



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**EVALUACIÓN DE CAMPO DE LOS MATERIALES DE LOS PROYECTOS
EJECUTADOS PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA, EN LOS
DEPARTAMENTOS DE ALTA VERAPAZ Y CHIQUIMULA**

Manuel Adalberto González Herrera
Asesorado por el Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz

Guatemala, noviembre de 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE CAMPO DE LOS MATERIALES DE LOS PROYECTOS
EJECUTADOS PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA, EN LOS
DEPARTAMENTOS DE ALTA VERAPAZ Y CHIQUIMULA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR:

MANUEL ADALBERTO GONZÁLEZ HERRERA

ASESORADO POR EL ING. FRANCISCO JAVIER QUIÑÓNEZ DE
LA CRUZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2009

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I:	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II:	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III:	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV:	Br. José Milton De León Bran
VOCAL V :	Br. Isaac Sultán Mejía
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

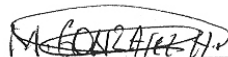
DECANO:	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA:	Inga. Carmen Marina Mérida Alva
EXAMINADOR:	Ing. Jorge Lam Lan
EXAMINADOR:	Ing. Yefri Rosales Juárez
SECRETARIA:	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DE CAMPO DE LOS MATERIALES DE LOS PROYECTOS
EJECUTADOS PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA, EN LOS
DEPARTAMENTOS DE ALTA VERAPAZ Y CHIQUIMULA,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Civil, con fecha 4 de marzo de 2009.



Manuel Adalberto González Herrera

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 14 de octubre de 2 009

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

Señor Director:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación “Evaluación de campo de los materiales de los proyectos ejecutados para la captación de agua de lluvia en los departamentos de Alta Verapaz y Chiquimula”, realizado por el estudiante universitario Manuel Adalberto González Herrera, quien contó con la asesoría del suscrito.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante **González Herrera**, cumple con los objetivos para los cuales fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Francisco Javier Quiñón de la Cruz
Ingeniero Civil Con. No. 1941
Asesor

Cc archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

Guatemala, 14 de octubre de 2 009

Ingeniero
Sydney Alexander Samuels Milson
Director de la Escuela de Ingeniería Civil
Facultad de Ingeniería

Señor Director:

Tengo el agrado de dirigirme a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación **“Evaluación de campo de los materiales de los proyectos ejecutados para la captación de agua de lluvia en los departamentos de Alta Verapaz y Chiquimula”**, realizado por el estudiante universitario **Manuel Adalberto González Herrera**, quien contó con la asesoría del suscrito.

Considero que el trabajo realizado por el estudiante **González Herrera**, cumple con los objetivos para los cuales fue planteado, por lo que recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención que se sirva prestar a la presente.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Francisco Javier Quintero de la Cruz

Coordinador Área de Materiales y Construcciones Civiles



FACULTAD DE INGENIERIA
AREA DE MATERIALES Y
CONSTRUCCIONES CIVILES
USAC

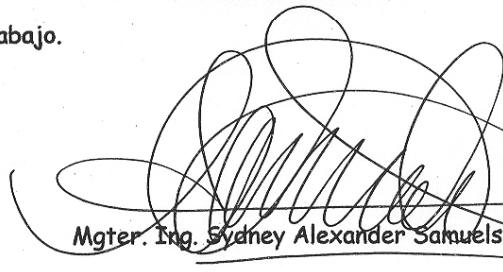
Cc archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Civil, después de conocer el dictamen del Asesor y Coordinador del Área de Materiales y Construcciones Civiles, Ing. Francisco Javier Quiñón de la Cruz, al trabajo de graduación del estudiante Manuel Adalberto González Herrera, titulado EVALUACIÓN DE CAMPO DE LOS MATERIALES DE LOS PROYECTOS EJECUTADOS PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA, EN LOS DEPARTAMENTOS DE ALTA VERAPAZ Y CHIQUIMULA, da por este medio su aprobación a dicho trabajo.


Mgter. Ing. Sydney Alexander Samuels Milson



Guatemala, noviembre 2009

/bbdeb.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.497.2009

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Civil, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE CAMPO DE LOS MATERIALES DE LOS PROYECTOS EJECUTADOS PARA LA CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA, EN LOS DEPARTAMENTOS DE ALTA VERAPAZ Y CHIQUIMULA**, presentado por el estudiante universitario **Manuel Adalberto González Herrera**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, noviembre de 2009

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS:

La roca fuerte en que se apoya mi vida y que siempre me guía por los caminos del éxito.

MIS PADRES:

Enio Armando González y Ana Maria de González

Por la dedicación puesta en mí, por formarme y educarme de la mejor manera, por sus consejos, sacrificios y enseñanzas.

MIS HERMANOS:

Daniel Gustavo González y Josué Misael González

Por ayudarme durante mi formación profesional, y por apoyarme en todo momento.

MI ESPOSA:

Silvia Liliana de González

Por su apoyo y asesoría a lo largo de mi formación profesional.

MI HIJA

Carmen Maria González Mejía

Por su cariño y por ser el motivo de mi existir y mi inspiración para cada logro obtenido.

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Mi Alma Mater y ámbito en mi formación como profesional.

LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS

Por ser la facilitadora de la adquisición del conocimiento técnico y científico que me permitió obtener el título de Ingeniero Civil.

AGRADECIMIENTOS A:

El Ing. Francisco Javier Quiñónez de la Cruz

Coordinador de Área de Materiales y Construcciones Civiles de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Por orientar, facilitar y asesorar el presente trabajo de graduación.

Apoyo a la Reforma del Sector Salud en Guatemala “APRESAL”

Por haber apoyado bibliográficamente en al presente trabajo de graduación.

José Luís Samayoa, de Plan Internacional Inc.- Fundación agua del Pueblo

Por haber apoyado logísticamente en la visita de campo a sus proyectos ejecutados de captación de agua de lluvia en San Pedro Carchá, Alta Verapaz, y por haber colaborado con información técnica para el presente trabajo de graduación.

Mirian Araceli Del Cid y a Luswin Saúl Zuquiño, de Asociación de Servicios y Desarrollo Socioeconómico Chiquimula “ASEDECHI”

Por haber apoyado logísticamente en la visita de campo a sus proyectos ejecutados de captación de agua de lluvia.

Suceli Rodríguez, de “Asorech” – Industrias Licoreras de Guatemala

Por haber apoyado en la visita de campo a sus proyectos ejecutados de captación de agua de lluvia, en Jocotán Chiquimula

Mis compañeros de estudio y de trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES	1
1.1 Breve historia	1
1.2 Situación actual	5
1.3 Diversidad de aplicaciones	6
1.3.1 Aljibe autónomo	7
1.3.2 Batería sanitaria	8
1.3.3 Captación de agua para centros de salud	9
1.3.4 Letrina autónoma	10
1.4 Regiones de Guatemala donde se implementó el sistema y descripción de cada proyecto evaluado en campo	11
1.4.1 Proyecto de apoyo APRESAL	11
1.4.2 Plan Internacional Inc.-Fundación Agua del Pueblo	16
1.4.3 ASORECH –Industrias Licoreras de Guatemala	20
1.4.4 Proyecto de apoyo ASEDECHI	24
1.4.5 Aljibe cilíndrico prefabricado ASEDECHI	27
1.4.6 Proyecto de desarrollo FUNDACION MADRAZO	31
1.5 Organizaciones e Instituciones a cargo	33
1.5.1 Proyecto de apoyo APRESAL	33

1.5.2	Plan Internacional-Fundación Agua del Pueblo	34
1.5.3	Asorech-Industrias Licoreras de Guatemala	35
1.5.4	Proyecto ASEDECHI	35
1.5.5	Cooperación Española Dr. Manuel Madrazo	36
1.6	Conferencias en el país relacionadas con el tema	36
1.6.1	Taller de técnicas de captación de lluvia en zonas rurales	36
2.	ESTUDIOS PREVIOS	41
2.1	Métodos utilizados	43
2.1.1	Sistemas de bajo costo	45
2.1.2	Sistemas de costo intermedio	48
2.1.3	Sistemas de costo alto	49
2.2	Factibilidad	51
2.2.1	Factor técnico	52
2.2.2	Factor económico	53
2.2.3	Factor social	53
2.2.4	Factor ecológico	54
2.3	Bases de diseño	54
2.4	Criterios de diseño	59
3.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	65
3.1	Requisitos previos	65
3.1.1	Determinación de la precipitación promedio mensual	65
3.1.2	Determinación de la demanda	66
3.1.3	Determinación del volumen del tanque de almacenamiento	67
3.2	Aplicación	68

3.3	Diseño	68
3.3.1	Captación	70
3.3.2	Recolección y conducción	71
3.3.3	Interceptor de primeras aguas	73
3.3.4	Almacenamiento	75
3.3.5	Tratamiento	77
3.3.6	Ventajas y desventajas	81
3.3.7	Mantenimiento	86
3.3.8	Comparación de costos	90
4.	PROPUESTAS BASADAS A EXPERIENCIAS	95
4.1	Modelo a diseñar	95
4.1.1	Aljibe individual de polietileno	96
4.1.2	Materiales	97
4.1.3	Requisitos previos	100
4.1.4	Criterios de diseño	100
4.1.5	Ventajas y desventajas	102
4.1.6	Costo aproximado	103
4.2	Aljibe individual de ferrocemento sección trapezoidal	104
4.2.1	Materiales	105
4.2.2	Requisitos previos	111
4.2.3	Criterios de diseño	111
4.2.4	Ventajas y desventajas	115
4.2.5	Costo aproximado	116

5. EVALUACIÓN GENERAL	117
5.1 Evaluación técnica	117
5.2 Evaluación económica	119
CONCLUSIONES	123
RECOMENDACIONES	127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	131
BIBLIOGRAFÍA	133
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS	135
APÉNDICE	137

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Esquema de una vivienda antigua con aljibe	2
2.	Esquema de los chultunes o sistemas utilizados por los mayas, para recolectar agua de lluvia	4
3.	Canaleta de plástico para recolección de agua de lluvia	6
4.	Sistema completo de captación de agua de lluvia	7
5.	Esquema de una batería sanitaria	8
6.	Esquema de una letrina autónoma	10
7.	Aljibe autónomo de polietileno APRESAL	12
8.	Sistema eliminador de primeras aguas	14
9.	Aljibe autónomo de polietileno	15
10.	Aljibe autónomo de ferrocemento Plan Internacional Inc.	17
11.	Filtro compuesto de arena, piedrín y piedra pómez	18
12.	Bomba artesanal o bomba maya	19
13.	Aljibe de concreto armado ASORECH	21
14.	Lamina de zinc para captación de agua de lluvia	21
15.	Extracción de agua de lluvia del aljibe	22
16.	Tubería de recolección de agua de lluvia	24
17.	Superficie de captación de agua de lluvia	25
18.	Aljibe colectivo de concreto armado ASEDECHI	25
19.	Proceso de construcción de aljibe prefabricado autónomo sección cilíndrica con tapa semiesférica	28
20.	Aljibe autónomo Fundación Dr. Madrazo	31
21.	Tinaco de polietileno Fundación Dr. Madrazo	33

22.	Capacitación a beneficiarios de un sistema de captación de agua de lluvia	39
23.	Proceso de construcción de aljibe colectivo ASEDECHI	39
24.	Aljibe de bajo costo	46
25.	Esquema de un aljibe de costo intermedio	47
26.	Aljibe de de costo intermedio APRESAL	48
27.	Esquema de aljibe de costo alto	50
28.	Esquema de un aljibe cilíndrico	60
29.	Aljibe cilíndrico con tapa semiesférica ASEDECHI	63
30.	Captación	70
31.	Tipos de canaletas de recolección	72
32.	Dispositivo interceptor de primeras aguas	73
33.	Tipos de tanques de almacenamiento	77
34.	Filtro de costo intermedio	78
35.	Filtro de bajo costo	80
36.	Propuesta No.1, sistema de captación de agua de lluvia con tinacos de polietileno	97
37.	Estructura interna de tinaco de polietileno, propuesta No.1	98
38.	Aljibe individual de polietileno	99
39.	Propuesta No.2, sistema de captación de agua de lluvia con tanque de ferrocemento	104
40.	Elementos de un aljibe de sección trapezoidal	106
41.	Esquema de filtro de arena, pedrín y piedra pómez	106
42.	Aljibe de ferrocemento con sección trapezoidal	107
43.	Esquema del armado de tapadera de aljibe	107
44.	Esquema de puerta de aljibe de ferrocemento	108
45.	Esquema de sumidero para rebalse y limpieza	108
46.	Vista en planta de aljibe de ferrocemento	109
47.	Esquema de bomba artesanal o bomba maya	110
48.	Vista de perfil de elementos que integran un aljibe	112

TABLAS

I	Volumen requerido de aljibe según consumo estimado diario, ejemplo 1	55
II	Pluviometría en diferentes regiones de Guatemala, ejemplo 2	58
III	Comparación de los diferentes tipos de aljibes, según su volumen	91
IV	Volumen requerido de aljibe según consumo estimado diario, propuesta 1	100
V	Pluviometría en diferentes regiones de Guatemala, propuesta 1	101
VI	Integración de costos de un aljibe de polietileno, propuesta 1	103
VII	Volumen requerido de aljibe según consumo estimado diario, propuesta 2	111
VIII	Pluviometría en diferentes regiones de Guatemala, propuesta 2	114
IX	Integración de costos de un aljibe de ferrocemento, con sección trapezoidal, propuesta 2	116

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
A	Área de la sección transversal de la canaleta
Ai	Oferta de agua en el mes
Aai	Oferta acumulado al mes
Ac	Área de captación o cosecha de lluvia potencial
Ap	Área de precipitación
AM	Armella
A1	Área de la base mayor
A2	Área de la base menor
ARB	Anti reproductor de bacterias
As	Área superficial del aljibe
@	Separación entre varillas
Ce	Coeficiente de escorrentía
Cs	Coeficiente de salida de la captación
Cm	Centímetro
Di	Demanda mensual
Dai	Demanda acumulada al mes
Dot	Dotación en litros por persona por día
d, θ	Diámetro del aljibe
gls	Galones
gr.	Gramos
h	Altura del agua en un tanque de almacenamiento
HG	Tubería de acero galvanizado
HP	Caballo de fuerza
i	Tasa de interés
“	Pulgadas

Kg	Kilogramo
L	Lado del aljibe
log	logaritmo
lts	Litros
<i>m</i>	Metro
<i>m</i> ²	Metro cuadrado
<i>m</i> ³	Metro cúbico
mm	milímetros
n	Coeficiente de rugosidad de la canaleta
Nu	Número de usuarios que se benefician del sistema
Nd	Numero de días del mes analizado
P	Perímetro mojado
Pi	Valor de precipitación mensual
Ppi	Precipitación promedio mensual
PVC	Tubería de plástico para agua fría
π	3.1416
Q	Flujo o caudal de la canaleta
r	Costo anual del pago de agua entubada
R	Radio hidráulico
S	Pendiente
SCAPT	Sistema de captación de agua de lluvia
t	Tiempo de precipitación en años
V	Volumen de captación
Vi	Volumen del tanque de almacenamiento necesario
Zn	Zinc, material de acero galvanizado
9/9	Tipo de electromalla para ferrocemento

GLOSARIO

Aljibe	Depósitos de polietileno o de ferrocemento que se construyen al aire libre o soterrados para almacenar, y conservar el agua de lluvia fresca y sana.
ARB	Producto llamado anti reproductor de bacterias que contiene la tercera capa de los aljibes y que ayuda a evitar el crecimiento de la población de bacterias dentro del aljibe.
Batería sanitaria	Aljibe cuya aplicación es en las escuelas públicas de áreas rurales y esta construido de concreto armado.
Bomba hechiza	Llamada también bomba maya, es un dispositivo encargado de extraer el agua de los aljibes que estén subterráneos, y su fabricación puede ser manual utilizando materiales como pvc. (Ver planos en anexos).
Captación	Superficie que compone el techo de la vivienda o una galera, destinada a la recolección del agua de lluvia, para un fin beneficioso.

Coeficiente de recogida de agua	Factor utilizado para calcular la cantidad de agua de lluvia que se acumula en el área de captación en el año y es ocasionado por las pérdidas que se dan en la trayectoria del agua de lluvia hasta el tanque de almacenamiento.
Concreto ciclópeo	Material compuesto de piedra bola y concreto, utilizado para construir las planchas para elevar los aljibes de polietileno.
Dispositivo de rebalse	Elemento que impide que el agua de lluvia entre con todo su caudal al filtro y al aljibe, asimismo evita que se rebalse el agua al estar lleno el aljibe.
Electromalla 9/9	Elemento utilizado como alma de acero junto con el concreto en los aljibes enterrados y permite que se pueda construir con paredes mas delgadas, reduciendo costos.
Eliminador de primeras aguas	Elemento que se utiliza para desviar una cantidad mínima de 1 litro por metro cuadrado de agua de lluvia justo cuando comienza a llover para que esta agua con hojas de árboles, polvo, excrementos de pájaros, etc. contamine el aljibe.
Factibilidad	Comprende los factores técnicos, económicos, sociales y ecológicos, los cuales hay que considerar antes de ejecutar un proyecto de cosecha de agua de lluvia.

Ferrocemento	Material de concreto utilizado para construir los aljibes subterráneos y pueden ser los de paredes gruesas, utilizando varillas de acero legitimo y el de paredes delgadas utilizando electromalla 9/9.
Filtro	Elemento compuesto de carbón, piedrín y piedra pómez, los cuales se encargan de purificar en un 90% el contenido del agua y hacerla potable.
Forraje o paja	Material de origen vegetal utilizado para colocarlo en los techos como superficie de captación, tiene la desventaja de liberar lignina que le da un color amarillento al agua de lluvia.
Hipoclorador	Dispositivo cuya función es la de distribuir de forma manual el cloro en el aljibe, para desinfectar a cada cierto tiempo el agua contenida en el aljibe.
Lámina de zinc	Lámina de acero galvanizada utilizada como material en los techos de las viviendas o en galeras diseñadas para la captación de agua de lluvia, generalmente se utilizan las de 10 pies.
Letrina autónoma	Aljibe individual que se encuentra a la par de una letrina de sello hidráulico y tiene como superficie de captación el techo de la misma.

Mano de obra calificada	Está comprendida por los técnicos especializados en la construcción de los aljibes de ferrocemento, los cuales requieren un conocimiento mínimo del funcionamiento de estos sistemas, lectura de planos, etc.
Mano de obra no calificada	Está conformada por las personas o los usuarios de los sistemas de captación de agua de lluvia, que sin ningún conocimiento técnico aportan su experiencia en obras similares.
Mosquitero	Malla utilizada al final de las canaletas como un prefiltro, con el fin de impedir que partículas iniciales como hojas de árboles contaminen el aljibe.
Opacidad absoluta	Término utilizado como característica que deben de tener obligatoriamente los aljibes de polietileno, lo cual impide que ingrese al aljibe la radiación solar y provocar el crecimiento de bacterias en el agua de lluvia.
Pluviometría	Depende del sector donde se construya el aljibe y son los períodos o meses donde hay precipitación, es el elemento principal obligatorio para diseñar un sistema de captación de agua de lluvia.

Polietileno	Plástico impermeable utilizado en los aljibes externos y se compone de 3 capas: la exterior negra evita la entrada de luz en el tinaco, la intermedia o blanca refuerza la estructura del tinaco y la tercera y última capa que ayuda a evitar el crecimiento de bacterias dentro del aljibe.
Recolector	Conjunto de canaletas situadas en las partes más bajas del área de captación, tienen por objeto recolectar el agua de lluvia y de conducirla hacia el interceptor.
Sumidero	Dispositivo colocado al final del sistema, contiene piedrín, y cuyo objetivo es un sistema de rebalse como también utilizado para limpieza del aljibe antes del inicio de cada temporada de lluvia.
Tejas de arcilla	Material utilizado como cubierta en los techos de las casas para superficie de captación de agua de lluvia.
Válvula de globo	Elemento utilizado en la parte inferior de los tinacos de polietileno, que provee una seguridad adicional contra fugas o desperdicios de agua, evitando el goteo y facilitando futuras reparaciones.

RESUMEN

La “Evaluación de campo de los materiales de los proyectos ejecutados para la captación de agua de lluvia en los departamentos de Alta Verapaz y Chiquimula” consiste en un estudio de los diferentes sistemas diseñados por instituciones nacionales e internacionales, con el fin de conocer las diferentes formas en que se puede construir un aljibe, los diferentes materiales utilizados, los elementos que conforma, las ventajas y desventajas, su estado actual, su respectivo mantenimiento y reuniendo todas esas ideas realizar una propuesta con especificaciones técnicas y costos como ayuda al que este interesado en realizar un proyecto de esta naturaleza.

En el primer capítulo se desarrollan de manera explícita, los conceptos básicos necesarios; las diferentes definiciones de lo que es un aljibe, una breve historia de los sistemas de cosecha de lluvia desde tiempos remotos, su situación actual, la diversidad de aplicaciones, las regiones de Guatemala donde se implemento el sistema así como las instituciones a cargo, la descripción de los sistemas evaluados en campo con especificaciones técnicas y costo de cada uno.

En el segundo capítulo se describen los estudios previos a realizar en todo proyecto de captación de agua de lluvia; los diferentes métodos utilizados, la clasificación de los diferentes tipos de sistemas que hay por su costo, tipo de material y tamaño, los diferentes criterios de factibilidad, las bases de diseño y los criterios de diseño, así como los diferentes casos que se presentan al momento de diseñar un sistema y un ejemplo de cada uno basándose en niveles de alta, mediana y baja precipitación pluvial.

Este capítulo es el más importante, ya que da una idea de cómo diseñar dependiendo del nivel de precipitación que exista en las diferentes regiones del país, ya que dependiendo de estos datos será factible o no construir un sistema de captación de agua de lluvia.

En el tercer capítulo se da una descripción detallada de las diferentes partes que conforma un sistema de cosecha de agua de lluvia; la determinación de la demanda de agua, la determinación del volumen del tanque de almacenamiento, el diseño, la recolección y conducción, el interceptor de primeras aguas, el almacenamiento, tratamiento, sus ventajas y desventajas, el mantenimiento adecuado del aljibe y la comparación de costos de los diferentes tipos de sistemas.

En el cuarto capítulo se realizaron dos propuestas para el diseño de aljibes; el aljibe de polietileno para las regiones del área rural donde no se necesite mucho volumen para captar agua, ya que la precipitación es alta, y el aljibe de ferrocemento diseñado para regiones donde exista media precipitación pluvial y sea necesario un volumen mayor para recolectar agua de lluvia, así como los diferentes materiales a utilizar, los criterios de diseño, ventajas y desventajas, y el costo aproximado de cada uno, aplicado al precio de los materiales de construcción en la actualidad.

Por último, en el quinto capítulo se realizó una evaluación técnica y una evaluación económica de los sistemas de captación de agua de lluvia tomando en consideración desde los usuarios beneficiados hasta el que diseña el sistema, y por último la determinación del tiempo que se necesita para que un sistema de aljibes se pueda amortizar solo.

OBJETIVOS

GENERAL

Realizar una evaluación de campo de los diferentes sistemas de captación o cosecha de agua de lluvia, ubicados en el municipio de San Pedro Carchá Alta Verapaz, aldea El Ingeniero sector La Loma y municipio de Jocotán Chiquimula, complementarlo con la información obtenida en Uspantán Quiché, y proponer una mejora técnica a dichos proyectos.

ESPECÍFICOS:

1. Entrevistar a una muestra representativa de cada poblado que este aplicando el sistema de captación de agua de lluvia, para evaluar si estos proyectos han funcionado y si se les ha dado un seguimiento.
2. Realizar preguntas relacionadas con la pluviometría del lugar, diferentes materiales de captación, recolección, tipos de interceptores, filtros, tanques de almacenamiento, tratamiento del agua y ventajas y desventajas del sistema.
3. Dar un panorama de las diferentes propuestas que las organizaciones especializadas nos ofrecen para recoger el agua de lluvia desde las más sencillas y baratas hasta las más sofisticadas.

4. Con base a experiencias e información obtenida, realizar una propuesta técnica para poder mejorar los sistemas instalados en las áreas rurales hasta hoy.

5. Establecer especificaciones para el diseño de sistemas de de captación de agua de lluvia para consumo humano.

INTRODUCCIÓN

La captación o cosecha de agua de lluvia es un medio sencillo de obtener agua para consumo humano en aquellas zonas de alta o media precipitación pluvial. El agua de lluvia es interceptada, recolectada y almacenada para su uso posterior. La intercepción del agua de lluvia se realiza, generalmente, en los techos de la vivienda, la recolección mediante canaletas y el almacenamiento en tanques exclusivos para este fin.

Los árabes llamaron aljibes a estos tanques que se construían antes de cualquier edificio y que les garantizaban autonomía de suministro de agua; y este hábito se mantuvo durante muchos años, hasta bien entrada la edad moderna. Pero también los mayas idearon los chultunes, construcción de similar utilidad, antes de que los europeos pusieran pie en América; y los chinos, muchos años atrás, ya edificaban cisternas subterráneas (shuijiao) para captación de agua de lluvia.

En Guatemala, durante muchos años, lo más común fue utilizar agua potable entubada proveniente de municipalidades que la captan de algún acueducto, pero en el área rural, hay municipios donde no llega el agua entubada y es necesario que las personas caminen grandes distancias para obtenerla a llena cantaros y luego deben repetir la actividad tres o cuatro veces al día para llevar el líquido necesario a sus hogares.

Esto ya no sucede en los lugares donde se implementaron sistemas de recolección de agua de lluvia, entre ellos están los de la región de Alta Verapaz, llamado: Proyecto de apoyo a la Reforma del Sector de Salud de Guatemala, APRESAL, de la Unión europea, beneficiando a más de 600 familias, mas adelante Plan Internacional y fundación Agua del Pueblo en San Pedro Carchá, beneficiando a varias familias de la aldea Cipresales.

También ASEDECHI en el departamento de Chiquimula, en la aldea El Ingeniero existe un proyecto que beneficia a 3 familias y ASORECH en el caserío Oratorio Suchiquer, Jocotán, Chiquimula, coordinado por Industrias Licoreras de Guatemala, se han realizado proyectos de esta naturaleza, beneficiando a 10 familias.

Pero en la actualidad no existe información acerca de si estos proyectos han funcionado o no, si se les ha dado seguimiento, o también si se les ha dado un mantenimiento adecuado.

Para realizar la evaluación de campo de los materiales de los proyectos de captación de agua de lluvia, se visitaron los municipios donde se encontraban los aljibes, y se entrevistó al encargado de dicho proyecto utilizando un formato de encuesta donde el objetivo era obtener información de cada una de las partes que conforma dicho aljibe, desde captación, recolección, almacenamiento, filtro, tipos de material, ventajas y desventajas; y con esta información, más las fotografías que se tomaron, se realizó un estudio de las tecnologías existentes, y posteriormente se realizó una propuesta en base a las experiencia adquiridas en campo.

1. ANTECEDENTES

Como primer concepto se debe explicar que aljibe es una vieja palabra de origen árabe, que tiene el significado específico de “depósito para guardar agua de lluvia”. Con el tiempo y el uso a esta palabra le han salido sinónimos, como “cisterna”, con el mismo significado, o bien “depósito”, que se refiere de manera amplia a cualquier elemento para guardar líquidos e incluso otros materiales.

En los siguientes capítulos se utilizará la denominación “aljibe” o “cisterna” fundamentalmente para referirse al sistema completo de recolección de agua de lluvia, y en algunos casos se utilizará la palabra “depósito” para referirse al elemento de almacenaje que también es llamado “tinaco”, tanto en Guatemala como en muchos países de América.

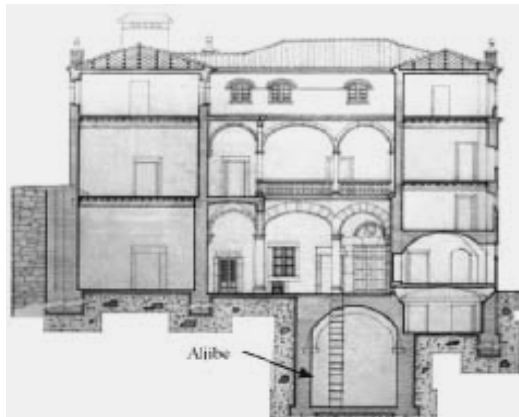
1.1 Breve historia

El uso de los aljibes o cisternas, especialmente en Oriente, se remonta a tiempos muy antiguos. El aprovechamiento del agua que escurre en la superficie del suelo es una técnica de captación de agua de lluvia que data de 4 000 años atrás, siendo utilizada por los agricultores de la edad de bronce en el desierto de Negev en Israel. En ese entonces, recogían las piedras encontradas en la superficie del suelo para aumentar la cantidad de agua a escurrir; también, construían tanques de almacenamiento y diques divisorios con la finalidad de captar y conducir agua hacia las partes bajas de los campos para regar sus cultivos.

Siglos más tarde merecen también citarse las de Alejandría, las numerosas que surtían de agua a Jerusalén, las vastísimas de Cartago, restauradas por los romanos, que sirvieron de depósitos para Túnez; la de Roma, llamada de las siete salas, cuyas ruinas se ven aún junto a los baños de tito; las de Constantinopla, principalmente las de las Mil Columnas, cuyas bóvedas se hallaban sostenidas por 224 pilares dispuestos en varias filas.

Alrededor del año 850 A.C. el rey Mesha de Moab condujo una campaña victoriosa y conquistó un considerable territorio al Este del río Jordán. Esto está orgullosamente conmemorado en el texto de la famosa “Piedra Moabita”. Un detalle en el auto-elogio del rey Mesha es particularmente interesante al respecto de los aljibes el cual comenta de la construcción por primera vez de dos cisternas en medio de la ciudad de Qerkhah, donde no había ningún aljibe y la posterior recomendación que todo el mundo construyera uno en su casa, tal y como se muestra en la siguiente figura 1.

Figura 1. Esquema de una vivienda antigua con aljibe



Fuente: Ramón Tejeiro. **Agua de lluvia saludable**. Pág. 2

Ésta es la primera vez que se mencionan los aljibes en un texto, pero este aparato debe haber sido inventado mucho antes, para que se hable de él de manera tan natural.

Las abadías y castillos de la Edad Media emplazados generalmente en laderas o las cúspides de las montañas, tenían todos sus correspondientes aljibes. En España se han empleado mucho, siendo dignas de mención las de Cádiz, para las aguas de lluvia, y las de Toledo, para las del río y fuente de Cabrahigo.

La arquitectura civil moderna también ha utilizado frecuentemente los aljibes, por ejemplo, la casa Carrington en Texas.

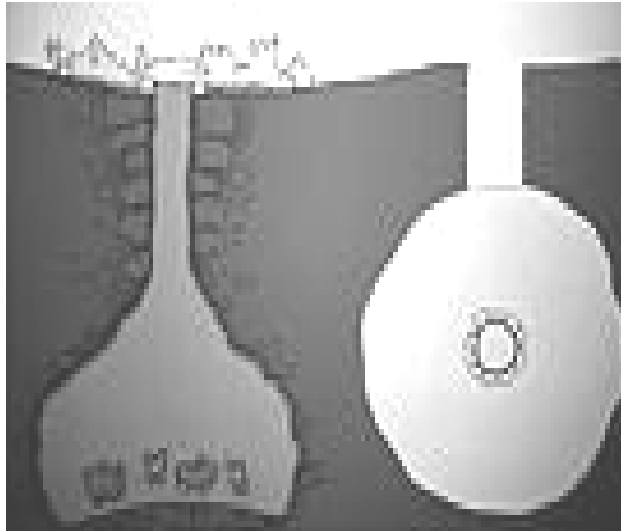
En América se encuentran magníficos aljibes que aún hoy se usan, como los de las viejas misiones españolas del sur de Estados Unidos.

También los mayas habían desarrollado un mecanismo de almacenamiento de agua de lluvia: Los chultunes, de los que aún hoy se encuentran muchos ejemplos, fundamentalmente en la península de Yucatán, en México, estos sistemas consistían en excavar túneles subterráneos que se iban llenando en cada temporada de lluvia y así se conservaba el agua en un ambiente fresco, regularmente en la salida colocaban un pozo que tenía una tapadera de piedra para impedir que se contaminara su interior.

También se recubría con una mezcla de barro las paredes interiores para que no existiera un desprendimiento de tierra y el agua se contaminara.

En la figura 2 se muestra un ejemplo típico de la forma que tenían los chultunes o primeros aljibes.

Figura 2. Esquema de los Chultunes o sistemas utilizados por los mayas para recolectar agua de lluvia



Fuente: Ramón Tejero. **Agua de lluvia saludable**. Pág. 3

La relación entre la calidad de vida y el buen suministro de agua estaba asimismo implícita en la elección de las ubicaciones de los primeros asentamientos humanos en diferentes lugares. Está claro que cuando el asentamiento se podía producir en un lugar de fácil acceso a agua limpia, no era necesario hacer ningún esfuerzo por conservar el agua de lluvia. Sin embargo, la presión expansiva de los humanos hacia lugares que podían tener un interés estratégico por razones de defensa, comerciales o por necesidad, ha obligado a éste a ingeniárselas para obtener el agua de algún modo, desarrollándose así ingenios como el sifón, o el acueducto, que permiten la traída de agua desde nacimientos a las ciudades; pero esto sólo es posible si el lugar de consumo está mas bajo que el de captación. En caso contrario no hay más solución que el bombeo, o el aljibe.

1.2 Situación actual

Después de siglos, los aljibes fueron cayendo en desuso por la mayor facilidad de conducción de agua mediante tuberías.

La aducción masiva de agua de ríos, la aparición, ya en el siglo XX, de bombas eficaces que permitían la extracción de agua de pozos, incluso muy profundos, y en general por la mayor disponibilidad energética y tecnológica.

Sin embargo, en los últimos años del siglo XX se ha dinamizado enormemente la aplicación de los aljibes como respuesta a una situación de dramático desabastecimiento de agua en algunas áreas del planeta, en las que aún habiendo agua, ésta no está a disposición de una gran cantidad de la población (se estima que solo el 60% de la población dispone de suministro regular de agua). El resultado son varios millones de instalaciones de captación de agua de lluvia en los últimos años, y decenas de millones de personas que han solucionado su problema de agua gracias a la recolección de agua de lluvia.

El desarrollo de nuevos materiales, o el abaratamiento de otros, han permitido que la captación segura y eficaz del agua de lluvia se vaya haciendo cada vez más competitiva con otros sistemas, y accesible a los otros presupuestos de los más pobres. Es la revolución de los plásticos, en la que el PVC y el Polietileno están jugando un papel importantísimo, y hoy se ve como se cierra cada vez más rápidamente la distancia entre los tubos, canalones y depósitos de plástico, y sus equivalentes metálicos, cerámicos o, incluso de obra.

En la figura 3 se muestra un ejemplo de una canaleta moderna fabricada de plástico resistente.

Figura 3. Canaleta de plástico para recolección de agua de lluvia



Fuente: Ramón Tejeiro. **Agua de lluvia saludable**. Pág. 4

Otra razón que estimula hoy la recolección de agua de lluvia es la inquietante elevación de la contaminación del agua de ríos y pozos, que hace a muchos habitantes de la tierra mirar con más confianza al agua que cae del cielo que aquella recogida de la tierra.

En los países más desarrollados, las instalaciones de recogida de agua de lluvia, fundamentalmente individuales, están multiplicándose de manera rápida, tanto que en la mayoría de catálogos de las grandes tiendas de jardinería y similares, ya se ofrecen sistemas de recolección de agua producidos masivamente, y con un precio muy accesible.

1.3 Diversidad de aplicaciones

Los usos y aplicaciones que se le pueden dar a un sistema de captación de agua de lluvia son diversos como por ejemplo: El aljibe autónomo, baterías sanitarias, centros de salud, escuelas, letrina autónoma, aljibe de gran tamaño para múltiples viviendas, etc.

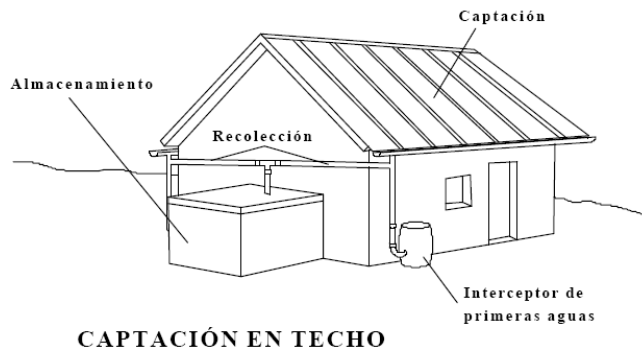
1.3.1 Aljibe autónomo

Es el sistema más común utilizado para la recolección de agua de lluvia en una vivienda individual y se basa en argumentos como la alta dispersión de las viviendas que hace muy caro y difícil construir y operar sistemas comunales, tener un mejor control del consumo que consiste en la ventaja de tener un propio aljibe en la casa es que se puede controlar o calibrar bien el consumo de agua en la vivienda.

Además que con sistemas comunales, a menudo existen conflictos sociales entre los beneficiarios sobre el uso del agua por parte de algunos. También el cuidado y mantenimiento del aljibe el cuál es propiedad de la familia, lo que la hace sentir responsable de su mantenimiento. En los sistemas comunales se debe invertir tiempo y esfuerzo para la organización comunitaria con el fin de garantizar el buen mantenimiento del aljibe.

La figura 4 es un sistema SCAPT o sistema de captación de agua de lluvia

Figura 4. Sistema completo de cosecha de agua de lluvia



Fuente: CEPIS/OPS. **Hojas de divulgación técnica.** Pág. 2

Otra de las características del aljibe es que al estar a la par de la casa existe un acceso rápido al agua del aljibe, mientras que los sistemas comunales siempre están más lejos de casa.

1.3.2 Batería sanitaria

Su aplicación está en las escuelas públicas de áreas rurales y la diferencia más evidente entre los sistemas de captación de agua de lluvia en los aljibes autónomos y las baterías sanitarias es el material aplicado en el depósito de agua, que en el caso de las escuelas es de concreto armado y no de polietileno o ferrocemento.

El tanque de captación se construye en concreto con un volumen de entre 4.5 y 7.4 m^3 dependiendo del número de inodoros a instalar. Un asunto de mucha importancia es la altura del techo de la escuela. Con dicha batería se tuvo por lo menos 2.3 metros de diferencia entre el nivel del suelo y el extremo inferior de la cubierta, de manera que se pueda construir la batería con tanque, lo que se puede apreciar en la figura 5.

Figura 5. Esquema de una batería sanitaria



Fuente: Ramón Tejeiro. **Agua de lluvia saludable**. Pág. 45

En lugares donde no se tiene esta altura se debe pensar en otro tipo de letrina o se debe profundizar la batería con riesgo de inundaciones por lluvia y agua freática.

El área de captación del techo varía entre 100m^2 y 200m^2 para garantizar un volumen de agua suficiente para cubrir las necesidades de agua en la época de verano. Para evitar desperdicios de agua en fines de semana y vacaciones se instala una válvula de compuerta dentro de uno de los baños que se cierra en el momento en que no hay niños en la escuela.

1.3.3 Captación de agua para centros de salud

Otra de las aplicaciones son en los centros de salud del área rural que prestan un servicio de atención médica las 24 horas del día. Aunque en la mayoría de lugares se cuenta con agua entubada que suministra a las instalaciones de baños y lavamanos, existen algunos que no cuentan con ninguna fuente de agua, por lo que están dotados de canales para captación en los techos con una superficie de 250m^2 y se conectan al tanque de captación con tubería de PVC y/o HG DE 4".

Contienen un tanque de concreto de captación con volumen de 5m^3 cubierto con un techo de lámina que tiene una salida dentro del mismo tanque para captar el agua de lluvia de la parte superior del tanque.

Junto al tanque de distribución está instalado un sistema de bombeo eléctrico de 1HP. El manejo de la bomba es manual con un interruptor dentro del centro de salud. El operador es responsable del arranque y la parada de la bomba.

El tanque elevado tiene un volumen de aproximadamente 2m^3 y está hecho de polietileno.

Desde el tanque se distribuye el agua dentro del Puesto a los servicios sanitarios, lavamanos, duchas, etc. En lugares donde no hay suministro eléctrico, el bombeo se hace a través de una bomba manual.

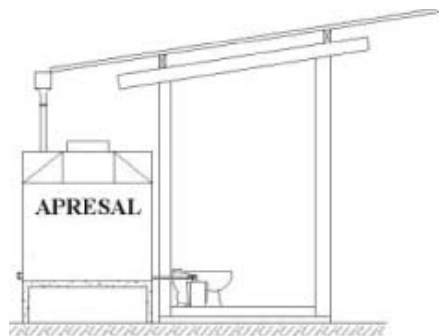
1.3.4 Letrina autónoma

El agua del aljibe se debe utilizar solo para el consumo humano, la cocina, lavar platos, lavarse las manos etc. Sin embargo, si una familia dispone de una letrina de sello hidráulico, la necesidad de agua es mayor por el uso del líquido para la descarga de desechos dentro de la taza. Para no utilizar el agua del aljibe autónomo como fuente de agua, se capta en el techo de la misma letrina y se utiliza esta agua para las descargas del retrete. Así el agua utilizada para el baño no influye en la disponibilidad de agua dentro del aljibe familiar.

El sistema consiste en una letrina con taza de porcelana con sello hidráulico, plancha de concreto, forro de tabla y techo de lámina galvanizada, con una superficie de $3.5 m^2$.

El sistema de captación de agua de lluvia para una letrina autónoma con sello hidráulico se muestra en la figura 6

Figura 6. Esquema de una letrina autónoma



Fuente: Ramón Tejeiro. **Agua de lluvia saludable**. Pág. 49

Contiene un canal de captación, un tinaco de 450 lts. Con rebosadero, drenaje y salida con llave de chorro dentro de la letrina junto a la taza. El usuario después de usar la letrina puede colocar una cubeta abajo del chorro y, mientras se llena la cubeta puede lavarse las manos. Con el agua de la cubeta (aproximadamente 3 lts) se descarga el baño.

Contiene también una fosa séptica de concreto para dar tratamiento a las aguas negras, un campo de infiltración con tubería perforada dentro de una zanja llena de piedrín.

1.4 Regiones de Guatemala donde se implementó el sistema y descripción de cada proyecto evaluado en campo

1.4.1 Proyecto de apoyo APRESAL

En Alta Verapaz, el Proyecto Europeo APRESAL comenzó su trabajo en Guatemala en 1997, con un grupo muy ambicioso de objetivos. Uno de los campos de intervención ha sido dotar de agua mediante aljibes a comunidades como Cahabón, Chisec, San Pedro Carchá y otras más cuyas condiciones hicieron más aconsejable la recogida de agua de lluvia que la aducción de aguas superficiales o de pozo.

Cuantitativamente, el impacto del proyecto ha sido importante, con más de 640 aljibes instalados en todo el departamento, los cuales suministran agua a unidades familiares dispersas, con lo que se ha conseguido dar este servicio a más de 3500 personas.

En muchas de estas realizaciones, el proyecto Europeo de Salud APRESAL, ha actuado en colaboración con el Proyecto Europeo de Desarrollo Rural, Proyecto ALA de Alta Verapaz. Los sistemas de aljibes instalados por APRESAL son fundamentalmente de tipo autónomo.

Esto quiere decir que cada vivienda dentro de la comunidad posee un sistema de aljibes como lo muestra la figura 7.

Figura 7. Aljibe autónomo de polietileno APRESAL



Fuente: Ramón Tejeiro. **Agua de lluvia saludable**. Pág. 41

El sistema como el que construye APRESAL se compone de los siguientes elementos:

- Galera de madera con horcones fundidos (encastrados) dentro de bases de concreto para garantizar una vida prolongada de la madera y mejorar la estabilidad de la estructura.
- Techo de lámina de acero galvanizado: 20 láminas de 10 pies con una superficie total de 42 m².
- Túmulo de mampostería de piedra como base para los tinacos. La elevación de los tinacos asegura un acceso a la llave, y la superficie nivelada de la base evita deformaciones y/o daños a la estructura de los tinacos.

- 2 Tinacos de polietileno de 1700 lts de volumen cada uno. Los tinacos están fabricados de 3 capas. La capa exterior negra evita la entrada de luz dentro del tinaco que puede provocar crecimiento de algas. La segunda capa blanca, al interior, refuerza la estructura del tinaco. La tercera y última capa es de un material especial llamado ARB (Anti reproductor de bacterias). Este producto ayuda a evitar el crecimiento de la población de bacterias dentro del aljibe. Las colonias de bacterias no pueden asentarse en las paredes del tinaco por la composición de la capa antibacterial, por lo que prácticamente se reduce el crecimiento de bacterias dentro del tinaco al 0%. Esta capa dentro del tinaco aumenta su costo un 10%. Sin embargo, esta inversión es justificable según APRESAL desde el punto de vista de la salud. Los tinacos están interconectados por la parte superior.
- La entrada del agua captada está colocada en la parte superior del primer tinaco. Después de que éste se llena con el agua de lluvia, el agua rebosa en el segundo, hasta que también se llena, después de lo cual rebosa el segundo tinaco hacia el exterior. Con este principio se asegura que la suciedad que todavía se puede encontrar en el agua captada se sedimenta principalmente en el primer tinaco y no pasa al segundo tinaco. Eso facilita la limpieza, y permite limpiar el segundo tinaco menos frecuentemente. Bajo el rebosadero del segundo tinaco se recomienda colocar un tonel de 50 galones para tener más captación todavía.
- Esta agua, por no ser 100% segura, se puede utilizar para el riego o el lavado de ropa. Es importante mantener siempre la tapadera encima del tonel para evitar la cría de mosquitos, zancudos etc. dentro del mismo.
- Canal de captación de lámina galvanizada, con embudo para dirigir el agua a la tubería de conducción.

- Dentro del embudo se coloca un cedazo de metal para detener las hojas de árboles, ramas etc. que puedan tapan la tubería y pueden causar contaminación del agua.
- Tubería de conducción con sifón de captación de las primeras aguas.

En la figura 8 se puede observar el sistema eliminador de primeras aguas el cual permite desechar el agua de las primeras lluvias y evitar la contaminación de partículas acumuladas durante el verano en el aljibe.

Figura 8. Sistema eliminador de primeras aguas



Fuente: Tomada por el autor, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, mayo 2009

- Válvula de globo de plástico con llave. La válvula provee una seguridad adicional contra fugas o desperdicios de agua. Cerrando la válvula se evita el goteo y se facilitan las reparaciones.
- En el momento de cambiar la llave no es necesario vaciar el tanque; sólo se cierra la válvula y ya se puede desmontar la llave para repararla o reemplazarla.

En el departamento de Alta Verapaz se encuentran dos tipos de cubiertas: Lámina y materia natural conocido como “paga” que es una cubierta de hojas de palma. En los lugares de intervención, donde todas las viviendas tenían un techo de lámina APRESAL hizo una modificación en el diseño del sistema de aljibes:

En lugar de construir una galera, se aprovechó el área de techo de las mismas viviendas, bajando así los costos de la instalación y mejorando las viviendas, en la figura 9 se muestra un ejemplo de aljibe autónomo donde se aprovecho el área de techos de la vivienda como área de captación.

Figura 9. Aljibe autónomo de polietileno



Fuente: Tomada por el autor, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, mayo 2009

Costos de aljibes autónomos APRESAL

Con construcción de galera y techos de lámina

	Precio en Q
Materiales de construcción	Q3, 271.00
2 depósitos de 1,700lts.	Q3, 600.00
Total de materiales	Q6, 871.00
Mano de obra	Q830.00
Precio Total	Q7, 701.00
Precio por metro cúbico	Q2, 265.00

Sin construcción de galera. (sólo aljibes)

Materiales de construcción	Q1, 987.00
2 depósitos de 1,700lts.	Q3, 600.00
Total de materiales	Q5, 587.00
Mano de obra	Q830.00
Precio Total	Q6, 417.00

Precio por metro cúbico

Q 1,887.35

La Comunidad aporta:

- Mano de obra no calificada
- Piedra bola para las bases
- Madera para formaleta y horcones

1.4.2 Plan Internacional Inc.-Fundación Agua del Pueblo

En San Pedro Carchá, Alta Verapaz, en el año 2002 se creó un proyecto paralelo al de APRESAL cuyo objetivo tenía las mismas finalidades, las cuales eran de proveer de agua de lluvia a comunidades dispersas donde no llega el agua entubada.

Se promovió la construcción de un tipo de aljibes muy característicos por su forma diseñados antisísmicamente y está construido con ferrocemento, lo que permite una participación masiva de los usuarios a través de la autoconstrucción.

Tomando el mismo principio que APRESAL como un aljibe autónomo para cada vivienda y aprovechando el área del techo de cada vivienda, el sistema que diseñó Plan Internacional Inc. se compone de los siguientes elementos:

- Como se aprovechó el área de captación de las viviendas, únicamente se le dio mantenimiento al material que se utilizaba para dicha finalidad, o sea lámina de acero galvanizada, con el objetivo de que tuvieran un período de vida útil al mismo tiempo que la duración del aljibe.

- El área total de la cubierta o techo de lámina para captación es de 24 mts², canaletas de acero galvanizadas, interceptor o tubería de bajada de agua pluvial con diámetro de 3”.
- Tubería de conducción con sifón de captación de las primeras aguas.
- Colector pluvial, con capacidad de 0.36 mts³, fabricado con ferrocemento, el cual tiene como una de sus finalidades interceptar el agua de lluvia y trasladarla con un caudal menor al filtro que se encuentra después de él, además se utiliza como un dispositivo de rebalse, ya cuando el tanque de almacenamiento está lleno.
- Filtro de 0.84 mts³ compuesto de arena, carbón, piedrín y piedra pómez que ayuda a purificar el agua en un 90 % antes de entrar en el tanque de almacenamiento, en la figura 10 se muestra el sistema completo y en la figura 11 se puede apreciar el filtro.

Figura 10. Aljibe autónomo de ferrocemento Plan Internacional Inc.



Fuente: Tomada por el autor, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, mayo 2009

Figura 11. Filtro compuesto de arena, piedrín y piedra pómez



Fuente: Tomada por el autor, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, mayo 2009

- Tanque de almacenamiento, con capacidad para 8 mts³, fundido con electromalla 9/9 y de sección trapezoidal para tener una resistencia a los sismos y al deslizamiento.
- Tapadera de 2.30 x 2.30 mts fundida con electromalla 9/9 y una compuerta de 0.60 x 0.60 mts. para que pueda caber una persona en su interior y así poder darle mantenimiento.
- Sumidero de capacidad 0.18 mts³, contiene piedrín, cuyo objetivo es un dispositivo de rebalse propio del tanque de almacenamiento.
- Bomba artesanal de bajo costo, para la extracción manual del agua del tanque de almacenamiento la que se muestra en la figura 12.

Figura 12. Bomba artesanal o bomba Maya



Fuente: Tomada por el autor, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, mayo 2009

Una de las ventajas de este sistema, implementado en San Pedro Carchá Alta Verapaz, es que este tipo de tanques pueden construirse con capacidades de 25 mts³ o más, tiene absoluta libertad de forma, su construcción y fundición son en el lugar de su utilización, no es propenso a la formación de algas.

Tiene una mayor resistencia sísmica por su forma, superando así al de forma cúbica, y tiene un mayor tiempo de vida útil que los de polietileno.

Por el contrario sus desventajas son la fragilidad y rigidez, los problemas de corrosión en diferentes tipos de suelos, su construcción exige mano de obra especializada, puede desprender arena, tiene un difícil control de calidad y además un alto costo inicial.

Costos de aljibes autónomos PLAN INTERNATIONAL INC.

Únicamente aljibe

	Precio en Q
Materiales de construcción	Q7, 500.00
Mano de obra calificada	Q2, 500.00
Precio Total	Q10, 000.00
Precio por metro cúbico	Q1, 250.00

La Comunidad aporta:

- Mano de obra no calificada
- Madera para formaletas

1.4.3 ASORECH-Industrias Licoreras de Guatemala

Este es un proyecto que en enero del 2009 se ha realizado en la aldea Oratorio Suchiquer del municipio de Jocotán Chiquimula, tomando el mismo principio de los aljibes de ferrocemento, con la única diferencia que estos tienen sección rectangular, y no en forma de pirámide invertida como los ejecutados por Plan Internacional Inc. Además que por ser un lugar de clima con menor frecuencia de precipitación, que como los mencionados anteriormente en las regiones de Alta Verapaz, estos aljibes necesitan ser de mayor volumen para poder satisfacer la demanda anual de las viviendas.

Estos aljibes también son autónomos, o sea uno por vivienda, y en total son 10 los proyectos ejecutados en dicha aldea. Tomando el mismo principio que APRESAL y PLAN INTERNATIONAL INC. y modificando el material de los techos, ya que antiguamente se encontró que estaban contruidos de paja.

La paja provoca una decoloración y contaminación de un color amarillo al agua que se deposita en el aljibe, cambiando la cubierta de cada vivienda por láminas de acero galvanizada, dichos aljibes diseñados por ASORECH constan de los siguientes elementos:

- Techo de lámina de acero galvanizada dando un área total de cubierta de 36 mts².

- Canaletas de acero galvanizadas, interceptor o tubería PVC de bajada de agua pluvial con diámetro de 3”.

En la figura 13 y 14 se puede apreciar el sistema completo de captación de agua de lluvia del aljibe de sección rectangular ASORECH.

Figura 13. Aljibe de concreto armado ASORECH



Fuente: Tomada por el autor, Jocotán, Chiquimula, abril 2009

Figura 14. Lamina de zinc para captación de agua de lluvia



Fuente: Tomada por el autor, Jocotán, Chiquimula, abril 2009

- Tanque de almacenamiento con capacidad de 10 mts³, utilizando para su fundición varillas de acero legítimo con un diámetro de 3/8” por lo que esto incrementa su costo, en comparación con el diseño de PLAN INTERNATIONAL INC. que como alma de acero lleva electromalla 9/9.

- La electomalla funciona como un alma de acero, y como estos aljibes van subterráneos no hay necesidad de construir las paredes de los tanques gruesas sino que se pueden construir de paredes delgadas y así ahorrar materiales como concreto.
- No contiene una bomba de succión, si no que el sistema tiene la ventaja de funcionar por gravedad ya que el terreno se encuentra con una pendiente regular, y únicamente fue necesario la instalación de un chorro de salida a 5 metros de distancia del tanque de almacenamiento el cual se aprecia en la figura 15.

Figura 15. Extracción de agua de lluvia del aljibe



Fuente: Tomada por el autor, Jocotán, Chiquimula, abril 2009

Una de las ventajas del diseño de este sistema construido en Jocotán Chiquimula es que este tipo de tanques pueden construirse con capacidades de hasta 25 mts³, tiene absoluta libertad de forma, su construcción y fundición son en el lugar de su utilización, no es propenso a la formación de algas, y tiene un mayor tiempo de vida útil que los de polietileno.

Pero su desventaja inicial es que por su forma de paralelogramo posee menor resistencia sísmica y riesgo de deslizamiento por estar construido en terreno inclinado, por sus materiales poseen fragilidad y rigidez, puede tener problemas de corrosión en diferentes tipos de suelos, su construcción exige de personal técnico especializado, no posee filtro de arena sino que únicamente una malla o mosquitero en la entrada del aljibe, puede desprender arena y tiene un alto costo inicial, respecto a los dos diseños estudiados anteriormente.

La región donde esta construido este sistema es de baja precipitación pluvial, por lo que los aljibes incrementan en tamaño de volumen de almacenamiento y por lo tanto en costo.

Costos de aljibes autónomos ASORECH-INDUSTRIAS LICORERAS DE GUATEMALA

Con modificación de techos de lámina

	Precio en Q
Materiales de construcción	Q15, 750.00
Mano de obra calificada	Q6, 250.00
Precio Total	Q22, 000.00
Precio por metro cúbico	Q2, 200.00

La Comunidad aporta:

- Mano de obra no calificada
- Madera para formaletas

1.4.4 Proyecto de apoyo ASEDECHI

En mes de marzo del año 2008, se creó el proyecto piloto de “Cosecha de agua de lluvia”, iniciando con una unidad demostrativa, experimental, consta de la colocación de canales para recolección de agua de lluvia en tres viviendas, la conducción de agua a través de tubería, construcción de un tanque de concreto de 96 mts³ para el almacenamiento del agua. Con este proyecto se esta beneficiando a 3 familias, del sector la Colina, aldea El Ingeniero, Chiquimula. Dicho aljibe diseñado por ASEDECHI consta de los siguientes elementos:

- Techos de lámina de acero galvanizada, área total de cubierta de captación integrada por tres viviendas 90 mts².
- Canaletas de zinc dando un total de 35 metros lineales, interceptor o bajada de agua pluvial PVC diámetro de 3”
- Filtro o dispositivo purificador cuyo material es plata coloidal, y un tanque sedimentador de 2x2 mts, conteniendo piedras de cal y piedrín.

En las figuras 16 y 17 se puede apreciar los techos de las viviendas que se utilizaron como área de captación.

Figura 16. Tubería de recolección de agua de lluvia



Fuente: Tomada por el autor, aldea El Ingeniero, Chiquimula, junio 2009

Figura 17. Superficie de captación de agua de lluvia



Fuente: Tomada por el autor, Aldea El Ingeniero, Chiquimula, junio 2009

- Tanque de almacenamiento con capacidad de 96 mts^3 , tiene una forma cúbica cuyas medidas son $8 \text{ mts} \times 8 \text{ mts} \times 1.50$, dividido en tres secciones y en cada sección se encuentra una compuerta de 0.60×0.60 para que pueda ingresar una persona para darle el mantenimiento adecuado en período de limpieza.
- Este tanque está fundido con acero legítimo con un diámetro de $3/8''$ que con sus dimensiones se incrementa el costo de manera considerable.
- Bomba eléctrica de succión, la cual provee de agua de lluvia a las tres viviendas.
- Posee un sumidero para limpieza y un sistema de rebalse.

Figura 18. Aljibe colectivo de concreto armado



Fuente: Tomada por el autor, aldea El Ingeniero, Chiquimula, junio 2009

Según se muestra en la figura 18, el sistema es un excelente diseño, teniendo la ventaja poseer una gran capacidad de almacenaje de agua de lluvia, se construyó y fundió en el lugar de su utilización, no es propenso a la formación de algas, por ser un terreno plano posee resistencia sísmica y tiene un mayor tiempo de vida útil de mas de 10 años.

Sus desventajas son el problema de corrosión e infiltración por la mala aplicación del curado y mas que todo por la temperatura del lugar, su construcción requiere de mano de obra especializada y tiene un difícil control de calidad, el tanque de almacenamiento esta sobredimensionado, debido a que en dicha región el período de lluvia es menos frecuente que la región de Alta Verapaz.

Por lo que a diferencia de construir aljibes pequeños, se tuvo la necesidad de construir uno de gran capacidad para que el agua estuviera acumulada en su interior la mayor parte del año. Este aljibe tiene un alto costo inicial, respecto a los diseños estudiados anteriormente.

Costos de aljibe comunitario ASEDECHI

Con modificación de techos de lámina

	Precio en Q
Materiales de construcción	Q45, 000.00
Mano de obra calificada	Q25, 000.00
Precio Total	Q70, 000.00
Precio por metro cúbico	Q729.16.00

Aquí no está incluido el costo de las capacitaciones previas a la Aldea.

La Comunidad aporta:

- Mano de obra no calificada
- Madera para formaletas

1.4.5 Aljibe cilíndrico prefabricado ASEDECHI

Proyecto creado recientemente en la aldea PINALITOS departamento de CHIQUIMULA en marzo del año 2009, tomando el mismo principio de APRESAL del aljibe autónomo, con la diferencia que su forma cilíndrica permite tener ventajas sobre los aljibes de forma rectangular, ya que un depósito cilíndrico convierte la presión del agua en esfuerzos de tracción sobre las paredes.

Sin embargo, uno rectangular está obligado a trabajar con muros planos a flexión, ya que cuando un objeto de sección rectangular se hincha, tiende a buscar una sección cilíndrica, que es la de máxima resistencia. Si cuando ya es cilíndrico se incrementa la presión, el depósito revienta. En los depósitos de sección rectangular, las aristas son las zonas de concentración de esfuerzos, por lo que se refuerzan estas para evitar la aparición de grietas. Por lo que este tipo de aljibe es el de fabricación más barata ya que el costo de un aljibe depende de su superficie.

La idea que tuvo ASEDECHI fue crear un modelo que ofreciera mayor volumen con relación a su superficie creando un aljibe cilindro con tapa semiesférica lo cual incrementa la capacidad de almacenaje, con un incremento muy pequeño de la superficie.

Dicho aljibe diseñado por ASEDECHI consta de los siguientes elementos:

- Cubierta de techos de lamina de acero galvanizada, dando una área total de captación por cada vivienda de 25 mts².
- Canaletas de zinc, interceptor o bajada de agua pluvial con material PVC diámetro de 3".
- Filtro simple utilizando malla o mosquitero de aluminio en la entrada del aljibe.

- Tanque de almacenamiento de forma cilíndrica y con tapa semiesférica cuyas medidas son: radio 1.50 mts y altura de 2.00 mts dando un volumen de almacenamiento de 14 mts³.

A continuación en la figura 19 se muestra el interesante proceso detallado de la construcción del aljibe cilíndrico con tapa semiesférica diseñada por ASEDECHI, desde la fundición preliminar de los bloques que servirán como paredes del tanque, de los pilares para la base de la tapadera, el armado de la parte inferior como la parte superior del aljibe, la unión de los bloques, el armado de la tapadera, el alisado de las paredes internas y los detalles como los acabados finales.

Figura 19. Proceso de construcción de aljibe prefabricado autónomo sección cilíndrica con tapa semiesférica





Fuente: Tomadas por el autor, aldea Pinalitos, Chiquimula, junio 2009

Entre las ventajas del siguiente sistema es que por su forma cilíndrica con tapa semiesférica incrementa la capacidad de almacenaje, con un aumento muy pequeño de la superficie, lo cual ayuda a la optimización de los materiales de la construcción del aljibe.

Por lo tanto, es más barato que un aljibe de ferrocemento de sección rectangular, otra de sus ventajas es su mayor tiempo de vida útil, no es propenso a la formación de algas, su absoluta libertad de forma y su resistencia sísmica.

Entre sus desventajas están el difícil acceso para limpieza, los problemas de corrosión en los diferentes tipos de suelos, su construcción exige de personal técnico, puede desprender arena y tiene un alto costo inicial.

Costos de aljibe prefabricado autónomo ASEDECHI

Con modificación de techos de lámina

	Precio en Q
Materiales de construcción	Q12, 000.00
Mano de obra calificada	Q4, 500 .00
Precio Total	Q16, 500.00
Precio por metro cúbico	Q1, 178.57

Aquí no está incluido el costo de las capacitaciones previas a la Aldea.

La Comunidad aporta:

- Mano de obra no calificada
- Madera para formaletas para bloques prefabricados tanto para las paredes cilíndricas como para la tapadera semiesférica.

1.4.6 Proyecto de desarrollo FUNDACIÓN MADRAZO

Proyecto realizado en el año 2007 por la Fundación para la Cooperación Internacional Dr. Manuel Madrazo.

Con el objetivo del mejoramiento de las condiciones de habitabilidad humana a 80 familias, mediante captación de agua de lluvia a través de tinacos en la villa de San Miguel Uspantán, departamento del Quiché. Tomando como base la experiencia de APRESAL en aljibes autónomos de tinacos de polietileno, con la diferencia que únicamente es un tinaco por sistema. El sistema consta de los siguientes elementos:

- Techo para captación de agua de lluvia, cuatro metros de ancho y cinco metros de largo, construido por los propios beneficiarios, dando un área total de 20 mts², según se muestra en la figura 20.

Figura 20. Aljibe autónomo Fundación Dr. Madrazo



Fuente: Tomada por el autor, Uspantán, Quiché, abril 2009

- Canaletas y tubería de bajada de agua pluvial de PVC diámetro de 3"
- Como filtro se utiliza una malla o mosquitero en la entrada del aljibe.
- Hipoclorador manual para el buen estado del agua contenida en el tanque de almacenamiento.

- 1 Tinaco de polietileno de 1700 lts de volumen. El tinaco está fabricado de 3 capas. La capa exterior negra evita la entrada de luz dentro del tinaco que puede provocar crecimiento de algas. La segunda capa blanca, al interior, refuerza la estructura del tinaco. La tercera y última capa es de un material especial llamado ARB (Anti Reprodutor de Bacterias). Este producto ayuda a evitar el crecimiento de la población de bacterias dentro del aljibe. Las colonias de bacterias no pueden asentarse en las paredes del tinaco por la composición de la capa antibacterial, por lo que prácticamente se reduce el crecimiento de bacterias dentro del tinaco al 0%, además del uso del hipoclorador manual que es un sistema de saneamiento del agua a través de cloro.
- Plancha de concreto y piedra para formar la base en la que estará el tinaco, las medidas son se 1 metro x 1 metro x 30 cms. de ancho.

Costos de aljibes autónomos FUNDACIÓN MADRAZO

Con construcción de galera y techos de lámina

	Precio en Q
Materiales de construcción	Q1, 500.00
1 depósito de 1,700lts.	Q1, 800.00
Total de materiales	Q3, 300.00
Mano de obra	Q850.00
Precio Total	Q4, 150.00
Precio por metro cúbico	Q2, 441.17

Comunidad aporta

- Construcción de terraplén
- 6 carretadas de piedrín
- 3 tareas de piedra

- Madera para la construcción de galera
- Circulación de tinaco
- Mano de obra no calificada
- Asistir a capacitaciones
- Acarreo de materiales

En la figura 21 se puede ver el sistema interceptor de agua compuesto de tubería PVC de 3 pulgadas que lleva el agua de lluvia hacia el aljibe de polietileno.

Figura 21. Tinaco de polietileno Fundación Dr. Madrazo



Fuente: Tomada por el autor, Uspantán, Quiché, abril 2009

1.5 Organizaciones e Instituciones a cargo

1.5.1 Proyecto de apoyo APRESAL

El Proyecto de Apoyo a la Reforma del Sector Salud, APRESAL comenzó su trabajo en Alta Verapaz en 1997, con un grupo muy ambicioso de objetivos.

Uno de ellos, que trasciende lo puramente médico, es dotar de infraestructuras a numerosas iniciativas relacionadas con la reforma del Sector Salud, como son hospitales y otras construcciones menores.

También se propuso este proyecto solventar con infraestructuras ciertas deficiencias que tenían una incidencia determinante en la salud de las poblaciones meta, y uno de los campos de intervención ha sido dotar de agua, mediante aljibes, a comunidades, escuelas y otros beneficiarios cuyas condiciones hicieron más aconsejable la recogida de agua de lluvia de la aducción de aguas superficiales o de pozo. También se propuso realizar proyectos experimentales de recogida de agua de lluvia en baterías sanitarias, letrinas en las escuelas y centros de salud.

1.5.2 Plan Internacional-Fundación agua del pueblo

Proyecto creado en el año 2002, estas instituciones dentro de sus actividades de apoyo a los sistemas de agua, promovió la construcción de un tipo de aljibes de ferrocemento fundidos con electomalla, muy característicos que se pueden apreciar en los alrededores de las aldeas lejanas de San Pedro Carchá alta Verapaz. La construcción de estos aljibes corrió a cargo de Plan Internacional Inc., la cual es una institución que ha apoyado a esta región y coordinado por la Fundación agua del pueblo, con aportación de la mano de obra no calificada por parte de los beneficiarios.

El volumen de este aljibe oscila entre 7 y 8 mts³ lo cual es más que suficiente para cubrir las necesidades de una familia en muchos sectores de esta región, debido a la pluviometría del lugar ya que Alta Verapaz posee un período máximo sin lluvias de un mes.

1.5.3 Asorech-Industrias Licoreras de Guatemala

Proyecto iniciado en enero del 2009 por la Asociación de Representantes de Chiquimula y financiado por Industrias Licoreras de Guatemala, se ha realizado en la aldea Oratorio Suchiquer del municipio de Jocotán Chiquimula, tomando el mismo principio de los aljibes de ferrocemento, con la única diferencia que estos tienen sección rectangular, y en lugar de electromalla en su fundición se utilizó parrilla de acero legítimo. Estas instituciones decidieron aplicar los aljibes autónomos por las mismas razones que movieron a ello a APRESAL y a PLAN INTERNATIONAL INC., fundamentalmente la alta dispersión de población en ciertas zonas de la geografía guatemalteca donde el simple hecho de llegar es muy inaccesible, donde la disponibilidad de agua superficial o subterránea no existe por tratarse de lugares en lo alto de una montaña y mucho menos acceso al agua entubada, ya que esta Aldea ni siquiera cuenta con servicio electricidad.

1.5.4 Proyecto ASEDECHI

Proyecto creado en el año 2008, por la Asociación de Servicios y Desarrollo Socioeconómico Chiquimula, formada por un consorcio de entidades locales de segundo piso, de servicio y desarrollo; es una institución de naturaleza privada, apolítica, no lucrativa, formada con el propósito de planificar, impulsar y promover el desarrollo económico y social de Chiquimula.

Iniciando con una unidad demostrativa, experimental, la cual consistió en la colocación de canales para recolección de agua de lluvia en tres viviendas, la conducción de agua a través de tubería, construcción de un tanque de concreto de 96 mts³ para el almacenamiento del agua, y en enero del 2008 diseñar un típico aljibe de forma cilíndrica con tapa semiesférica, construido de bloques de concreto prefabricados, dando un volumen de almacenamiento de 14 mts³.

1.5.5 Cooperación Española Dr. Manuel Madrazo

En el año 2007, la Cooperación Española, en conjunto con la coordinación de la municipalidad de Uspantán Quiché promovió un sistema de aljibes muy parecidos a los que APRESAL construyó en Alta Verapaz, tomando como base el sistema de aljibes autónomos, con la diferencia que el sistema de captación de agua de lluvia es de un solo tinaco de polietileno. Teniendo una masiva participación por el aporte comunitario, el aporte municipal, verificación de entrega de materiales a la comunidad, conformación del comité de vigilancia, capacitación sobre el proceso de cloración y monitoreo para verificar el funcionamiento del sistema de limpieza general de los tinacos.

1.6 Conferencias en el país relacionadas con el tema

1.6.1 Taller de técnicas de captación de agua de lluvia en zonas rurales

Este proyecto nace del convenio celebrado entre El Fondo de Naciones Unidas para el Desarrollo de las Mujeres UNIFEM, que en Centro América coordina el Programa Mujeres y Desarrollo Local MyDEL, y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA.

Entre los acuerdos más importantes de dicho convenio destaca que el PNUMA, realizará acciones en donde UNIFEM, ejecuta el MyDEL, el cual por su parte operativiza acciones en los territorios centroamericanos en las Agencias de Desarrollo Económico Local y para el caso de Guatemala, corresponde la ejecución del proyecto piloto de “Cosecha de agua de lluvia”, principalmente en un área en donde se ubican las mujeres desarrollando una actividad económica en el territorio cubierto por la ADEL ASEDECHI.

El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA, en el mes de diciembre del año 2007 firma con la ADEL ASEDECHI, el convenio en el cual se establece como objetivo principal capacitar en técnicas de captación de agua de lluvia a mujeres de las comunidades del departamento de Chiquimula, República de Guatemala.

Para llevar a cabo este proceso de capacitación se acuerda también en el convenio, la responsabilidad por parte de la ADEL-ASEDECHI, de organizar el Taller “Técnicas de cosecha de agua de lluvia en zonas rurales”, el cual comprende no sólo el montaje de la capacitación, sino también el establecimiento de una unidad demostrativa y experimental de cosecha de agua de lluvia.

El taller de “Técnicas de Cosecha de agua de lluvia en zonas rurales” fue llevado a cabo del 24 al 26 de marzo del año 2008, contando con la participación de más de 25 personas, todas representantes institucionales, relacionados al tema del medio ambiente, así como representantes de organizaciones de mujeres establecidas en el departamento.

Para la facilitación del taller, fueron contratados el Dr. Manuel Amaya Garduño y el Ing. Alberto Frost Restori, ambos de nacionalidad mexicana, y miembros del Colegio de Posgraduados del Centro Internacional de Demostración y Capacitación en Aprovechamiento de Agua de Lluvia CIDECALLI, Texcoco, Estado de México.

La comunidad seleccionada por el grupo Coordinador del Proceso para el establecimiento de la unidad demostrativa de capacitación es la aldea El Ingeniero del municipio de Chiquimula, en donde se determinó que tienen alta carencia del recurso hídrico para el uso doméstico.

Así como también para el procesamiento de un alimento tan importante que la población de Chiquimula consume como lo son “las tortillas”, habiendo detectado a más de 50 micro- emprendimientos involucrados en su fabricación.

La unidad demostrativa, experimental, consta de la colocación de canales para recolección de agua de lluvia en tres viviendas, la conducción de agua a través de tubería, construcción de un tanque de concreto de 96mts² para el almacenamiento de agua. Con este proyecto se están beneficiando a tres familias, del sector La Colina, de la aldea El Ingeniero con quienes se ha firmado un convenio para la ejecución.

Un hecho muy importante en este proceso, promovido por la ADEL ASEDECHI, fue la integración de un equipo de actores locales, entre ellos: 3 catedráticos del Centro Universitario de Oriente CUNORI: Ingeniero Godofredo Ayala, Ingeniero Ramiro García y el Ingeniero Ricardo Suchini, a la Representante de UNIFEM, en el departamento la Licda. Nuria Cordón Guerra.

También el Representante del Grupo Interagencial de Género y Avance por las Mujeres Licda. Thelma Gómez y por la Agencia de Desarrollo Económico Local: Luswin Saúl Zuquino, Gerente General y Mirian Aracely del Cid, Responsable del Centro de Servicios Empresariales para las Mujeres CSEM.

Este grupo fue el encargado de seleccionar el área para el establecimiento del proyecto piloto, coordinar la logística y convocatoria de los y las participantes al taller, diseño, supervisión en construcción y seguimiento de la unidad de captación de agua de lluvia, lo cual se muestra en la figura 22 y 23.

Figura 22. Capacitacion a beneficiarios de un sistema de captacion de agua de lluvia



Fuente: ASEDECHI. Aldea El Ingeniero Chiquimula

Figura 23. Proceso de construcción de aljibe colectivo ASEDECHI



Fuente: ASEDECHI. Aldea El Ingeniero Chiquimula

2. ESTUDIOS PREVIOS

Previa a la captación de las aguas pluviales se requiere un mínimo estudio del planteamiento que vamos a hacer. Es importante conocer la pluviometría histórica de la zona y nuestra superficie de captación, para conocer la cantidad de agua que esperamos recolectar por esa vía. Con ello podemos dimensionar adecuadamente el depósito, aljibe, cisterna, etc. que vamos a emplear. Una vez hecho estos pasos conoceremos de cuanta agua podremos disponer y decidir si va a ser suficiente, o lo que es más habitual, en qué medida va a complementar otras fuentes de suministro de agua como red municipal, pozo, etc.

Para poder dimensionar las instalaciones de captación de agua de lluvia, se debe valorar el consumo. Esto lo debe hacer teniendo en cuenta la elasticidad de ésta, es decir que cuando el agua es escasa, o cuesta mucho trabajo conseguirla, las personas consumen poco, pero al disponer de mayor cantidad, aumentará el consumo.

En principio, los cálculos de consumo real de agua por parte de la población rural de Guatemala, arrojan unos datos muy diferentes dependiendo de la disponibilidad de este elemento; pueden oscilar entre los 25 y los 150 litros de agua por día y por familia.

Según diferentes autores, el consumo mínimo para que las personas empiecen a sentirse satisfechas está en torno a los 15 litros de agua por persona y día.

Otros sitúan esta cifra en los 20 litros, como la Organización de las Naciones Unidas, que en sus objetivos para la década del agua, ha determinado esta última cifra como el umbral de satisfacción de las necesidades mínimas de agua.

En la vida campesina, además de disponer de agua para los humanos, es importante la satisfacción de las necesidades de riego y de alimentación de los animales domésticos.

Evaluar las necesidades de agua para el riego es virtualmente imposible, pues esta demanda es extraordinariamente amplia, se puede consumir tanto agua como haya. En estas condiciones, la única forma de cálculo será en función de la disponibilidad de agua, sabiendo que un huerto familiar de dimensiones comunes (alrededor de 10 m^2) se puede mantener perfectamente con 15 litros/día.

Es importante, sin embargo, hacer énfasis en que para el riego, así como para el inodoro, cuando existe, se deben utilizar aguas que se han usado previamente (aguas grises), por ejemplo en la limpieza de los útiles de cocina, higiene corporal, etc. Más sencillo es calcular el consumo de agua de los animales estabulados, o que se crían en la casa.

Para evaluarlo hay que tomar en consideración el clima, especialmente si el ganado recibe pasto seco durante el verano, caso en que hay que aumentar la cantidad de agua. En invierno al ganado suele tener pocas necesidades de agua, entre otras razones, por el mayor aporte de agua en el pasto.

Para estimar el consumo de agua por el ganado, debe tomarse en cuenta la cantidad de materia seca consumida con el forraje; para el ganado de carne se estima que los requerimientos de agua son de 5 a 8 litros por día por cada kilogramo de materia seca consumida.

En caso de ganado productor de leche, las condiciones cambian sensiblemente ya que los factores determinantes para el consumo de agua son los kilogramos de leche producida y el consumo de materia seca. Así un animal productor de leche consume de 3 a 4 litros de agua por cada kilogramo de leche producida y de 3 a 4 litros de agua por cada kilogramo de materia seca consumida en su dieta.

Para cerdos se estiman de 10 a 12 litros/día por cada 100 kg de peso vivo, durante los primeros meses, y de 4 a 5 litros/día al llegar el período de engorde. Las marranas necesitan durante la lactancia de 15 a 20 litros/día, los equinos requieren entre 20 a 30 litros/día y los ovinos entre 1.5 a 3 litros/día.

Todos estos valores se refieren a volumen total, en el que está incluido el agua que los animales consiguen por su cuenta si andan sueltos en zonas con acceso al agua, en forma de riachuelos, estanques, etc. Puede perfectamente ser que los animales suplan por su cuenta todas las necesidades de agua, y no sea necesario tomarlos en cuenta en el cálculo general.

2.1 Métodos utilizados

La captación de agua de lluvia es un medio fácil de obtener agua para consumo humano y/o uso agrícola.

En muchos lugares del mundo con alta o media precipitación y en donde no se dispone de agua en cantidad y calidad necesaria para consumo humano, se recurre al agua de lluvia como fuente de abastecimiento. Al efecto, el agua de lluvia es interceptada, colectada y almacenada en depósitos para su posterior uso.

En la captación del agua de lluvia con fines domésticos se acostumbra a utilizar la superficie del techo como captación, conociéndose a este modelo como SCAPT (sistema de captación de agua pluvial en techos). Este modelo tiene un beneficio adicional y es que además de su ubicación minimiza la contaminación del agua. Adicionalmente, los excedentes de agua pueden ser empleados en pequeñas áreas verdes para la producción de algunos alimentos que puedan complementar su dieta. La captación del agua para uso agrícola necesita de mayores superficies de captación por obvias razones, por lo que en estos casos se requiere de extensas superficies impermeables para recolectar la mayor cantidad posible de agua.

La captación de agua de lluvia para consumo humano presenta las siguientes ventajas:

- Alta calidad físico química del agua de lluvia,
- Sistema independiente y por lo tanto ideal para comunidades dispersas y alejadas,
- Empleo de mano de obra y/o materiales locales,
- No requiere energía para la operación del sistema,
- Fácil de mantener, y
- Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección del agua de lluvia.

A su vez las desventajas de este método de abastecimiento de agua son las siguientes:

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

Dentro del sistema SCAPT existen muchos modelos de aljibes, pero se utilizará como criterio el costo, ya que se habla de infraestructuras básicas, en las que la belleza técnica es secundaria, y lo que realmente importa es satisfacer la necesidad de agua al menor costo posible.

Lógicamente se produce una correlación entre costo y calidad. La cuestión del costo de los sistemas de recogida de agua de lluvia es no sólo central, sino también muy dependiente del lugar en que se realice la intervención.

2.1.1 Sistemas de bajo costo

La más elemental y barata de de las maneras de recoger agua de lluvia es el típico barril bajo el final del canalón. Este sistema se ha utilizado con múltiples variantes, y para ejecutarlo sólo es necesario el par de elementos ya mencionados: un canalón que recoge las aguas del tejado, que puede ser independiente de este y haberse instalado precariamente.

El segundo elemento que es un barril o cualquier otro tipo de depósito que nos permita que una parte del agua de la lluvia no se pierda.

Este tipo de instalaciones tiene la ventaja del bajísimo costo, pero la desventaja de la poca fiabilidad del agua y no vale la pena analizarlo a detalle. Solo se puede decir que el típico barril puede ser desde un valioso elemento para asegurar un poco más de agua para regar y otros usos de poca responsabilidad, hasta un magnifico criadero de mosquitos, foco de propagación de dengue, malaria y otras enfermedades, tal y como se muestra en la figura 24.

Figura 24. Aljibe de bajo costo



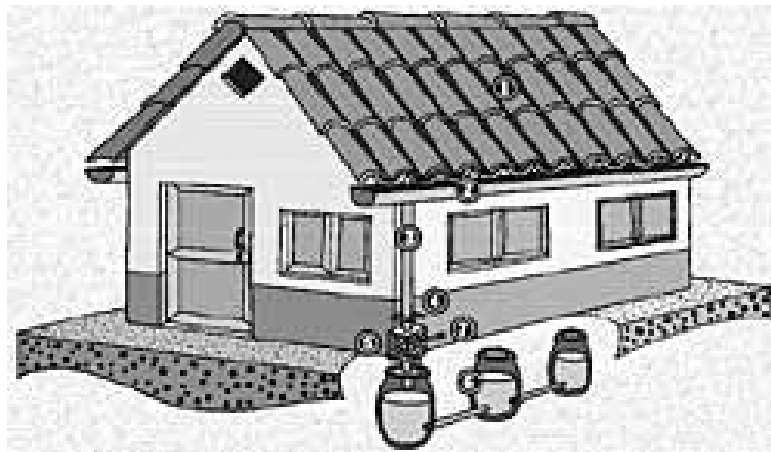
Fuente: Tomada por el autor, Jocotán, Chiquimula, abril 2009

Otra solución bastante precaria y también de muy bajo costo, que sin embargo tiene que ser contemplada entre las que cumplen con los mínimos de calidad, es la agrupación de barriles enterrados.

Consiste la solución en excavar una zanja tan larga como se quiera, y enterrar en ella el número deseado de barriles de plástico, que pueden ser reciclados, conectados entre si por la parte inferior, mediante tubos PVC o polietileno.

El agua se recibe a través de un filtro, que se puede construir a partir de otro barril, en el que se dispondrá una capa de arena sobre otra de grava, hasta la mitad de su altura. El agua almacenada en los barriles enterrados se extrae con una bomba manual, de manera que los barriles se mantengan bajo tierra, sin posibilidad de que la luz del sol les alcance, y sin que el agua pueda contaminarse con residuos arrastrados del tejado. Esta es una típica solución para autoconstrucción, como la mostrada en la figura 25.

Figura 25. Esquema de aljibe de costo intermedio



Fuente: Nancy Avendaño. **Cosecha de Lluvia**. Pág. 5

La diferencia cualitativa con el sistema primitivo, que consiste en ir llenando barriles con el canalón e irlos dejando junto a la pared, es que el agua, alejada de fuentes de contaminación y del sol, se depura sola, pues las bacterias se alimentan con los restos biológicos hasta que terminan con ellos, muriendo ellas a continuación por falta de alimento.

Esto solo ocurre cuando las algas no pueden multiplicarse por ausencia de sol. La diferencia se produce al enterrar los barriles.

2.1.2 Sistemas de costo intermedio

Un ejemplo de este tipo de instalaciones son precisamente las ejecutadas por APRESAL en Alta Verapaz o La Cooperación Española Dr. Manuel Madrazo en Quiché, y que combinan una parte de obra civil, efectuada en el lugar de la instalación, con ciertos elementos comprados, como son los aljibes en si, fabricados industrialmente en Polietileno, lo que garantiza una buena relación precio-durabilidad, además de permitir la instalación rápida de sistemas de suministro de agua sin necesidad de movilizar personal capacitado, a veces no disponible. Si se consigue también una garantía de homogeneidad en la calidad que difícilmente se obtendría con autoconstrucción en ferrocemento.

Los aljibes ejecutados por APRESAL en el año 2002 fueron diseñados para que en la mayor cantidad de meses del año estuvieran llenos ya que esta región tiene un nivel de precipitación pluvial alto.

Con esto se puede afirmar que el área de las verapaces es el sector mas recomendado para un proyecto de este tipo y por lo tanto económicamente factible su construcción.

En la figura 26 se muestra un aljibe de costo intermedio compuesto por una galera y dos tanques de polietileno

Figura 26. Aljibe de costo intermedio APRESAL



Fuente: Tomada por el autor, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, mayo 2009

En las instalaciones efectuadas con elementos comprados el precio es algo mas alto; pero los elementos básicos como es la lámina para la superficie de captación, los tubos para la conducción y, fundamentalmente, los aljibes en si, se encuentran en cualquier almacén de materiales de construcción. Aquí el criterio predominante sería la facilidad de intervención masiva. Este tipo de instalaciones se encuentra tanto en países en desarrollo, como desarrollados, y los materiales pueden ser varios, como el acero galvanizado, plástico, etc.

Los precios de los tinacos varían en función de los países y como dato orientativo se tiene que un aljibe de polietileno de 1.7 metros cúbicos, cuesta en Guatemala entre Q1, 500.00 y Q1, 800.00

2.1.3 Sistemas de costo alto

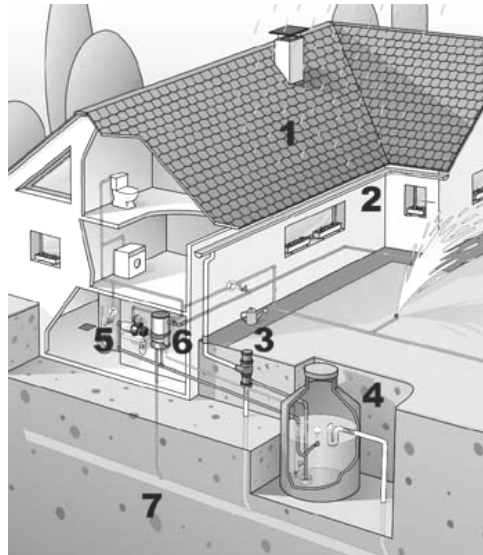
Las instalaciones de costo alto están solamente justificadas cuando el precio del agua es igualmente muy alto, o cuando se pretende efectuar un impacto medioambiental o demostrativo que hace que el costo deje de ser el criterio fundamental.

Además para viviendas del área rural es demasiado caro, por lo que se limita únicamente a hospitales, hoteles de países industrializados económicamente fuertes.

Esta tecnología permite tener un 100% de agua purificada, lo cual tiene ventaja sobre los aljibes de costo intermedio y bajo.

En la figura 27 se muestran los diferentes elementos que compone un aljibe de alto costo.

Figura 27. Esquema de aljibe de costo alto



Fuente: Ramón Tejeiro. **Agua de lluvia saludable**. Pág. 36

Las instalaciones de recogida de agua de lluvia de alto costo, lo son por que suelen ser de alta calidad; normalmente estas instalaciones tienen un gran volumen, y garantizan así las necesidades de agua de un colectivo grande, o por mucho tiempo; también incorporan elementos de tratamiento del agua hasta llevarla a calidad óptima de consumo humano, incluyendo mecanismos de reposición de sales, de las cuales el agua de lluvia suele ser muy pobre, y en muchos casos aplican sistemas de purificación caros pero eficaces.

Los elementos que intervienen en este sistema avanzado de captación de agua de lluvia son los siguientes:

1. **Cubierta:** En función de los materiales empleados tendremos mayor o menor calidad del agua recogida.
2. **Canalón:** Para recoger el agua y llevarla hacia el depósito de almacenamiento. Antes de los bajantes se aconseja poner algún sistema que evite entrada de hojas y similares.
3. **Filtro:** Necesario para hacer una mínima eliminación de la suciedad y evitar que entre en el depósito o cisterna.

4. **Depósito:** Espacio donde se almacena el agua ya filtrada. Su lugar idóneo es enterrado o situado en el sótano de la casa, evitando así la luz (algas) y la temperatura (bacterias). Es fundamental que posea elementos específicos como deflector de agua de entrada, sifón rebosadero antioedores, sistema de aspiración flotante, sensores de nivel para informar al sistema de gestión, etc.
5. **Bomba:** Para distribuir el agua a los lugares previstos. Es muy importante que esté construida con materiales adecuados para el agua de lluvia, e igualmente interesante que sea de alta eficiencia energética.
6. **Sistema de gestión** agua de lluvia-agua de red: Mecanismo por el cual tenemos un control sobre la reserva de agua de lluvia y la conmutación automática con el agua de red. Este mecanismo es fundamental para aprovechar de forma confortable el agua de lluvia. Obviamente se prescinde de él si no existe otra fuente de agua.
7. **Sistema de drenaje** de las aguas excedentes, de limpieza, etc. que puede ser la red de alcantarillado, o el sistema de vertido que disponga la vivienda.

Opcionalmente antes del filtro, puede insertarse un sistema automático de lavado de la cubierta, que permite desechar de forma automática los litros iniciales de agua con más suciedad en las primeras lluvias después del verano.

2.2 Factibilidad

En el diseño de un sistema de captación de agua de lluvia es necesario considerar los factores técnicos, económicos, sociales y ecológicos. El constante aumento del precio del agua de la distribución hace que su consumo sea crecientemente aconsejable. Asimismo, esta agua frecuentemente dura, impone la compra de un ablandador.

La calidad mediocre del agua de distribución, con su alto contenido de cloro, pesticidas, nitratos, metales pesados, etc. incita a las familias al consumo del agua embotellada o a la instalación de filtros. Como información si una familia de 5 personas gasta al año Q1, 600.00 en agua, la amortización de una instalación completa de captación de agua de lluvia de unos 8 mts³ se sitúa entre 4 y 7 años.

2.2.1 Factor técnico

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

- a) *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 normalmente representada por la oficina meteorológica del país o de la región donde se pretende ejecutar el proyecto.

- b) *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.

2.2.2 Factor económico

Existe una relación directa entre la inversión requerida para implementar el sistema y el área de captación y el volumen de almacenamiento, resultando muchas veces una restricción para la mayor parte de los interesados. 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. Los aspectos de higiene personal y lavado de ropa deben atenderse con otras fuentes de agua.

Asimismo, 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. Además está la ventaja de que el agua de lluvia viene a donde se necesita, sin que haya que construir canalizaciones para traerla de ningún sitio.

2.2.3 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 responsable del estudio debe discutir con la comunidad las ventajas y desventajas de la manera tradicional de abastecimiento de agua y de la tecnología propuesta, buscando que la propia comunidad seleccione lo que más le conviene emplear.

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

2.2.4 Factor ecológico

El uso del agua de lluvia permite explotar menos las napas freáticas. Además, el agua de lluvia es naturalmente dulce, sin compuestos calcáreos, y permite la utilización de menor cantidad de detergentes para el lavado de ropa, y así verter un agua menos contaminante. Este es un gesto ecociudadano.

2.3 Bases de diseño

Antes de emprender el diseño de un sistema de captación de agua pluvial, y calcular su volumen de recogida, es necesario tener en cuenta los parámetros 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,
- Consumo o necesidad de agua por día,
- Periodo máximo sin lluvia.

Siendo los dos últimos parámetros los más importantes y de relevancia en el diseño y dependerá de la región donde estemos diseñando el sistema de captación de agua de lluvia.

Por ejemplo, una familia que consuma 80 litros/día (20 galones), y que prevea 20 litros para el ganado, riego, u otros usos, tendrá un consumo diario de 100 litros (25 galones). En el caso de que esta familia viva en la zona montañosa de Alta Verapaz, donde las lluvias son más frecuentes, deberá calcular que el tiempo máximo sin lluvia es de 1 mes.

El cálculo del volumen del aljibe es fácil; consiste en multiplicar el número de días por el consumo diario, o más sencillo aún: Consultar la tabla I.

Tabla I. Volumen requerido de aljibe según consumo estimado diario, ejemplo 1

Previsión de sequía		Gasto previsto de agua por usuario y día				
Meses sin lluvia	Días sin lluvia	60 litros (15 gls)	80 litros (20 gls)	100 litros (25 gls)	150 litros (40 gls)	200 litros (50 gls)
1 mes	15	0.9	1.2	1.5	2.25	3
	30	1.8	2.4	3	4.5	6
2 meses	45	2.7	3.6	4.5	6.75	8
	60	3.6	4.8	6	9	12
3 meses	75	4.5	6	7.5	11.25	15
	90	5.4	7.2	9	13.5	18
4 meses	105	6.3	8.4	10.5	15.75	21
	120	7.2	9.6	12	18	24

Volumen requerido de Aljibe (tinaco o cisterna) en m³

Fuente: Ramón Tejeiro. **Agua de lluvia saludable**. Pág. 21

La tabla anterior fue creada por APRESAL mediante datos experimentales utilizando el método de balance continuo de agua que entra y que sale del aljibe, para determinar la necesidad máxima.

Dando el resultado del ejemplo una cifra de 3 metros cúbicos (m^3), que equivale aproximadamente a la capacidad de dos tinacos de $1.7 m^3$; en el caso de que esta familia esté en una zona más baja, donde se pueden esperar hasta 60 días sin lluvia.

El resultado es 6 metros cúbicos m^3 . Teniendo la necesidad de construir un aljibe de ferrocemento para mayor capacidad.

Esta comprobación también exige otro cálculo: comprobar si la pluviometría del lugar es suficiente como para que se pueda recoger toda el agua necesaria y consiste en multiplicar la superficie horizontal de tejado o del sistema de recogida.

Esta es la medida de la sombra sobre el suelo, a mediodía, por la cantidad de litros por metro cuadrado que sabemos que se recogen en ésta área. Si el producto de las dos cantidades es mayor que el volumen total de consumo, quiere decir que un sistema de aljibe es viable. En caso de que no sea así, habrá que ver qué es lo que sale más barato: Ampliar la superficie de recogida, o utilizar un sistema alternativo de suministro de agua.

También hay que tomar en consideración, para estos cálculos, que no toda el agua que cae del cielo termina en el aljibe; una parte se pierde en las salpicaduras, otra se desvía como agua de primera lluvia, asimismo los canalones no siempre recogen lo que viene del tejado, por esta razón es conveniente introducir un coeficiente de recogida, que de acuerdo con la experiencia práctica es de un 85%. Evidentemente, los sistemas de recogida son determinantes para la fijación de este coeficiente.

Los problemas más comunes, que reducen el valor del coeficiente, son:

- El sistema de recogida sólo recoge el agua de un lado del tejado.
- El canalón está situado de manera que una parte del agua que baja por el tejado salta sobre él y no es recogida.
- El canalón no tiene suficiente pendiente.
- Las hojas u otros materiales bloquean el canalón, y hacen que el agua se desborde por los lados.
- Canalones y bajantes corroídos o rotos, que pierden agua.

Evidentemente hay que prestar atención al buen diseño que es responsabilidad de quien efectúa la instalación, y al buen mantenimiento que es responsabilidad del usuario.

Por ejemplo en el caso de una familia cuyo consumo es 150 litros por día, habrá que multiplicar por 365 días, y así tendremos el consumo anual, que en este caso es de unos 55,000 litros. Suponiendo que esta familia vive en una casa que tiene 8 metros de largo, y que la sombra del tejado tiene 6 metros de ancho a mediodía; multiplicando estos dos valores, obtenemos la superficie de: 48 metros cuadrados. En el caso de que la casa esté situada en la zona de lluvias más intensas (2,500 litros por metro cuadrado), cuyo dato se obtuvo de la siguiente tabla con datos obtenidos por el INSIVUMEH según las estaciones de medición, que están en función de dos parámetros de las zonas pluviométricas: Pluviosidad y tiempo máximo sin lluvia que nos permitirán dimensionar las instalaciones de recogida de agua:

Tabla II. Pluviometría en diferentes regiones de Guatemala, ejemplo 2

Zona pluviométrica	Precipitación anual litros/m ²	Periodo máximo sin lluvias	Duración de época seca
Petén y Verapaz norte	1,500	2 meses	3 meses
Montañas de las Verapaces	2,500	1 mes	1 mes
Izabal y Costa Atlántica	2,600	1 mes	2 meses
Altiplano y montañas Occidente	1,500	3 meses	6 meses
Costa Sur	2,800	4 meses	4 meses
Valles centrales	1,100	4 meses	6 meses
Oriente	1,143	4 meses	7 meses

Fuente: Ramón Tejeiro. **Agua de lluvia saludable**. Pág. 18

La tabla II muestra las condiciones de pluviometría en diferentes regiones de Guatemala, basándose en la precipitación anual, el periodo máximo sin lluvias y la duración de la época seca.

El producto de multiplicar los metros cuadrados de la superficie de recogida por el volumen de lluvia por metro cuadrado, y aplicando el coeficiente de recogida de 0.85, equivalente a 85%, nos da la cantidad de:

$$48 \times 2,500 \times 0.85 = 102,000 \text{ litros}$$

Que como se ve es mucho mayor que la necesidad anual de agua. Esto quiere decir que el sistema de aljibe es este lugar es perfectamente viable.

En caso de que esta familia viva en la zona más baja, con menor volumen anual de lluvia (1,500 litros por metro cuadrado), según el cálculo:

$$48 \times 1,500 \times 0.85 = 61,200 \text{ litros}$$

Que también es mayor que el consumo previsto (55,000 litros), por lo que podemos igualmente considerar que el sistema de recogida de agua de lluvia (aljibe) dará resultados satisfactorios.

Sin embargo, si esta familia viviera en Chiquimula, con una pluviosidad de 1,400 litros por metro cuadrado, los cálculos arrojarían un resultado de:

$$48 \times 1,143 \times 0.85 = 46,634 \text{ litros}$$

Que es menos de lo necesario (55,000 litros), y que exigiría ampliar la superficie de captación.

2.4 Criterios de diseño

Cuando se habla de un buen criterio de diseño, no solo se habla del volumen, sino que también de la forma optima de almacenar agua; optima tanto en términos de costo como de seguridad. Entonces, el primer criterio a tomar en cuenta es que al almacenar agua, la resistencia del aljibe ha de ser calculada en función de la profundidad. Cada metro de profundidad de un aljibe implica 100 gr. /cm² de presión adicional sobre las paredes. Esto quiere decir que será más barato construir un depósito de mucha superficie y poca profundidad.

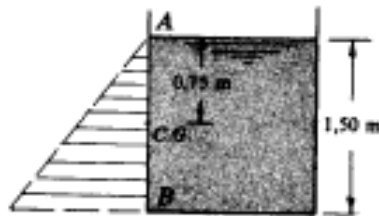
La única limitación es el cálculo de la tapa, que si es plana trabajará mal con gran superficie, debiéndose hacer semiesférica o similar. En cualquier caso parece recomendable buscar una relación en la que la profundidad sea aproximadamente igual al diámetro o diagonal.

Esta recomendación lógicamente no tiene sentido cuando el aljibe es subterráneo, ya que en estas condiciones, el terreno soporta la presión creciente del agua, permitiendo llegar a una profundidad aproximadamente del doble del diámetro, pero que no debe superar los tres o cuatro metros.

La figura 28 muestra el incremento de presión del agua en el interior de un aljibe cilíndrico en función de su profundidad, ya que a mayor profundidad de agua mayor presión en las paredes del tanque.

Figura 28. Esquema de un aljibe cilíndrico

Incremento de la presión al interior de un cilindro



Fuente: Mcgraw.Hill. **Mecánica de los Fluidos e hidráulica**. Pág. 45

También la forma es determinante: Un depósito cilíndrico convierte la presión del agua en esfuerzos de tracción sobre las paredes; sin embargo, uno rectangular está obligado a trabajar con muros planos a flexión, y se sabe que cuando un objeto de sección rectangular se hincha, tiende a buscar una sección cilíndrica, que es la máxima resistencia. Si cuando ya es cilíndrico se incrementa la presión, el depósito revienta.

En los depósitos de sección rectangular, las aristas son las zonas de concentración de esfuerzos, por lo que habrá que reforzar éstas para evitar la aparición de grietas, si es que se decide utilizar esta forma.

Este criterio sirve para seleccionar la forma de fabricación mas barata: Será siempre la cilíndrica. Un aljibe de polietileno cilíndrico será siempre más barato que el mismo de sección cuadrada. Un aljibe de ferrocemento cilíndrico será siempre mas barato que uno del mismo material de sección rectangular. Evidentemente, lo que no se puede comparar son los diferentes materiales. Polietileno y ferrocemento tendrán diferentes precios que dependerán de la disponibilidad local de cada material.

En resumen: el aljibe más recomendado será de sección circular, y con una altura que no debe sobrepasar los dos metros sin tomar medidas especiales de refuerzo.

Ejemplo de cálculo de dimensiones:

El volumen de un cilindro (V) cuya altura es igual a su diámetro (d) es:

$V = \pi \left(\frac{d^2}{4} \right) d$; lo que significa que el diámetro (d) sería: $d = \left(\frac{4V}{\pi} \right)^{\frac{1}{3}}$, que en el caso de que quisiéramos calcular las dimensiones para un volumen de 5 mts^3 , sería: $d = \left(\frac{20}{3.1416} \right)^{\frac{1}{3}} = 1.85m$ (aprox.)

Por lo que el aljibe cilíndrico es el más económico ya que aprovecha su área superficial en función de su volumen que tendrá más capacidad que un aljibe de sección rectangular.

Si se prefiere hacer un depósito de sección rectangular, siguiendo la recomendación anterior, deseamos que su altura sea la misma que su ancho, debemos utilizar la figura del cubo, cuyo volumen es: $V = L^3$, o lo que es lo mismo: el lado (L) será $L = V^{\frac{1}{3}}$, que en el caso de desear un volumen de 5 m^3 , será $L = 5^{\frac{1}{3}} = 1.72m$ (aproximadamente).

Estos datos pueden hacer pensar que para un depósito cúbico hace falta menos material, ya que las dimensiones son menores, pero esto no es cierto, pues el costo de un aljibe no depende de su volumen sino de su superficie, y las diferentes superficies son:

- Para el cilindro:

$$As = (\pi \cdot d)d + 2\left(\frac{\pi \cdot d^2}{4}\right) = \pi \cdot d^2 + \left(\frac{\pi \cdot d^2}{2}\right) = (5.376) + (3.1416 \times 1.85^2) = 16.12m^2$$

- Para el cubo:

$$As = 6L^2 = 6 \times 1.722 = 17.7m^2$$

Evidentemente es mayor la superficie del cubo que la del cilindro, a igualdad de volumen; por lo tanto su consumo de materiales, y consecuentemente su costo son mayores.

Siguiendo la lógica de la optimización de los materiales para la construcción de aljibes, y además considerando la figura geométrica más resistente, la verdad es que el premio mayor se lo lleva la esfera, que es la figura que ofrece mayor volumen con relación a la superficie.

Además de que permite que todos los esfuerzos se conviertan en tracción, sin embargo tiene el inconveniente del costo de fabricación, y el del costo de sustentación, pues un aljibe de fondo plano se puede colocar en cualquier superficie, mientras que uno esférico precisa de un soporte especial. Quizás por esto, los aljibes esféricos no son nada comunes. Pero curiosamente esta figura se emplea típicamente para los depósitos de gas.

Entonces también para depósitos de almacenamiento de agua de lluvia donde hay incrementos de presión según su profundidad también es recomendable esta forma.

Figura Geométrica	Relación volumen/superficie
Cubo	0.17
Cilindro	0.25
Esfera	0.33

Un diseño que aprovecha las ventajas de las dos figuras geométricas más favorables, es el aljibe cilíndrico con tapa semiesférica, u otras formas de tapa convexa que incrementa la capacidad de almacenaje, con un incremento muy pequeño de la superficie, en la figura 29 se muestra un ejemplo típico de aljibe cilíndrico con tapa semiesférica.

Figura 29. Aljibe cilíndrico con tapa semiesférica ASEDECHI



Fuente: Tomada por el autor, aldea Pinalitos, Chiquimula, junio 2009

3. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

En este capítulo se hará una descripción a detalle de cada uno de los elementos que conforma un sistema de captación o cosecha de agua de lluvia para consumo humano, partiendo del método SCAPT descrito anteriormente, y posteriormente se estudiarán la ventajas y desventajas del sistema y su respectivo mantenimiento.

3.1 Requisitos previos

El diseño del sistema de captación de agua de lluvia con fines de abastecimiento de agua debe estar basado en los datos de precipitación mensual de por lo menos 10 años e idealmente de los últimos 15 años. La demanda de agua para el diseño de sistemas de captación de agua de lluvia debe considerar un mínimo de cuatro (4) litros de agua por persona/día para ser destinada solamente a la bebida, preparación de alimentos e higiene bucal.

3.1.1 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, estos datos se pueden conseguir en el INSIVUMEH a partir de la región donde se quiere diseñar.

Este valor puede ser expresado en términos de milímetros de precipitación por mes (mm/mes), o litros por metro cuadrado y por mes (litros/m²/mes) que es capaz de ser colectado en la superficie horizontal del techo.

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

n : número de años evaluados,

pi : valor de precipitación mensual del mes “i”, (mm)

Ppi: precipitación promedio mensual del mes “i” de todos los años evaluados. (mm/mes)

3.1.2 Determinación de la demanda

A partir de la dotación asumida por persona se calcula la cantidad de agua que se necesita para atender las necesidades de la familia o familias a ser beneficiadas en cada uno de los meses.

$$D_i = \frac{NuXNdXDot}{100}$$

Nu : número de usuarios que se benefician del sistema.

Nd : número de días del mes analizado

Dot : dotación (lts/personaxdía)

Di : demanda mensual (m³)

3.1.3 Determinación del volumen del tanque de almacenamiento

Teniendo en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados, el material del techo y el coeficiente de escorrentía, se procede determinar la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo y por mes.

$$A_i = \frac{P_{pix} C_{ex} A_c}{1000}$$

P_{pi} : precipitación promedio mensual (litros/m²)

C_e : coeficiente de escorrentía

A_c : área de captación (m²)

A_i : 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.

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:

$$Aai = Aa_{(i-1)} + \frac{PpixCexAc}{1000}$$

$$Dai = Da_{(i-1)} + \frac{NuxNdixDdi}{1000}$$

Aai : oferta acumulado al mes “i”.

Dai : demanda acumulada al mes “i”.

$$Vi(m^3) = Ai(m^3) - Di(m^3)$$

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”.

3.2 Aplicación

La captación de agua de lluvia para consumo humano está recomendada sólo para zonas rurales o urbano marginales con niveles de precipitación pluviométrica que hagan posible el adecuado abastecimiento de agua de la población beneficiada.

3.3 Diseño

El sistema de captación de agua de lluvia para consumo humano se compone de cuatro partes: captación, recolección, interceptor, filtro y almacenamiento.

3.3.1 Captación

La captación está conformada por el techo de la vivienda, el mismo que debe tener una pendiente no menor al cinco por ciento (5%) en dirección a las canaletas de recolección del agua de lluvia para que facilite el escurrimiento. En el cálculo se debe considerar la proyección horizontal del techo. Para este tipo de obra se requiere un techo en buenas condiciones. Los materiales empleados en la construcción de techos para la captación de agua de lluvia son la plancha o lámina metálica o de zinc ondulada, tejas de arcilla, paja, etc. La plancha metálica es liviana, fácil de instalar y necesita pocos cuidados, pero puede resultar costosa y difícil de encontrar en algunos lugares donde se intente proyectar este sistema.

Las tejas de arcilla tienen buena superficie y suelen ser más baratas, pero son pesadas, y para instalarlas se necesita de una buena estructura, además que para su elaboración se requiere una buena fuente de arcilla y combustibles para su cocción. El forraje (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 siempre que la intensidad sea baja. En todo caso puede ser destinada para otros fines diferentes al de bebida.

Los coeficientes de esorrentía a ser aplicados, según el material constructivo del techo son:

- lámina metálica 0.90
- tejas de arcilla 0.80 - 0.90
- madera 0.80 - 0.90
- paja 0.60 - 0.70

De acuerdo con los factores antedichos el agua que cosecha potencial de un sitio se podía estimar usando la fórmula siguiente:

Fórmula de potencial pluvial:

$$Ac = ApxCs$$

Ac: Agua que cosecha potencial

Ap: Área de la precipitación (milímetros)

Cs: Coeficiente de la salida de la captación

Figura 30. Captación



Fuente: Tomada por el autor, Aldea El Ingeniero, Chiquimula, junio 2009

La figura 30 muestra el techo de una vivienda aprovechado como área de captación de agua de lluvia, utilizando como material la lamina de acero galvanizada

3.3.2 Recolección y conducción

Está conformado por las canaletas que van adosadas en los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo, el material de las canaletas debe ser liviano, resistente al agua y fácil de unir entre sí, a fin de reducir las fugas de agua.

Entre las características y especificaciones que debe tener un buen sistema de recolección y conducción son las siguientes:

a) Las canaletas podrán ser de PVC, metálicas galvanizadas, bambú o cualquier otro material que no altere la calidad físico-química del agua recolectada.

b) El ancho mínimo de la canaleta será de 75 mm y el máximo de 150 mm.

c) Las canaletas deberán estar fuertemente adosadas a los bordes más bajos del techo, utilizando materiales como: alambre, madera y clavos.

d) El techo deberá prolongarse hacia el interior de la canaleta, como mínimo en un 20% del ancho de la canaleta.

e) La distancia que debe mediar entre la parte superior de la canaleta y la parte más baja del techo debe ser la menor posible para evitar la pérdida de agua.

f) El máximo tirante de agua en las proximidades del interceptor no deberá ser mayor al 60% de la profundidad efectiva de la canaleta.

g) La velocidad del agua en las canaletas no deberá ser mayor a 1,00 m/s.

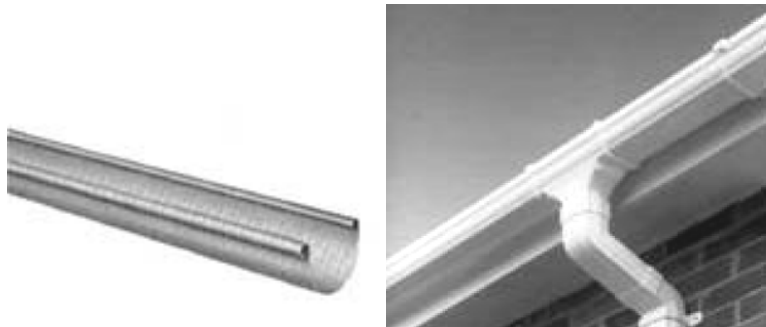
h) Para calcular la capacidad de conducción de la canaleta se podrán emplear fórmulas racionales como la de Manning con sus correspondientes coeficientes de rugosidad, acordes con la calidad física del material con que fue construida la canaleta.

i) Las uniones entre canaletas deben ser herméticas y lo más lisas posibles para evitar el represamiento del agua.

j) 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.

La figura 31 muestra dos tipos de canaletas utilizadas en los sistemas de captación de agua de lluvia.

Figura 31. Tipos de canaletas de recolección



Fuente: CEPIS/OPS. **Hojas de divulgación técnica.** Pág. 1

Para darse idea del tamaño de la canaleta requerida, se utiliza la fórmula de Manning:

$$Q = AV = \frac{1}{n} AR^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

Q = Flujo o caudal de la canaleta en m/s

A = Área de la sección transversal en m²

n = Coeficiente de rugosidad de la canaleta = 0.01 a 0.015

R = Radio hidráulico en m = A/ p.

P = Perímetro mojado en m

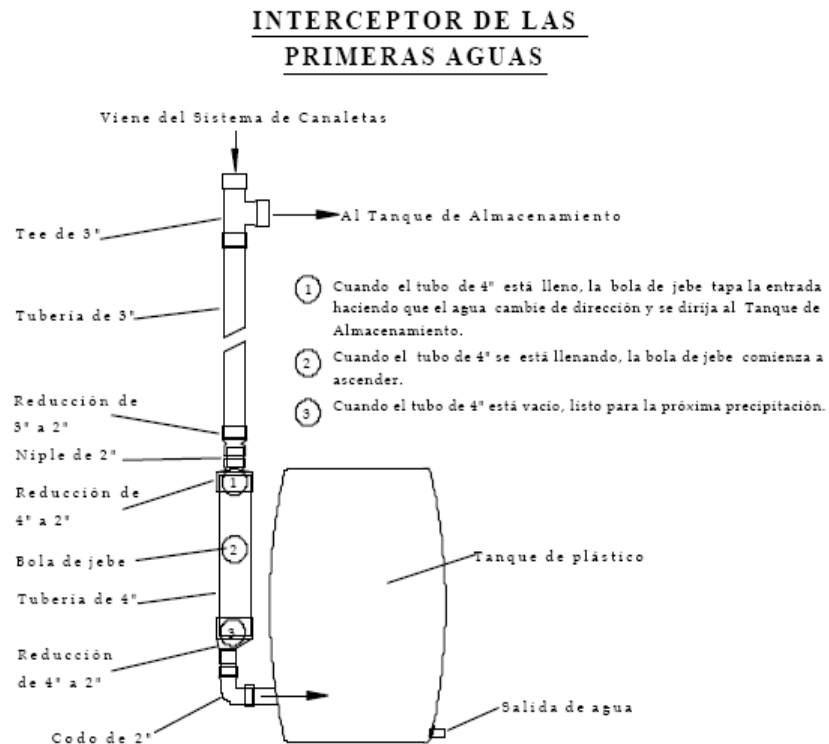
S = Pendiente

3.3.3 Interceptor de primeras aguas

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.

La figura 32 muestra el dispositivo interceptor de primeras aguas el cual fue diseñado por la Organización Panamericana de la Salud OPS y esta aplicado para sistemas de captación de agua de lluvia de mediano y bajo costo y los materiales se pueden adquirir en cualquier ferretería.

Figura 32. Dispositivo interceptor de primeras aguas



Fuente: CEPIS/OPS. Hojas de divulgación técnica. Pág. 7

El sistema interceptor de primeras aguas tiene las siguientes características:

- a) El volumen del interceptor se debe calcular a razón de un litro de agua de lluvia por metro cuadrado del área del techo drenado.
- b) El techo destinado a la captación del agua de lluvia puede tener más de un interceptor. En el caso que el área de captación tenga dos o más interceptores, ellos deberán atender áreas específicas del techo y por ningún motivo un determinado. Interceptor deberá captar las primeras agua de lluvia de un área que haya sido atendida por otro interceptor.
- c) Al inicio del tubo de bajada al interceptor deberá existir un ensanchamiento que permita encauzar el agua hacia el interceptor sin que se produzcan reboses, y su ancho inicial debe ser igual al doble del diámetro de la canaleta debiendo tener la reducción a una longitud de dos veces el diámetro.
- d) El diámetro mínimo del tubo de bajada del interceptor no será menor a 75 mm.
- e) La parte superior el interceptor deberá contar con un dispositivo de cierre automático una vez que el tanque de almacenamiento del interceptor se haya llenado con las primeras agua de lluvia.
- f) El fondo del tanque de almacenamiento del interceptor deberá contar con grifo o tapón para el drenaje del agua luego de concluida la lluvia.
- g) El interceptor contará con un dispositivo que debe cerrarse una vez que se hayan evacuado las primeras agua de lluvia.

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

3.3.4 Almacenamiento

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

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

- a) El volumen del tanque de almacenamiento será determinado a partir de la demanda de agua, de la intensidad de las precipitaciones y del área de captación.
- b) El tanque de almacenamiento podrá ser enterrado, apoyado o elevado y tendrá una altura máxima de 2 m en este último caso, la parte superior del tanque no deberá estar a menos de 0,30m con respecto al punto más bajo del área de captación.
- c) El tanque de almacenamiento deberá contar con tapa sanitaria de 0,60 x 0,60m para facilitar la limpieza o el mantenimiento; drenaje de fondo para la eliminación del agua de lavado; grifo situado a 0,10 m por encima del fondo; rebose situado a 0,10 m por debajo del techo e ingreso del agua de lluvia.

El ingreso del agua de lluvia podrá realizarse por el techo o por las paredes laterales del tanque de almacenamiento y no deberá ser menor de 75 mm de diámetro.

d) El interior del tanque de almacenamiento deberá ser impermeable y por ningún motivo el agua debe entrar en contacto con el medio ambiente a fin de garantizar la calidad del agua, evitar su pérdida por goteo o transpiración

e) Los tanques de almacenamiento apoyados deben tener alrededor de su base una losa de protección contra la infiltración de 0,20 m de ancho. Asimismo, en la zona donde se ubica el grifo para la extracción del agua debe construirse una losa de 0,50 x 0,50 y borde de 0,10 m de alto. Esta losa debe contar con drenaje para eliminar el agua que pueda almacenarse durante la extracción del agua.

f) El extremo de la tubería de drenaje y de rebose deben apartarse de la pared del tanque de almacenamiento no menos de un metro y descargar a una canaleta o a un pozo de drenaje, para su disposición final.

g) El volumen del tanque de almacenamiento se determinará por medio del balance de masa a partir del mes de mayor precipitación y por el lapso de un año, entre el acumulado de la oferta de agua (precipitación pluvial promedio mensual de por lo menos 10 años) y el acumulado de la demanda mes por mes del agua destinada al consumo humano.

El volumen neto del tanque de almacenamiento es la resultante de la sustracción de los valores máximos y mínimos de la diferencia de los acumulados entre la oferta y la demanda de agua.

h) El volumen de diseño del tanque de almacenamiento será igual al 110% del volumen neto.

i) Dotado de dispositivos para el retiro de agua y el drenaje. Esto último para los casos de limpieza o reparación del tanque de almacenamiento. En el caso de tanques enterrados deberán ser dotados de bombas de mano.

Figura 33. Tipos de tanques de almacenamiento



Fuente: Tomadas por el autor, Alta Verapaz y Chiquimula, año 2009

En la figura 33 se muestran las tres formas mas comunes en que se pueden diseñar los sistemas de captación de agua de lluvia.

3.3.5 Tratamiento

Es necesaria que el agua retirada y destinada al consumo directo de las personas sea tratada antes de su ingesta.

El tratamiento debe estar dirigido a la remoción de las partículas que no fueron retenidas por el dispositivo de intercepción de las primeras aguas, y en segundo lugar al acondicionamiento bacteriológico. El tratamiento puede efectuarse por medio de filtros de mesa de arena seguida de la desinfección con cloro.

Se podrá instalar en el interior del tanque de almacenamiento un filtro de arena, piedrín, carbón y piedra pómez para purificar el agua de lluvia al momento de su extracción. El filtro deberá diseñarse de modo que la velocidad de filtración sea menor a $0.2 \text{ m}^3/\text{hora}$. En la figura 34 se puede observar el filtro de costo intermedio diseñado por Plan Internacional Inc.

Figura 34. Filtro de costo intermedio



Fuente: Tomada por el autor, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, mayo 2009

Si se pensara en un filtro más sencillo, económico y fácil de construir, se puede aplicar lo siguiente:

- Para evitar la contaminación del depósito de captación por insectos, aves y roedores se tiene la idea de construir un filtro que pueda salir económico y fácil de construir: En una Ferretería se pueden conseguir cubetas vacías de pegamento blanco. Se lavan fácilmente con agua y ya tiene una boquilla en la tapa la cual se puede recortar con un cuchillo filoso pegado al anillo de metal que ya tiene casi la medida para colocar el tubo PVC de 3 pulgadas.
- Recortar un tramo de 5 cm. de tubo PVC de 3". Colocarlo por encima de la apertura que acaba de hacer en la tapa. Trazar la medida exacta por adentro del tubo (así hay menos peligro que la apertura sale demasiado grande) con un marcador permanente de punta fina. Ajusta la medida con cuidado usando una lima para madera de media caña.
- Pegar el tramo PVC de 5 cm. en un cople. Pasar el tubo por la tapa y pegar (cheque el ajuste antes en seco) el otro cople o codo. Empujar los coples el uno hacia el otro por unos diez segundos para que queden lo mas posible ajustados a la tapa. Se puede girar el tubo después, lo que sirve particularmente para el ajuste del ángulo al tubo de conexión, si esta usando un codo.
- Cortar una rebanada de 2.5 - 3 cm. de un tubo PVC de 4". Haga un corte para que quede abierta la rebanada. Corta un pedazo de tela mosquitero y colocarlo por afuera de la reducción de 4". Si hay problemas con ratones hay que usar una malla fina de metal! Coloca la rebanada de tubo de 4" por encima de la malla y aprieta todo con una abrazadera.
- Hay que ajustar un cople y una reducción de 4" a 3" al radio de la cubeta con lima. Trazar la apertura para la salida en la cubeta con un marcador. Sigue a la línea, perforando con taladro (broca de 8 mm).

- Ajuste la apertura con lima o la raspa. Se pega otra vez un tramo de PVC al cople, se pasa el tubo por la cubeta y se pega la reducción lo más ajustado que se puede y estará listo. Es importante no usar pegamento en la conexión a los tubos de entrada y salida de la cubeta! Así puede remover la cubeta después de cada lluvia para limpiarla. En la figura 35 se observa el filtro de bajo costo cuya materia prima se puede conseguir en cualquier ferretería e inclusive en la misma casa.

Figura 35. Filtro de bajo costo



Fuente: CEPIS/OPS. **Hojas de divulgación técnica.** Pág. 10

Lista de Materiales:

- 1 Cubeta de 20 Lts.. con tapa
- 3 Coples de 3" (ó 2 coples y 1 codo)
- 1 Reducción de 4" a 3"
- 1 Abrazadera 5"

3 cm. De Tubo PVC de 4"
10 cm. De Tubo PVC de 3"
20 x 20 cm. De malla mosquitero

También mediante un proceso de cloración utilizando la técnica siguiente:

- Disuelva una tapita de cloro en 8 centímetros de agua limpia y espere hasta que se disuelva bien.
- Aplique 50 gotas de cloro por cada 25 litros de agua y espere media hora.

3.3.6 Ventajas y desventajas

En general, la captación de agua de lluvia para consumo humano presenta las siguientes ventajas:

- Alta calidad físico química del agua de lluvia,
- Sistema independiente y por lo tanto ideal para comunidades dispersas y alejadas,
- Empleo de mano de obra y/o materiales locales,
- No requiere energía para la operación del sistema,
- Fácil de mantener, y

- Comodidad y ahorro de tiempo en la recolección del agua de lluvia.

A su vez las desventajas de este método de abastecimiento de agua son las siguientes:

- Alto costo inicial que puede impedir su implementación por parte de las familias de bajos recursos económicos, y

- La cantidad de agua captada depende de la precipitación del lugar y del área de captación.

También dependiendo de donde esté construido el aljibe, así se estarán ponderando sus fortalezas y debilidades de diversas soluciones. Las dos grandes familias de aljibes son: Los que están en el nivel del suelo, y los subterráneos. Está claro que cada uno tiene sus defensores y sus detractores, y que cada situación aconsejará un tipo u otro.

Para que la selección se pueda efectuar de manera ciertamente objetiva, se aporta una tabla de las ventajas y desventajas de ambos sistemas:

Depósito sobre el suelo

Ventajas:

- Estructura sobre el suelo permite fácil inspección y reparación de pérdidas y grietas.
- Existen en el mercado muchos diseños entre los que se pueden elegir.
- Se pueden comprar directamente de un almacén, con garantía de calidad.
- Se pueden fabricar de una gran variedad de materiales.
- Fáciles de construir con materiales tradicionales.
- La extracción se puede hacer por gravedad en la mayoría de los casos.
- Se pueden montar en situación elevada para aumentar la presión de suministro.

Desventajas:

- Requiere espacio.
- Generalmente más caro.

- Más susceptible a ser dañado.
- Propenso a sufrir los ataques del clima y meteorización.
- Existe el peligro de que una fractura lleve a la inundación de los espacios adyacentes.

Cisterna subterránea

Ventajas:

- Generalmente más barata; especialmente cuando se ejecuta en régimen de autoconstrucción.
- Muy difícil que se vacíe involuntariamente al dejar la llave abierta.
- No requiere espacio sobre el suelo.
- Nada llamativa o impactante.
- La resistencia del terreno permite la construcción con paredes más delgadas utilizando electromalla.
- Mayor estabilidad térmica.

Desventajas:

- La extracción de agua es más problemática frecuentemente se requiere una bomba.
- Pérdidas o grietas difíciles de detectar.
- Es posible la infiltración del tanque por aguas subterráneas contaminadas.
- Las raíces pueden dañar la obra.
- Peligro de caída de niños y pequeños animales.
- Puede producirse flotación, si la cisterna está vacía y el nivel de agua freática sube.
- Susceptible de sufrir daños si circulan vehículos pesados sobre ella.

Tomando en consideración las ventajas y desventajas anteriores, y simplemente observando el hecho de que una solución tiene más pros que contras y viceversa, podría obtenerse la conclusión de que hay una clara ventaja de los sistemas sobre el suelo, pero eso no es siempre cierto. En muchos casos, especialmente cuando el costo es un elemento decisivo y los beneficiarios participan en la construcción, la solución de cisterna subterránea de obra es la más adecuada, aún a pesar de sus inconvenientes.

La otra característica que se analizará por sus ventajas y desventajas es el material del que están hechos los aljibes, la cual también es motivo de discusión.

En la información siguiente se presentan los pros y los contras de cada material, así como las razones que justifican su aplicación en cada caso concreto.

Ferrocemento hierro liso, electromalla y similares

Ventajas

- Generalmente más barato.
- Absoluta libertad de forma.
- Se puede construir en el lugar de uso, con algunos insumos locales.
- Nula propensión a la formación de algas (totalmente opaco).
- Mayor tiempo de vida útil.
- Resistencia sísmica.
- Capacidades hasta de 25 m³.

Desventajas

- Fragilidad y rigidez

- Problemas de corrosión en determinados tipos de suelo.
- Su construcción exige cierto conocimiento técnico o artesanal.
- Tanto la construcción como el curado exigen un cierto tiempo.
- Puede desprender arena.
- Difícil control de calidad.
- Mayor costo.

Plástico (polietileno con negro de humo)

Ventajas:

- Flexibilidad y resistencia a la presión.
- Garantía de impermeabilidad.
- Facilidad de trabajo y reparación (taladrado, pegado) y ligereza en la manipulación.
- Resistente a la corrosión.
- Nula propensión a la formación de algas (totalmente opaco).
- Montaje y puesta en operación muy rápidos sin gran especialización.
- Posible reutilización o cambio de ubicación.
- Facilidad de control de calidad por el fabricante.
- Fácil transporte (es más ligero el depósito completo de plástico que los materiales para construir el de ferrocemento).

Desventajas:

- Más caro.
- Puede ser comercializado o negociado por el dueño con fines de lucro.
- Puede ser robado.
- Degradación por la exposición al sol y la intemperie.
- Menor tiempo de vida útil.
- Capacidades hasta 5 m³

Se puede llegar a una conclusión obvia: Los depósitos de plástico parecen ser siempre mejores que los de cemento para la instalación de aljibes, pero hay que tomar en cuenta que en cada caso, las virtudes tienen un peso concreto, y en ciertas circunstancias, en las que sea posible capacitar y organizar a los usuarios, por ejemplo, puede ser más conveniente la utilización de un material que permita la construcción barata, y continuada de aljibes, aún después de finalizado el proyecto, dejando en la zona una capacidad instalada y el ejemplo de una actividad empresarial sostenible.

3.3.7 Mantenimiento

Para ambos casos de tipos de aljibes se da por supuesto que se dará menos mantenimiento a los depósitos de ferrocemento bien ejecutados, o a los depósitos de plástico bien hechos o al polietileno de alta densidad, con carga de negro de humo, y estabilizantes que minimizan la meteorización.

De lo contrario requerirá de mayores períodos de tiempo de mantenimiento.

Por ejemplo, si se habla construir un aljibe de tinacos de polietileno, es necesario de que este construido de tres capas: La capa exterior negra evita la entrada de luz dentro del tinaco que puede provocar crecimiento de algas. La segunda capa blanca, al interior, refuerza la estructura del tinaco. La tercera y última capa es de un material especial llamado ARB (Anti Reproductor de Bacterias).

Este producto ayuda a evitar el crecimiento de la población de bacterias dentro del aljibe. Las colonias de bacterias no pueden asentarse en las paredes del tinaco por la composición de la capa antibacterial, por lo que prácticamente se reduce el crecimiento de bacterias dentro del tinaco al 0%.

Esto facilita la limpieza, y permite limpiar el tinaco menos frecuentemente.

También el dispositivo de primeras aguas mencionado anteriormente, impide que las primeras lluvias que caen en el techo lleven hojas de árboles, ramas, etc. que puedan causar contaminación al agua.

Es necesaria la válvula de globo de plástico con llave. La válvula provee una seguridad adicional contra fugas o desperdicios de agua. Cerrando la válvula se evita el goteo y se facilitan las reparaciones.

En el momento de cambiar la llave no es necesario vaciar el tanque; solo se cierra la válvula y ya se puede desmontar la llave para repararla o reemplazarla.

Es necesario realizar una limpieza cada 3 meses.

Para el caso de los aljibes construidos con concreto armado con electromalla, es necesario realizar un buen fraguado a la hora de su fundición, principalmente en lugares como el departamento de Chiquimula, que por haber una temperatura muy alta, puede ser que se presenten agrietamientos en la superficie del aljibe y por lo tanto fugas o infiltraciones de agua.

Es necesario construir un sumidero para limpieza del aljibe, el cual deberá ser vaciado cada 4 meses, y también que lleve una compuerta en la tapa del tanque para que una persona pueda ingresar al aljibe y realizar una limpieza interna del mismo.

Al final, para que el aljibe tenga un período de vida útil aceptable, se debe incluir lo siguiente:

- Limpiar con frecuencia los canalones, filtros y conducciones, y quitar la arena del decantador.
- Mantener limpios y secos los alrededores del aljibe, poniendo piedrín para que el agua no se encharque.

- Limpiar el interior de los propios aljibes periódicamente.

Cuando el aljibe es de uso individual, el mantenimiento no suele ofrecer grandes problemas, pues el dueño se preocupa de que su fuente de suministro de agua se mantenga en buenas condiciones.

Pero cuando el aljibe es comunal, es necesario que las personas que se benefician de su existencia se comprometan asimismo en su mantenimiento, para lo cual conviene contar con una mínima estructura organizativa.

En el caso del agua, el motivo de la organización está muy claro, y las gentes entienden muy bien que esto merece su esfuerzo. Lo que ha veces no entienden es que sea necesario asumir una cierta cantidad de tareas, o una disciplina, para garantizar el mantenimiento a largo plazo del beneficio que supone tener un aljibe.

En Guatemala existe una figura organizativa ampliamente difundida, que son los Comités pro mejoramiento. Incluso en algunos lugares ya existe el Comité pro agua, por ejemplo Fundación Agua del Pueblo en San Pedro Carchá Alta Verapaz, el cual trabaja de manera muy consciente en dar le mantenimiento a sus aljibes de ferrocemento.

Cuando la comunidad está organizada, y es consciente de que los sistemas de agua necesitan una cierta atención, lo único preciso es impartir la capacitación técnica sobre mantenimiento, y sugerir a los beneficiarios que se pongan de acuerdo sobre quién ha de hacer qué. Conviene aquí llamar la atención sobre la importancia de que las instituciones de mantenimiento sean muy precisas y muy razonables, para evitar que se desprestigien y dejen de ser observadas por los usuarios.

Más difícil es cuando los usuarios no son conscientes de que la instalación que recibieron en perfectas condiciones deberá ser mantenida y reparada, pues el tiempo y el uso la afectará. Este es un caso bastante común en el que el apoyo externo debe servir para introducir tres ideas:

1. El aljibe comunal necesita ser mantenido para garantizar su operatividad a medio y largo plazo, para el beneficio de todos.
2. Los usuarios deben organizarse para dar el mantenimiento necesario. Esto lo pueden hacer por turnos, o asignando la responsabilidad a una persona concreta.
3. Puede ser necesario aportar algún recurso para enfrentar reparaciones. En el caso en que algo se estropee, los beneficiarios han de estar dispuestos a aportar su trabajo o el dinero necesario para reparar o reponer los elementos que se han dañado.
4. El día en que caen las primeras lluvias es el más recomendado para realizar la limpieza anual del aljibe.

En cualquier caso, la calidad de la instalación debe defenderse, casi por encima del costo, pues una instalación que no garantice una recogida o mantenimiento saludable del agua es un peligro sanitario de tal magnitud que aún regalada es cara.

Por esto se recomienda que una instalación de recogida de agua de lluvia tenga estos elementos:

- Eliminador de las primeras aguas.
- Superficie de captación metálica o plástica (eventualmente teja)

- Filtro de entrada
- Construido de material no disgregable, opaco e impermeable.
- Extracción no contaminante (llave inferior, bomba, sifón, etc.). Preferiblemente de funcionamiento por gravedad. En ningún caso bomba de nudos (o de cuerda).
- Seguro en la tapa y en la llave de salida.
- Drenaje en los alrededores del aljibe, principalmente cerca de la llave.
- Rebosadero con trampa de agua.

3.3.8 Comparación de costos

Para poder comparar los costos de cada sistema de aljibes entre si, es necesario establecer ciertos rangos, pues parece que no hay una solución universalmente óptima.

Se establecerán tres rangos:

- Instalación individual, aljibes de polietileno, hasta unos 5 m³
- Instalaciones de ferrocemento, de entre 5 y 25 m³
- Instalaciones colectivas, mayores de 25 m³

La tabla III muestra la comparación entre los diferentes tipos de aljibes en función de los materiales con los que son construidos, su capacidad de almacenamiento y el tipo de mano de obra con los que son ejecutados, ya que existen dos:

La mano de obra calificada que pueden ser técnicos, albañiles e ingenieros, y la mano de obra no calificada que esta conformada por los mismos beneficiarios de las áreas rurales.

Tabla III. Comparación de los diferentes tipos de aljibes según su volumen

Acceso fácil (vehículo)			Acceso difícil (a pie)	
	Con Mano de Obra	Sin participación	Con Mano de Obra	Sin participación
Instalación individual <5m ³	Aljibe prefabricado de Polietileno	Aljibe prefabricado de Polietileno	Aljibe prefabricado de Polietileno	Aljibe prefabricado de Polietileno
Pequeña colectividad, de 5 a 25 m ³	Obra civil: ferrocemento o concreto	Aljibe prefabricado de Polietileno	Obra civil: ferrocemento o concreto	Obra civil: ferrocemento o concreto
Instalación colectiva, >25m ³	Obra civil: ferrocemento o concreto	Obra civil: ferrocemento o concreto	Obra civil: ferrocemento o concreto	Obra civil: ferrocemento o concreto

Fuente: Ramón Tejeiro. **Agua de lluvia saludable**. Pág. 68

Tampoco se pueden comparar entre si las instalaciones hechas con o sin participación comunitaria en la mano de obra, y dentro de estas, las que se efectúan en un lugar de fácil acceso, y las de acceso difícil.

Se puede recomendar explícitamente una u otra solución, plástico o ferrocemento, pero dependerá del lugar donde se realice la instalación y la cantidad que sea factible almacenar. Las razones por las que se recomienda cada solución son:

Los aljibes pequeños de polietileno son baratos y ligeros, por lo que su transporte es sencillo; además se encuentran fácilmente en el mercado.

- En el caso de la autoconstrucción, la necesidad de capacitación del personal puede encarecer el ferrocemento.

- El ferrocemento en principio es el material más barato y hay que considerar que en los últimos tiempos los costos del polietileno se han reducido notablemente por su facilidad de fabricación y por la competencia en el mercado.
- En el caso de que el acceso al lugar de instalación sea difícil, sólo serán más convenientes los aljibes de polietileno más pequeños (hasta 2 m³), que pueden ser llevados a hombros. Para aljibes más grandes habrá que considerar si no es mejor trasladar a pie bolsas de cemento.
- Los aljibes de más de 25 m³ en polietileno no son fáciles de encontrar en el mercado, y aún lo son menos de transportar, por lo que en condiciones generales se recomendará el uso de obra civil, que puede ser desde concreto armado a ferrocemento.
- Cuando el aljibe es de un volumen tal, que se encuentra prefabricado de Polietileno en el mercado, habrá que considerar las condiciones de participación de la comunidad, la disponibilidad in situ de agregados, la calidad del agua para elaborar mortero o concreto, la accesibilidad vehículos, etc., y sumando todos los elementos del costo, tomar la decisión.
- Se debe considerar que Guatemala es un país con actividad sísmica, lo que origina que las construcciones frágiles y la obra civil se puedan agrietar, haciéndose necesario un mantenimiento frecuente. Este criterio desplazará, en caso de duda, la decisión hacia el polietileno.

Para hacer una propuesta de instalación de sistemas de aljibes es necesario tomar en consideración las circunstancias en las que se desarrollará la acción, lo que puede llevar a recomendar un modelo concreto; lo que se limita a dos diseños posibles en Guatemala:

- Aljibe individual de Polietileno colocado en superficie.
- Aljibe subterráneo de concreto armado o ferrocemento para grandes volúmenes.

4. PROPUESTAS BASADO A EXPERIENCIAS

En este capítulo se realizarán dos propuestas para diseño de aljibes, que son las que más se utilizan y que han funcionado, éstas son el aljibe individual de polietileno colocado en superficie y el aljibe subterráneo de sección trapezoidal construido de ferrocemento, la región a proponer el diseño será Alta Verapaz por tener un período de lluvia aceptable para que un proyecto de captación de agua de lluvia sea factible.

4.1 Modelo a diseñar

Es obvio que los aljibes sólo funcionan en lugares donde hay suficiente lluvia. Sin embargo, ésta no es la variable más importante. En lugares donde cae poca lluvia se puede corregir la falta de agua con la construcción de un aljibe con áreas de captación muchos mayores y depósitos adecuados, asegurando la cantidad de agua necesitada, pero la desventaja es que se incrementa su costo y no es factible construirlo en dicha región.

Para el funcionamiento del aljibe hay 4 factores que en forma conjunta definen la permanencia de agua almacenada, estos son:

1. Consumo de agua: Mientras más consumo diario, más riesgo que el aljibe se quede sin agua.
2. Cantidad y distribución de precipitación sobre el año: Mientras más agua caiga, más captación de agua.
3. Superficie de captación (techo): Mientras más grande la superficie del tejado, mayor volumen de agua captada.

4. Volumen/capacidad del aljibe: Mientras más grande el aljibe, más almacenamiento para cubrir períodos secos.

De acuerdo a estos 4 factores, existen 4 mecanismos que pueden usarse para asegurar un buen funcionamiento del aljibe y garantizar de agua en forma permanente.

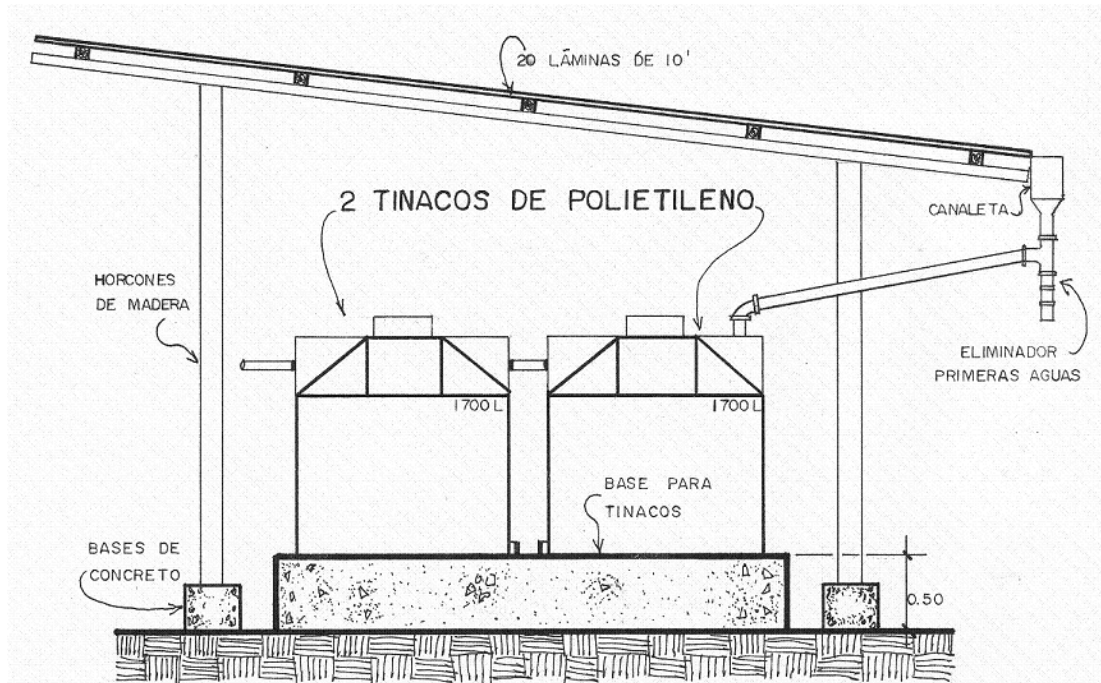
4.1.1 Aljibe individual de polietileno

El aljibe individual de polietileno colocado en superficie es el recomendado para instalaciones individuales o para pequeñas colectividades, hasta unos 5 m³ aproximadamente, y tiene la característica que optimiza los resultados con el menor costo.

La máxima competitividad de los aljibes de polietileno se presenta hasta 2 m³, que es un volumen para el cuál los depósitos son transportables incluso a pie, y cuyo costo se ha reducido notablemente en los últimos tiempos, haciendo que la alternativa de los aljibes de ferrocemento para este volumen sea poco competitiva.

La diferencia que existe entre este sistema propuesto, con el visto en campo es que tendrá un sistema eliminador de primeras aguas, para evitar así que polvo, hojas de árboles y otras partículas contaminen inicialmente el aljibe en la primera lluvia, además se añadió bases de concreto para cada uno de los horcones de madera que sostienen la galera, para protegerlos de la humedad y evitar que se pudran.

Figura 36. Propuesta 1, sistema de captación de agua de lluvia con tinacos de polietileno



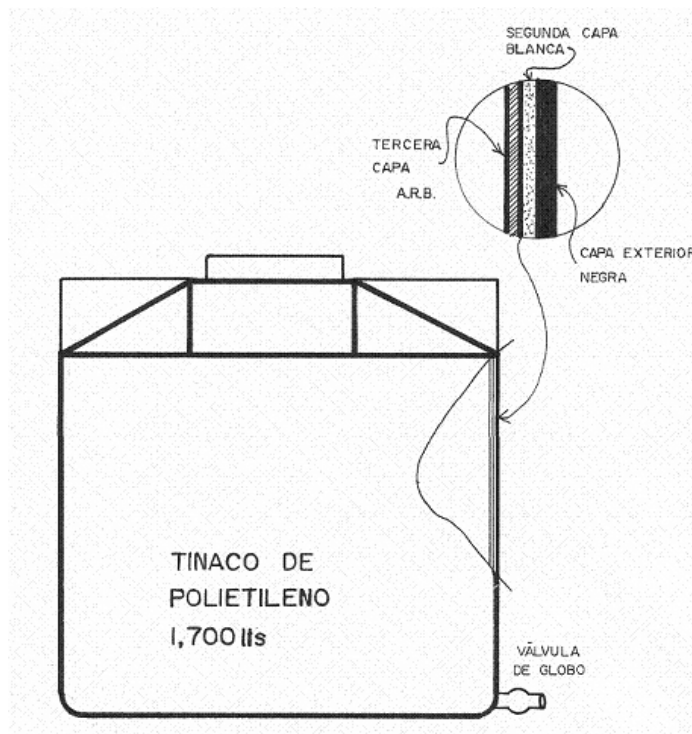
Fuente: Elaboración propia, en base a experiencias en campo

4.1.2 Materiales

- Superficie de recolección compuesta por 20 láminas de acero galvanizadas llamadas también “laminas de Zinc”, formando una superficie de 40 m^2 . Esta superficie se logra construyendo una galera como la mostrada en la figura 36.
- Al construir la estructura, se debe utilizar madera bien seca, garantizando que no hay contacto entre la madera y el suelo (bases de concreto o de piedra), para prevenir la descomposición de aquella.

- Aljibes de Polietileno de alta densidad, con un espesor y composición tal que garantice la opacidad absoluta. El material ha de incorporar los estabilizantes necesarios para que la radiación solar no afecte la flexibilidad del material, la primera capa negra garantiza la opacidad absoluta, la segunda capa blanca le da dureza y resistencia al tinaco, y la tercera capa esta fabricado de un material llamado ARB o anti reproductor de bacterias, detalle mostrado en la figura 37. Cada aljibe ha de contar con los siguientes aditamentos:
 - Tapa de mantenimiento, con un diámetro mínimo de 50 cm.
 - Llave para sacar agua por gravedad.
 - Tapón inferior para drenaje (en la parte más baja).
 - Rebosadero (en la parte más alta)

Figura 37. Estructura interna de tinaco de polietileno, propuesta 1



Fuente: Elaboración propia

- Canalón de lámina de acero galvanizada, o de PVC si está disponible en el mercado local. El canalón debe estar soportado con pescantes de acero, cuidadosamente pintados para evitar la oxidación.

- Los accesorios mínimos han de ser:
 - Filtro para evitar que las hojas entren al aljibe.
 - Decantador para arena (“T” entre el filtro y el aljibe)
 - Malla de mosquitero cubriendo la abertura del tubo de rebosadero.

- Túmulo para elevar los aljibes construido de concreto ciclópeo (piedras grandes) y suelo cemento.

- Todas las zonas en las que pueda quedar agua deberán estar cubiertas con piedrín (grava), o deberán tener canales de drenaje, para evitar charcos. Preferiblemente ambas cosas: Drenajes y piedrín.

Figura 38. Aljibe individual de polietileno



Fuente: Tomada por el autor, San Pedro Carchá, Alta Verapaz, mayo 2009

La figura 38 muestra el sistema que construyó APRESAL en el año 2002, con el sistema completo desde la captación hasta los tinacos de polietileno.

4.1.3 Requisitos previos

Es importante definir las variables tales como el consumo de agua por vivienda por día, superficie de techo, tiempo máximo sin lluvia y coeficiente de recogida de agua.

4.1.4 Criterios de diseño

- Para este ejemplo se toma el consumo de una típica familia del área rural de Cobán lo cual se toma el dato de 110 litros por vivienda por día.
- La superficie del techo se asume en 40 m²
- En este caso se toma el período máximo sin lluvia de 1 mes por la región montañosa de Alta Verapaz, donde las lluvias son más frecuentes.

Tabla IV. Volumen requerido de aljibe según consumo estimado diario, propuesta 1

Meses sin lluvia	Días sin lluvia	60 litros (15 gls)	80 litros (20 gls)	100 litros (25 gls)	150 litros (40 gls)	200 litros (50 gls)
1 mes	15	0.9	1.2	1.5	2.25	3
	30	1.8	2.4	3	4.5	6
2 meses	45	2.7	3.6	4.5	6.75	8
	60	3.6	4.8	6	9	12
3 meses	75	4.5	6	7.5	11.25	15
	90	5.4	7.2	9	13.5	18
4 meses	105	6.3	8.4	10.5	15.75	21
	120	7.2	9.6	12	18	24

Volumen requerido de Aljibe (tinaco o cisterna) en m³

Fuente: Ramón Tejeiro. **Agua de lluvia saludable**. Pág. 21

- Según la tabla IV, el volumen de almacenamiento de agua de lluvia deberá tener 3 m³, lo cual equivale aproximadamente a la capacidad de dos tinacos de 1.7 m³.
- También hay que comprobar si la pluviometría de Cobán es suficiente para recoger toda el agua necesaria para el diseño, tomando el consumo de 110 litros por vivienda por día, se multiplica por 365 días, y se obtiene un consumo anual aproximado de 41,000 litros.
- Según las medidas del techo dadas anteriormente de 40 m², y como está situada en la zona de lluvias más intensas (2500 litros por metro cuadrado), según la tabla V:

Tabla V. Pluviometría en diferentes regiones de Guatemala, propuesta 1

Zona pluviométrica	Precipitación anual litros/m ²	Periodo máximo sin lluvias	Duración de época seca
Petén y Verapaz norte	1,500	2 meses	3 meses
Montañas de las Verapaces	2,500	1 mes	1 mes
Izabal y Costa Atlántica	2,600	1 mes	2 meses
Altiplano y montañas Occidente	1,500	3 meses	6 meses
Costa Sur	2,800	4 meses	4 meses
Valles centrales	1,100	4 meses	6 meses
Oriente	1,143	4 meses	7 meses

Fuente: Ramón Tejeiro. **Agua de lluvia saludable**. Pág. 18

El producto de multiplicar los 40 metros cuadrados de la superficie de recogida por el volumen de lluvia por metro cuadrado, y aplicando el coeficiente de recogida de 0.85, da la cantidad:

$$40 \times 2,500 \times 0.85 = 85,000 \text{ litros}$$

Esto indica que el diseño propuesto para este sistema de aljibe es perfectamente viable porque esta cantidad es mayor que la demanda anual de agua.

4.1.5 Ventajas y desventajas

Ventajas:

- Estructura sobre el suelo permite fácil inspección y reparación de pérdidas y grietas.
- Existen en el mercado muchos diseños entre los que se pueden elegir.
- Se pueden comprar directamente de un almacén, con garantía de calidad.
- Se pueden fabricar de una gran variedad de materiales.
- Fáciles de construir con materiales tradicionales.
- La extracción se puede hacer por gravedad en la mayoría de los casos.
- Se pueden montar en situación elevada para aumentar la presión de suministro.

Desventajas:

- Requiere espacio.
- Generalmente más caro.
- Más susceptible a ser dañado.
- Propenso a sufrir los ataques del clima y meteorización.

- Existe el peligro de que una fractura lleve a la inundación de los espacios adyacentes.

El la tabla VI se da el costo aproximado del primer sistema de captación de agua de lluvia propuesto, con lo cual se utilizaron precios de materiales actuales.

4.1.6 Costo aproximado

Tabla VI. Integración de costos de un aljibe de polietileno, propuesta 1

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Q)	Precio Total (Q)
Láminas de 10 pies cal.26	Una	20	200.00	2,000.00
Galera de madera con horcones fundidos en bases de concreto	Una	1	1,100.00	1,100.00
Túmulo de mampostería como base para tinacos	Un	1	500.00	500.00
2 tinacos de polietileno de 1,700 lts c/u	Un	2	1,800.00	3,600.00
Canaletas de zinc cal. 28	Metro	5	100.00	500.00
Tubería de conducción para primeras aguas	Una	1	50.00	50.00
Válvula de globo de plástico con llave	Una	1	35.00	35.00
Filtro	Un	1	100.00	100.00
Decantador	Un	1	150.00	150.00
Malla de mosquitero	Una	1	50.00	50.00
Mano de obra calificada			850.00	850.00
TOTAL				8,935.00

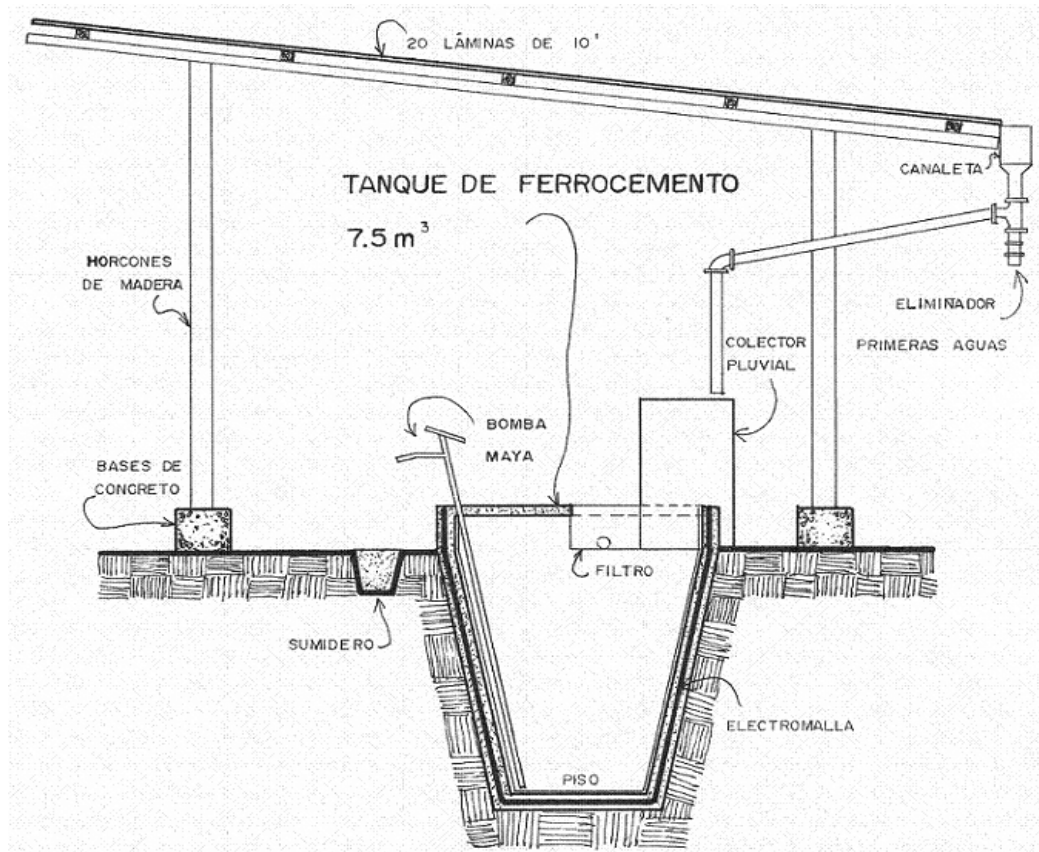
Fuente: Elaboración propia en base a resultados, precios actuales

4.2 Aljibe individual de ferrocemento sección trapezoidal

Después de realizar un análisis de todos los tipos de aljibes de ferrocemento, la solución óptima es la aportada por Plan International Inc. con su diseño de aljibe de ferrocemento, sección trapezoidal, para instalaciones individuales o para pequeñas colectividades, hasta 8 m^3 aproximadamente, y tiene la característica de optimizar los resultados, con un costo razonable.

Además de tener un mayor período de vida útil y mayor capacidad que los aljibes de polietileno. También permite una participación masiva de los usuarios a través de la autoconstrucción.

Figura 39. Propuesta 2, sistema de captación de agua de lluvia con tanque de ferrocemento



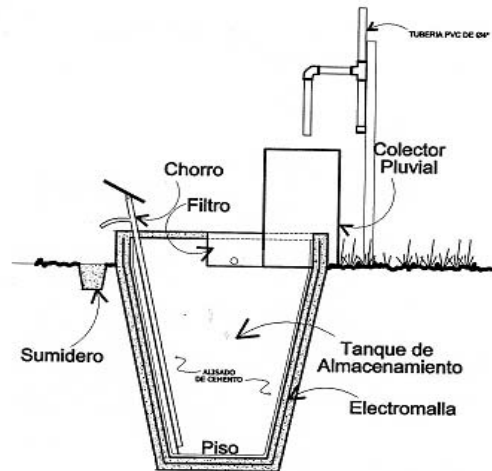
Fuente: Elaboración propia, en base a experiencias en campo

La diferencia que existe entre la siguiente propuesta y el modelo evaluado en campo, es que tendrá un sistema de captación propia, consistente en un techo de 20 laminas formando un área de 40 m^2 , sostenida por una galera de madera con horcones fundidos dentro de bases de concreto para garantizar una vida prolongada de la madera y mejorar la estabilidad de la estructura según lo muestra la figura 39. Además de evitar molestias al momento de cambiar una lámina o darle mantenimiento si la captación fuera del techo de la vivienda como los modelos vistos en campo.

4.2.1 Materiales

- Superficie de recolección de lámina de acero galvanizada llamada también “lámina de Zinc”. Esta superficie puede ser la del techo de la vivienda, o construyendo una galera al efecto.
- Si se construye una estructura, se debe utilizar madera bien seca, garantizando que no hay contacto entre la madera y el suelo (bases de concreto o de piedra), para prevenir la descomposición de aquella.
- Canalón de lámina de acero galvanizada, o de PVC si está disponible en el mercado local. El canalón debe estar soportado con pescantes de acero, cuidadosamente pintados para evitar la oxidación.
- Colector pluvial, con capacidad de 0.36 mts^3 , fabricado con ferrocemento, el cual tiene como una de sus finalidades interceptar el agua de lluvia y trasladarla con un caudal menor al filtro que se encuentra después de el, además se utiliza como un dispositivo de rebalse, ya cuando el tanque de almacenamiento está lleno, este elemento se puede apreciar en la figura 40.

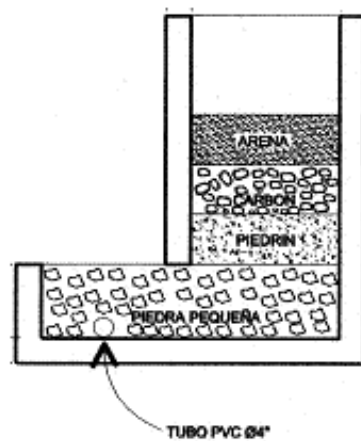
Figura 40. Elementos de un aljibe de sección trapezoidal



Fuente: Plan Internacional Inc.-Fundación Agua del Pueblo

- Filtro de 0.84 mts^3 compuesto de arena, carbón, piedrín y piedra pómez el cual ayuda a purificar el agua en un 90 % antes de entrar en el tanque de almacenamiento cuya sección se aprecia en la figura 41.

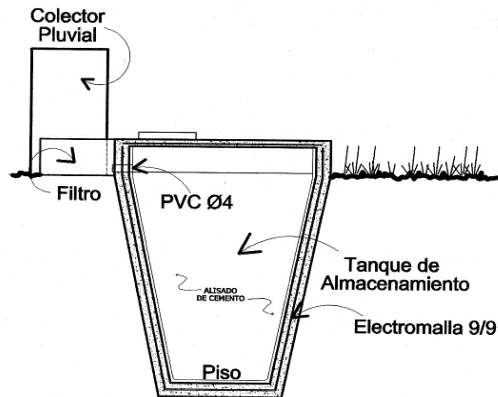
Figura 41. Esquema de filtro de arena, piedrín y piedra pómez



Fuente: Plan Internacional Inc.-Fundación Agua del Pueblo

- Tanque de almacenamiento, con capacidad para 7.5 mts³, fundido con concreto y electromalla 9/9, y de sección trapezoidal para tener una resistencia a los sismos y al deslizamiento el cual se muestra en la figura 42 donde también se puede apreciar el colector pluvial y el filtro.

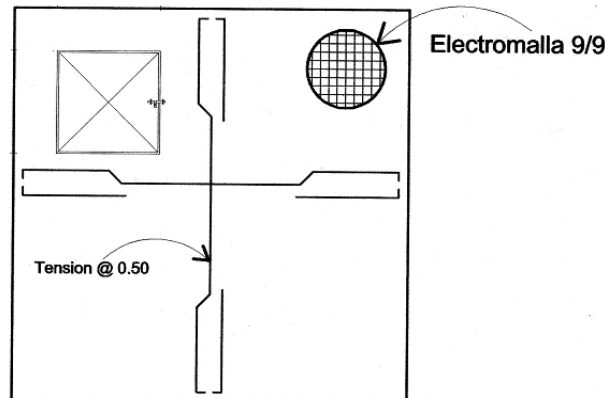
Figura 42. Aljibe de ferrocemento con sección trapezoidal



Fuente: Plan Internacional Inc.-Fundación Agua del Pueblo

- Tapadera de 2.30 x 2.30 mts fundida con electromalla 9/9 y una compuerta de 0.60 x 0.60 mts. que una persona pueda entrar en su interior y para darle mantenimiento, el detalle se puede observar en la figura 43.

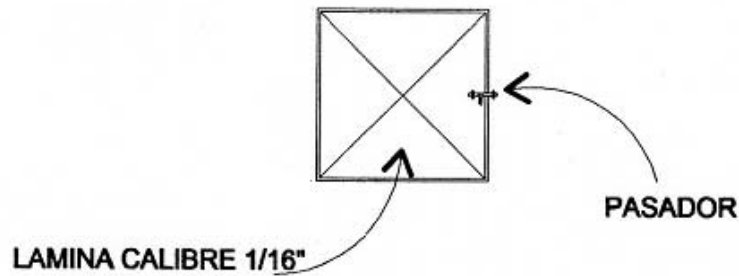
Figura 43. Esquema del armado de tapadera de aljibe



Fuente: Plan Internacional Inc.-Fundación Agua del Pueblo

- El marco de la puerta irá soldado en la parte lateral, la puerta llevará pasador y se dejarán previsto las argollas para la colocación del candado en el exterior, lo que se puede observar en la figura 44.

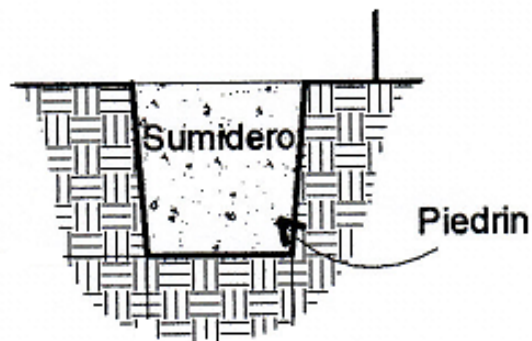
Figura 44. Esquema de puerta de aljibe de ferrocemento



Fuente: Plan Internacional Inc.-Fundación Agua del Pueblo

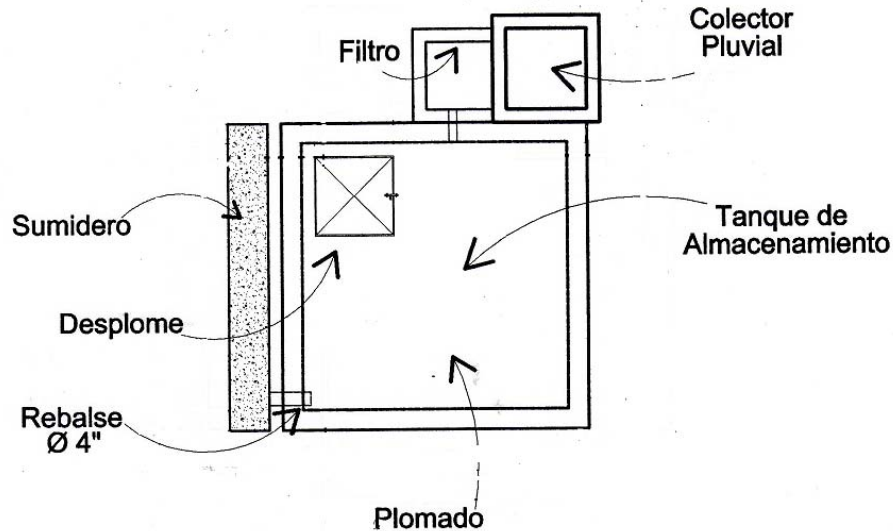
- Sumidero de capacidad 0.18 mts^3 , conteniendo piedrín, y cuyo objetivo es un dispositivo de rebalse y limpieza propio del tanque de almacenamiento, la sección se puede apreciar en la figura 45.

Figura 45. Esquema de sumidero para rebalse y limpieza



Fuente: Plan Internacional Inc.-Fundación Agua del Pueblo

Figura 46. Vista en planta de aljibe de ferrocemento



Fuente: Plan Internacional Inc.-Fundación Agua del Pueblo

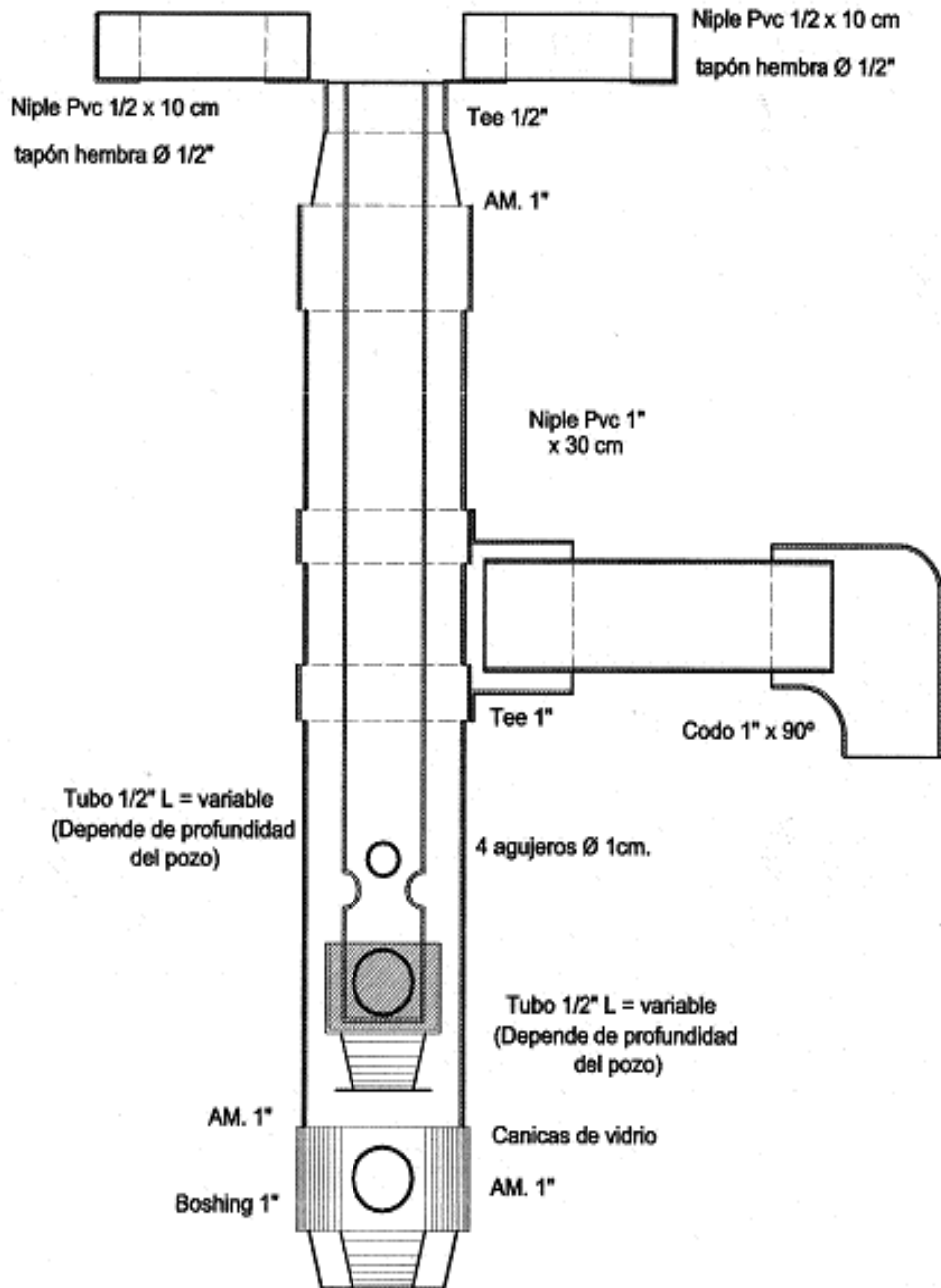
Como se puede observar en la figura 46, todos los elementos descritos anteriormente están interconectados entre si, y todos son indispensables, desde el colector pluvial que es un dispositivo que impide que el agua entre de forma brusca al filtro, esto permite una velocidad de filtración de $0.2 \text{ m}^3/\text{hora}$ lo cual es un parámetro indispensable para su buen funcionamiento, además que el colector pluvial impide que el aljibe se rebalse al llenarse por completo su volumen.

También existe otro dispositivo de rebalse pero al final del sistema, el sumidero, que se utiliza también para limpieza.

Para que la bomba de succión sea capaz de extraer toda el agua del aljibe es necesario que el fondo del tanque tenga una inclinación del 1% y al final de esa inclinación colocar la bomba.

- Bomba artesanal de bajo costo, para la extracción manual del agua del tanque de almacenamiento la que se observa en la figura 47.

Figura 47. Esquema de bomba artesanal o bomba maya



Fuente: Plan Internacional Inc.-Fundación Agua del Pueblo

4.2.2 Requisitos previos

Es importante definir las variables tales como el consumo de agua por vivienda por día, superficie de techo, tiempo máximo sin lluvia y coeficiente de recogida de agua.

4.2.3 Criterios de diseño

- Para este ejemplo se toma el consumo de una típica familia de 5 personas del área rural de San Pedro Carchá Alta Verapaz lo cual se toma el dato de 120 litros por vivienda por día.
- La superficie del techo se asume en 40 m².
- En este caso se toma el período máximo sin lluvia de 2 meses por la región montañosa de San Pedro Carchá, ya que las lluvias son poco frecuentes que en otros sectores del departamento.

Tabla VII. Volumen requerido de aljibe según consumo estimado diario, propuesta 2

Meses sin lluvia	Días sin lluvia	60 litros (15 gls)	80 litros (20 gls)	100 litros (25 gls)	150 litros (40 gls)	200 litros (50 gls)
1 mes	15	0.9	1.2	1.5	2.25	3
	30	1.8	2.4	3	4.5	6
2 meses	45	2.7	3.6	4.5	6.75	8
	60	3.6	4.8	6	9	12
3 meses	75	4.5	6	7.5	11.25	15
	90	5.4	7.2	9	13.5	18
4 meses	105	6.3	8.4	10.5	15.75	21
	120	7.2	9.6	12	18	24

Fuente: Ramón Tejeiro. **Agua de lluvia saludable**. Pág. 21

- Según la tabla VI, el volumen de almacenamiento de agua de lluvia deberá tener un promedio de 7.5 m^3 , lo cual equivale aproximadamente a la capacidad de del modelo de aljibe planteado por Plan Internacional Inc.
- Por tener la forma de una sección trapezoidal como en la figura 48 , de utiliza la siguiente fórmula, para poder predimensionar el aljibe, y así encontrar su volumen o capacidad:

$$V = \frac{h}{3} (A1 + A2 + \sqrt{A1 \times A2})$$

Donde:

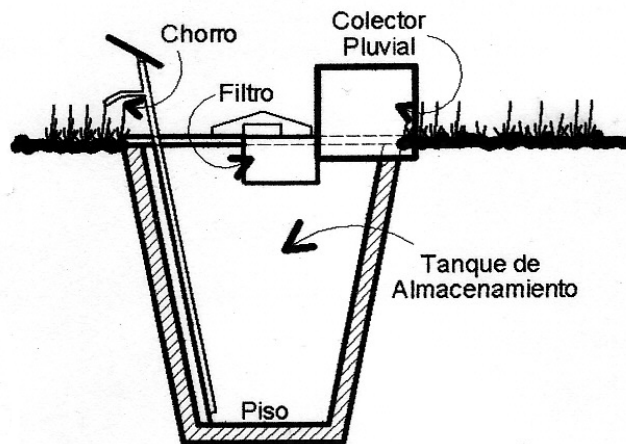
V = volumen en m^3

h = altura del agua (m)

A1 = área de la base mayor (m^2)

A2 = área de la base menor (m^2)

Figura 48. Vista de perfil de elementos que integran un aljibe



Fuente: Plan Internacional Inc.-Fundación Agua del Pueblo

- Comprobando si las dimensiones del aljibe propuesto cumplen para el volumen predeterminado, se ingresan los datos a la fórmula, o sea un área de la base menor de $1.30 \times 1.30 \text{ m} = 1.69 \text{ m}^2$ y un área de la base mayor de $2.30 \times 2.30 = 5.29 \text{ m}^2$, tomando una altura del tanque de 2.30 m.

$$V = \frac{2.30}{3} (1.69 + 5.29 + \sqrt{1.69 \times 5.29}) = \text{aprox. } 7.5 \text{ m}^3$$

- También hay que comprobar si la pluviometría de San Pedro Carchá es suficiente para recoger toda el agua necesaria para el diseño, tomando el consumo de 120 litros por vivienda por día, se multiplica por 365 días y se obtiene un consumo anual aproximado de 43,800 litros.
- No todo el departamento de Alta Verapaz tiene la misma pluviometría, el INSIVUMEH ha dividido al departamento en la región norte donde el período de lluvias al año es menor y la región montañosa del centro y sur donde la pluviometría es alta casi en todos los meses del año.
- Según las medidas del techo dadas anteriormente de 40 m^2 , y como está situada en la zona de lluvias menos intensas de Alta Verapaz (1500 litros por metro cuadrado), según la siguiente tabla VIII:

Tabla VIII. Pluviometría en diferentes regiones de Guatemala, propuesta 2

Zona pluviométrica	Precipitación anual litros/m ²	Periodo máximo sin lluvias	Duración de época seca
Petén y Verapaz norte	1,500	2 meses	3 meses
Montañas de las Verapaces	2,500	1 mes	1 mes
Izabal y Costa Atlántica	2,600	1 mes	2 meses
Altiplano y montañas Occidente	1,500	3 meses	6 meses
Costa Sur	2,800	4 meses	4 meses
Valles centrales	1,100	4 meses	6 meses
Oriente	1,143	4 meses	7 meses

Fuente: Ramón Tejeiro. **Agua de lluvia saludable**. Pág. 18

- El producto de multiplicar los 40 metros cuadrados de la superficie de recogida por el volumen de lluvia por metro cuadrado, y aplicando el coeficiente de recogida de 0.85, da la cantidad:

$$40 \times 1,500 \times 0.85 = 51,000 \text{ litros}$$

Esto indica que el diseño propuesto para este sistema de aljibe es perfectamente viable porque esta cantidad es mayor que la demanda anual de agua.

4.2.3 Ventajas y desventajas

Ventajas:

- Generalmente más barata, especialmente cuando se ejecuta en régimen de autoconstrucción.
- Muy difícil que se vacíe involuntariamente al dejar la llave abierta.
- No requiere espacio sobre el suelo.
- Nada llamativa o impactante.
- La resistencia del terreno permite la construcción con paredes más delgadas.
- Su sección trapezoidal permite mayor resistencia sísmica.
- Mayor estabilidad térmica.

Desventajas:

- La extracción de agua es más problemática y frecuentemente se requiere de una bomba.
- Pérdidas o grietas difíciles de detectar.
- Es posible la infiltración del tanque por aguas subterráneas contaminadas.
- Las raíces de los árboles pueden dañar la obra.
- Peligro de caída de niños y animales pequeños.
- Puede producirse flotación, si la cisterna está vacía y el nivel de agua freática sube.
- Susceptible de sufrir daños si circulan vehículos pesados sobre ella.

4.2.4 Costo aproximado

Tabla IX. Integración de costos de un aljibe de ferrocemento, con sección trapezoidal, propuesta 2

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Q)	Precio Total (Q)
Láminas de 10 pies	Una	20	200.00	2000.00
Canaletas de zinc cal. 28	Metro	5	100.00	500.00
Galera de madera con horcones fundidos en bases de concreto	Una	1	1,100.00	1,100.00
Tubería de conducción para primeras aguas	Una	1	150.00	150.00
Colector pluvial	Un	1	800.00	800.00
Filtro	Un	1	950.00	950.00
Tapadera de cisterna + compuerta de metal+ electromalla 9/9 + concreto	Una	Conjunto	1,200.00	1,200.00
Tanque de almacenamiento: concreto + electromalla 9/9	Un	Conjunto	4,000.00	4,000.00
Alisado de cemento			650.00	650.00
Bomba artesanal	Una	1	150.00	150.00
Sumidero para limpieza	Un	1	450.00	450.00
Tubería para drenaje de limpieza	Un	1	150.00	150.00
Mano de obra calificada			2,500.00	2,500.00
Mano de obra no calificada			450.00	450.00
Capacitaciones		2	900.00	900.00
Total:				15,950.00

Fuente: Elaboración propia en base a resultados, precios actuales

5. EVALUACIÓN GENERAL

En este capítulo se evaluarán los distintos problemas y situaciones que se puedan dar en el caso de iniciar un proyecto de captación de agua de lluvia y asimismo de la evaluación económica para demostrar que un proyecto de esta naturaleza puede ser eficiente, factible y capaz de pagarse solo.

5.1 Evaluación técnica

Los aljibes no son un producto espontáneo de la naturaleza. Es necesario construirlos y mantenerlos; y con cierta frecuencia, también ocurre que los aljibes son construidos de manera organizada por un grupo de personas, o por una institución que pretenda dotar a un colectivo, más o menos grande de suministro de agua saludable.

Esto asigna diferentes papeles y responsabilidades cuando se pretende poner en marcha un proyecto de aljibes y pone a cada involucrado en una diferente situación:

- Uno puede ser el usuario de aljibes, en cuyo caso suele compartir ciertas características de situación geográfica, económica y social con el resto de los usuarios potenciales.

- Otra posición en la que se puede encontrar es la de quien planifica un proyecto de construcción de aljibes, del que no son beneficiarios directos y exige no solo de un buen conocimiento técnico del modelo de aljibe a construir, teniendo en cuenta los costos y las características físicas, como pluviometría, etc., sino también hace necesario ser conscientes de que el aljibe será usado y mantenido por otros seres humanos, que aunque no tengan los conocimientos técnicos específicamente requeridos, lo que si tienen es una idea clara de lo que quieren, saben lo que necesitan, y lo que están dispuestos a aportar para conseguirlo.
- En el caso ideal, los usuarios, o beneficiarios, entenderán que un grupo de gentes llenas de buena intención están intentando ayudarles; y ellos se sienten parte del esfuerzo, lo cual ayudará a que los usuarios aporten su experiencia, su trabajo si se les pide, y su flexibilidad ante conflictos que puedan surgir y no se puede olvidar que en muchos casos que el agua significa riqueza y poder, y que alrededor de ella se producen siempre tensiones. Cuando los usuarios han participado en el diseño de un proyecto estarán mas dispuestos a entender que hay cosas imposibles, por mas que ellos las quieran; otras que son necesarias, aunque a ellos no les gusten, y finalmente aceptarán los compromisos a los que obliga la ejecución, pues ellos mismos han tomado parte en la decisión.
- En el caso contrario, los beneficiarios se sentirán utilizados por gentes que entran en sus comunidades sin pedir permiso, y que les construyen cosas que ellos no entienden muy bien si necesitan y como se usan.

Pero igual que los aljibes no nacen espontáneamente, tampoco se cuidan solos.

Los aljibes están amenazados por un grupo de enemigos, entre los que se pueden destacar el propio dueño, quien puede hacer mucho daño a la instalación por ignorancia o desidia. Se daña el sistema de suministro cuando se abre la tapa del aljibe para ver cuanta agua hay, y de paso se deja caer dentro toda la suciedad que se ha acumulado en la rosca, además de los huevos del último mosquito que pasó por allí; o cuando se permita que los niños introduzcan palos por el rebosadero, se cuelguen de los canalones, etc.

5.2 Evaluación económica

- El proyecto será económicamente factible, únicamente en los lugares de alta y media precipitación pluvial.
- En los lugares donde la precipitación pluvial es muy baja, hay que construir aljibes mucho más grandes o sea un sobredimensionamiento de los volúmenes de los mismos, lo cual hace que los costos se incrementen, y por lo tanto no es factible económicamente.
- La participación de los beneficiarios como mano de obra no calificada en el lugar donde se construirá el aljibe también será importante para reducir los costos de mano de obra.
- Otro factor importante es la disponibilidad de los materiales existentes en el lugar, como pedrín, piedra bola, arena (material para construir las bases de concreto ciclópeo en los aljibes de plástico o polietileno), también influyen en la reducción de costos de materiales.

- La colaboración de la Municipalidades locales, como la de Uspantán Quiche, que trabajó conjuntamente con la Fundación Madrazo, en la construcción de sistemas de captación de agua de lluvia. Esta colaboración consistió en donar un aljibe de polietileno por cada vivienda beneficiada así como coordinar el acarreo de los tinacos hacia el lugar de ejecución del proyecto junto con la mano de obra calificada para ejecutarlos, lo cual reduce el costo de dichos proyectos.
- El apoyo de fundaciones nacionales e internacionales, como Asorech en Jocotán Chiquimula, Asedechi en la Aldea el Ingeniero Chiquimula y Fundación Agua del Pueblo San Pedro Carchá Alta Verapaz, para financiar la construcción de sistemas de captación de agua de lluvia.
- El constante aumento del precio del agua de la distribución Municipal hace que su consumo sea crecientemente no recomendable. Asimismo, esta agua frecuentemente dura, impone la compra de un ablandador, por consiguiente, la calidad mediocre del agua de distribución, con su alto contenido de cloro, pesticidas, nitratos, metales pesados, etc. incita a las familias al consumo de agua embotellada o a la instalación de filtros.
- Como información importante si una familia de 5 personas gasta al año Q 1,200.00 en agua entubada, la amortización de una instalación completa de captación de agua de lluvia de 7.5 m³ con un costo de Q 10,000.00, se sitúa entre 6 y 7 años, lo cual se comprueba con la siguiente ecuación:

$$T = \frac{\log(Si + r) - \log r}{\log(1 + i)}$$

T: periodo de tiempo de la amortización o recuperación del costo del aljibe

S: capital invertido en la construcción del aljibe.

i : tasa de interés aproximada equivalente a 8% anual

r: costo anual del pago de agua entubada

Sustituyendo datos en la ecuación se tiene que:

$$T = \frac{\log(10000 \times 0.08 + 1200) - \log 1200}{\log(1 + 0.08)} = 6.64 = 7 \text{ años}$$

El resultado da 7 años, lo cual es el período de tiempo en el cual el sistema de captación de agua de lluvia puede amortizarse o recuperar su inversión.

CONCLUSIONES

1. La evaluación de campo de los proyectos ejecutados de captación de agua de lluvia permitió conocer los diferentes tipos de aljibes que están en funcionamiento en diferentes regiones como Alta Verapaz, Chiquimula y Quiché.
2. Se realizó un estudio de cada uno de los proyectos de agua de lluvia visitados en campo, se compararon sus ventajas y desventajas, finalmente se propuso el mejor sistema.
3. Con base a las encuestas realizadas a los beneficiarios de dichos aljibes, se logró obtener información técnica de los diferentes sistemas de captación de agua de lluvia, la pluviometría del lugar, materiales con que se construyó el sistema, el estado actual de los sistemas, ventajas y desventajas y las formas en que le dan mantenimiento a los diferentes aljibes.
4. El porcentaje de beneficiarios entrevistados fue suficiente para obtener información de qué forma ellos contribuyeron en la construcción de dichos aljibes, las instituciones que los apoyaron tanto económica como logísticamente.
5. Se obtuvo información de los diferentes tipos de materiales de construcción que se utilizaron en los diferentes elementos que integran la captación de agua de lluvia como la cubierta, las canaletas, el interceptor, el filtro, los aljibes de almacenamiento y las bombas para extraer el agua del tanque.

6. Se conocieron las diferentes formas en que dichas instituciones construyeron los sistemas de aljibes, por su forma son de sección rectangular, trapezoidal, circular y los más baratos o prácticos, los cuales son los tanques de plástico o polietileno.
7. Con base a cálculos realizados el sistema más económico, por su forma, es el aljibe de sección cilíndrica con tapadera semiesférica, siempre y cuando no sobrepase los dos metros de altura, y el aljibe más recomendado por su seguridad antisísmica y facilidad de mantenimiento es el de sección trapezoidal como el diseñado por Plan Internacional Inc.
8. Se establecieron especificaciones técnicas para la propuesta que al final contiene una mezcla del mejor diseño evaluado en campo, que contiene tipos de material, dimensiones del aljibe y costos.
9. El sistema de captación o cosecha de agua de lluvia es únicamente aplicable para el área rural, donde no exista acceso al agua entubada de Municipalidades, que tenga alta y media precipitación pluvial, para mantener llenos los aljibes en cualquier época del año.
10. Se realizó una clasificación y descripción de los diferentes sistemas, para que los que investiguen más adelante y estén interesados en aplicar un sistema de captación de agua de lluvia en su comunidad, tenga una idea de cómo ejecutarlo, con base a experiencias comprobadas en este documento.
11. Todos los sistemas de captación de agua de lluvia que se visitaron, fueron financiados por instituciones u organizaciones internacionales, por las siguientes razones:

- No existen fondos suficientes en una municipalidad del área rural para donar un sistema como este, ya que el precio es muy elevado y la demanda es muy alta.
- El beneficiario es de escasos recursos y difícilmente podrá financiar solo la construcción de un aljibe en su vivienda, aunque no se descarta la ayuda que el pueda brindar en la mano de obra no calificada.

RECOMENDACIONES

1. Es necesario conocer la pluviometría del lugar donde se va a realizar un proyecto de captación de agua de lluvia, de preferencia las regiones del área rural donde la precipitación pluvial es alta o media, para asegurar que el aljibe tenga agua todo el año, ya que si se construye un sistema de captación en lugares muy secos, es necesario incrementar el tamaño del tanque, pero incrementa su costo, por lo tanto el proyecto ya no sería factible.
2. Colocar en el área de captación, dispositivos evacuadores de primeras lluvias, para evitar la entrada de polvo, hojas y otros microorganismos al tanque de almacenamiento de agua, al iniciar la lluvia.
3. Si se va a usar el agua del aljibe para beber, es necesario clorar el agua. Se sabe que el cloro mata los gérmenes y luego se evapora con lo que el agua queda limpia y saludable, sin gérmenes y sin cloro. El agua clorada hay que mantenerla libre de contaminación, pues una vez el cloro se ha evaporado, una nueva contaminación ensucia el agua de nuevo. Por esto es conveniente efectuar la cloración en un recipiente pequeño para el uso diario.
4. En el caso de los aljibes de plástico, la llave de salida debe tener un seguro para evitar que niños o animales puedan abrirla y perder así toda el agua recogida.

5. Es necesario no solo depender del cloro para la solución de la purificación del agua de lluvia, si no que también la utilización de un filtro compuesto de carbón, piedrín y piedra pómez, para garantizar la calidad del agua para el consumo doméstico.
6. La colocación del canalón es determinante del buen rendimiento de un sistema de captación de agua de lluvia, y el porcentaje que llegará al aljibe depende directamente del canalón, pero que esté situado correctamente, por lo tanto, el canalón debe estar montado con una inclinación mínima de 1.5% equivalente a 1.5 cm por metro, para no tener ningún obstáculo donde se puedan quedar retenidas hojas u otros objetos.
7. Para tener una mínima garantía de que el material del que está construido el aljibe no es disgregable, este debe haberse hecho siguiendo las normas de calidad mínima, por ejemplo: Si se trata de ferrocemento, será necesario respetar la proporción de cemento/arena equivalente a 1:5 o sea uno de cemento por cinco de arena y utilizar agua libre de contaminantes sulfurosos.
8. En el caso de los aljibes de polietileno, la impermeabilidad del tanque se garantiza por la buena ejecución, y la opacidad debe ser absoluta, no debiéndose aceptar ni siquiera tapaderas traslúcidas.
9. Lo único que garantiza una extracción no contaminante es que nada entre en el aljibe para sacar el agua. Sólo se deben admitir sistemas de sacar agua a través de un grifo, por gravedad en el caso de los aljibes de plástico, o a través de una bomba de sección en el caso de los tanques de ferrocemento.

10. La tapadera del aljibe debe tener un candado u otro sistema de cierre que garantice que nadie lo pueda abrir.
11. El aljibe debe tener un acceso que permita su mantenimiento cuando sea necesario y con una escoba se puedan limpiar con cloro las paredes como el piso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sallovitz, Manuel. **Tratado de Ingeniería Sanitaria**. (s.e; Buenos Aires: Editorial “El Ateneo”, 1941). pp 100.
2. **Manual de Saneamiento**. Agencia para el desarrollo Internacional A.I.D. (Tercera Edición; México: 1965). pp 16.
3. Avendaño, Nancy. “Cosecha de Lluvia”, **Revista Domingo, Prensa Libre**. (Guatemala) (1101): 5. 2002

REFERENCIA ELECTRÓNICA

4. <http://www.delgtm.ec.europa.eu> (marzo 2009)
5. <http://www.csem.asedechi.org> (marzo 2009)

BIBLIOGRAFÍA

1. Tejeiro Vidal, Ramón. Agua de lluvia, agua saludable; historia, actualidad y futuro a partir de la experiencia de APRESAL en Alta Verapaz. s.e; Guatemala: 2002. 108pp.
2. Rivas Barrillas, José Ricardo. Diseño de Sistemas de abastecimiento de agua para consumo humano por llena cantaros, para la aldea Camotàn y por agua de lluvia para el municipio de Sayaxche, departamento de El Petén. Guatemala: 1999. Tesis. USAC. 64pp.
3. Flores Aucedá, Carlos David. Evaluación de la calidad del agua de lluvia e infraestructura de cisternas rurales, para diferentes usos. Guatemala: 1996. Tesis. USAC. 39 pp.
4. Rojas González, Jorge Mario. Proyecto integral de saneamiento en la aldea Azacualpilla, Palencia. Guatemala: 1983. Tesis. USAC. 128 pp.
5. VER EN ANEXOS PÁGINA 145-150 LAS HOJAS DE ENTREVISTAS REALIZADAS A LOS ENCARGADOS DE LOS PROYECTOS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA, EVALUADOS EN CAMPO.

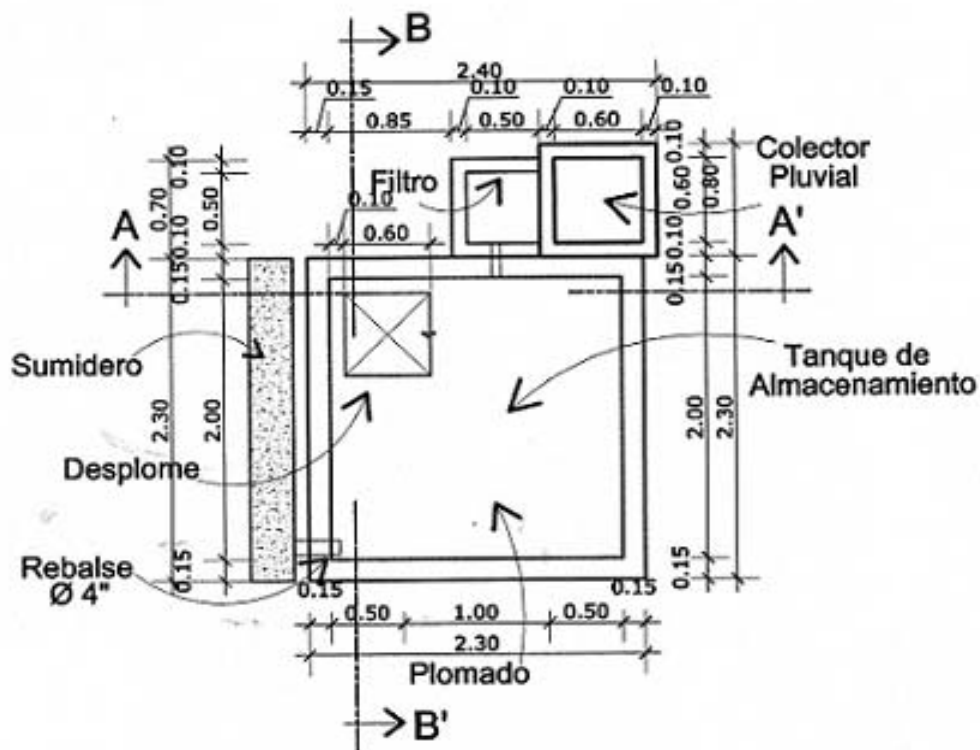
REFERENCIAS ELECTRÓNICAS

6. [http:// www.cepis.ops.oms.org/hojasdedivulgaciontecnica.pdf](http://www.cepis.ops.oms.org/hojasdedivulgaciontecnica.pdf).
Marzo 2003

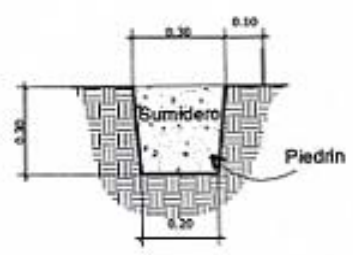
7. <http://www.cepis.ops.oms.org/eswww/fulltext/saneamie/guia/guia.html/guiaatinoamericanadetecnologiasenaguaysaneamiento.pdf>
Junio 2005

APÉNDICE

Vista en planta de los detalles del sistema de captación de agua de lluvia, propuesta 2, aljibe de ferrocemento

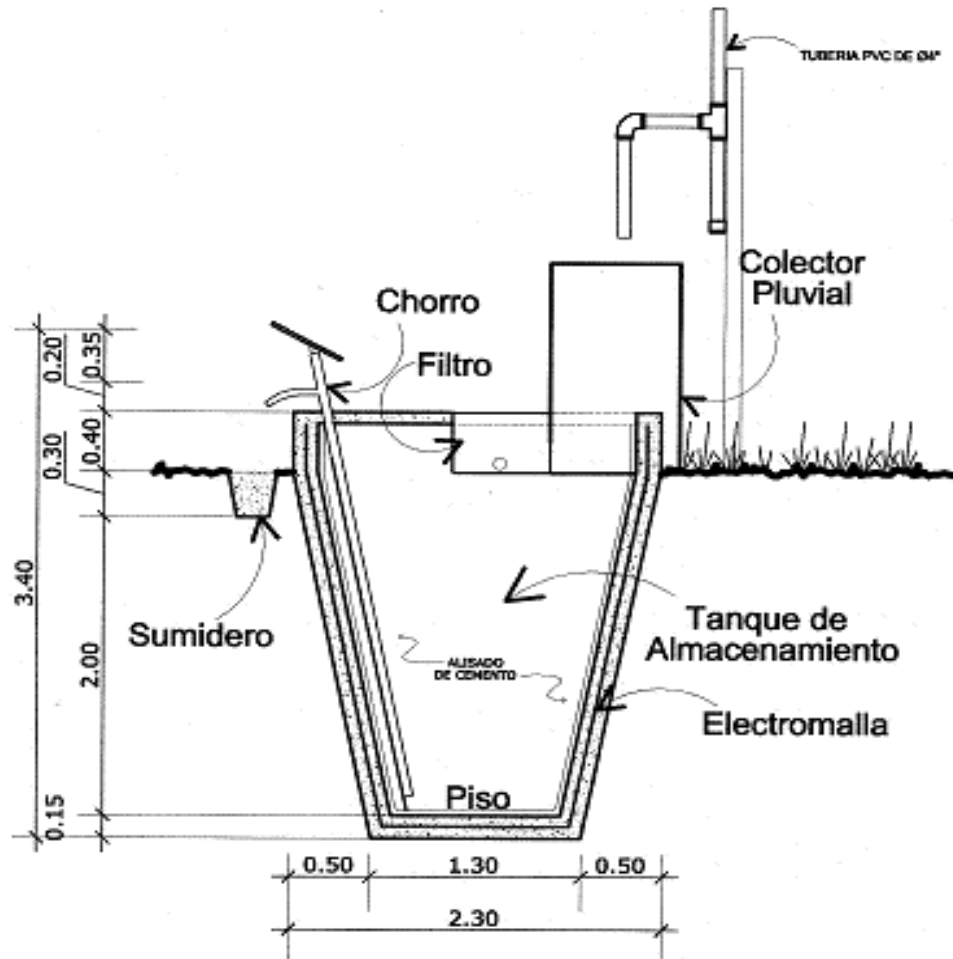


PLANTA DE TANQUE ESCALA 1:40



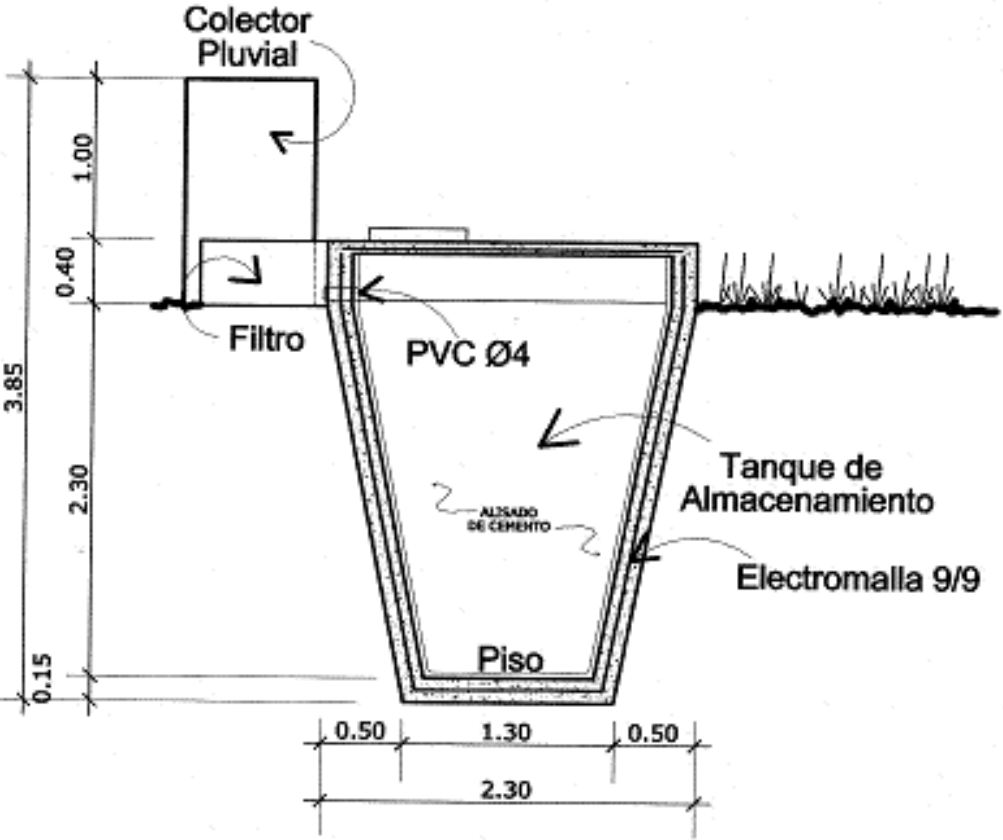
DETALLE DE SUMIDERO

Vista de perfil de los detalles del sistema de captación de agua de lluvia, propuesta 2, aljibe de ferrocemento



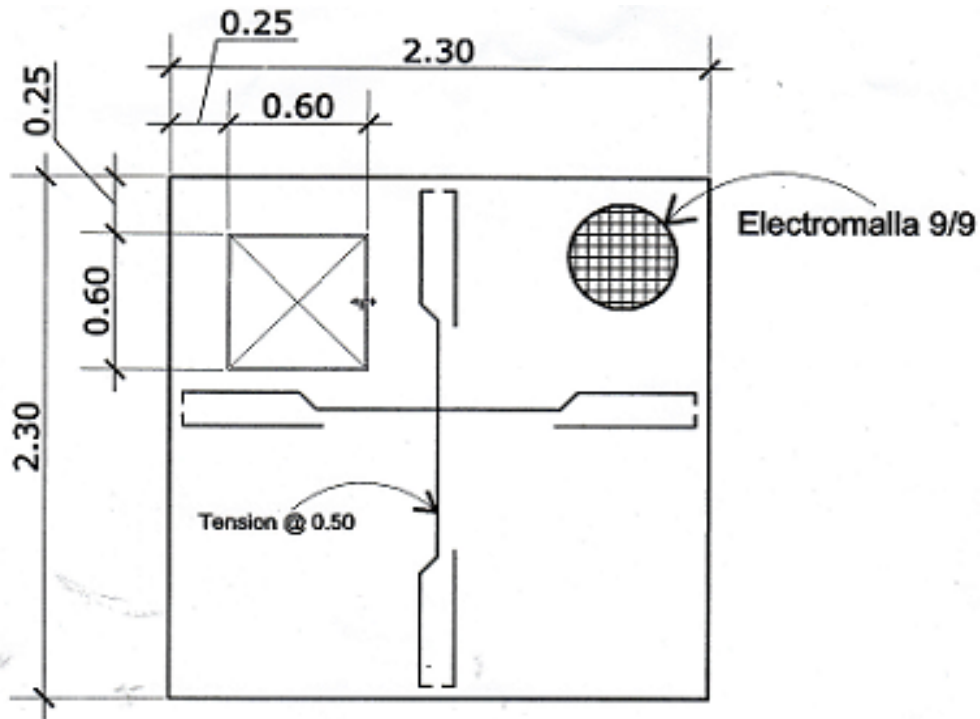
 **CORTE TANQUE A - A'** ESCALA 1:40

Vista de perfil de colector pluvial, filtro y tanque de almacenamiento, propuesta 2, aljibe de ferrocemento



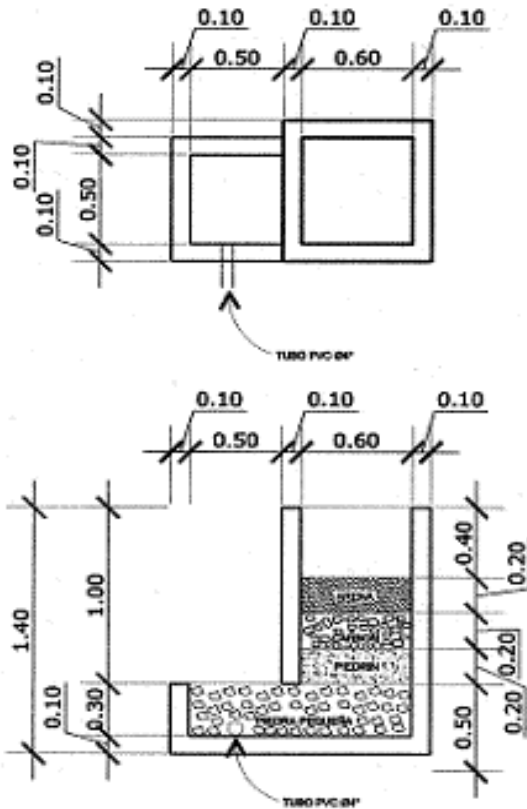
 **CORTE TANQUE B - B'** ESCALA 1:40

Vista en planta del armado longitudinal y transversal de tapadera para tanque de ferrocemento, propuesta 2

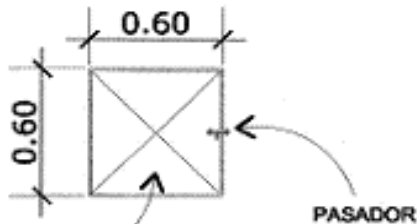


 **DETALLE DE TAPADERA** ESCALA 1:40

Vista en planta y perfil del filtro compuesto de arena, piedrín, carbon y piedra pómez, propuesta 2, aljibe de ferrocemento



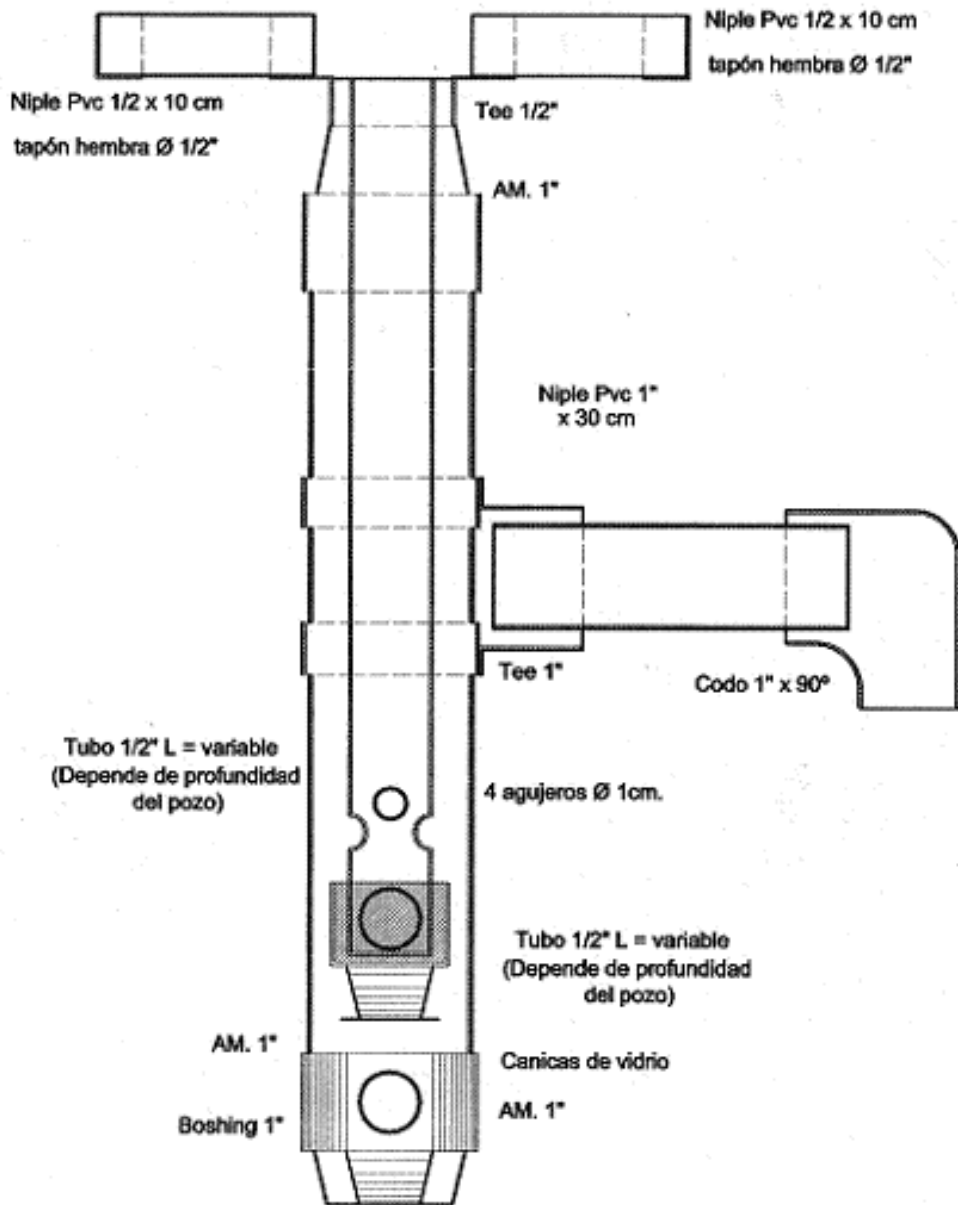
DETALLE DE FILTRO



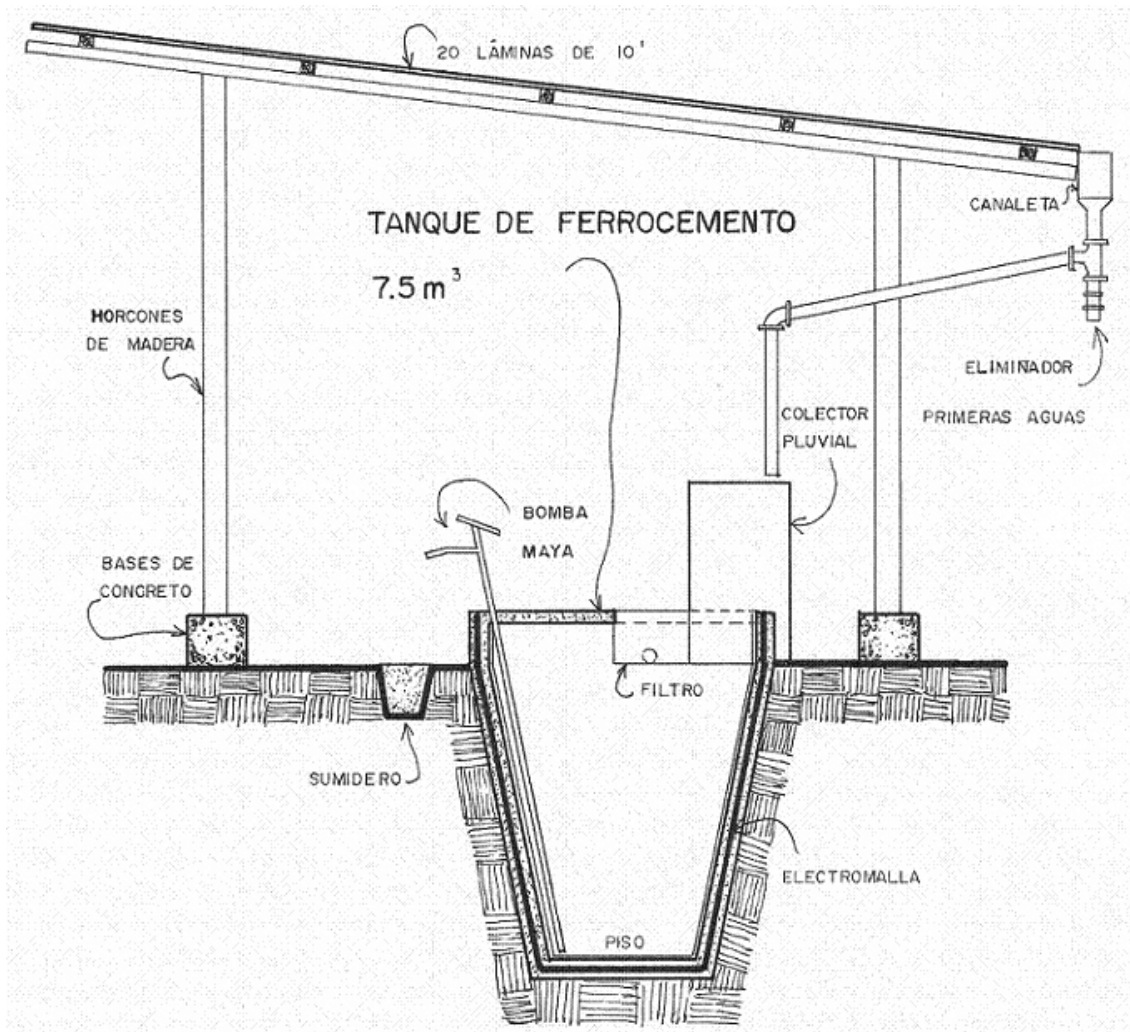
DETALLE DE PUERTA

NOTA:
 -EL MARCO DE LA PUERTA IRA SOLDADO A LA PARTE LATERAL
 -LAS PUERTAS LLEVARAN PASADOR Y SE DEJARA PREVISTO LAS ARGOLLAS PARA LA COLOCACION DEL CANDADO EN EL EXTERIOR
 * VER ESPECIFICACIONES TECNICAS

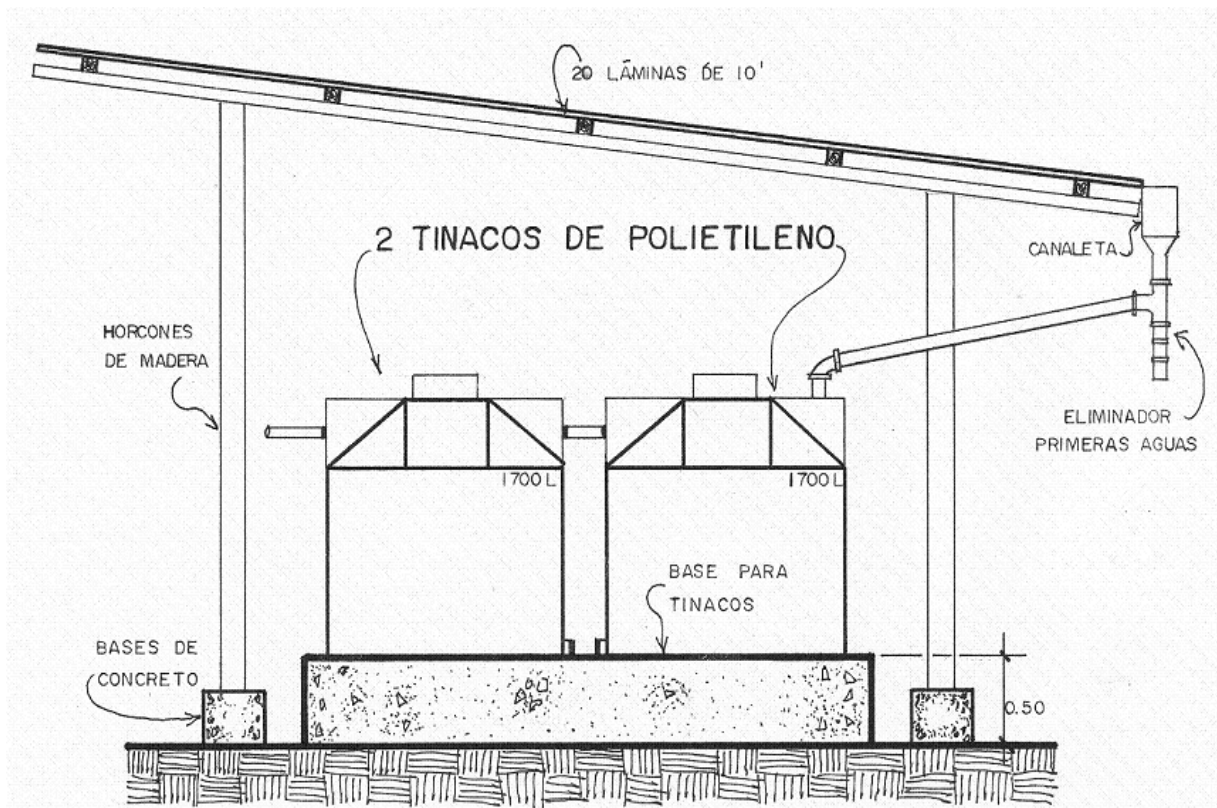
Detalle de bomba artesanal o bomba maya, utilizada para la extracción de agua del aljibe de ferrocemento, propuesta 2



Propuesta 2, sistema completo del aljibe de ferrocemento, galera de horcones de madera fundidos con bases de concreto, eliminador de primeras aguas, colector pluvial, filtro y bomba manual de extraccion.



Propuesta 1. Sistema completo del aljibe utilizando tinacos de polietileno, base de concreto ciclópeo para los tinacos, bases de concreto para los horcones de madera, láminas de zinc para el área de captacion, eliminador de primeras aguas y filtro de malla.



Evaluación de campo de los proyectos de captación de agua de lluvia

Departamento: **Chiquimula** Comunidad: **Oratorio, Jocotán** Fecha: **06/04/09**

Institución que ejecutó el proyecto: **ASORECH - INDUSTRIAS LICORERAS**

Nombre del encargado/a, persona entrevistada: **Suceli Rodríguez**

Cubierta	Observaciones:
Área	36 m ²
Material	Zinc o lamina de acero galvanizada
Estado actual	Buen estado
Canaletas	Observaciones:
Material	Zinc o lamina de acero galvanizada
Estado actual	Buen estado
Interceptor	Observaciones:
Diámetro	3"
Material	PVC agua pluvial
Estado actual	Buen estado
Filtro	Observaciones:
Material	Malla o mosquitero de aluminio
Estado actual	Buen estado
Almacenamiento	Observaciones:
Capacidad	10 m ³
Material	Ferrocemento, hierro corrugado
Estado actual	Buen estado
Ventajas del sistema	Absoluta libertad de forma, se puede construir en el lugar de uso, no es propenso a la formación de algas, mayor resistencia sísmica, capacidades mayores de 25 m ³ , mayor tiempo de vida útil.
Desventajas del sistema	Fragilidad y rigidez, problemas de corrosión en diferentes tipos de suelo, su construcción exige de personal técnico, el curado del concreto exige mayor tiempo, puede desprender arena, difícil control de calidad, mayor costo.
Mantenimiento	A cada 3 meses, el desnivel del terreno ayuda a vaciarlo al momento de la limpieza, utiliza un chorro por gravedad.

Evaluación de campo de los proyectos de captación de agua de lluvia

Departamento: **Chiquimula** Comunidad: **Aldea El Ingeniero** Fecha: **15/06/09**

Institución que ejecutó el proyecto: **ASEDECHI**

Nombre del encargado/a, persona entrevistada: **Mirian Araceli del Cid**

Cubierta	Observaciones:
Área	90 m ²
Material	Zinc o lamina de acero galvanizada
Estado actual	Buen estado
Canaletas	Observaciones:
Material	Zinc o lamina de acero galvanizada
Estado actual	Buen estado
Interceptor	Observaciones:
Diámetro	3"
Material	PVC agua pluvial
Estado actual	Buen estado
Filtro	Observaciones:
Material	Piedras de cal y piedrín
Estado actual	Buen estado
Almacenamiento	Observaciones:
Capacidad	96 m ³
Material	Ferrocemento, hierro corrugado
Estado actual	Buen estado
Ventajas del sistema	Absoluta libertad de forma, se puede construir en el lugar de uso, no es propenso a la formación de algas, mayor resistencia sísmica, capacidades mayores de 25 m ³ , mayor tiempo de vida útil.
Desventajas del sistema	Fragilidad y rigidez, problemas de corrosión en diferentes tipos de suelo, su construcción exige de personal técnico, el curado del concreto exige mayor tiempo, puede desprender arena, difícil control de calidad, mayor costo.
Mantenimiento	A cada año, utiliza un sumidero para limpieza, utiliza un sistema de rebalse, utiliza una bomba de succión, se ha

	comprobado que el filtro ayuda en un 90% para que el agua sea apta para consumo
--	---

Evaluación de campo de los proyectos de captación de agua de lluvia

Departamento: **Chiquimula** Comunidad: **Aldea Pinalitos** Fecha: **15/06/09**

Institución que ejecutó el proyecto: **ASEDECHI**

Nombre del encargado/a, persona entrevistada: **Mirian Araceli del Cid**

Cubierta	Observaciones:
Área	25 m ²
Material	Zinc o lamina de acero galvanizada
Estado actual	Buen estado
Canaletas	Observaciones:
Material	Zinc o lamina de acero galvanizada
Estado actual	Buen estado
Interceptor	Observaciones:
Diámetro	3"
Material	PVC agua pluvial
Estado actual	Buen estado
Filtro	Observaciones:
Material	Malla o mosquitero de aluminio
Estado actual	Buen estado
Almacenamiento	Observaciones:
Capacidad	14 m ³
Material	Bloks prefabricados, hierro liso, concreto lanzado
Estado actual	Buen estado
Ventajas del sistema	Absoluta libertad de forma, se puede construir en el lugar de uso, no es propenso a la formación de algas, mayor resistencia sísmica, mayor capacidad por su forma cilíndrica, mayor tiempo de vida útil.
Desventajas del sistema	Fragilidad y rigidez, problemas de corrosión en diferentes tipos de suelo, su construcción exige de personal técnico, el curado del concreto exige mayor tiempo, puede desprender arena, difícil control de calidad, mayor costo.

Mantenimiento	A cada mes, el filtro se cambia a cada 6 meses, utiliza un sistema de rebalse.
---------------	--

Evaluación de campo de los proyectos de captación de agua de lluvia

Departamento: **Quiché** Comunidad: **San Racan Chituj** Fecha: **16/04/09**

Institución que ejecutó el proyecto: **Fundación Española Dr. Manuel Madrazo**

Nombre del encargado/a, persona entrevistada: **Carlos Humberto Boch**

Cubierta	Observaciones:
Área	21 m ²
Material	Zinc o lamina de acero galvanizada
Estado actual	Buen estado
Canaletas	Observaciones:
Material	Zinc o lamina de acero galvanizada
Estado actual	Buen estado
Interceptor	Observaciones:
Diámetro	3"
Material	PVC agua pluvial
Estado actual	Buen estado
Filtro	Observaciones:
Material	Malla o mosquitero de aluminio
Estado actual	Buen estado
Almacenamiento	Observaciones:
Capacidad	1.7 m ³
Material	Polietileno
Estado actual	Buen estado
Ventajas del sistema	Flexibilidad y resistencia a la presión, garantía de impermeabilidad, facilidad de trabajo y reparación, nula propensión a la formación de algas, montaje y puesta en operación muy rápidos, posible cambio de ubicación, fácil transporte, resistencia a la corrosión.
Desventajas del sistema	Necesita de una base o plataforma de concreto ciclópeo, puede ser robado, comercializado o negociado por el dueño

	con fines de lucro, degradación por la exposición al sol y a la intemperie, menor tiempo de vida útil, capacidades hasta 3.4 m ³ .
Mantenimiento	A cada 3 meses utilizando un tapón inferior para drenaje, existen capacitaciones para el uso adecuado del sistema, los aljibes llevan una tapadera superior para mantenimiento diámetro 50 cm.

Evaluación de campo de los proyectos de captación de agua de lluvia

Departamento: **Alta Verapaz** Comunidad: **San Pedro Carchá** Fecha: **15/05/09**

Institución que ejecutó el proyecto: **APRESAL**

Nombre del encargado/a, persona entrevistada: **Arq. José Luis Samayoa**

Cubierta	Observaciones:
Área	40 m ²
Material	Zinc o lamina de acero galvanizada
Estado actual	Buen estado
Canaletas	Observaciones:
Material	Zinc o lamina de acero galvanizada
Estado actual	Buen estado
Interceptor	Observaciones:
Diámetro	3"
Material	PVC agua pluvial
Estado actual	Buen estado
Filtro	Observaciones:
Material	Malla o mosquitero de aluminio
Estado actual	Buen estado
Almacenamiento	Observaciones:
Capacidad	10 m ³
Material	Ferrocemento
Estado actual	Buen estado
Ventajas del sistema	Flexibilidad y resistencia a la presión, garantía de impermeabilidad, facilidad de trabajo y reparación, nula propensión a la formación de algas, montaje y puesta en operación muy rápidos, posible cambio de ubicación, fácil transporte, resistencia a la corrosión.

Desventajas del sistema	Necesita de una base o plataforma de concreto ciclópeo, puede ser robado, comercializado o negociado por el dueño con fines de lucro, degradación por la exposición al sol y a la intemperie, menor tiempo de vida útil, capacidades hasta 3.4 m ³ .
Mantenimiento	A cada 3 meses, el desnivel del terreno ayuda a vaciarlo al momento de la limpieza, utiliza un chorro por gravedad.

Evaluación de campo de los proyectos de captación de agua de lluvia

Departamento: Alta Verapaz Comunidad: **San Pedro Carchá** Fecha: **15/05/09**

Institución que ejecutó el proyecto: **Plan Internacional Inc.-F. Agua del Pueblo**

Nombre del encargado/a, persona entrevistada: **Arq. José Luís Samayoa**

Cubierta	Observaciones:
Área	24 m ²
Material	Zinc o lamina de acero galvanizada
Estado actual	Buen estado
Canaletas	Observaciones:
Material	Zinc o lamina de acero galvanizada
Estado actual	Buen estado
Interceptor	Observaciones:
Diámetro	3"
Material	PVC agua pluvial
Estado actual	Buen estado
Filtro	Observaciones:
Material	Carbón, piedrín y piedra pómez
Estado actual	Buen estado
Almacenamiento	Observaciones:
Capacidad	7.6 m ³
Material	Ferrocemento, hierro liso
Estado actual	Buen estado
Ventajas del sistema	Absoluta libertad de forma, se puede construir en el lugar de uso, no es propenso a la formación de algas, mayor resistencia sísmica, capacidades mayores de 25 m ³ , mayor

	tiempo de vida útil.
--	----------------------

Desventajas del sistema	Fragilidad y rigidez, problemas de corrosión en diferentes tipos de suelo, su construcción exige de personal técnico, el curado del concreto exige mayor tiempo, puede desprender arena, difícil control de calidad, mayor costo.
-------------------------	---

Mantenimiento	A cada 3 meses, utiliza un sumidero para limpieza, utiliza un sistema de rebalse, utiliza una bomba manual de succión, se ha comprobado que el filtro ayuda en un 90% para que el agua sea apta para consumo.
---------------	---

Costo de bomba artesanal, propuesta 2

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario (Q)	Precio Total (Q)
Tubería PVC. ½"	m	2.5	5.00	12.50
Tubería PVC. 1"	m	2.5	8.00	20.00
Codo 45 PVC 1"	Unidad	1	8.00	8.00
Tee PVC 1"	Unidad	1	8.00	8.00
Bushing PVC 1-1/2x3/4"	Unidad	1	8.00	8.00
Bushing PVC 1-1/4x1"	Unidad	1	8.00	8.00
Adaptador macho PVC ½"	Unidad	1	3.00	8.00
Tapón hembra PVC ½"	Unidad	2	3.00	6.00
Tee PVC ½"	Unidad	1	3.00	3.00
Canicas de vidrio	Unidad	2	0.75	1.50
Tangit p/PVC 25 gms.	Unidad	1	17.00	17.00
Mano de obra			50.00	50.00
Precio total				150.00