<sup>2</sup> y dotación de 21.95 litros/Ha-Vivienda N° 05

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	234.14	17.11	17.11	5.44	5.44	11.67
30	Abril	116.4	8.51	25.62	5.27	10.71	14.91
31	Mayo	59.87	4.38	30	5.44	16.15	13.85
30	Junio	22.29	1.63	31.63	5.27	21.42	10.21
31	Julio	14.23	1.04	32.67	5.44	26.86	5.81
31	Agosto	10.96	0.8	33.47	5.44	32.3	1.17
30	Septiembre	56.71	4.14	37.61	5.27	37.57	0.04
31	Octubre	131.23	9.59	47.2	5.44	43.01	4.19
30	Noviembre	131.01	9.57	56.77	5.27	48.28	8.49
31	Diciembre	149.02	10.89	67.66	5.44	53.72	13.94
31	Enero	131.05	9.58	77.24	5.44	59.16	18.08
28	Febrero	160.19	11.71	88.95	4.92	64.08	24.87

Gráfico 39: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 05



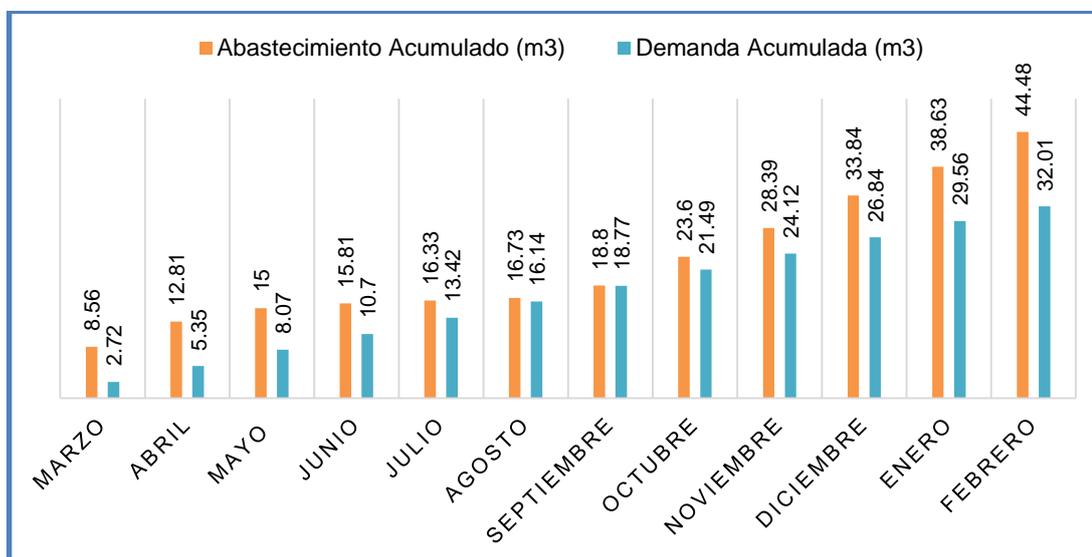
Del gráfico podemos decir que la oferta de agua es mayor que la demanda con lo que habría que analizar si el volumen del tanque de almacenamiento es el adecuado ya que como se puede apreciar en la tabla el volumen de tanque de almacenamiento sería de 24.87 m<sup>3</sup>.

Para un área de Captación de 40.6 m<sup>2</sup> y una dotación de 10.95 litros/Hab-día se tiene

Tabla 36: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 40.6 m<sup>2</sup> y dotación de 10.95 litros/Ha-Vivienda N° 05

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	234.14	8.56	8.56	2.72	2.72	5.84
30	Abril	116.4	4.25	12.81	2.63	5.35	7.46
31	Mayo	59.87	2.19	15	2.72	8.07	6.93
30	Junio	22.29	0.81	15.81	2.63	10.7	5.11
31	Julio	14.23	0.52	16.33	2.72	13.42	2.91
31	Agosto	10.96	0.4	16.73	2.72	16.14	0.59
30	Septiembre	56.71	2.07	18.8	2.63	18.77	0.03
31	Octubre	131.23	4.8	23.6	2.72	21.49	2.11
30	Noviembre	131.01	4.79	28.39	2.63	24.12	4.27
31	Diciembre	149.02	5.45	33.84	2.72	26.84	7
31	Enero	131.05	4.79	38.63	2.72	29.56	9.07
28	Febrero	160.19	5.85	44.48	2.45	32.01	12.47

Gráfico 40: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 05



En el gráfico se muestra que para el área de captación y dotación (10.95 litros/Hab-día) especificada, la oferta de agua es mayor que la demanda, lo que demuestra que si es posible abastecer de agua potable durante todos los meses del año con un volumen de tanque de 12.47 m<sup>3</sup>.

## Cuadro resumen

Tabla 37: Análisis de volúmenes de tanque de almacenamiento para vivienda N° 05

Área de techo (m <sup>2</sup> )	Dotación (lt /Hab - día)	Diferencias acumulativas m <sup>3</sup>	
		Máximo valor (Volumen de almacenamiento m <sup>3</sup> )	Mínimo valor (Volumen de reserva m <sup>3</sup> )
81.2	30.12	10.92	-13.96
81.2	21.95	24.87	0.04
40.6	10.95	12.47	0.03

Tomando como base el cuadro anterior se determinó que el sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia sería utilizar la mitad de área de techado es decir que **el área de captación sería de 40.6 m<sup>2</sup> y tanque de almacenamiento de agua de 15 m<sup>3</sup>** con una capacidad de almacenamiento extra de 2.56 m<sup>3</sup> (Ver Hoja de Cálculo en Anexo). Cabe mencionar que para alcanzar este volumen, es necesario un tanque de polietileno con una capacidad 15 m<sup>3</sup>.

Los resultados obtenidos demuestran que con las precipitaciones que se dan en el lugar si es posible almacenar y proveer de agua potable durante todo el año con una dotación de 10.95 litros/Hab-día.

### Volumen de Tanque Interceptor

Con el área de captación se definió que el tanque a usar para el lavado y evacuación de las primeras aguas de lluvia tendría una capacidad de **50 litros**.

### Sistema de Conducción

Para determinar las dimensiones de las canaletas a usar se determinó primeramente la intensidad máxima, luego se hizo del método racional para determinar el caudal y posteriormente hacer uso del programa Hcanales V. 3.0

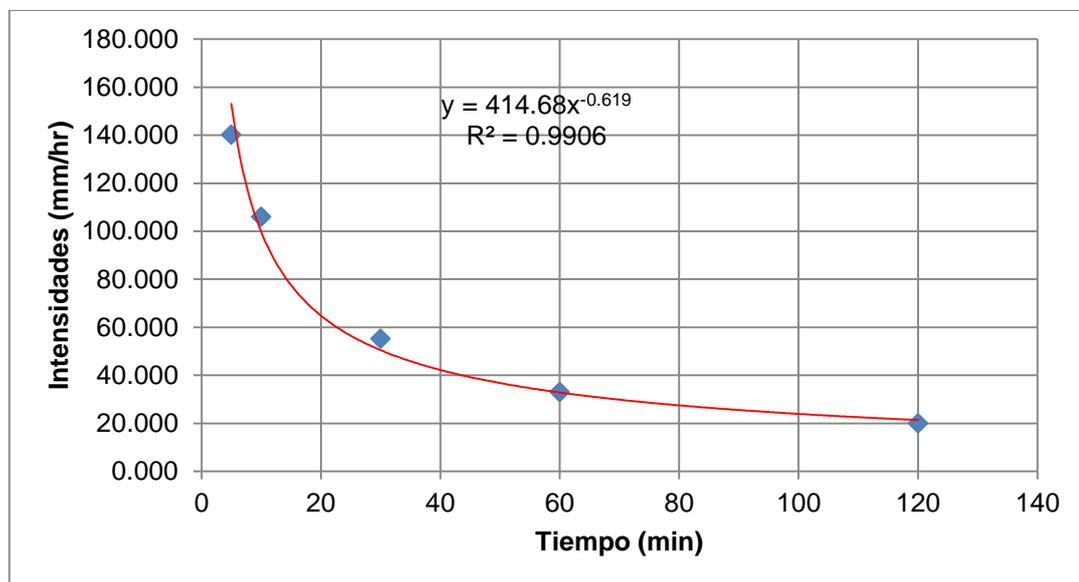
### Intensidad máxima

Según la hoja de cálculo, la gráfica y ecuación de la curva se construyó a partir de los siguientes datos.

Tabla 38: Intensidades – Duración- Tiempo de Retorno

Tiempo (min)	Intensidades (mm)
5	140.115
10	105.991
30	55.219
60	32.952
120	20.004

Gráfico 41: Curva Intensidad Vs Duración en Vivienda N° 05



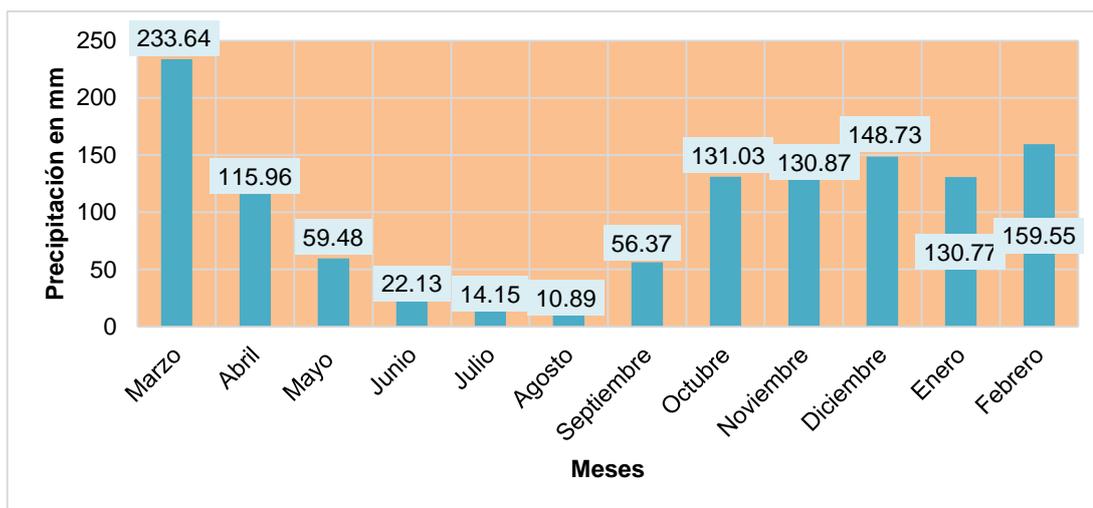
En la ecuación “x” es reemplazado por el tiempo de concentración obteniendo así para este caso una intensidad máxima de 492.264 mm/hr y un caudal de 0.00499648 m<sup>3</sup>/seg (5 lt/seg) con lo que según hoja adjunta de diseño de canaletas se concluye que se debe hacer uso de tubería de PVC de 6” para la elaboración de las canaletas para esta vivienda.

## 5.7. Vivienda N° 06

### Precipitaciones en el Lugar de Estudio

A continuación presentamos las precipitaciones obtenidas con el método de Isoyetas con las cuales se trabajó.

Gráfico 42: Precipitación mensual en vivienda N° 06



Las precipitaciones que se muestran en el gráfico están ordenadas empezando por el mes que tiene mayor precipitación y con base al siguiente cuadro en donde E corresponde al mes de enero, F al mes de febrero y así sucesivamente las demás letras son las iniciales de los 12 meses del año.

Tabla 39: Precipitaciones promedio mensuales para vivienda N° 06

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ppi (mm)	130.77	159.55	233.64	115.96	59.48	22.13	14.15	10.89	56.37	131.03	130.87	148.73

En el grafico podemos apreciar que el mes que tiene mayor precipitación corresponde al mes de marzo y que hay 3 meses que tienen precipitaciones bajas y que corresponden a los meses de junio, julio y agosto.

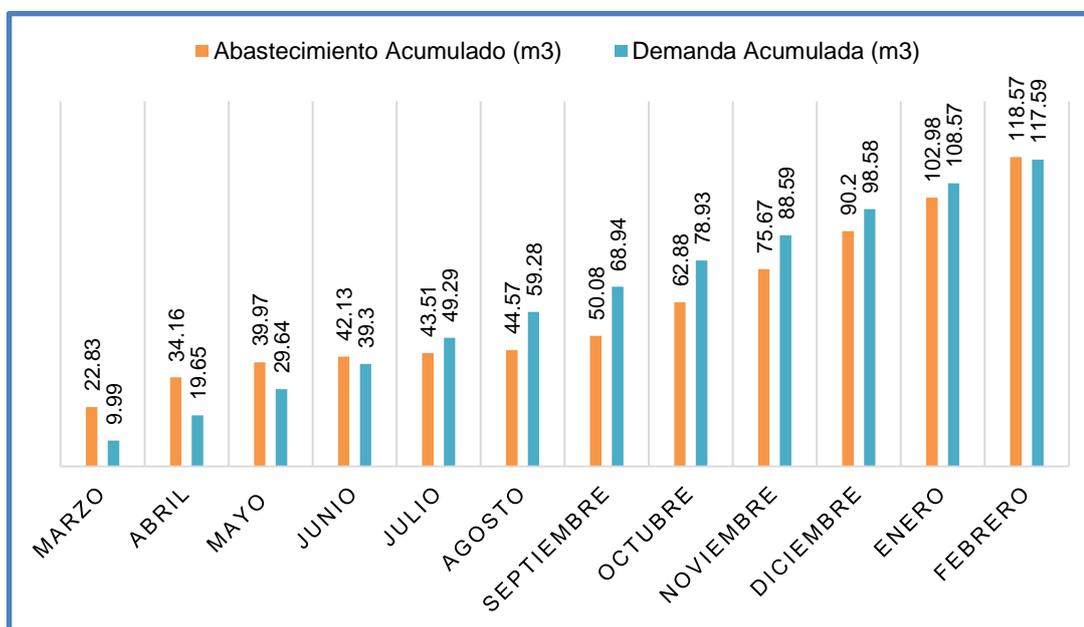
### Tanque de Almacenamiento

Para un área de Captación de 108,55 m<sup>2</sup> y una dotación de 35.79 litros/Hab-día se tiene:

Tabla 40: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 108.55 m<sup>2</sup> y dotación de 35.79 litros/Ha-Vivienda N° 06

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	233.64	22.83	22.83	9.99	9.99	12.84
30	Abril	115.96	11.33	34.16	9.66	19.65	14.51
31	Mayo	59.48	5.81	39.97	9.99	29.64	10.33
30	Junio	22.13	2.16	42.13	9.66	39.3	2.83
31	Julio	14.15	1.38	43.51	9.99	49.29	-5.78
31	Agosto	10.89	1.06	44.57	9.99	59.28	-14.71
30	Septiembre	56.37	5.51	50.08	9.66	68.94	-18.86
31	Octubre	131.03	12.8	62.88	9.99	78.93	-16.05
30	Noviembre	130.87	12.79	75.67	9.66	88.59	-12.92
31	Diciembre	148.73	14.53	90.2	9.99	98.58	-8.38
31	Enero	130.77	12.78	102.98	9.99	108.57	-5.59
28	Febrero	159.55	15.59	118.57	9.02	117.59	0.98

Gráfico 43: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 06



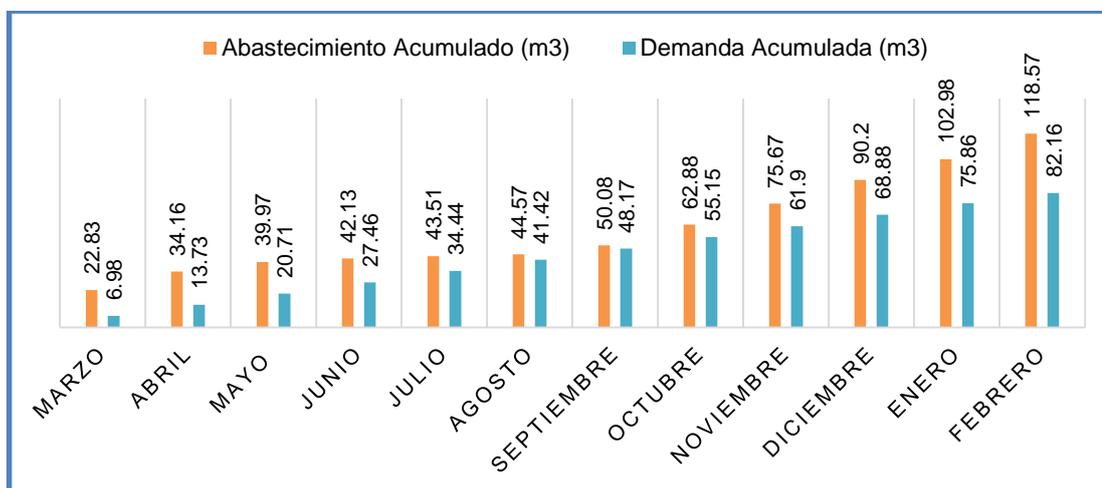
En el gráfico se aprecia que para el área de captación y dotación especificada anteriormente, la oferta de agua es menor que la demanda con lo que la familia no tendría agua por 7 meses, por lo que es necesario realizar otro análisis.

Para un área de Captación de 108.55 m<sup>2</sup> y una dotación de 25 litros/Hab-día se tiene

Tabla 41: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 108.55 m<sup>2</sup> y dotación de 25 litros/Ha-Vivienda N° 06

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	233.64	22.83	22.83	6.98	6.98	15.85
30	Abril	115.96	11.33	34.16	6.75	13.73	20.43
31	Mayo	59.48	5.81	39.97	6.98	20.71	19.26
30	Junio	22.13	2.16	42.13	6.75	27.46	14.67
31	Julio	14.15	1.38	43.51	6.98	34.44	9.07
31	Agosto	10.89	1.06	44.57	6.98	41.42	3.15
30	Septiembre	56.37	5.51	50.08	6.75	48.17	1.91
31	Octubre	131.03	12.8	62.88	6.98	55.15	7.73
30	Noviembre	130.87	12.79	75.67	6.75	61.9	13.77
31	Diciembre	148.73	14.53	90.2	6.98	68.88	21.32
31	Enero	130.77	12.78	102.98	6.98	75.86	27.12
28	Febrero	159.55	15.59	118.57	6.3	82.16	36.41

Gráfico 44: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 06



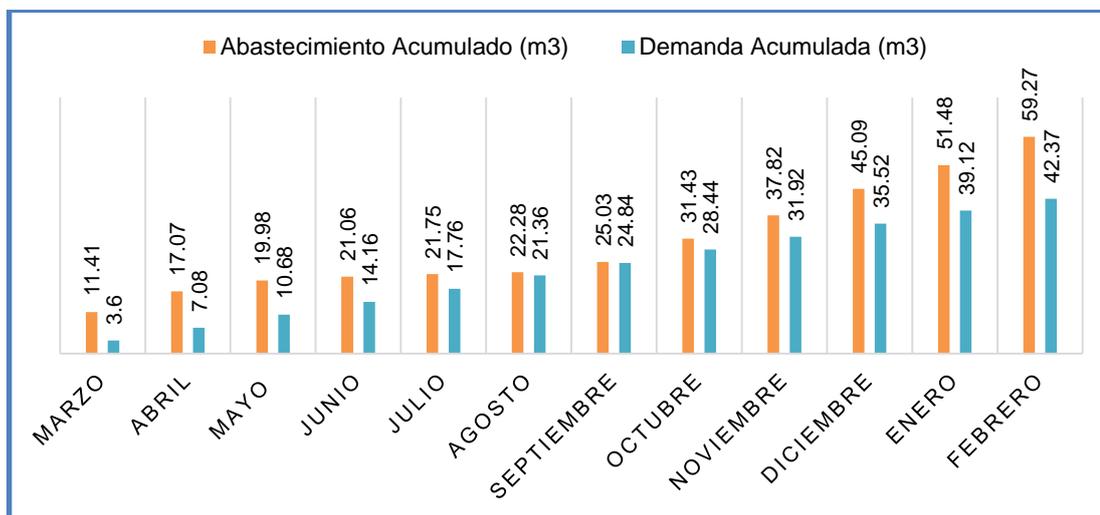
Del gráfico podemos decir que la oferta de agua es mayor que la demanda con lo que habría que analizar si el volumen del tanque de almacenamiento es el adecuado ya que como se puede apreciar en la tabla el volumen de tanque de almacenamiento sería de 36.41 m<sup>3</sup>.

Para un área de Captación de 54.275 m<sup>2</sup> y una dotación de 12.9 litros/Hab-día se tiene

Tabla 42: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 54.275 m<sup>2</sup> y dotación de 12.9 litros/Ha-Vivienda N° 06

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	233.64	11.41	11.41	3.6	3.6	7.81
30	Abril	115.96	5.66	17.07	3.48	7.08	9.99
31	Mayo	59.48	2.91	19.98	3.6	10.68	9.3
30	Junio	22.13	1.08	21.06	3.48	14.16	6.9
31	Julio	14.15	0.69	21.75	3.6	17.76	3.99
31	Agosto	10.89	0.53	22.28	3.6	21.36	0.92
30	Septiembre	56.37	2.75	25.03	3.48	24.84	0.19
31	Octubre	131.03	6.4	31.43	3.6	28.44	2.99
30	Noviembre	130.87	6.39	37.82	3.48	31.92	5.9
31	Diciembre	148.73	7.27	45.09	3.6	35.52	9.57
31	Enero	130.77	6.39	51.48	3.6	39.12	12.36
28	Febrero	159.55	7.79	59.27	3.25	42.37	16.9

Gráfico 45: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 06



En el gráfico se muestra que para el área de captación y dotación (12.9 litros/Hab-día) especificada, la oferta de agua es mayor que la demanda, lo que demuestra que si es posible abastecer de agua potable durante todos los meses del año con un volumen de tanque de 16.9 m<sup>3</sup>.

## Cuadro resumen

Tabla 43: Análisis de volúmenes de tanque de almacenamiento para vivienda N° 06

Área de techo (m <sup>2</sup> )	Dotación (lt /Hab - día)	Diferencias acumulativas m <sup>3</sup>	
		Máximo valor (Volumen de almacenamiento m <sup>3</sup> )	Mínimo valor (Volumen de reserva m <sup>3</sup> )
108.55	35.79	14.51	-18.86
108.55	25	36.41	1.91
54.275	12.9	16.90	0.19

Tomando como base el cuadro anterior se determinó que el sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia sería utilizar la mitad de área de techado es decir que **el área de captación sería de 54.275 m<sup>2</sup> y tanque de almacenamiento de agua de 17.5 m<sup>3</sup>** con una capacidad de almacenamiento extra de 0.79 m<sup>3</sup> (Ver Hoja de Cálculo en Anexo). Cabe mencionar que para alcanzar este volumen, es necesario dos tanques de polietileno con una capacidad 15 m<sup>3</sup> y 2.5 m<sup>3</sup>.

Los resultados obtenidos demuestran que con las precipitaciones que se dan en el lugar si es posible almacenar y proveer de agua potable durante todo el año con una dotación de 12.9 litros/Hab-día.

### Volumen de Tanque Interceptor

Con el área de captación se definió que el tanque a usar para el lavado y evacuación de las primeras aguas de lluvia tendría una capacidad de **60 litros**.

### Sistema de Conducción

Para determinar las dimensiones de las canaletas a usar se determinó primeramente la intensidad máxima, luego se hizo del método racional para determinar el caudal y posteriormente hacer uso del programa Hcanales V. 3.0

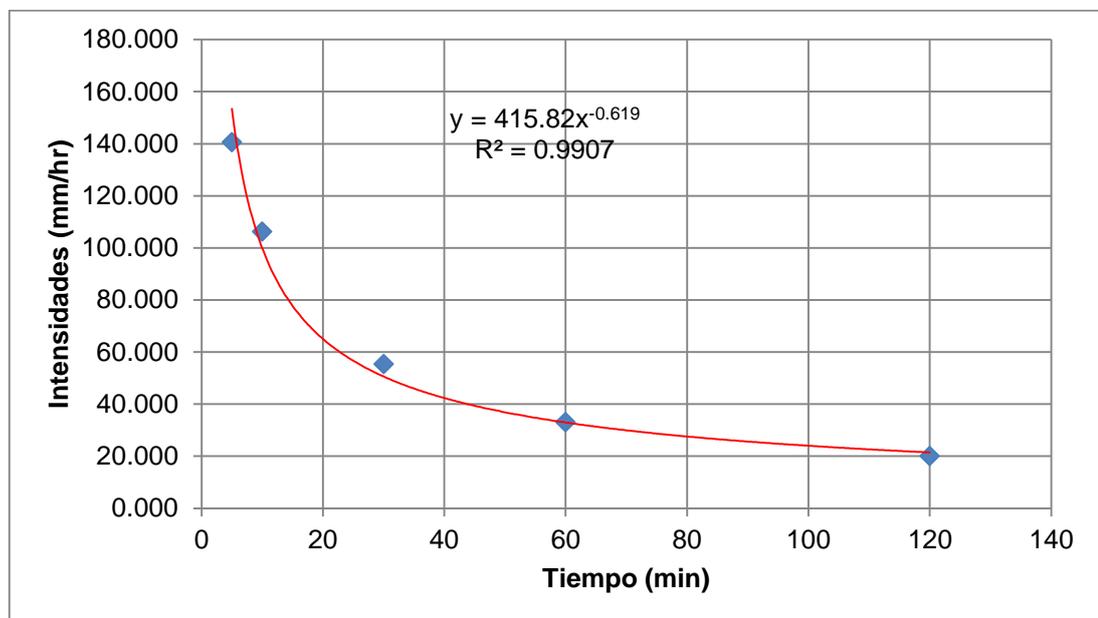
### Intensidad máxima

Según la hoja de cálculo, la gráfica y ecuación de la curva se construyó a partir de los siguientes datos.

Tabla 44: Intensidades – Duración- Tiempo de Retorno

Tiempo (min)	Intensidades (mm)
5	140.504
10	106.286
30	55.372
60	33.044
120	20.060

Gráfico 46: Curva Intensidad Vs Duración



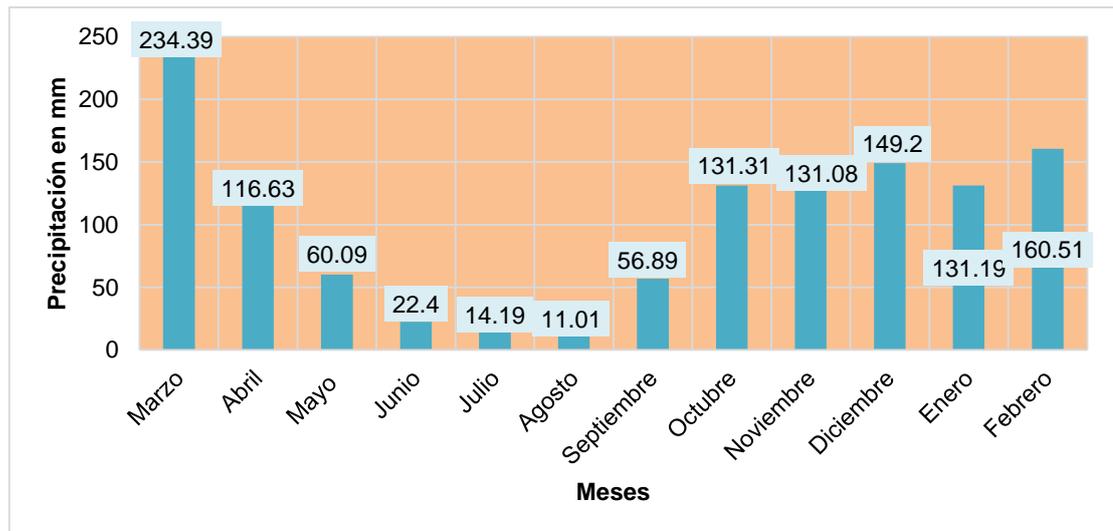
En la ecuación “x” es reemplazado por el tiempo de concentración obteniendo así para este caso una intensidad máxima de 414.794 mm/hr y un caudal de 0.005628755 m<sup>3</sup>/seg (5.63 lt/seg) con lo que según hoja adjunta de diseño de canaletas se concluye que se debe hacer uso de tubería de PVC de 6” para la elaboración de las canaletas para esta vivienda.

## 5.8. Vivienda N° 07

### Precipitaciones en el Lugar de Estudio

A continuación presentamos las precipitaciones obtenidas con el método de Isoyetas con las cuales se trabajó.

Gráfico 47: Precipitación mensual en vivienda N° 07



Las precipitaciones que se muestran en el gráfico están ordenadas empezando por el mes que tiene mayor precipitación y con base al siguiente cuadro en donde E corresponde al mes de enero, F al mes de febrero y así sucesivamente las demás letras son las iniciales de los 12 meses del año.

Tabla 45: Precipitaciones promedio mensuales para vivienda N° 07.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Ppi (mm)	131.19	160.51	234.39	116.63	60.09	22.4	14.19	11.01	56.89	131.31	131.08	149.2

En el grafico podemos apreciar que el mes que tiene mayor precipitación corresponde al mes de marzo y que hay 3 meses que tienen precipitaciones bajas y que corresponden a los meses de junio, julio y agosto.

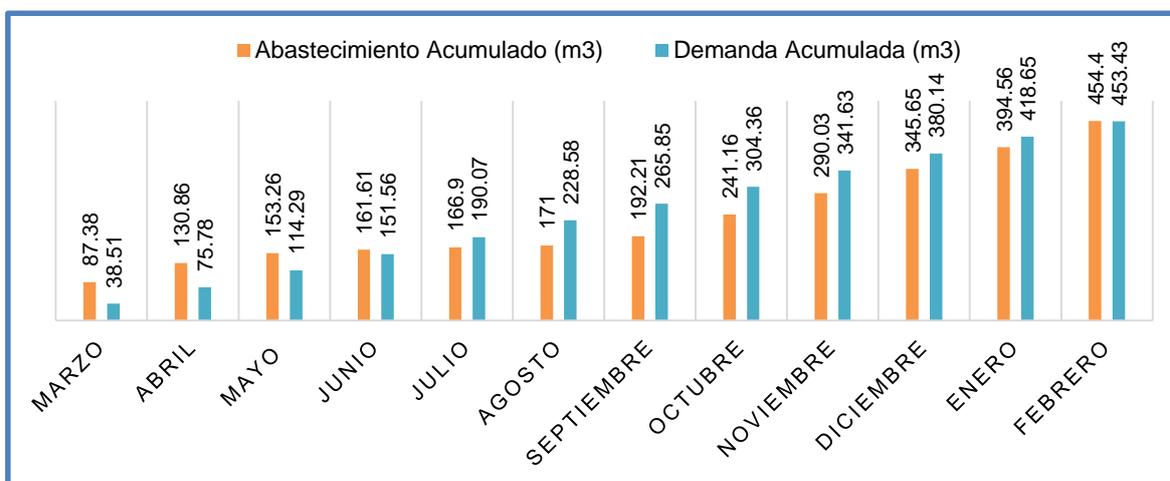
### Tanque de Almacenamiento

Para un área de Captación de 414.24 m<sup>2</sup> y una dotación de 41.41 litros/Hab-día se tiene:

Tabla 46: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 414.24 m<sup>2</sup> y dotación de 41.41 litros/Ha-Vivienda N° 07

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	234.39	87.38	87.38	38.51	38.51	48.87
30	Abril	116.63	43.48	130.86	37.27	75.78	55.08
31	Mayo	60.09	22.4	153.26	38.51	114.29	38.97
30	Junio	22.4	8.35	161.61	37.27	151.56	10.05
31	Julio	14.19	5.29	166.9	38.51	190.07	-23.17
31	Agosto	11.01	4.1	171	38.51	228.58	-57.58
30	Septiembre	56.89	21.21	192.21	37.27	265.85	-73.64
31	Octubre	131.31	48.95	241.16	38.51	304.36	-63.2
30	Noviembre	131.08	48.87	290.03	37.27	341.63	-51.6
31	Diciembre	149.2	55.62	345.65	38.51	380.14	-34.49
31	Enero	131.19	48.91	394.56	38.51	418.65	-24.09
28	Febrero	160.51	59.84	454.4	34.78	453.43	0.97

Gráfico 48: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 07



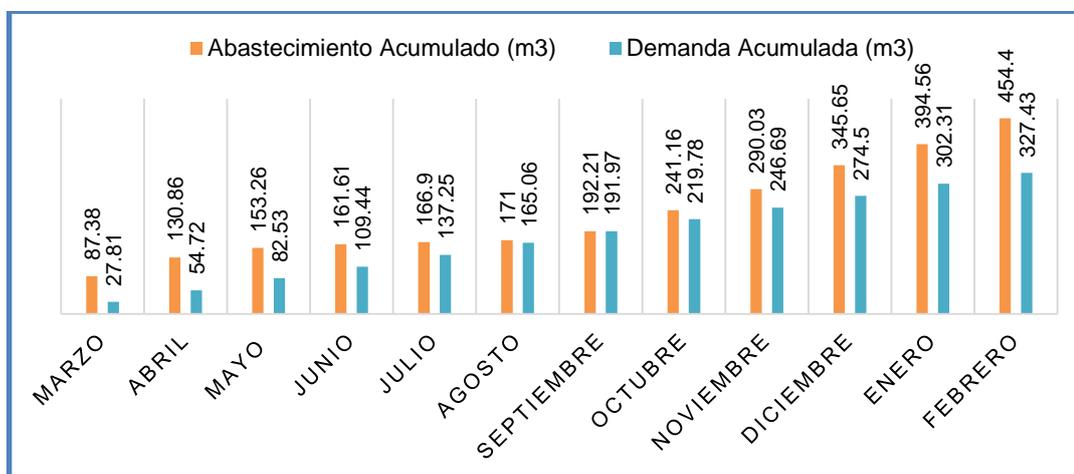
En el gráfico se aprecia que para el área de captación y dotación especificada anteriormente, la oferta de agua es menor que la demanda con lo que la familia no tendría agua por 7 meses, por lo que es necesario realizar otro análisis.

Para un área de Captación de 414.24 m<sup>2</sup> y una dotación de 29.9 litros/Hab-día se tiene

Tabla 47: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 108.55 m<sup>2</sup> y dotación de 29.9 litros/Ha-Vivienda N° 07

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	234.39	87.38	87.38	27.81	27.81	59.57
30	Abril	116.63	43.48	130.86	26.91	54.72	76.14
31	Mayo	60.09	22.4	153.26	27.81	82.53	70.73
30	Junio	22.4	8.35	161.61	26.91	109.44	52.17
31	Julio	14.19	5.29	166.9	27.81	137.25	29.65
31	Agosto	11.01	4.1	171	27.81	165.06	5.94
30	Septiembre	56.89	21.21	192.21	26.91	191.97	0.24
31	Octubre	131.31	48.95	241.16	27.81	219.78	21.38
30	Noviembre	131.08	48.87	290.03	26.91	246.69	43.34
31	Diciembre	149.2	55.62	345.65	27.81	274.5	71.15
31	Enero	131.19	48.91	394.56	27.81	302.31	92.25
28	Febrero	160.51	59.84	454.4	25.12	327.43	126.97

Gráfico 49: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 07



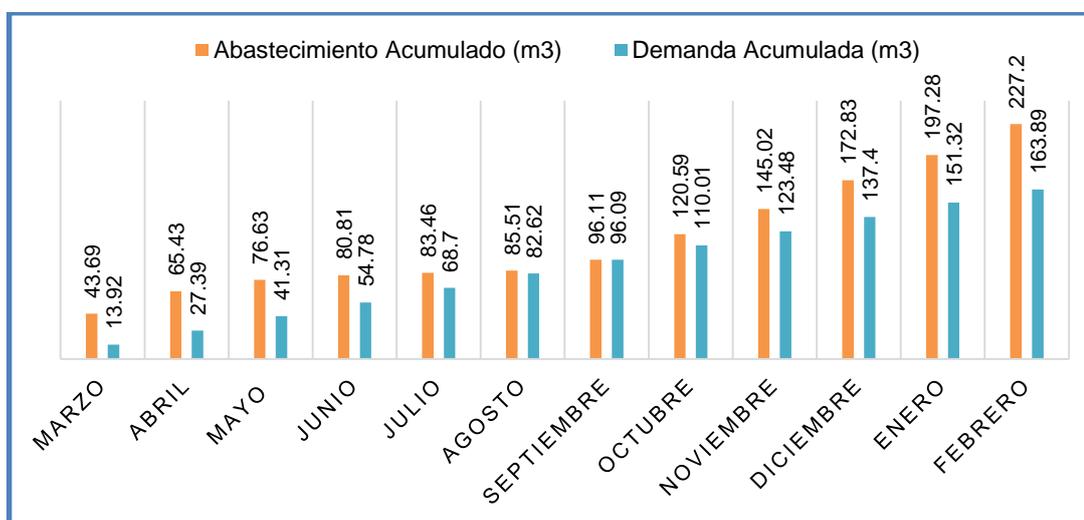
Del gráfico podemos decir que la oferta de agua es mayor que la demanda con lo que habría que analizar si el volumen del tanque de almacenamiento es el adecuado ya que como se puede apreciar en la tabla el volumen de tanque de almacenamiento sería de 126.97 m<sup>3</sup>.

Para un área de Captación de 207.12 m<sup>2</sup> y una dotación de 14.97 litros/Hab-día se tiene

Tabla 48: Análisis de Oferta y demanda de agua para un área de captación de 207.12 m<sup>2</sup> y dotación de 14.97 litros/Ha-Vivienda N° 07

DIAS/ MES	MES	Precipitación (mm)	Abastecimiento (m <sup>3</sup> )		Demanda (m <sup>3</sup> )		Diferencia (m <sup>3</sup> )
			Parcial	Acumulado	Parcial	Acumulado	
31	Marzo	234.39	43.69	43.69	13.92	13.92	29.77
30	Abril	116.63	21.74	65.43	13.47	27.39	38.04
31	Mayo	60.09	11.2	76.63	13.92	41.31	35.32
30	Junio	22.4	4.18	80.81	13.47	54.78	26.03
31	Julio	14.19	2.65	83.46	13.92	68.7	14.76
31	Agosto	11.01	2.05	85.51	13.92	82.62	2.89
30	Septiembre	56.89	10.6	96.11	13.47	96.09	0.02
31	Octubre	131.31	24.48	120.59	13.92	110.01	10.58
30	Noviembre	131.08	24.43	145.02	13.47	123.48	21.54
31	Diciembre	149.2	27.81	172.83	13.92	137.4	35.43
31	Enero	131.19	24.45	197.28	13.92	151.32	45.96
28	Febrero	160.51	29.92	227.2	12.57	163.89	63.31

Gráfico 50: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 07



En el gráfico se muestra que para el área de captación y dotación (14.97 litros/Hab-día) especificada, la oferta de agua es mayor que la demanda, lo que demuestra que si es posible abastecer de agua potable durante todos los meses del año con un volumen de tanque de 63.31m<sup>3</sup>.

## Cuadro resumen

Tabla 49: Análisis de volúmenes de tanque de almacenamiento para vivienda N° 07

Área de techo (m <sup>2</sup> )	Dotación (lt /Hab - día)	Diferencias acumulativas m <sup>3</sup>	
		Máximo valor (Volumen de almacenamiento m <sup>3</sup> )	Mínimo valor (Volumen de reserva m <sup>3</sup> )
414.24	41.41	55.08	-73.64
414.24	29.9	126.97	0.24
207.12	14.97	63.31	0.02

Tomando como base el cuadro anterior se determinó que el sistema de captación y aprovechamiento de agua de lluvia sería utilizar la mitad de área de techado es decir que **el área de captación sería de 207.12 m<sup>2</sup> y tanque de almacenamiento de agua de 20 m<sup>3</sup>**, la disminución del volumen del tanque se debe a que los alumnos asisten tan solo medio tiempo y además tienen vacaciones tal y como se indica en la hoja de cálculo.

Los resultados obtenidos demuestran que con las precipitaciones que se dan en el lugar si es posible almacenar y proveer de agua potable durante todo el año con una dotación de 14.97 litros/Hab-día.

### Volumen de Tanque Interceptor

Con el área de captación se definió que el tanque a usar para el lavado y evacuación de las primeras aguas de lluvia tendría una capacidad de **210 litros**, sin embargo se usará un tanque de 55 galones por ser de uso comercial.

### Sistema de Conducción

Para determinar las dimensiones de las canaletas a usar se determinó primeramente la intensidad máxima, luego se hizo del método racional para determinar el caudal y posteriormente hacer uso del programa Hcanales V. 3.0

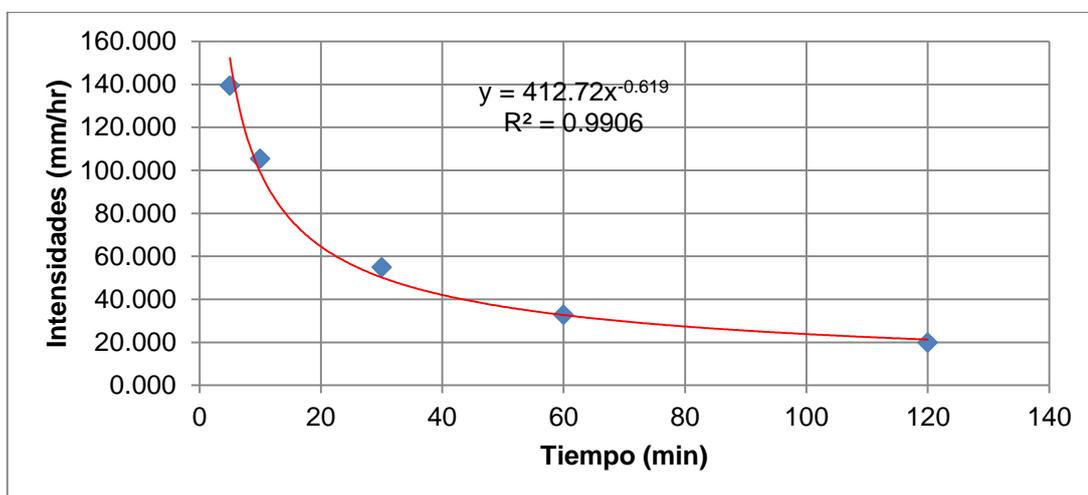
### Intensidad máxima

Según la hoja de cálculo, la gráfica y ecuación de la curva se construyó a partir de los siguientes datos.

Tabla 50: Intensidades – Duración- Tiempo de Retorno

Tiempo (min)	Intensidades (mm)
5	139.454
10	105.491
30	54.958
60	32.797
120	19.910

Gráfico 51: Curva Intensidad Vs Duración en vivienda N° 07



En la ecuación “x” es reemplazado por el tiempo de concentración obteniendo así para este caso una intensidad máxima de 248.946 mm/hr y un caudal de 0.012890424 m<sup>3</sup>/seg (12.89 lt/seg) con lo que según hoja adjunta de diseño de canaletas se concluye que se debe hacer uso de tubería de PVC de 8” para la elaboración de las canaletas para esta vivienda.

#### 5.9. Vivienda N° 08, 09, 10, 11,12, 13, 14 y 15.

##### Precipitaciones en el Lugar de Estudio

Según las tablas que se muestra en las hojas de cálculo de diseño (Ver Anexos), las precipitaciones que se dan en las diferentes viviendas coinciden en que existe tres meses que tienen precipitaciones bajas y que corresponden a los meses de junio, julio y agosto.

## Tanques de Almacenamiento

Tabla 51: Análisis de volúmenes de tanques y áreas de captación para diferentes dotaciones en viviendas 8- 15

Vivienda	Dotaciones de Análisis (lt/Hab-día)	Área de techo analizado (m2)	V. de Almacenamiento (m3)	Volumen de reserva (m3)	Volumen asumido (m3)	Volumen de reserva final (m3)	Área de techo elegido (m2)	Tanque Interceptor (litros)
8	35.02	105.85	14.19	-18.39	17.5	1.28	52.925	60
	25	105.85	33.88	0.9				
	12.7	52.925	16.31	0.09				
9	36.3	98	13.11	-16.93	15	0.05	49	50
	25	98	33.99	2.4				
	13.2	49	14.96	0.01				
10	17.79	48	6.57	-8	15	0.18	48	50
	15	48	9.16	-3.23				
	13	48	15.03	0.21				
11	31.35	84	11.35	-14.43	15	1.63	42	50
	22	84	28.26	1.53				
	11	42	14.14	0.77				
12	28.76	86.8	11.7	-14.95	15	1.62	43.4	50
	20.9	86.8	26.85	0.2				
	10.4	43.4	13.56	0.18				
13	26	78.96	10.62	-13.52	15	2.84	39.48	40
	25	78.96	11.16	-11.63				
	9.4	39.48	12.34	0.18				
14	23.46	48	6.51	-7.98	15	0.33	48	50
	20	48	8.58	-3.56				
	17.2	48	14.69	0.02				
15	22.14	90	12.02	-15.51	15	1.20	45	50
	20	90	13.59	-10				
	8	45	13.93	0.13				

En el cuadro anterior se muestra los resultados de los volúmenes de tanque de almacenamiento asumidos y tanque interceptor una vez realizado el análisis de oferta y demanda de agua para diferentes dotaciones y áreas de techado, de manera similar al análisis de los casos anteriormente descritos (Vivienda N° 01-07). Cabe mencionar que los resultados y los cuadros de análisis de oferta y demanda de agua por vivienda los podemos verificar en la parte de anexos en dónde se muestra la diferencia entre los valores acumulados de oferta y demanda, siendo los valores negativos los meses que no se tendría agua, que mayormente depende de la dotación y área de techado.

A continuación se muestra los gráficos de oferta y demanda de agua con las dotaciones y áreas de techado asumidas según vivienda.

Vivienda N° 08

Gráfico 52: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 08

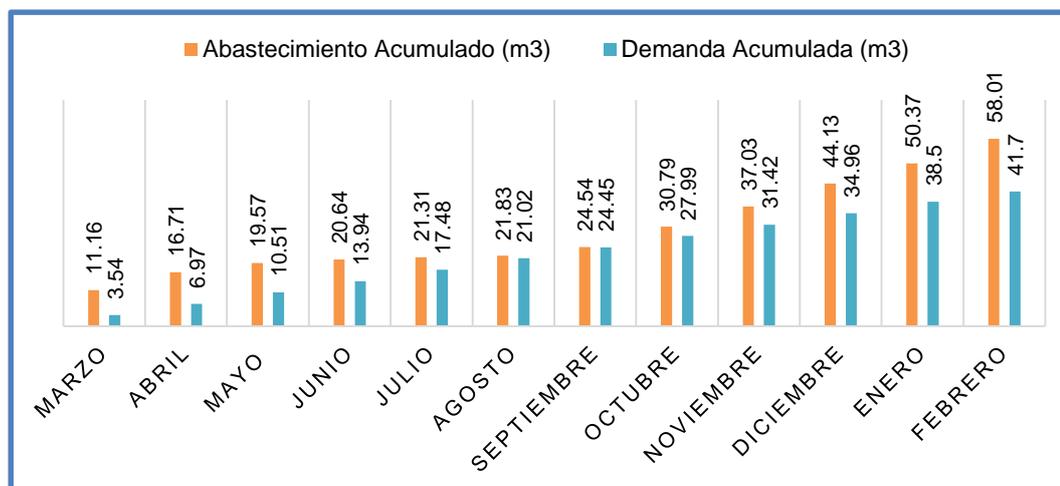


Gráfico elaborado para una dotación de 12.7 lt /Hab – día y área de techado de 52.925 m2 que justifica que el agua almacenada resulta ser la cantidad necesaria para abastecer de agua potable durante todos los meses del año.

Vivienda N° 09

Gráfico 53: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 09

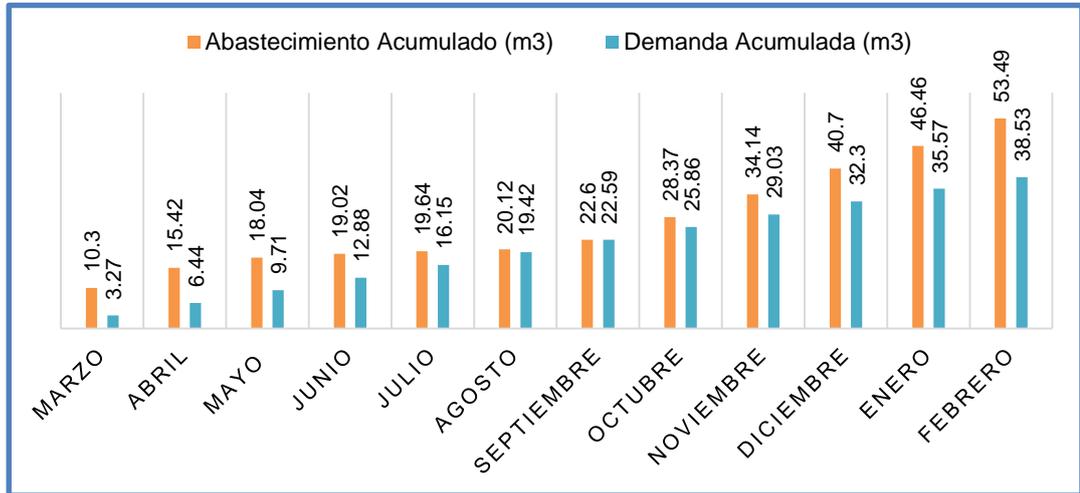


Gráfico elaborado para una dotación de 13.2 lt /Hab – día y área de techado de 49 m2 que justifica que el agua almacenada resulta ser la cantidad necesaria para abastecer de agua potable durante todos los meses del año.

Vivienda N° 10

Gráfico 54: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 10

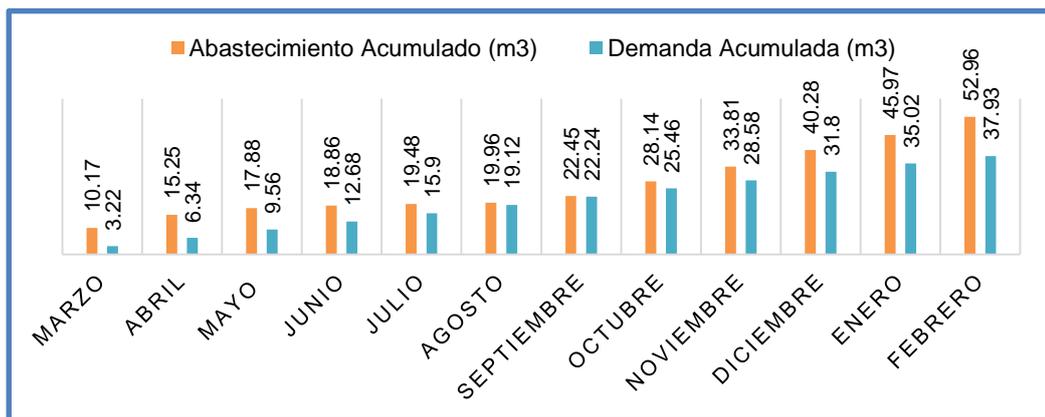


Gráfico elaborado para una dotación de 13 lt /Hab – día y área de techado de 48 m2 que justifica que el agua almacenada resulta ser la cantidad necesaria para abastecer de agua potable durante todos los meses del año.

Vivienda N° 11

Gráfico 55: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 11

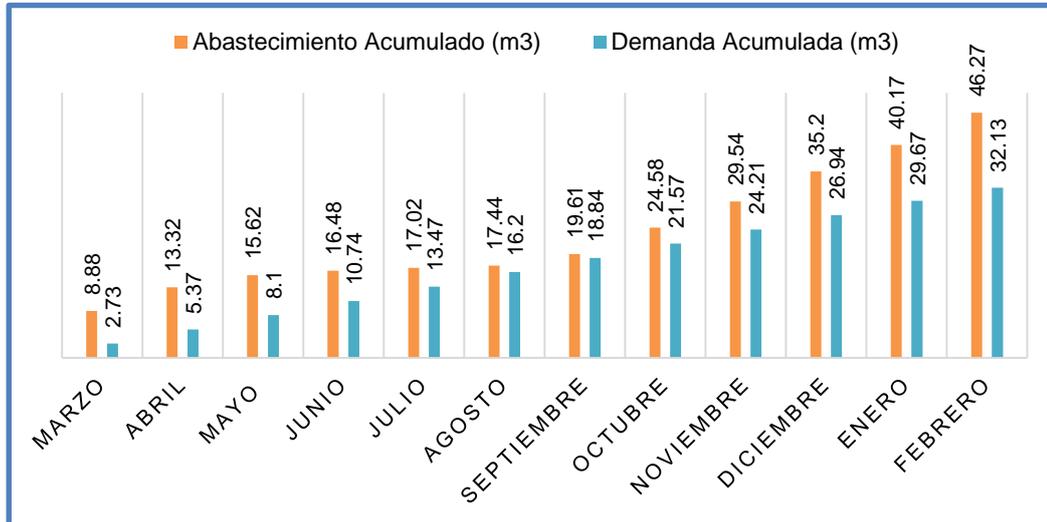


Gráfico elaborado para una dotación de 11 lt /Hab – día y área de techado de 42 m<sup>2</sup> que justifica que el agua almacenada resulta ser la cantidad necesaria para abastecer de agua potable durante todos los meses del año.

Vivienda N° 12

Gráfico 56: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 12

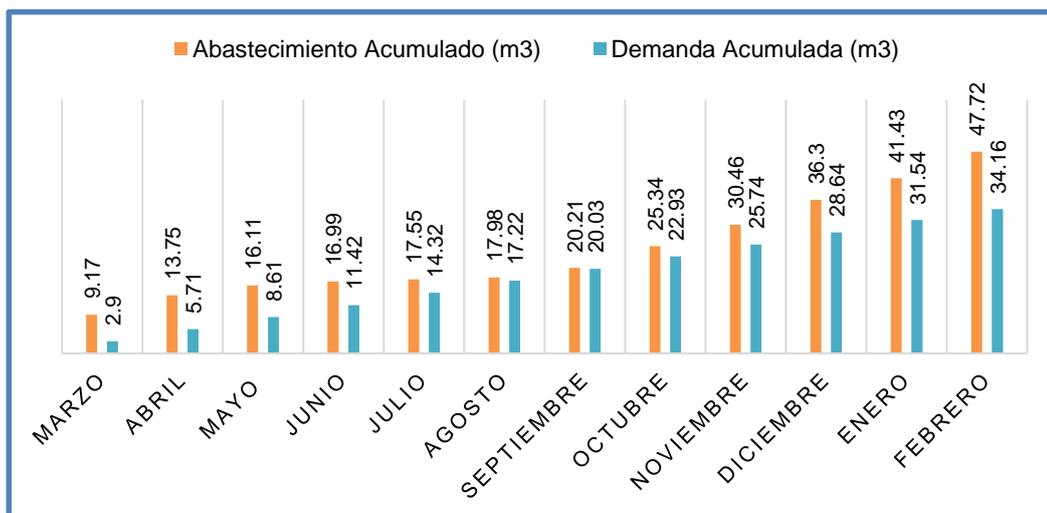


Gráfico elaborado para una dotación de 10.4 lt /Hab – día y área de techado de 43.4 m<sup>2</sup> que justifica que el agua almacenada resulta ser la cantidad necesaria para abastecer de agua potable durante todos los meses del año.

Vivienda N° 13

Gráfico 57: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 13

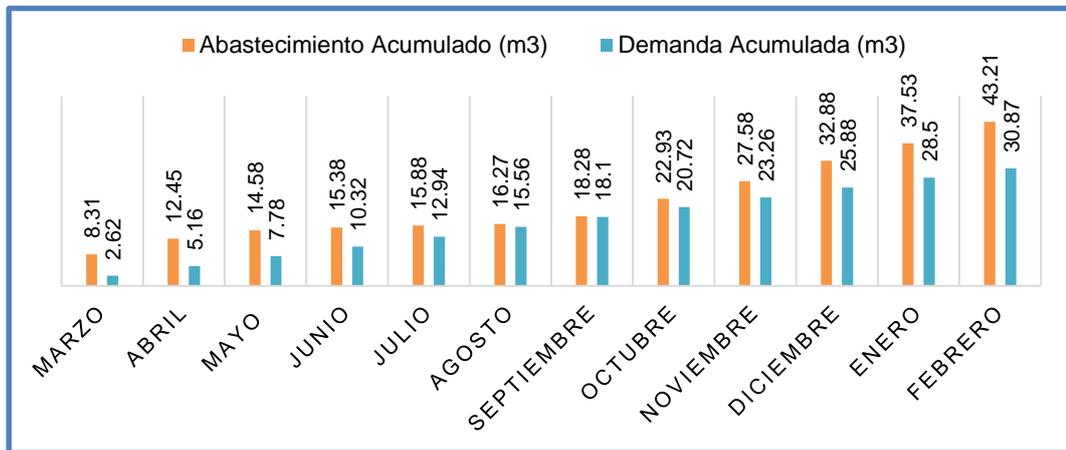


Gráfico elaborado para una dotación de 9.4 lt /Hab – día y área de techado de 39.48 m<sup>2</sup> que justifica que el agua almacenada resulta ser la cantidad necesaria para abastecer de agua potable durante todos los meses del año.

Vivienda N° 14

Gráfico 58: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 14

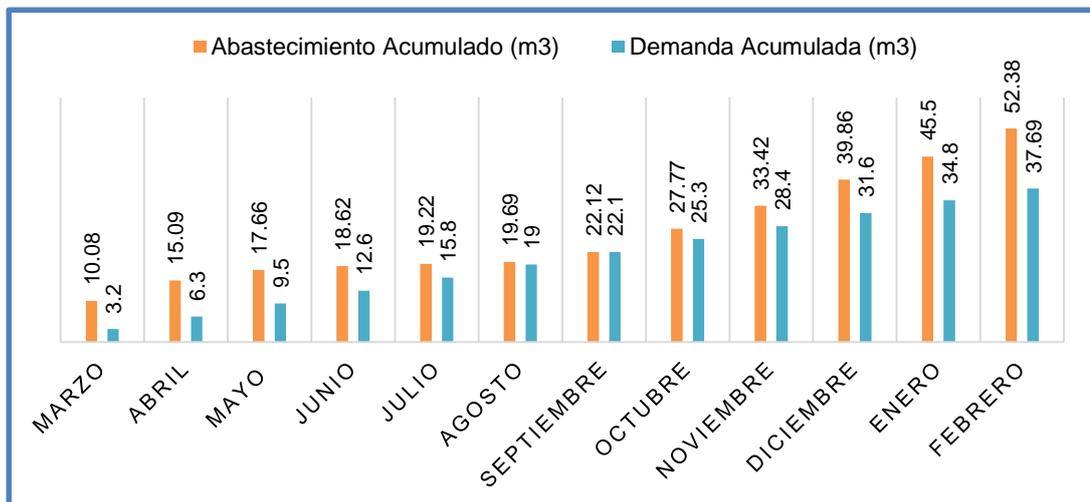


Gráfico elaborado para una dotación de 17.2 lt /Hab – día y área de techado de 48 m<sup>2</sup> que justifica que el agua almacenada resulta ser la cantidad necesaria para abastecer de agua potable durante todos los meses del año.

Vivienda N° 15

Gráfico 59: Oferta y demanda de agua acumulada mensual en vivienda N° 15

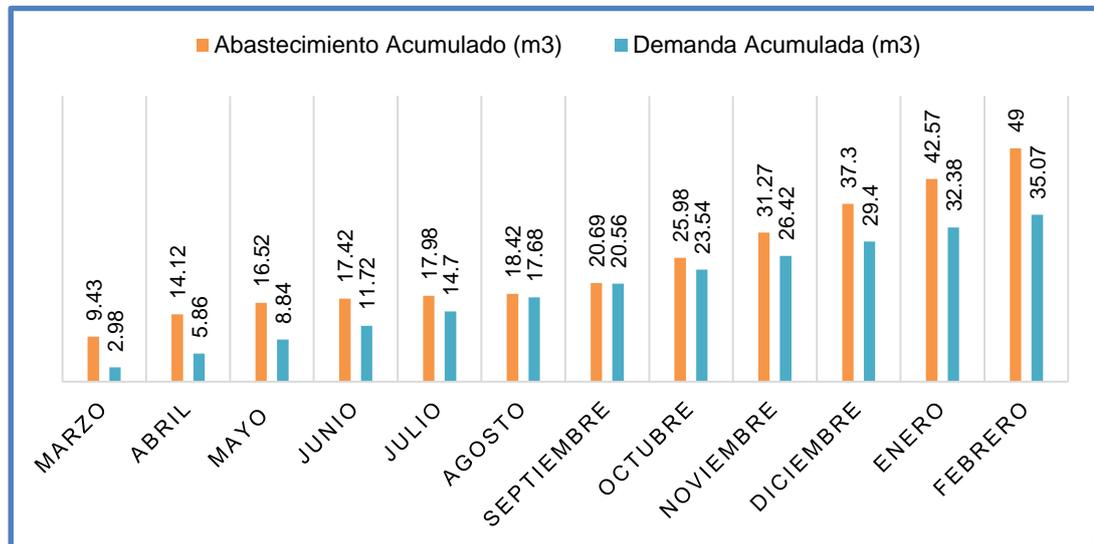


Gráfico elaborado para una dotación de 8 lt /Hab – día y área de techado de 45 m<sup>2</sup> que justifica que el agua almacenada resulta ser la cantidad necesaria para abastecer de agua potable durante todos los meses del año.

### Sistema de Conducción de Viviendas N° 08, 09, 10, 11,12, 13, 14 y 15.

A continuación presentamos los resultados de los diámetros de canaletas asumidos (Tabla 52).

Tabla 52: Resultados de diseño de canaletas 08, 09, 10, 11, 12, 13, 14 y 15

Nº Vivienda	Área de techo (m <sup>2</sup> )	Intensidad (mm/hr)	Flujo en canaleta(l/s <sup>2</sup> )	Diámetro requerido (m)	Diámetro de Canaleta Asumido (Pulg)
1	57.30	386.28	5.53	0.116	6.00
2	46.97	470.44	5.52	0.12	6.00
3	68.47	365.28	6.25	0.12	6.00
4	35.00	522.86	4.58	0.11	6.00
5	40.60	492.26	5.00	0.11	6.00
6	54.28	414.79	5.63	0.12	6.00
7	207.12	248.95	12.89	0.16	8.00
8	52.93	441.28	5.84	0.12	6.00
9	49.00	443.48	5.43	0.12	6.00
10	24.00	584.99	3.51	0.10	6.00
11	42.00	441.25	4.63	0.11	6.00
12	43.40	443.85	4.82	0.11	6.00
13	39.48	442.53	4.37	0.11	6.00
14	24.00	574.85	3.45	0.10	6.00
15	45.00	417.36	4.70	0.11	6.00

Como podemos apreciar en la tabla anterior los diámetros que se usarán en las canaletas serán de 6" excepto la canaleta de la Institución Educativa que por tener mayor área de captación requiere una canaleta de 8".

El flujo e intensidades resultantes que se muestra en la tabla se lo obtuvo de manera similar a lo especificado para las viviendas N° 01 – N° 07 mostradas anteriormente, en donde podemos apreciar las curvas intensidad – duración para diferentes minutos, las cuales también lo podemos apreciar en la hoja de cálculo adjunta, razón por la cual en este capítulo de resultados no las mostraremos.

### 5.10. Calidad del agua de lluvia.

A continuación mostramos los resultados obtenidos del análisis físico químico y bacteriológico del agua analizada

Tabla 53: Resultados de análisis físico químico y bacteriológico de la muestra de agua de lluvia.

Parámetros	Resultados	LMP del D.S. Nº 031-2010-SA Reglamento de la calidad del agua para consumo Humano
PH (18.8 °C)	7.920	6.5-8.5
Conductividad (uS/cm)	589.000	1500
Sólidos Totales Disueltos STD (mg/l)	311.000	1000
Turbidez (UNT)	3.100	5
Cloro (mg/l)	0.000	0.5 – 1
Sulfatos SO <sub>4</sub> (mg/l)	80.000	250
Hierro Fe (mg/l)	0.126	0.3
Cobre: Cu (mg/l)	0.086	2
Cromo Cr <sup>6+</sup> (mg/l)	0.053	0.05
Nitrito: NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0.007	1
Nitrato: NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	3.000	10
Aluminio: (Al)	0.008	0.2
Coliformes Totales: 35 °C (UFC/100 ml)	<1	< 1
Coliformes Fecales: 44.5 °C (UFC/100 ml)	<1	< 1

Como se puede apreciar en la tabla los resultados demuestran que el agua analizada se encuentra dentro de los parámetros permisibles sin presencia de coliformes totales ni fecales (<1).

### 5.11. Costos del sistema planteado.

De construirse el sistema de aprovechamiento de agua de lluvia para abastecer de agua potable a las 15 familias del caserío La Florida, el presupuesto asciende a S/. 357,780.64 como se puede apreciar en los anexos.

## CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos demuestran que es posible abastecer de agua potable en calidad y cantidad suficiente durante todos los meses del año, con dotaciones que se encuentran dentro de los parámetros establecidos para sistemas no convencionales cuyos valores según nos menciona la guía de diseño, en ningún caso debe ser menor de 20 litros de agua por familia y por día, además los valores de las dotaciones asumidas se ajustan a los parámetros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para centros poblados rurales del Perú que nos menciona que para sistemas cuya fuente es agua de lluvia podrá considerarse dotaciones menores de 20 lt/hab/día es así que las dotaciones asumidas varían desde 8 lt/hab/día hasta 22.5 lt/hab/día como se puede observar en los resultados.

Los volúmenes de tanques de almacenamiento necesarios son de 12.5, 15 m<sup>3</sup>, 17.5 m<sup>3</sup> y 20 m<sup>3</sup> como se muestra en los resultados, volúmenes obtenidos después de realizar el análisis para las diferentes áreas de captación ya que las viviendas presentan techos a dos aguas considerando en el análisis el área total y mitad de área, de tal manera que el volumen sea el necesario y más económico, sin embargo los volúmenes resultantes son grandes, lo cual se justifica ya que las precipitaciones mensuales no son las mismas variando desde valores bastantes elevados hasta valores muy bajos teniendo así que los meses de junio, julio y agosto son los meses que presentan menor precipitación variando de 10 a 23 mm y que el mes de mayor precipitación corresponde al mes de marzo, a esto hay que añadir que la población con la que se está trabajando está proyectada a 20 años lo cual hace que la demanda de agua aumente. Debido a los volúmenes obtenidos se optó por hacer uso de tanques de polietileno.

Es importante mencionar que las dotaciones y áreas de captación tomadas en cuenta en el diseño están relacionadas con la cantidad de personas que se quiere beneficiar ya que cuando el número de personas es elevado se necesitará mayores áreas de captación pero cuando estas áreas ya están definidas y son pequeñas entonces la dotación por persona disminuirá. Un ejemplo lo podemos ver en las viviendas 7 y 2, la primera que pertenece a la institución educativa N° 82475 que tiene 30 alumnos y la segunda que es una vivienda con 5 personas, las dotaciones son de 14.97 y 20.4 lt/Hab-día y las áreas de captación hacer usadas son 46.97 y 207.12 m<sup>2</sup> respectivamente, al hacer la comparación nos damos cuenta que la relación entre beneficiarios de las dos viviendas es de 6 a 1 con lo que

podemos decir que si se quiere dotar con 20.4 lt/Hab-día a los alumnos es necesario un área aproximada de 281.82 m<sup>2</sup>.

La calidad de agua como se muestra en los resultados del análisis físico, químico y bacteriológico es de buena calidad sin embargo en el diseño se está considerando hacer uso de un filtro estándar de agua antes de los tanques de almacenamiento con el cual retendrá arena, tierra y sedimentos que puedan estar presentes dentro del agua. Además se propone el método de desinfección a través de cloro en el tanque de almacenamiento y hacer uso de un purificador sobre tarja para poder eliminar las bacterias y ayudar en el buen sabor, color y olor del agua.

Para el sistema de conducción se hizo uso de las intensidades que se dan en el lugar de estudio, obtenidas a partir de un análisis para ver si se ajusta al modelo matemático de Gumbel que como hemos podido apreciar los datos se ajustan a este tipo de modelo obteniendo así intensidades en el rango de 248 a 585 mm/hr y ya que las áreas de captación están definidas y son de calamina se hace uso de un coeficiente de escorrentía de 0.9 obteniendo así los flujos para las diferentes viviendas, los cuales están en un rango de 3.00 a 13 l/seg<sup>2</sup>, esta variación es debido a que se usó del método racional para el cálculo del caudal máximo ( $Q=CIA$ ). Una vez obtenidos los flujos de agua se determinó que los diámetros de las canaletas son la gran mayoría de 6" excepto la que se instalará en la Institución educativa que es de 8".

Queda claro entonces que con las precipitaciones que se dan en el lugar es posible lograr el diseño hidráulico, dimensionando así los componentes que integrarían el sistema de aprovechamiento de agua de lluvia para el abastecimiento anual de agua potable y que cada sistema familiar costaría aproximadamente un promedio de S/. 23, 852.04.

## CONCLUSIONES

1. Con la implementación de un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia se logra abastecer de agua potable durante todos los meses del año a las 15 familias del caserío la florida con dotaciones que se encuentran dentro de los parámetros de diseño de infraestructura de agua y saneamiento para centros poblados rurales, siendo éste un tipo de sistema no convencional que demanda una dotación mayor a 20 litros/familia-día y valores menores a 20 lt/Hab-día, siendo el valor mínimo de dotación asumido de 8 lt/hab-día que corresponde a la vivienda N° 15 con un área de captación de 45 m<sup>2</sup> y con un volumen de tanque de almacenamiento necesario de 15 m<sup>3</sup> y como valor máximo de dotación es 22.5 lt/Hab-día correspondiente a la vivienda N° 03 con un área de captación considerada de 52.07 m<sup>2</sup> y un volumen de tanque necesario de 17.5 m<sup>3</sup>.
2. Con las precipitaciones que se dan en el lugar de estudio es posible diseñar hidráulicamente el sistema familiar de aprovechamiento de agua de lluvia, tomando en cuenta que se debe aprovechar los meses que tienen mayor precipitación que son Marzo, febrero, diciembre, enero, octubre, noviembre y abril, meses que hay una mejor oferta y en los que se puede ir acumulando reservas de agua para los meses de mayo, junio, julio, agosto y septiembre, que son los meses que si llueve pero que la demanda de agua es mayor que la oferta tal y como se detalla en el análisis de oferta y demanda realizada para determinar el volumen de tanque de almacenamiento. Los volúmenes de tanque de almacenamiento de agua que se propone en el sistema son de 12.5, 15, 17.5 y 20 metros cúbicos y hacer uso de canaletas de 6" y 8".
3. Los datos de campo recogidos mediante las fichas y formatos de observación e inspección indican que las áreas de captación de las viviendas son de techo de calamina las cuales se encuentran en buen estado y según las dimensiones que se especifican en los planos. Además hay que considerar que el agua que se suministraría al implementarse el sistema sería de buena calidad según reporte del análisis físico químico realizado a la muestra de agua de lluvia.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer un análisis para verificar que material resulta más económico para la elaboración de tanques de almacenamiento de los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia.
2. Se sugiere construir un modelo a escala de los diferentes filtros ya sea filtros lentos de arena, filtros rápidos, entre otros que se pueden elaborar con materiales del lugar de estudio, con el fin de ver su eficiencia con respecto a los filtros comerciales existentes en el mercado (Filtros jumbo, estándar, etc) y purificadores de agua, para que la implementación de los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia resulten más eficientes y de menor costo.
3. Se recomienda hacer una investigación acerca del proceso constructivo de los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia con el fin de optimizar recursos.
4. Se recomienda realizar una investigación para la administración, operación y mantenimiento de los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia.
5. Se sugiere realizar una investigación para determinar la vida útil y tiempo máximo de almacenamiento del agua en los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia

## REFERENCIAS

1. Ballén Suárez, J. A., Galarza García, Á., & Ortiz Mosquera, R. O. (5 a 7 de junho de 2006). Historia de Los Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia. João Pessoa , João Pessoa , Brasil. Recuperado el 23 de Agosto de 2014, de <http://www.lenhs.ct.ufpb.br/html/downloads/serea/6serea/TRABALHOS/trabalhoH.pdf>
2. Arroyo, T. I. (2010). *Colecta de Agua Pluvial como Medida para el Aprovechamiento Sustentable de La Energía*. Tesis para Obtener el Título de Licenciado en Ciencias Ambientales, México.
3. Caballero, T. (2006). *Captación de Agua de Lluvia y Almacenamiento en Tanques de Ferrocemento*. Instituto Politécnico Nacional. México: Instituto Politécnico Nacional.
4. Cajina, I. (2006). *Alternativas de captación de agua para uso humano y productivo en la subcuenca del río aguas calientes, Nicaragua*. Turrialba, Costa Rica: CATIE Centro Agrnómico Tropical de Investigación y Enseñanza Tropical Agrícola.
5. Casas, S. A. (2008). *Aprovechamiento Potencial del Agua de Lluvia caso Sub-Región Alto Mayo- San Martín*. San Martín, Perú.
6. Fair, G., Geyer, J., & Okun, D. (2008). *Purificación de Aguas y Tratamiento y Remoción de Aguas Residuales (4a ed.)*. México: Limusa.
7. García, J. H. (2012). *Sistema de Captación y Aprovechamiento Pluvial para un Ecobarrio de la CD. de Mexico*. Tesis para Optar por el Grado de: Maestro en Ingeniería Ambiental, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
8. Gobierno del Perú. (2004). *Parametros de Diseño de Infraestructura de Agua y Saneamiento para Centros Poblados Rurales*. MVCS, Pronasar, MIMDES, FONCODES, Perú.
9. Goins, L. (2002). *Guía introductoria para la Colecta de Agua Pluvial en ambos Nogales*. Arizona: Universidad de Arizona.

10. Hernández, F. (2005). *Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso*. Manual de Capacitación Comunitaria, Oaxaca. Recuperado el 20 de Septiembre de 2014, de [http://licenciatura.iconos.edu.mx/k\\_angi/nueva/tienda/biblioteca/Manual%20Captacion%20de%20agua%20de%20lluvia.pdf](http://licenciatura.iconos.edu.mx/k_angi/nueva/tienda/biblioteca/Manual%20Captacion%20de%20agua%20de%20lluvia.pdf)
11. Herrera, L. A. (2010). *Estudio de Alternativas, para el Uso Sustentable del Agua de Lluvia*. Tesis para Obtener el grado de: Maestro en Ingeniería Civil, Instituto Politécnico Nacional, México.
12. Kinkade-Levario, Heather. (2007). *Design for water, rainwater harvesting, stormwater catchment and alternate water reuse*. Canada: New Society Publishers.
13. Organización Panamericana de la Salud - Representación en Colombia. (1997). *Guía Latinoamericana de Tecnologías Alternativas en Agua y Saneamiento*. OPS, OMS. San José, Costa Rica: OPS. Recuperado el 19 de Septiembre de 2014, de <http://www.col.ops-oms.org/saludambiente/guia-print.htm#FILTROS>
14. Organización Panamericana de la Salud. (2007). *Guía para la Selección del Sistema de Desinfección*. Lima: OPS-COSUDE/ 01-07.
15. Palacio, N. (2010). *Propuesta de un Sistema de Aprovechamiento de Agua Lluvia, como Alternativa para el Ahorro de Agua Potable, en la Institución Educativa María Auxiliadora de Caldas, Antioquia*. Trabajo de Monografía para optar al título de Especialista en Manejo y Gestión del Agua, Universidad de Antioquia Escuela Ambiental Especialización en Manejo y Gestión del Agua Medellín, Antioquia.
16. Perez, J. (11-15 de Diciembre de 1978). *Avances en Filtración*. CEPIS, Arequipa. Recuperado el 10 de Noviembre de 2014, de <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/scan2/009463/09463-05.pdf>
17. Solsona, F., & Méndez, J. P. (2002). *Desinfección del Agua*. Lima: OPS/CEPISIPUB/02.83.
18. Solsona, F., & Méndez, J. P. (2002). *Desinfecciones Especiales y de Emergencias*. CEPIS; OPS; OMS; Environmental Protection Agency. Lima: CEPIS. Recuperado

el 19 de Noviembre de 2014, de  
<http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/desinfeccion/capitulo10.pdf>

19. UNATSABAR (Unidad de Apoyo Técnico Básico Rural). (2001). *Guía de Diseño para Captación del Agua de Lluvia*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud. Lima: UNATSABAR.
20. UNATSABAR (Unidad de Apoyo Técnico en Saneamiento Básico Rural). (2005). *Tecnologías para Abastecimiento de Agua en Poblaciones Dispersas*. Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, Lima, Perú.
21. Universidad Privada del Norte. (2014). *Glosario de Investigación*.
22. Villón, M. (2002). *Hidrología*. Lima: Villón.

## ANEXOS

## 6.1. Panel Fotográfico

*Fotografía N° 1: Inspección y llenado de encuestas el 13 de noviembre del 2013 en local de la  
Institución Educativa La Florida.*



*Fuente: Elaboración Propia.*

*Fotografía N° 2: Inspección y llenado de encuestas el 13 de noviembre del 2013 en local de la  
Institución Educativa La Florida.*



*Fuente: Elaboración Propia.*

*Fotografía N° 3: Llenado de encuestas el 13 de noviembre del 2013 en local de la Institución Educativa La Florida.*



*Fuente: Elaboración Propia.*

*Fotografía N° 4: Vista de vivienda hacer beneficiada y topografía del lugar.*



*Fuente: Elaboración Propia.*

*Fotografía N° 5: Vista Topográfica del lugar*



*Fuente: Elaboración Propia.*

*Fotografía N° 6: Estacionamiento de Estación Total para inicio del levantamiento topográfico.*



*Fuente: Elaboración Propia.*

*Fotografía N° 7: Responsable de tesis con teniente del caserío La Florida, colaborador  
levantamiento topográfico.*



*Fuente: Elaboración Propia.*

*Fotografía N° 8: Vista de canaleta instalada para recojo de agua de lluvia en época de invierno por  
parte de familia considerada en proyecto.*



*Fuente: Elaboración Propia.*

*Fotografía N° 9: Vista de vivienda con techo de calamina a dos aguas.*



*Fuente: Elaboración Propia.*

*Fotografía N° 10: Prismero ubicado en la proyección de techo de calamina de vivienda perteneciente a familia hacer beneficiada.*



*Fuente: Elaboración Propia.*

*Fotografía N° 11: Vista de vivienda con techo de calamina y geomembrana instalada para el recojo de agua por parte de la familia para su consumo.*



*Fuente: Elaboración Propia.*

*Fotografía N° 12: Agua de lluvia captada por parte de familia quienes lo consumen sin tratamiento alguno*



## **6.2. Formato de encuesta para diagnóstico de situación actual en el caserío La Florida.**

**ENCUESTA PARA ELABORACIÓN DE DIAGNOSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL EN EL CASERÍO LA FLORIDA, DISTRITO DE HUASMÍN-CELENDÍN-CAJAMARCA**

NOMBRE Y APELLIDOS:

.....  
.....

NUMERO DE HABITANTES EN VIVIENDA: .....

1. ¿Actualmente usted cuenta con el servicio de agua potable en su domicilio?

Sí

No

2. Si su respuesta es “No”, de las opciones siguientes marque las alternativas que considera que son razones por las que no cuenta con este servicio:

a. No existe un manantial de agua en el lugar

b. Falta de financiamiento para implementar un proyecto

c. No cuenta con los pases de terreno necesarios para poder obtener el servicio de agua potable.

d. El manantial existente no abastece la demanda de agua en su caserío.

Si tiene otras razones Especifique):

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

3. ¿Dónde y cómo lo obtiene el agua que utiliza para consumo humano?

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

4. ¿Camina para obtener el agua que consume, si su respuesta es “SI” por favor especifique en términos de distancia o tiempo la cantidad que camina?

.....  
.....

5. ¿Cree que el agua que consume es la adecuada?

Sí

No

¿Por qué?:

.....  
.....

6. ¿Qué fuentes de abastecimiento de agua conoce, que considere que se pueden aprovechar y tratar para que cuente con el servicio de agua potable?

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

7. ¿Considera que consumir agua potable trae beneficios para usted y su familia?

Sí

No

¿Por qué?:

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

8. ¿Estaría de acuerdo con la implementación de un proyecto de tratamiento de aguas de lluvia para lograr que éstas sean aptas para el consumo humano?

Sí

No

¿Por qué?:

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

### **6.3. Formato de Inspección y Observación.**

## FORMATO DE INSPECCIÓN Y OBSERVACION

**Nombre :** Gilberto  
**Apellidos :** Fernández Atalaya

### Ubicación de Vivienda

Coordenadas UTM

Este :

Norte :

Altitud  
(msnm):

**Número Total de Personas/Vivienda:**

3

### Área de Captación de Casa

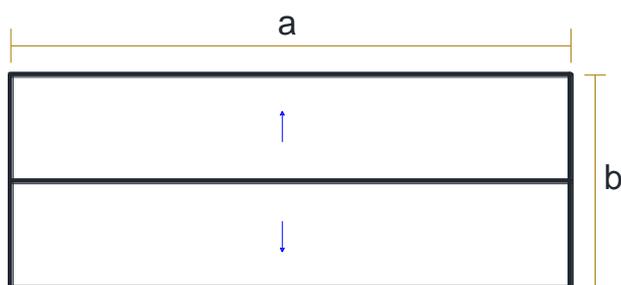
Material de Techado	Marcar (X)
Calamina	
Teja de Arcilla	
Paja	
Otro	

Si se marcó en el cuadro anterior la alternativa otro, Especificar:

-----

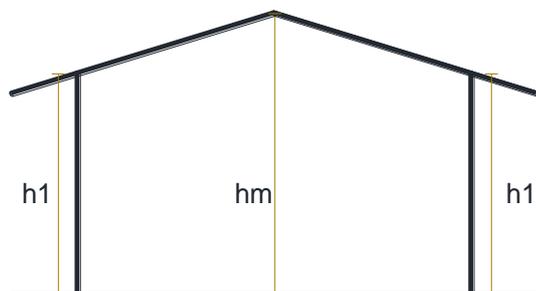
### Dimensiones Casa

Área de Captación



a=

b=

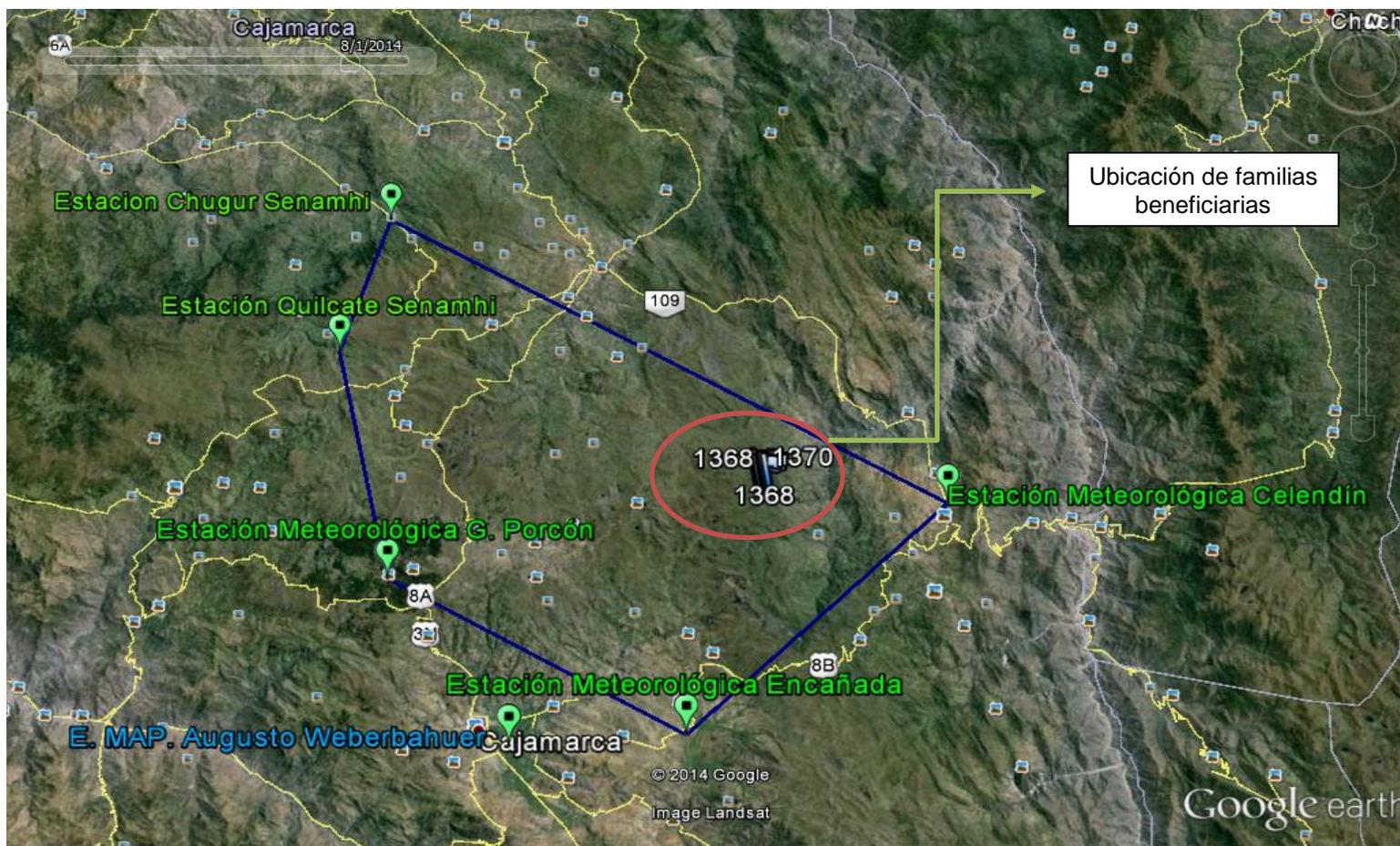


h1=

hm=

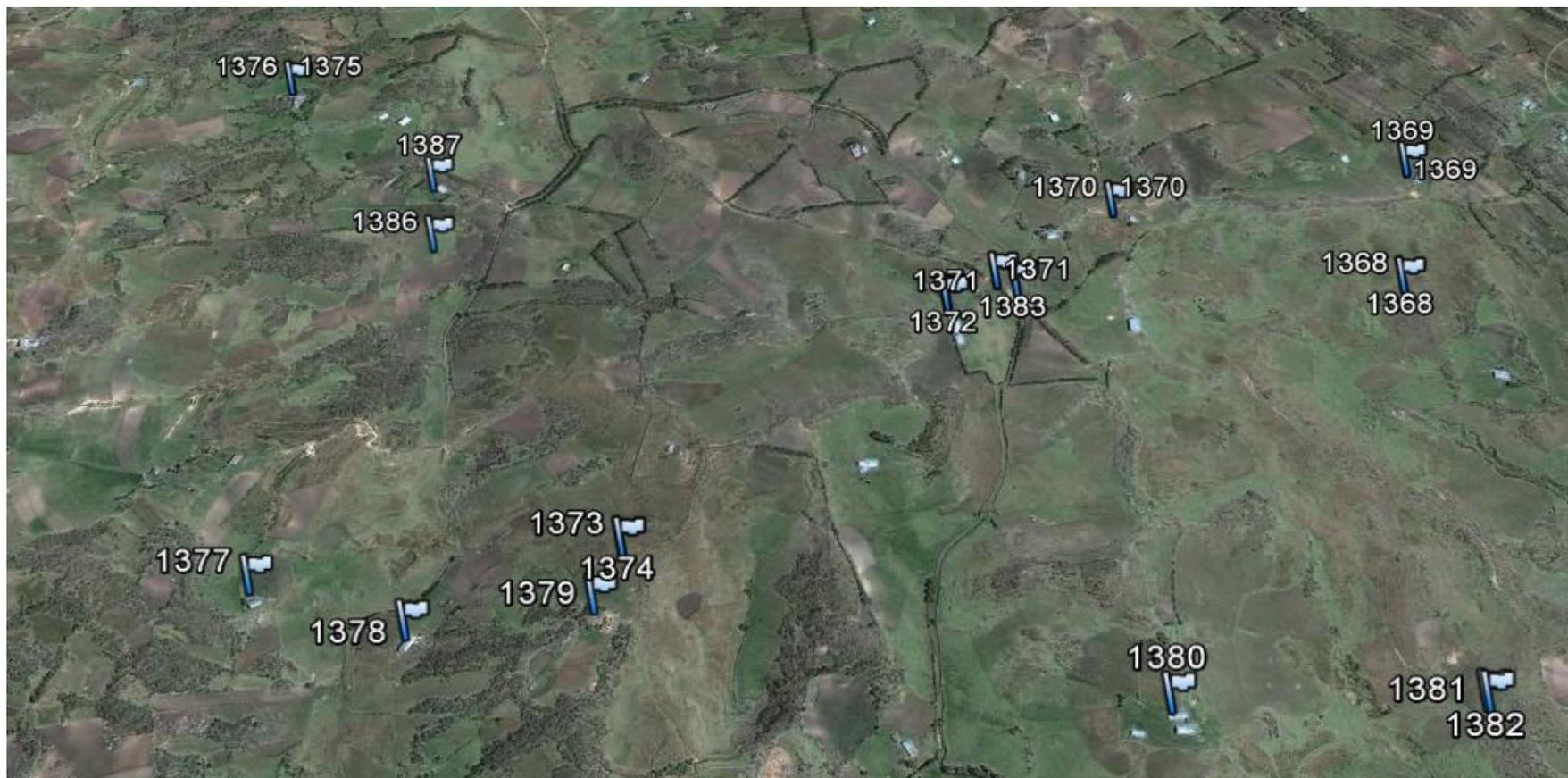
#### **6.4. Ubicación de Estaciones Meteorológicas y Viviendas en Estudio en Google Earth**

Vista de Estaciones meteorológicas alrededor de Lugar en estudio



Fuente: Google Earth

Viviendas beneficiarias



*Fuente: Google Earth*

## 6.5. Hojas de Cálculo

## ANEXO Nº 01: CÁLCULO DE POBLACIÓN FUTURA

Calculando Poblaciones Futuras para todos los casos

Nº Vivienda	Población actual (Pa)	Tasa de crecimiento (r%)	Tiempo de vida útil (t) en años	Población Futura (Pf)
1	5	2.5	20	8
2	3	2.5	20	5
3	3	2.5	20	5
4	5	2.5	20	8
5	5	2.5	20	8
6	6	2.5	20	9
7	20	2.5	20	30
8	6	2.5	20	9
9	5	2.5	20	8
10	5	2.5	20	8
11	5	2.5	20	8
12	6	2.5	20	9
13	6	2.5	20	9
14	4	2.5	20	6
15	8	2.5	20	12

Procedimiento para calcular población futura

### Vivienda Nº 3

A.- Población Actual (Pa)

$$Pa = 3 \text{ Habitantes}$$

B.- Tasa de crecimiento (r%)

$$r \% = 2.50$$

C.- Período de diseño (t)

$$t = 20 \text{ años}$$

D.- Población Futura (Pf)

$$Pf = Po * ( 1 + r*t/100 )$$

$$Pf = 5 \text{ Habitantes}$$

## **6.6. Análisis Físico Químico y Bacteriológico**

## **6.7. Datos de Precipitaciones e Intensidades SENAMHI**

## 6.8. Presupuesto

## **6.9. Gastos Generales**

## 6.10. Metrados

## 6.11. Cotizaciones

## 6.12. Planos