



UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS
Laureate International Universities

ESCUELA DE TECNOLOGÍAS
CONSTRUCCIÓN CIVIL Y DOMÓTICA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECOLECCIÓN Y TRATAMIENTO BÁSICO DE AGUA
LLUVIA PARA UNA CASA UNIFAMILIAR

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Tecnología en Construcción Civil y Domótica

Profesor Guía

Ing. Humberto Bravo Valencia Msc.

Autor

Wilhelm Iván Vizuete Salazar

Año

2015

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

Declaro haber dirigido este trabajo a través de las reuniones periódicas con la estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.

.....
Ing. Humberto Bravo Valencia Msc.
CC. 1000872109

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes

.....
Wilhelm Iván Vizúete Salazar
CC. 1710218007

AGRADECIMIENTOS

Agradezco el presente trabajo de titulación a la Universidad de las Américas,

A mi profesor guía Ing. Humberto Bravo Valencia, Msc. por sus conocimientos compartidos,

A mi familia quien ha sido el pilar fundamental de mi vida,

A mis padres de quien he tenido un gran ejemplo de esfuerzo y dedicación,

A mis hijos por ser mi motivación día a día,

y a Dios por haberme dado la fortaleza para continuar y poder sobrellevar los problemas presentados.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a Dios, quien con su gran paciencia y sabiduría me demuestra cada día que la vida nos entregó para que luchemos por ella,

A mis padres, que con sus consejos y apoyo han infundido en mí grandes valores y principios,

A mis hijos y esposa, que por ser mi mayor motivación he podido culminar esta etapa de mi vida a fin de llegar a ser un ejemplo para ellos.

RESUMEN

El presente proyecto denominado como “Diseño de un sistema de recolección y tratamiento básico de agua lluvia para una casa unifamiliar” es una respuesta para fortalecer la captación y aprovechamiento pluvial no sólo en el sitio de estudio sino en la Ciudad de Quito, como parte de una solución sustentable e integral al problema hídrico de las poblaciones polarizadas en la ciudad.

Este trabajo comienza introduciendo, justificando, delimitando y describiendo el método para llegar al objetivo del trabajo, que es proponer un sistema de captación pluvial para el sitio de estudio con base en un análisis de calidad de agua, la literatura encontrada y evaluaciones a los dispositivos descritos en ella. Después se describe el estado del arte de la captación de lluvia y los antecedentes del sitio de estudio. A partir de lo anterior, se plantea la etapa experimental, donde se desarrolla un estudio de calidad del agua de lluvia y la evaluación hecha al tratamiento.

Finalmente, con los resultados se presenta un boceto, dimensionamiento e implementación de un método de captación, adaptación y ejecución pluvial para beneficio de la ciudad de Quito, pero replicable en otros sitios con características similares.

Palabras claves: diseño, pluvial, sistema, unifamiliar.

ABSTRACT

This project known as "Designing a collection system and basic treatment of rainwater for a single family home" is a response to strengthen the recruitment and rainwater harvesting not only in the study site but in the City of Quito, as part of a sustainable and integral to the water problem of the people in the city polarized solution.

This paper begins by introducing, justifying, defining and describing the method to reach the goal of the work is to propose a rainwater harvesting system for the study site based on an analysis of water quality assessments that found literature and devices described therein. After the art of capturing rain and background of the study site is described. From the above, the experimental stage, where a quality study rainwater and treatment assessment made arises develops.

Finally, the results of a proposed design, sizing and implementation of a rainwater collection system and use for the benefit of the city of Quito, but replicable elsewhere with similar characteristics is presented.

Keywords: design, stormwater system, Single.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
1. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL AGUA LLUVIA.....	2
1.1 Estudios Previos	2
1.1.1 Calidad de las Aguas Pluviales.....	2
1.1.2 Propiedades Fisicoquímicas del Agua.....	4
1.1.3 Análisis del Agua	6
1.1.3.1 Análisis Bacteriológico	6
1.1.3.2 Conductividad eléctrica	8
1.1.3.3 Medición del Ph.....	8
1.2 Pluviometría de Quito.....	9
1.2.1 Pluviometría.....	9
2. MODELOS DE CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS EN QUITO Y SUPERFICIES DE CAPTACIÓN.....	12
2.1 Tipos de Construcciones Arquitectónicas Existentes.....	12
2.1.1 Construcciones tradicionales	12
2.1.2 Casas Prefabricadas.....	13
2.2 Superficies de Captación de Agua Lluvia.....	13
2.2.1 Formas de la Superficie de Captación	14
2.2.2 Análisis de Superficies de Captación.....	15
2.3 Pendientes de las Superficies de Captación	16
3. SISTEMAS DE LIMPIEZA Y ALMACENAMIENTO	19
3.1 Limpieza de las superficies de captación	19
3.1.1 Tipos de dispositivos.....	20
3.1.1.1 Dispositivo común	20
3.1.1.2 Interceptor de primeras aguas	20
3.1.1.3 Filtro.....	21
3.1.1.4 Filtro modular de sedimentos	22
3.1.2 Selección para la mejor alternativa del sistema de limpieza de la superficie de captación	23
3.1.3 Mantenimiento	26

3.2 Almacenamiento	27
3.2.1 Tanques o cisternas de ferrocemento.....	27
3.2.2 Cisternas de concreto	28
3.2.3 Cisternas de metal	29
3.2.4 Cisterna de polietileno	29
4. DISEÑO	33
4.1. Diseño del sistema de recolección de agua	33
4.1.1. Funcionamiento del sistema	33
4.1.2 Sistema de Acumulación (Canales).....	36
4.1.2.1 Cálculos de Sistema de acumulación	38
4.1.3 Dimensionado del interceptor de primeras aguas.....	41
4.1.4 Dimensionado de la cisterna.....	43
4.1.5 Dimensionado y ubicación del depósito elevado	45
4.1.5.1 Cálculos de la estructura del depósito elevado	46
4.2 Análisis y selección de una bomba hidráulica	52
4.2.1 Principio de funcionamiento	52
4.2.2 Selección de la bomba.....	53
4.2.3 Principio de Bernoulli	55
4.2.4 Curva del Sistema de tuberías.....	56
4.2.5 Altura dinámica total (TDH).....	58
4.2.6 Altura Geométrica (Hgeo).....	58
4.2.7 Línea piezométrica y línea de energía	60
4.2.8 Flujo laminar y turbulento.....	61
4.2.9 Ecuación de Darcy-Weisbach	62
4.2.10 Cavitación	65
4.3. Cálculos	66
4.3.1. Viviendas Existentes	72
4.4. Análisis financiero	75
4.4.1. Costo variable unitario	75
4.4.2. Adquisiciones del producto	78
4.4.3 Estado de pérdidas y ganancias.....	78
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80

5.1. CONCLUSIONES	80
5.2. RECOMENDACIONES	81
REFERENCIA	83

INTRODUCCIÓN

El agua es sin duda alguna el recurso más importante que necesita el ser humano para sobrevivir, incluso mucho más que consumir alimentos o tener una vivienda, de este depende no solo la capacidad de supervivencia, sino que además también depende de la salud de los individuos, que constituyen la base de infinitas actividades que se realizan día a día para lograr una buena calidad de vida.

Tener acceso al agua no es realmente el problema que presentan muchas personas, ya que en varios casos este recurso está disponible, sin embargo en cuanto al suministro constante de cantidad requerida y más aun de calidad si es complicado. La capacidad de poder acceder al suministro de agua potable se constituye como aquel derecho universal para todas las personas, ya que trae consigo una vida digna y libre de enfermedades.

A lo largo de la historia la ciudad de Quito (hasta los años 90) tuvo falencias en el abastecimiento de agua potable, ya que al tener complicaciones en la comunicación y escases de recursos económicos, resultando más difícil lograr esta labor de satisfacción. Es por esto que el proyecto se centra en la ciudad de Quito, pues es catalogada como una de las zonas más desarrolladas del país, pero que debido a su expansión polarizada la falta de agua potable es un problema de todos los días en las parroquias en las zonas extremas de Quito.

El impacto social del proyecto se recopila en que las aguas lluvias representan un recurso del que se puede disponer sin la necesidad de recorrer grandes distancias evitando problemas sanitarios y de salud.

Se decide entonces que desde el diseño industrial se puede abarcar la problemática de poder suministrar agua potable a partir de recolectar aguas lluvias para los ciudadanos que residen en barrios ubicados en la periferia de la ciudad de Quito, otorgándoles un sistema que cumpla funciones de recolección, almacenamiento, potabilización y conservación, asegurándoles el derecho que posee el individuo para tener una mayor calidad de vida.

1. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL AGUA LLUVIA

1.1 Estudios Previos

Herrera (2012, p. 128) menciona que previa a la captación de las aguas pluviales se requiere un mínimo estudio, el mismo que es muy importante para poder observar la viabilidad del proyecto.

Antes de llevar a cabo cualquier otra actividad se debe comprobar:

- La calidad de las aguas pluviales; es decir que no exista ningún inconveniente respecto a la recolección de agua y sus niveles de calidad, considerando el factor lugar, como son los casos de fuentes cercanas a fábricas, las cuales dentro de su funcionamiento expulsan elementos con altos niveles de toxicidad al medioambiente, o a su vez fuentes donde exista tráfico, las cuales generan un grado elevado de contaminación.
- Otro factor muy importante es conocer la pluviometría de la zona y la superficie de captación, para conocer la cantidad de agua que se espera recolectar. Con ello se puede dimensionar adecuadamente el depósito que se va a emplear.

Una vez hecho estos pasos se conoce de cuánta agua se puede disponer y decidir si va a ser suficiente, o lo que es más importante, determinar el grado necesario de fuentes requeridas a fin de poder suplir el abastecimiento de agua, a modo de ejemplo el caso de la red municipal.

1.1.1 Calidad de las Aguas Pluviales

De acuerdo al INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2014, p. 3), la "lluvia es un fenómeno atmosférico de tipo acuático que se inicia con la condensación del vapor de agua contenido en las nubes. La lluvia es la precipitación de partículas líquidas de agua de diámetro mayor de 0,5 mm.". La lluvia se ve influenciada por factores como radiación solar, en primer lugar, seguido tanto de la temperatura como de los niveles de presión atmosférica.

El fenómeno atmosférico de lluvia, en su proceso de descenso se dispersa irregularmente, razón por la cual otorga beneficios a la flora, los ríos crecen, en otros casos se infiltrará a través del suelo y para nuestro caso también podría ser utilizada y aprovechada para reciclarla y volverla a utilizar en nuestros hogares, por último una buena proporción incurrirá en la fase de evaporación por efecto del calor.

El instrumento utilizado para poder efectuar las mediciones de agua lluvia es el pluviómetro, el mismo que es una herramienta que requerida dentro de una estación meteorológica, y permite tanto incurrir en la recolección y con ello posteriormente efectuar los cálculos respectivos. La medida utilizada para identificar los niveles de agua se la denomina milímetros de altura.

Dentro de la estructura estándar del pluviómetro, en su parte superior se visualiza una abertura donde el agua ingresa al envase, y pasa mediante un embudo al recolector, que permite la medición de dos maneras: la primera es a través de la regla graduada o la segunda forma es efectuar la medición del peso recolectado de agua. Este tipo de mediciones tienen una periodicidad de 12 horas de diferencia.

Tomando en consideración la particularidad del agua lluvia, su consumo es apto tanto para el sector de las industrias, como doméstico.

Ventajas del agua de lluvia:

- a) Se la considera sin factores tóxicos debido al efecto producido por las nubes y su reacción con el sol.
- b) Se la considera como potable cuando se incurre en proceso de filtración y posteriormente se le mantiene con adecuado almacenamientos.
- c) Tiene la ventaja que su acceso es cero costos y en todo lugar al aire libre.
- d) No requiere de procesos complejos para su recolección.

1.1.2 Propiedades Fisicoquímicas del Agua

El agua es el elemento determinado por la fórmula química: H_2O , compuesta por un átomo de oxígeno vinculado de forma covalente a dos átomos de hidrógeno (Prado, 2012, p. 28).

Las propiedades de carácter tanto química como física más considerables del agua son:

- En cuanto a sus características de sabor es insípido, carece de olor, así como de sabor, siempre y cuando se la mantenga en ambientes con temperatura normal y presión dentro de los rangos óptimos, su tonalidad es diferente de acuerdo al estado en el que se la encuentra, a pesar de esta afirmación según el instrumento denominado espectrógrafo, determina que su color es ligeramente azul verdosa.
- **Capilaridad y Tensión Superficial.**- “La capilaridad es la propiedad que tiene un líquido a subir por un tubo, desafiando la fuerza de la gravedad. El nivel que alcanza es directamente proporcional a la tensión superficial del líquido e inversamente proporcional al grosor interno del tubo. El agua tiene una gran tensión superficial debido a sus enlaces de hidrógeno, que buscan adherirse a las paredes del tubo, esto hace que tenga una gran capilaridad”. (Báez, 2011, p. 14).
- **Temperatura de Ebullición.**- Constituye el grado de temperatura en el cual el elemento agua incurre en el proceso de transformación a vapor, este estado se llega tomando en consideración la presión atmosférica, ya que se plantea la premisa “A mayor altitud (menor presión), menor temperatura de ebullición”. (Báez, 2011, p. 14). El punto que el agua llega a punto de ebullición es a mayor a $100^{\circ}C$ a nivel del mar.
- **Solubilidad.**- Dentro del medio ambiente el elemento “agua pura” es inexistente, dado que se puede mezclar con gran facilidad con otros elementos. (Báez, 2011, p. 15).
- **Calor específico.**- Constituye el nivel requerido y suficiente como para generar el crecimiento o disminución de la temperatura de cierto

elemento. El término “caloría”, se refiere a la proporción indispensable que genere el incremento o decremento de 1° al calor específico de 1 gramo de agua, cuya capacidad es de 4200J/Kg°K, con lo cual se determina que a fin de incrementar la temperatura es importante la aplicación de altos niveles de calor. (Báez, 2011, p. 15).

- **Conductividad Eléctrica.-** Se refiere a la facilidad que determinada sustancia tiene para actuar como conductor de corriente eléctrica. “La conductividad en medios líquidos está relacionada con la aparición de sales en solución, cuya segregación genera iones positivos y negativos capaces de transferir la energía eléctrica si se somete el líquido a una fuente eléctrica”. (Báez, 2011, p. 16).

La denominada “agua pura” posee un nivel para transferir electricidad tiene un bajo nivel, a pesar de ello si se la incorpora una baja porción de elementos iónicos la capacidad para conducirse la electricidad es mayor. Sus métricas pueden ser tanto los milimhos por centímetro, así como también el Siemens/cm. (Verdesoto, 2011, p. 193)

- **Densidad.-** Esta magnitud fluctúa dependiendo tanto la presión atmosférica como el grado de calor. La densidad mínima en un ambiente con presión normal es de 0,958kg/l en 100 °C.
- **Ph.-** El denominado Potencial de Hidrógeno o también conocido como Ph, es aquella medición del grado de alcalinidad dentro de un compuesto, determinando la proporción de iones de hidronio en ciertos elementos, los cuales fluctúan entre 0 a 14 en de mezcal homogénea acuosa, por lo que las soluciones con pH mínimo a 7 son consideradas ácidas, mientras que se consideran como alcalinas aquellas con un Ph mayor a 7. Un Ph que sea igual a 7 expresa la existencia de neutralidad. (INAMHI, 2014).

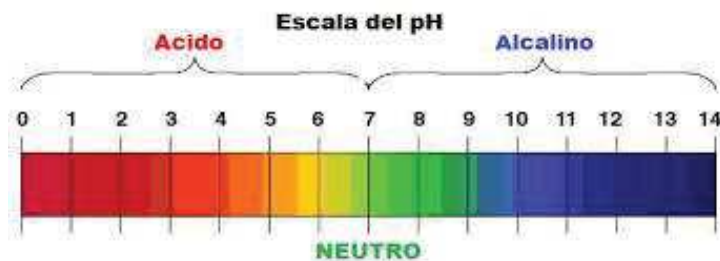


Figura 1: Escala del PH del agua

Tomado de: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>

1.1.3 Análisis del Agua

La recolección de las muestras se realizara en las bajantes de los techos de las viviendas en la ciudad de Quito. Se deberán recolectar en recipientes esterilizados y directamente de la bajante al recipiente sin que el agua tenga contacto con otro elemento o con las manos de quien este recolectando la muestra (Villacis, 2012, p. 78).

De acuerdo al presente proyecto se realizó en recipientes para exámenes de orina para el análisis bacteriológico y en botellas de agua para el análisis acido-básico y para la conductividad eléctrica. Para un mayor sustento investigativo se utilizó datos referenciales del INAMHI (2014), así como del Instituto Nacional de Higiene y Medicina Tropical "Leopoldo Izquieta Pérez" (2014).

1.1.3.1 Análisis Bacteriológico

A través de estudios se ha logrado determinar la existencia de enfermedades cuyo origen es hídrico, y su foco de transmisión es por la ingesta de agua con altos niveles de contaminación, es por ello que se recomienda la potabilización del agua. (Suarez, 2012, p. 126).

La finalidad primordial por las cuales se llevan a cabo este tipo de pruebas de carácter bacteriológico es poder tener la capacidad de indicar con precisión si el agua analizada posee microorganismos fecales.

Al momento de efectuar el análisis de la calidad de agua básicamente se debe proceder con la exploración de bacterias coliformes. Hay que tomar en cuenta que la toma de muestras es recopilada desde varios sitios de una ciudad. La aparición de microorganismos de carácter patógenos produce en los seres humanos varias enfermedades. No es factible investigar la totalidad del agua a ser consumida, es por ello que a partir de índices que parten de muestras se identifica la existencia de microorganismos dañinos.

Partiendo de estas investigaciones se puede identificar la existencia o carencia de microorganismos existentes en el agua y con ello conocer si hay cepas microbianas patógenas, las cuales producen gran cantidad de afecciones, como son el caso de fiebres paratifoideas, disentería, fiebres tifoideas, entre otras.

De acuerdo al Instituto Nacional de Higiene Izquieta Pérez (2014), se obtiene los siguientes datos del agua lluvia en la ciudad de Quito, 2014:

Tabla 1: Análisis bacteriológico

Muestra	Parámetro	Método	Unidad	Resultado	Requisitos INEN del agua potable 1108
Norte	Coliformes totales	INEN	NMP/100ml	30	<2
Sur	Coliformes totales	INEN	NMP/100ml	80	<2
Centro	Coliformes totales	INEN	NMP/100ml	50	<2
Valles	Coliformes totales	INEN	NMP/100ml	70	<2
Media nacional	Coliformes totales	INEN	NMP/100ml	120	<2

Tomado de: Instituto Nacional de Higiene Izquieta Pérez (Estudio técnico Nacional, 2014)

Lugar: Distrito Metropolitano de Quito, 2014

Con lo que se puede concluir que en la ciudad de Quito el agua lluvia es aceptable debido a que cumple con los requisitos expuestos al análisis

bacteriológico, además que está bajo la media nacional y podría consumirse una vez almacenada en el respectivo tanque.

1.1.3.2 Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica se mide en μmho y posteriormente se transforma a mg/l para una mejor comprensión de las medidas realizadas (Taco, 2013, p. 82). Actualmente para medir la conductividad del agua es utilizada la métrica SI, Siemens (S), que equivale a mho . Es por ello que a fin de analizar dichos resultados se aplican las siguientes equivalencias:

$$1\text{mS/cm} = 1\text{dS/m} = 1000(\text{S/cm} = 1\text{mmho/cm})$$

Tabla 2: Resultados del análisis de conductividad eléctrica en mg/l

Agua Destilada	Agua Potable	Norte	Sur	Centro	Valles
2.51 mg/l a 25°C	84.58 mg/l a 25°C	7.17 mg/l a 25°C	27.039 mg/l a 25°C	40.35 mg/l a 25°C	33.18 mg/l a 25°C

Tomado de: Instituto Nacional de Higiene Izquieta Pérez (Estudio técnico Nacional, 2014)

Lugar: Distrito Metropolitano de Quito, 2014

Si comparamos los resultados obtenidos de las muestras recolectadas con la del agua potable se puede observar que se encuentran por debajo, esto nos indica que el agua tiene pocos elementos disueltos, por lo que se puede decir que el agua lluvia es muy pura y los elementos disueltos en la misma fueron adquiridos en la superficie de captación (tejados de las viviendas).

1.1.3.3 Medición del Ph

Tabla 3: Resultados del Ph

Norte	6.89
Sur	6.71
Centro	6.72
Valles	6.89
Potable	6.53

Tomado de: Instituto Nacional de Higiene Izquieta Pérez (Estudio técnico Nacional, 2014)

Lugar: Distrito Metropolitano de Quito, 2014

El Potencial de hidrógeno o Ph que se lo cataloga como recomendable para el agua es aquel que se encuentra dentro del rango de 6,5 a 8,5, lo cual es igual a la denominación de levemente alcalina hasta neutro, es por ello que con estos parámetros el grado más alto que se lo podría llegar a aceptar en de nueve. Además la calidad de agua con Potencial de hidrógeno que se ubique por debajo de los 6,5 se constituye como con alto peligro, por su grado de corrosión determinado por ciertos ácidos, así como por anhídrido carbónico en su composición.

1.2 Pluviometría de Quito

1.2.1 Pluviometría

De acuerdo a Jácome & Ortega (2013, p. 163), la pluviometría se denomina:

“...al estudio y manipulación de la información sobre precipitaciones que se consiguen en los pluviómetros colocados a lo largo y ancho de la zona, alcanzando datos que otorguen beneficio a las cuencas fluviales...”.

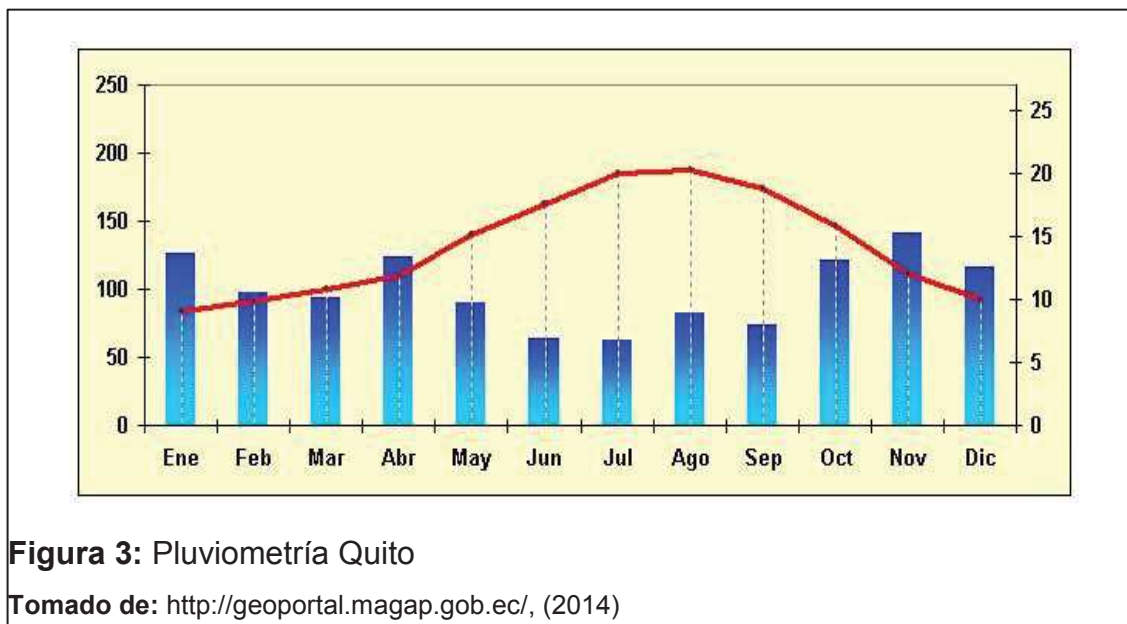
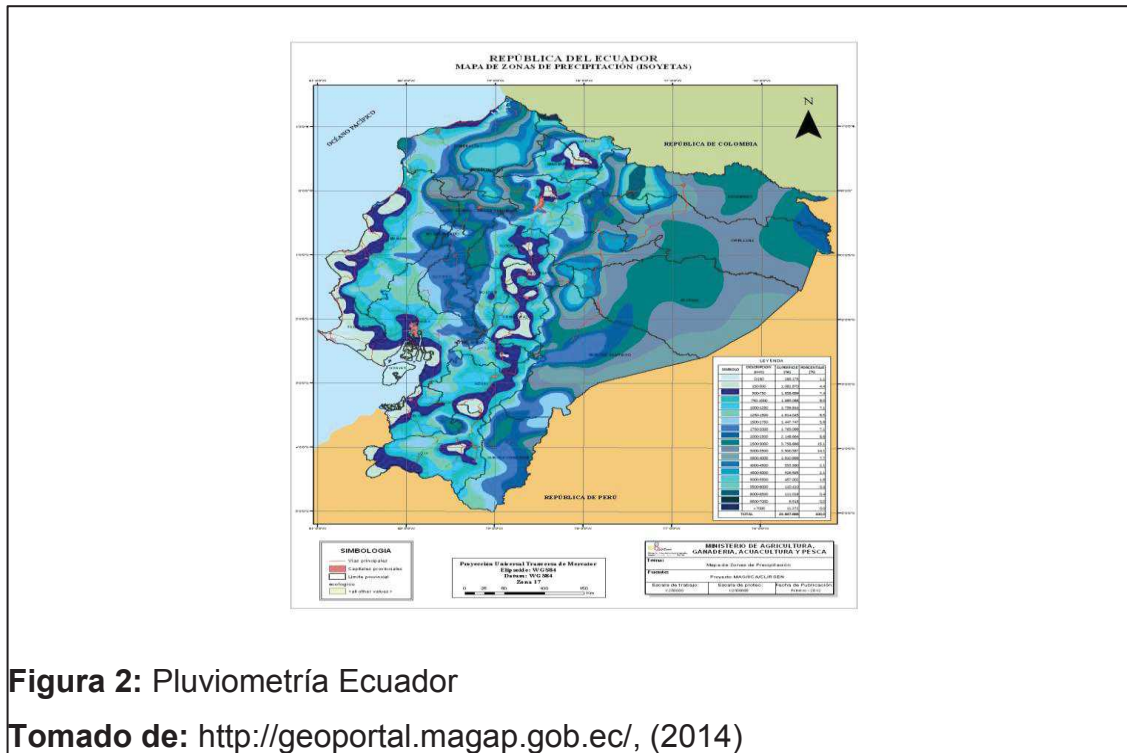
El cronograma depende de los datos del día pluviométrico, a fin que la estación pluviométrica determine la climatología del territorio.

Conocer las condiciones hidrológicas de nuestra región es indispensable para conocer información fundamental que nos permita calcular y diseñar el abastecimiento de agua potable para la realización de nuestro proyecto.

Ecuador cuenta con 22 estaciones pluviométricas, en las cuales el agua lluvia permanece durante el año completo sin importar la estación, es por ello que el equilibrio hídrico es positivo todo el tiempo.

La exactitud del cálculo se lo determina por milímetro de agua, lo cual corresponde a la acumulación de agua dentro de una extensión de 1m² mientras se encuentra la precipitación (INAHMI, 2014, P. 12).

Durante todo el año la lluvia es constante, a pesar que la época con mayor humedad se ubica entre marzo a junio, y a partir de agosto las continuas lluvias se reducen y fluctúan de 9 a 15 milímetro de agua. Existen otras reducciones de agua entre octubre y noviembre (INAHMI, 2014, P. 12).



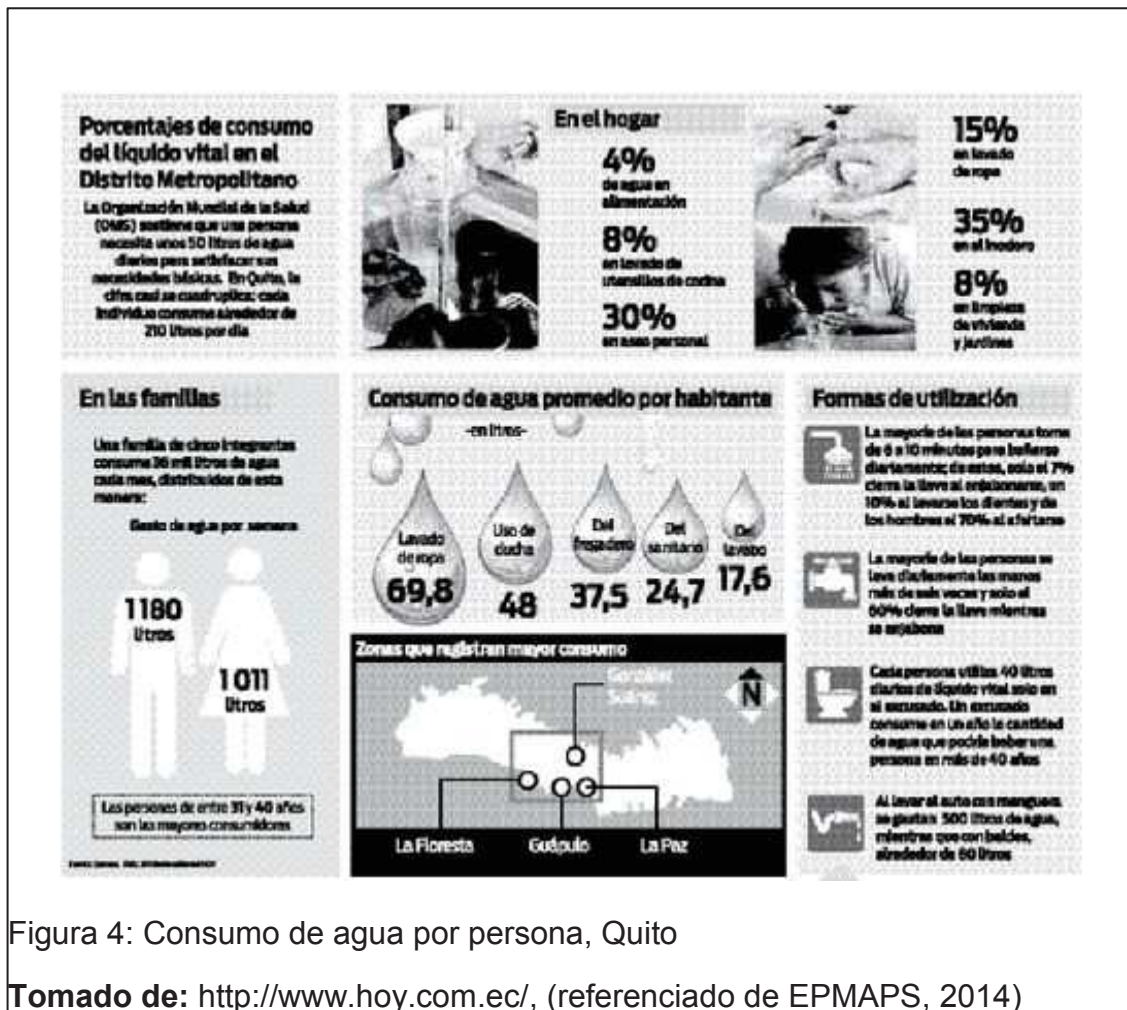


Figura 4: Consumo de agua por persona, Quito

Tomado de: <http://www.hoy.com.ec/>, (referenciado de EPMAPS, 2014)

Suponiendo una familia promedio de 5 personas:

$$\text{Consumo Total} = 4.9675 \text{ m}^3 \times 5$$

$$\text{Consumo Total} = 24,8375 \text{ m}^3$$

Por lo tanto una familia conformada por cinco personas consume aproximadamente 25 m^3 al mes y por los datos calculados según las precipitaciones en nuestra ciudad verificamos se puede recolectar un máximo de 30 m^3 y un mínimo de 2 m^3 de agua, por lo que encontramos que es de vital importancia desarrollar un sistema de agua que principalmente pueda abastecer en épocas de baja precipitación pluvial.

2. MODELOS DE CONSTRUCCIONES ARQUITECTÓNICAS EN QUITO Y SUPERFICIES DE CAPTACIÓN

2.1 Tipos de Construcciones Arquitectónicas Existentes

Las viviendas tienen diversos modos para ser construidas. En la ciudad de Quito se han determinado dos tipos, las edificadas en lotizaciones, así como las prefabricadas (MIDUVI, 2014).

2.1.1 Construcciones tradicionales

Estas construcciones se cimentan en lotizaciones dentro de una propiedad. Las viviendas construidas en lotes utilizan principalmente tanto madera como acero para su estructura (Cabral, 2012, p. 19).

Las viviendas de este tipo se las conoce también como residenciales, las cuales generalmente son viviendas de gran dimensión, con espacios verdes y habitaciones destinadas para diversas actividades. Este tipo de viviendas suelen tener techos con distintas formas e inclinaciones.



Figura 5: Casa tradicional

2.1.2 Casas Prefabricadas

Las viviendas prefabricadas están estructuradas por una estructura elaborada en fábricas. Razón por la cual existen en la actualidad gran cantidad de este tipo de construcciones (Cabral, 2012, p. 26).



Figura 6: Casa prefabricada

2.2 Superficies de Captación de Agua Lluvia

La superficie en la cual se procede a recolectar el agua lluvia, principalmente constituyen comúnmente los techos de las viviendas, razón por la cual su materia prima con la cual están elaborados no deben emanar ninguna clase de sustancia o de algún olor, debido a que ello puede impurificar el agua lluvia, afectando los procesos de tratamiento hídrico.

Características

Las características primordiales que una superficie de captación debe poseer son:

- La impermeabilización debe ser óptima ya que no debe permitir el flujo de agua por algún tipo de grieta.

- En áreas lluviosas los techos se recomienda que sean construidos con cierta inclinación, a fin que el agua lluvia tenga mayor facilidad para deslizarse.

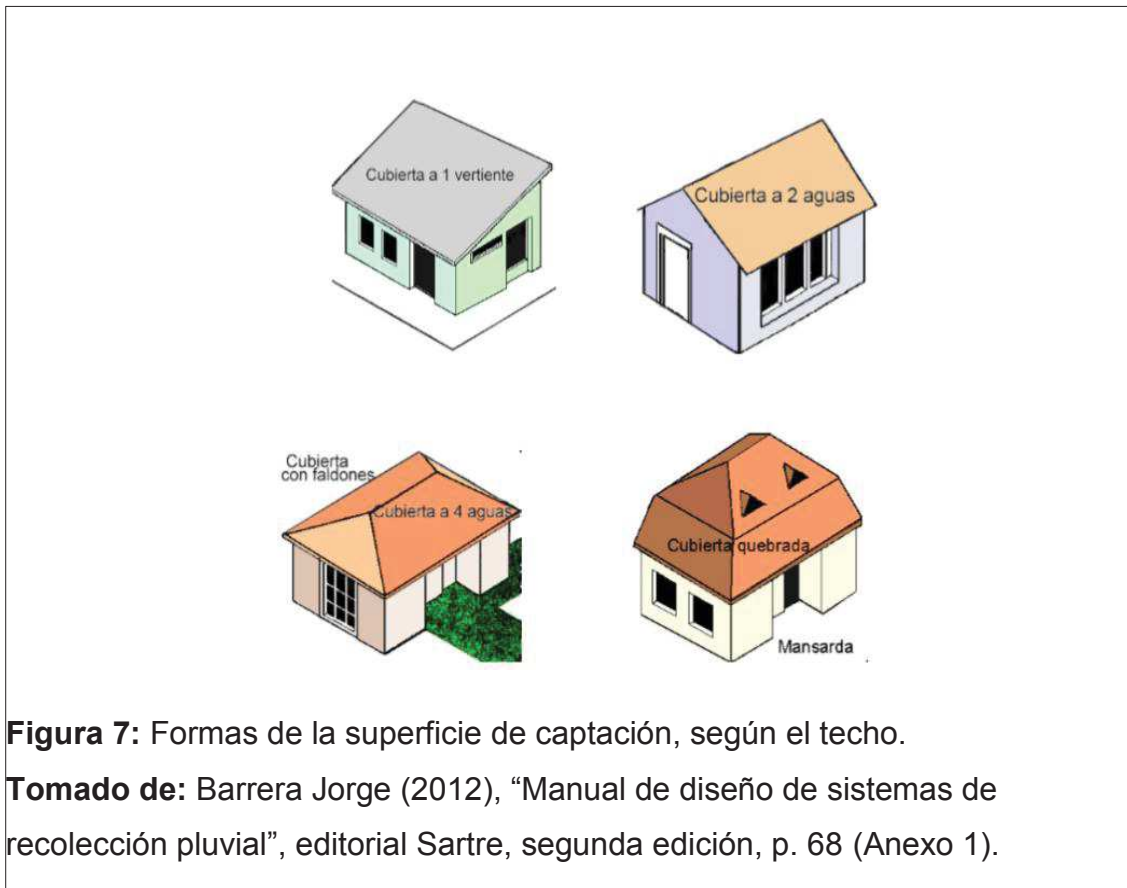
Entre los tipos de techos utilizados para la captación del agua pluvial, se encuentran:

2.2.1 Formas de la Superficie de Captación

La estructura de la cubierta varía en función del prototipo de la construcción, entre las más frecuentes están:

- Cubierta de 1 vertiente,
- Cubiertas a 2 aguas,
- Cubiertas a 4 aguas,
- Cubiertas compuestas (importancia urbanística).

Las cubiertas de 2 aguas exponen los muros extremos; por otro lado las cubiertas a 4 aguas dan cobertura a todos los muros y además permiten la disminución de costos, por factores del ambiente y su construcción es más compleja.



Ventajas comparativas de la captación de techos:

- Al ser un sistema familiar dependerá del usuario el mantenimiento.
- No se requiere de elementos de plomería sofisticados, por lo que es muy accesible emplear mano de obra local ya que la construcción es relativamente sencilla y rápida.
- La caracterización del agua destinada para el uso de los seres humanos relativamente es aceptable, siempre y cuando la cubierta del techo tenga limpiezas periódicas.

2.2.2 Análisis de Superficies de Captación

Dentro de los hogares el captar agua lluvia, es necesario el conocimiento del Sistema de captación pluvial en techos (SCAPT). El aspecto positivo del modelo concurre en la reducción de factores que puedan contaminar el agua.

El principal riesgo en la captación es debido a que los techos están al aire libre, es decir se encuentran expuestos directamente a cualquier tipo de contaminación, lo que dará como resultado que el agua recolectada se ensucie y contamine; para solucionar este problema se tendrá que realizar una limpieza de la superficie de captación.

Otro factor a tener en cuenta es la cercanía de fábricas y el tráfico vehicular que pueden depositar partículas contaminantes sobre las superficies de captación

2.3 Pendientes de las Superficies de Captación

En cuanto al aspecto de las ciencias exactas, así como en las ciencias aplicadas, la conocida “pendiente”, se refiere al grado de inclinación que cierto objeto posee (Barriga, 2012, p. 28).

El grado de inclinación que una recta puede poseer se centra dentro del estudio del sistema cartesiano, dentro del cual se lo representa por la letra m , y está siendo estructurado como la aquella diferencia dentro del eje “Y”, y todo ello se lo divide para la variación del eje X, la cual a continuación se lo representa en una ecuación:

(Ecuación 1)

$$m = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

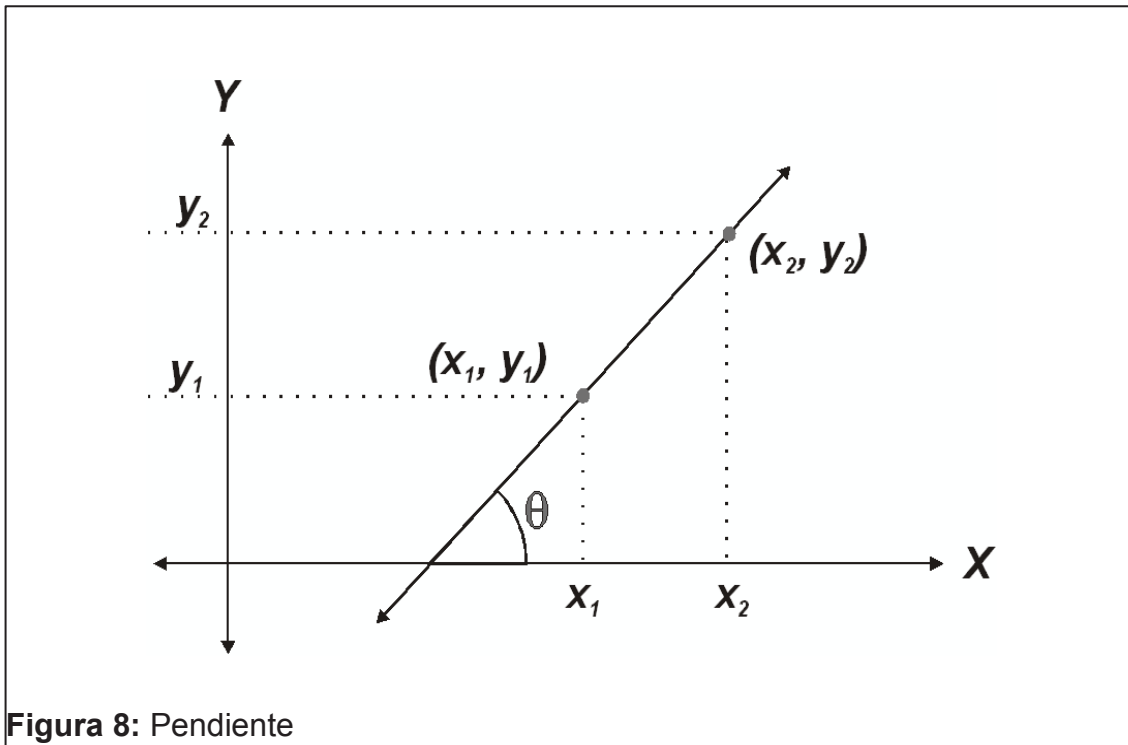


Figura 8: Pendiente

Pendientes de las cubiertas

Es el grado de tendencia que los techos como declinaciones poseen a fin de expulsar con destreza el agua, además su dimensión obedece al material con el cual fue elaborado.

Entre las pendientes más utilizadas son:

- I. 20% - 27% cubiertas de zinc y tejas de fibro cemento.
- II. 30% - 60% teja de barro.

Se dice que un techo posee una declinación de 20% cuando el techo sube en 20 centímetros, es por ello que en 2 metros la elevación es de 40 cms. y en 3mts. la elevación es de 60 centímetros.

Techos

Los techos se pueden encontrar de diferentes formas: con una, con dos y de cuatro aguas, tanto placas compactas, con estructura de cimbras, viguetas, vigas o composiciones especiales. Los techos de pendientes mínimas son

menos costosos y requiere de menos paredes y materiales, cabe indicarse que la fuerza de succión se incrementa en pendientes de 10° , dado el tipo de caída que genera mayor velocidad en la recolección de agua de lluvia.

Los techos de las casas con patios en su interior tienen pendientes hacia el interior de la vivienda, facilitándose la capacidad para recoger agua lluvia.

El principal uso de las pendientes del techado constituye el drenaje de agua resultado de lluvia, ya que a minúscula filtración en los materiales de las cubiertas es menor la pendiente requerida. Cada pendiente tiene su pendiente óptima, a continuación se constata en la tabla.

Tabla 4: Pendientes de la Superficie de captación, según techo

Materiales para Resguardar Techos	Pendiente mínima	Requerida Angulo
Tejas de techo de fibra concreto y arcilla cocida		
Tejas planas y tipo españolas	1:15	33°
Tipo romanas SMI	1:2	26°
Tipo romanas CMI	1:3	18°
Láminas corrugadas de hierro galvanizado:		
Con extremos salientes	1:3	18°
Sin extremos saliente	1:5	11°
Canaletas	1:10	5°

Tomado de: Barrera Jorge (2012), "Manual de diseño de sistemas de recolección pluvial", editorial Sartre, segunda edición, p. 68.

3. SISTEMAS DE LIMPIEZA Y ALMACENAMIENTO

3.1 Limpieza de las superficies de captación

La limpieza de la superficie de captación es de gran valor para conservar el agua recolectada lo más limpia posible y a futuro no tener problemas en el filtrado y tratamientos posteriores.

El proceso de filtrado se concentra en aislar el sólido del elemento líquido en el que se encuentra contenido, por medio de un sistema poroso donde el líquido se traslada sin problemas.

Es recomendable que el agua lluvia captada en techos, tengan instalados un tanque que permitan el almacenamiento de las lluvias iniciales degeneradas por suciedad y escombros, y esta agua ser utilizada para regar las plantas.



Figura 9: Limpieza de la superficie de captación

Tomado de: Fonseca Elsa (2013), “Sistemas integrales para el hogar”, editorial Lux, primera edición, p. 19.

3.1.1 Tipos de dispositivos

Hoy en día existen muchos dispositivos que sirven para mantener el agua lo más limpia posible, a continuación mencionaremos los más relevantes:

3.1.1.1 Dispositivo común

El conector de fácil utilización es la colocación de malla a la mitad de un tanque y en su parte inferior adaptar una tubería con línea de caudillaje.



Figura 10: Dispositivo Común

Tomado de: www.tuverde.com, (fuente digital, 2014)

3.1.1.2 Interceptor de primeras aguas

Es distinguido el terminal de descarga de las primeras aguas que provienen de techos que a su vez contienen todos los materiales contaminantes al inicio de la lluvia.

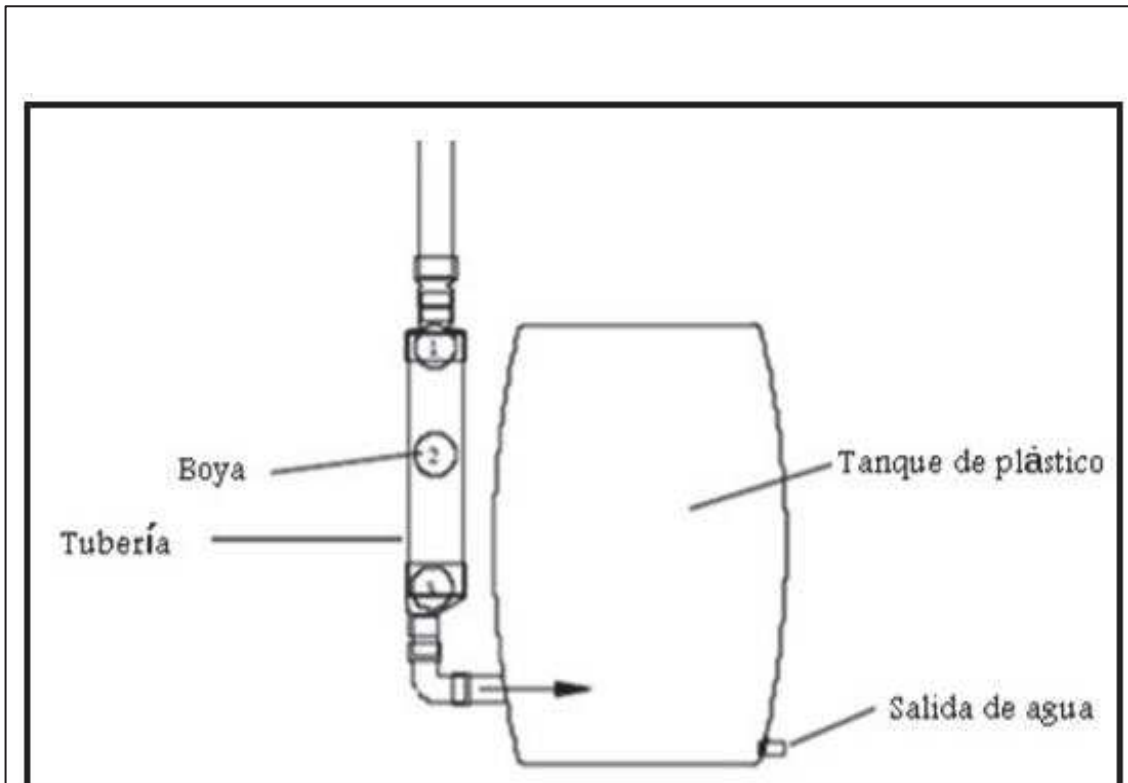


Figura 11: Interceptor de primeras aguas

Tomado de: Fonseca Elsa (2013), “Sistemas integrales para el hogar”, editorial Lux, primera edición, p. 19.

3.1.1.3 Filtro

El principal componente en el sistema es el filtro, el mismo que tiene como objetivo eliminar elementos de gran magnitud, evitando que se depositen en el tanque de depósito para agua lluvia (Barriga, 2014, p. 6).

Características principales:

- Estancar átomos orgánicos y minerales.
- Poseer la cabida para filtrar considerables precipitaciones en corto tiempo.
- La apertura del filtro como mínimo debe ser de 150um a fin de obtener un caudal necesario.
- No se puede infectar el agua.

- Construcción con elemento no degradable.



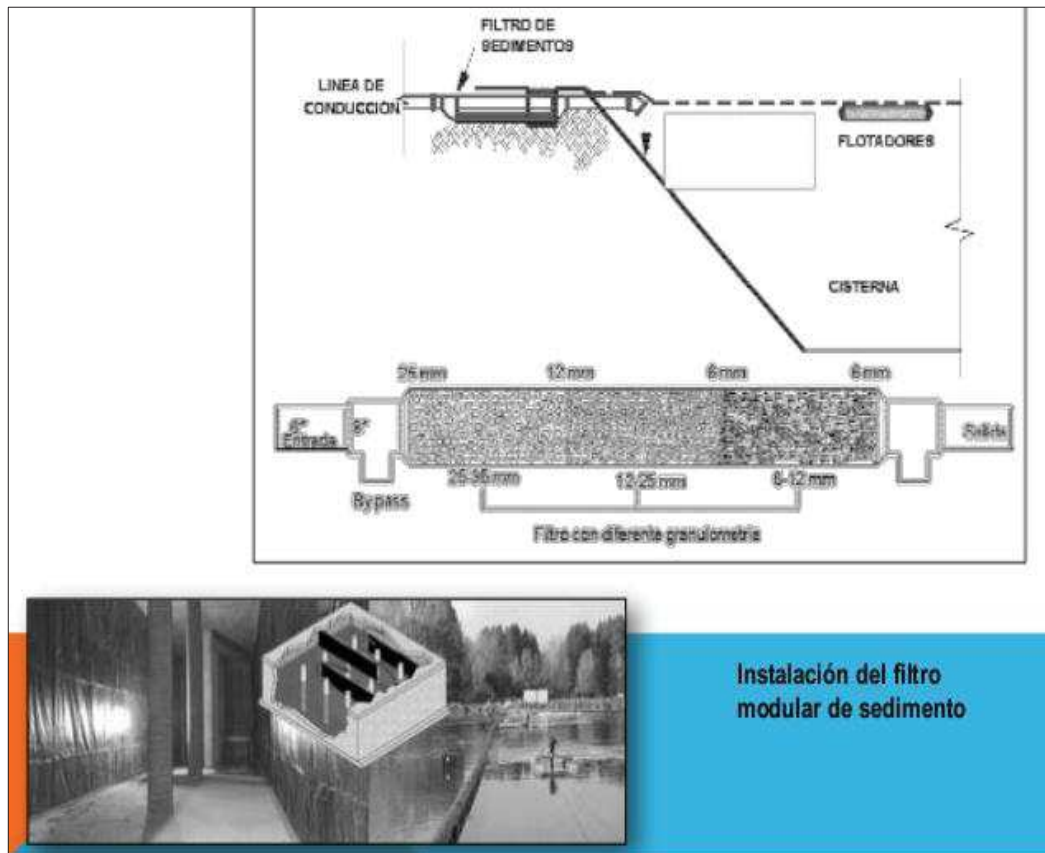
Figura 12: Filtro

Tomado de: www.aqualitysystem.com, (fuente digital, 2014)

3.1.1.4 Filtro modular de sedimentos

En los procedimientos para captar el agua lluvia se reduce el aspecto turbio del agua que puede tener por la edificación y establecimiento de un sedimentador.

Su arquitectura se fundamenta en una estructura de PVC hidráulico, por medio de una técnica de filtro de carbón activo que se establece como el método más barato en sistemas de potabilización de aguas pluviales, además su localización debe ser el segmento superior del reservorio cementado en la red principal justo antes de la descarga del agua.



Instalación del filtro modular de sedimento

Figura 13: Filtro modular de sedimentos

Tomado de: Fonseca Elsa (2013), "Sistemas integrales para el hogar", editorial Lux, primera edición, p. 22.

3.1.2 Selección para la mejor alternativa del sistema de limpieza de la superficie de captación

A = Alternativa

Pa = Peso asignado (%)

C = Calificación (sobre 10 pt)

CP = Calificación ponderada

Pf = Puntuación final

A₁ = Dispositivo común

A₂ = Filtro

A₃ = Interceptor de primeras aguas

A₄ = Filtro modular de sedimentos

Tabla 5: Ponderación para el sistema de limpieza

Factores	Pa	A1		A2		A3		A4	
		C	CP	C	CP	CP	CP	C	CP
Disponibilidad	0.05	10	0.5	9	0.45	9	0.45	8	0.4
Costo	0.25	10	2.5	9	2.25	9	2.25	6	1.5
Calidad del agua	0.25	4	1	8	2	7	1.75	10	2.5
Localización	0.10	8	0.8	10	1	9	0.9	6	0.6
Instalación	0.15	10	1.5	10	1.5	10	1.5	6	0.9
Durabilidad	0.20	7	1.4	10	2	9	1.8	10	2
	1.00	Pf	7.7	Pf	9.2	Pf	8.65	Pf	7.9

Tomado de: Fonseca Elsa (2013), "Sistemas integrales para el hogar", editorial Lux, primera edición, p. 31.

Como se puede observar posteriormente a la ponderación, la mejor selección para el sistema de limpieza de las superficies de captación es la alternativa 2, la misma que hace referencia a la implementación de un filtro en la red de distribución de agua, esto se debe a que tiene la calificación más alta, cumpliendo así los principales factores mencionados los mismos que hacen referencia a los principales requisitos para el bosquejo de un procedimiento de distribución y filtración de agua, el cual se necesita en el presente proyecto.

Pero a su vez, también se ha visto necesario la implementación de la alternativa 3, que se sitúa como segunda mejor opción de nuestra ponderación; esto se ha hecho pensando en que el interceptor de primeras aguas es un

sistema primordial para limpiar por primera vez las superficies de captación que tenemos antes de proceder a almacenar el agua en el depósito.

Esencialmente la implementación de estos sistemas de limpieza se pueden observar en el diseño que en los posteriores capítulos se desarrollará (donde se muestra la simulación del mismo), para tener una breve descripción mencionaremos que como su nombre lo indica primero colocaremos el interceptor de primeras aguas, para luego de este permitir el paso al filtro y de ahí proceder para almacenar el agua en el depósito; pretendiendo así que el agua almacenada quede con el mayor porcentaje libre de partículas e impurezas que puedan contaminar el agua.

Accesorios y componentes para un buen sistema:

- **Filtro.-** retiene las partículas evitando su paso a la cisterna
- **Deflector de entrada.-** evita que la entrada de agua en la cisterna provoque un remolino.
- **Sifón anti roedores.-** evacua el exceso de agua que pueda entrar en un momento determinado, al mismo tiempo que evita la posible entrada de pequeños animales en busca del agua.

Cada uno de estos pequeños elementos tiene su función específica y evitará un posible problema a medio plazo o bien asegurarán una mejor conservación o entrega de agua con mayores parámetros de calidad.



Figura 14: Accesorios y componentes para un buen sistema

Tomado de: Fonseca Elsa (2013), "Sistemas integrales para el hogar", editorial Lux, primera edición, p. 33.

3.1.3 Mantenimiento

El mantenimiento conveniente permite, incurrir en visitas habituales de reconocimiento y reparaciones de los techos por lo mínimo una vez al año, efectuando los procedimientos subsiguientes:

- Exclusión de cualquier clase de espesura y de escombros arrojados por la corriente del viento.
- Limpieza constante de sedimentaciones que se forman en el revestimiento ocasionadas por acumulación de agua.
- Mantenimiento del techo para mejores condiciones.
- Comprobación de la fijación de la impermeabilización.
- Preservación del estado de las herramientas de albañilería conexos con la técnica de estanquidad.
- No deben almacenarse materiales sobre la cubierta.
- Comprobar el óptimo funcionamiento del deslizamiento, vigilando desde los aspavientos del receptor (canaleta). Un modo es aligerando agua en la cubierta para contrastar la dirección del escurrimiento y nivelar el dirección que da el agua. Controlar el aparecimiento de “estanques” de acopio de agua y despojos de suciedad.
- Vigilar la presencia de árboles vecinos, ya que puedan arrojar hojas sobre la canaleta, para que no obstruya el desagote.
- Las embocaduras de desagüe se deben limpiar periódicamente para su adecuado escurrimiento.
- Comprobar que no prexistan basuras que obstaculicen las rejillas
- Vigilar el estado de dureza del material de la rejilla, para evitar corrosión, además que las tapas no estén flojas y que estén colocadas de forma correcta.

Si el sistema de estanquidad reflejara daño a consecuencia de situaciones inesperadas y que ocasionaran filtraciones, deben arreglarse de forma inmediatamente los desperfectos.

Los trabajadores de reconocimiento, de mantenimiento o de reparación deben estar con calzado con suela blanda.

3.2 Almacenamiento

El depósito pueden ser cisternas, lugar donde se acumula agua de lluvia recogida, que se puede reutilizarse, antepuesto al tratamiento para reutilización doméstico durante un año.

Los elementos manipulados para la edificación de las cisternas o depósitos de acaparamiento pueden ser los siguientes:

3.2.1 Tanques o cisternas de ferrocemento

Estos reservorios son fáciles de cimentar, igualmente los suministros se obtienen sencillamente para que los interesados los edifiquen.



Figura 15: Cisterna de ferrocemento

Tomado de: www.article.wn.com, (fuente digital, 2014)

Ventajas:

- Bajo costo.
- Uso mínimo de materiales.

- Elaborado por individuos de la zona, además no se necesita personal capacitado.

Desventajas:

- El agua se calienta con rápidamente, por lo cual el reservorio debe ser de color blanco.
- Estas cisternas no son privilegiadas en zonas sísmicas, ya que puede fragmentarse.

3.2.2 Cisternas de concreto

La calidad del agua almacenada obedece a los terminados ejecutados sobre paredes y recursos manejados para impermeabilizar.

Los tanques están sobre la superficie del suelo, enterradas o semienterradas; no obstante, recurre una tecnología onerosa para naciones en progreso.

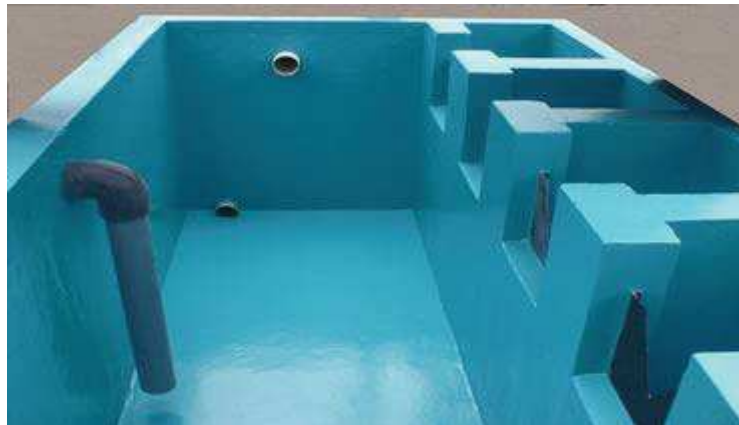


Figura 16: Cisternas de concreto

Tomado de: www.article.wn.com, (fuente digital, 2014)

3.2.3 Cisternas de metal

Es el componente más usado en la cimentación de reservorios y tanques que recopilan agua lluvia. El acero recubierto no es invulnerable a la corrosión, aunque es comúnmente más duro a la oxidación. Los depósitos nuevos pueden tener una abundancia de zinc, el cual afectar el sabor del agua de lluvia recogida. Estos depósitos deben ser higiénicos con agua previo al uso.

- Ensamblado de las hojas de plancha cubierta con tornillos
- Estructura para la cubierta del tanque.
- Componentes impermeables para impedir que el agua se evapore.



Figura 17: Cisterna de metal

Tomado de: www.article.wn.com, (fuente digital, 2014)

3.2.4 Cisterna de polietileno

Son considerablemente manejados para el acopio de agua, por lo que varían en representación, volumen y matiz, son utilizados superficialmente o enterrados, y son cómodos de transportar y situar, durables, maleables, con acabados higiénicos para agua potable. Hay presentaciones hasta 30 m³ de capacidad.



Figura 18: Cisterna de polietileno

Tomado de: www.aguaparatodos.com, (fuente digital, 2014)

A = Alternativa

Pa = Peso asignado (%)

C = Calificación (sobre 10 pt)

CP = Calificación ponderada

Pf = Puntuación final

A₁ = Tanques o cisternas de ferrocemento

A₂ = Cisternas de concreto

A₃ = Cisternas de metal

A₄ = Filtro modular de polietileno

Tabla 6: Ponderación para selección del depósito.

Factores	Pa	A1		A2		A3		A4	
		C	CP	C	CP	C	CP	C	CP
Disponibilidad	0.05	10	0.5	10	0.5	9	0.45	10	0.5
Costo	0.25	7	1.75	5	1.25	8	2	8	2
Calidad del agua	0.25	8	2	8	2	7	1.75	10	2.5
Localización	0.10	6	0.6	6	0.6	7	0.7	9	0.9
Construcción / Instalación	0.15	7	1.05	8	1.2	9	1.35	10	1.5
Durabilidad	0.20	9	1.8	9	1.8	9	1.8	10	2
	1.00	Pf	7.7	Pf	7.35	Pf	8.05	Pf	9.4

Tomado de: Fonseca Elsa (2013), "Sistemas integrales para el hogar", editorial Lux, primera edición, p. 34.

Como se puede observar después de realizar la ponderación, la mejor selección para el depósito es la alternativa 4 que hace referencia al tanque de polietileno, esto es debido a que tiene la calificación más alta, cumpliendo así los principales factores mencionados los mismos que hacen referencia a los requisitos básicos que se deben tener en cuenta para el diseño de un depósito de agua, dentro de las características de esta investigación.

En realidad el tanque de polietileno es la mejor alternativa para el diseño del depósito de la presente investigación por las siguientes características:

- Pende del volumen de agua a almacenar para pedir cotizaciones de precios a diferentes proveedores, el mismo que es de menor costo que otras alternativas.
- Algunos tanques de polietileno ya vienen equipados con los elementos y accesorios de control necesarios, lo que facilita directamente la distribución de agua.
- No varía la calidad de agua guardada por sus acabados sanitarios.

- Es fácil de transportar y su instalación no requiere de mayores esfuerzos.
- Tienen una eficiente durabilidad.
- En la actualidad es la forma más sencilla y utilizada para almacenar agua.

Una vez escogido el tipo de depósito, se procede a realizar el dimensionado del tanque, el mismo que nos servirá para determinar el volumen de agua lluvia destinada a recaudarse en el depósito y con este dato que es muy importante establecer el espacio que se necesita para su ubicación (m^2).

4. DISEÑO

La instalación de recolectores de aguas lluvias consiste esencialmente en la colocación del agua del techo de cada casa de la ciudad de Quito. El estudio de la precipitación determinado por el INAMHI (2014), permite proyectar el establecimiento de aguas lluvias para que certifique una reserva de agua destinada a los diferentes usos que se necesite dentro de los hogares. Una buena establecimiento de acumulada de agua de forma sencilla y el minúsculo mantenimiento (Valenzuela, 2014, pág. 33).

4.1. Diseño del sistema de recolección de agua

La atracción de agua de lluvia es una técnica hereditaria que se ha practicado en diversas épocas y culturas. Este método es fácil y reflexivo para conseguir agua de dispendio humano.

En varios lugares del mundo con alta o media precipitación y no se cuenta con la bastante cantidad y calidad de agua para empleo humano, se logra recurrir al agua de lluvia como fuente de racionamiento.

El agua de lluvia es recolectada y recopilada en depósitos específicos para su uso.

Factores que intervienen en la técnica de recolección de aguas lluvia:

- Brusquedad media por año
- Precipitación minúscula anual
- Precipitación máxima diaria
- Consumo cotidiano
- Áreas recolectoras
- Lugar para el acopio

4.1.1. Funcionamiento del sistema

Los dispositivos primordiales para el sistema de almacenamiento de lluvia contienen:

- **Captación:** área del tejado para la acaparamiento de la lluvia
- **Transportación:** conductos o caños desde techo al área de acopio
- **Limpieza del techo:** 'primer enjuague' técnica para eliminar impurezas y escombros
- **Almacenamiento:** reservorios de agua de lluvia recogida es acopiada en forma confiable
- **Purificación:** contiene un medio de filtrado y ozono o luz UV para depurar el agua recogida para uso esterilizado.
- **Distribución:** método que comparte el agua de lluvia, comúnmente contiene una bomba.

Descripción

Captación

La atracción está constituida por el techo de la edificación, que logra poseer una superficie y pendiente convenientes para que provea el deslizamiento del agua de lluvia al sistema de acogida. En el cómputo se medita la influencia horizontal del techo.

Recolección y Conducción

Este mecanismo es una fragmento fundamental en el sistema de recolección de agua lluvia, ya que trasladará el agua almacenada por el tejado hasta el reservorio de acaparamiento. Está formado por conductos que van ubicados en los bordes bajos del techo, ya que el agua tiende a recolectarse antes de descender al suelo.

Limpieza del techo

Es muy importante que el material manejado en la coacción de los trayectos de la canaleta no contamine el agua con compuestos orgánicos o químicos. En la asunto que la canaleta trascendencia al guardar elementos indeseables, como hojas, escombros, entre otras. El régimen debe conservar mallas que detengan estos cuerpos para imposibilitar que taponen la tubería montante o el terminal de descarga de aguas.

Además la limpieza del techo está determinada a una para sistemática del sistema cada 4 meses para revisar los sistemas de captación y limpieza de filtros y rejillas.

Purificación

Es necesario un filtro de arena como sistema de filtración lento además de una capa de carbón activado para restringir el acceso de impurezas.

Almacenamiento

Está destinado a acopiar el volumen de agua de lluvia para el consumo habitual de los individuos favorecidos con este sistema, en específico durante el ciclo de sequía.

El mecanismo de acumulación debe ser perdurable y el resultado debe desempeñar con las subsiguientes descripciones:

- Impenetrabilidad para imposibilitar la desgaste de agua por chorreo o transpiración,
- Metros de montículo máximo para disminuir las sobrepresiones,
- Corcho para impedir la entrada de insectos, polvo y de la luz solar,
- Instalar de una ranura con válvula sanitaria grande para que tolere la entrada de una persona para la limpieza y reparaciones.
- El acceso y el desbordamiento deben estar con mallas para imposibilitar la entrada de animales.

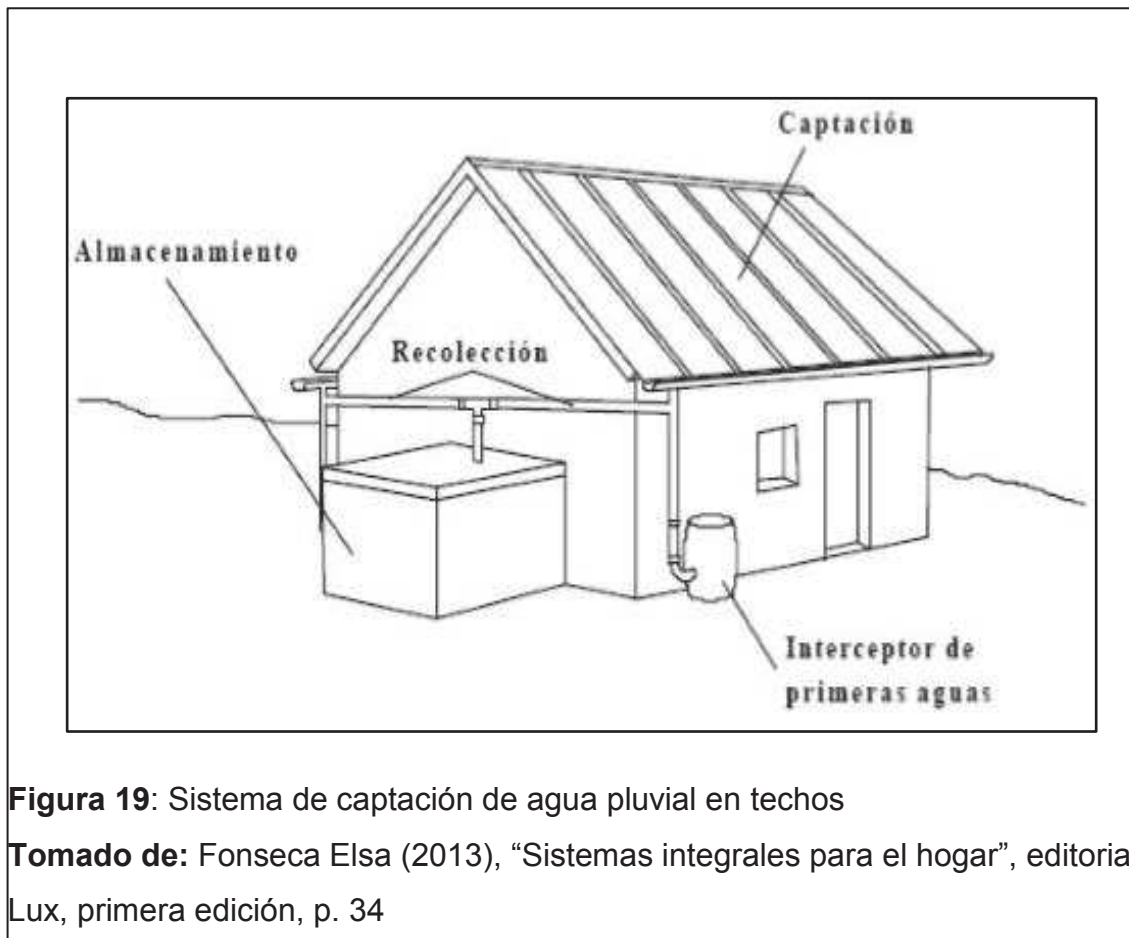


Figura 19: Sistema de captación de agua pluvial en techos

Tomado de: Fonseca Elsa (2013), “Sistemas integrales para el hogar”, editorial Lux, primera edición, p. 34

Distribución

Se realiza mediante la interconexión al sistema central de acceso al agua por medio de una fijación directa con el tanque de recolección.

4.1.2 Sistema de Acumulación (Canales)

El sistema de manejo se describe al depósito de canaletas y tuberías de materiales y representaciones que trasladan el agua de lluvia de la superficie de afinidad al sistema de acumulación por medio de declives que cedan que el agua baje sola.

La materia prima manejados son: lámina galvanizada, aluminio y PVC

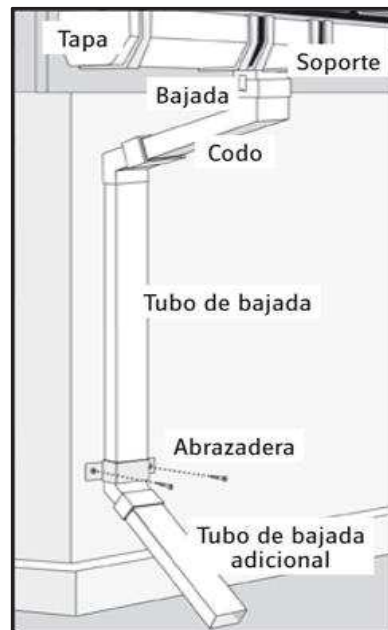


Figura 20: Sistema de acumulación

Tomado de: Fonseca Elsa (2013), "Sistemas integrales para el hogar", editorial Lux, primera edición, p. 34

Las canaletas se instalan en los bordes del techo, para que el agua de lluvia se almacene previo descenso al suelo.

Se colocan mallas sobre las canales para impedir la dificultad del flujo dentro de la tubería de manejo con basura, sólidos y hojas, por ende, ejecutar en los tejados la labor de sanidad en la temporada de lluvias.

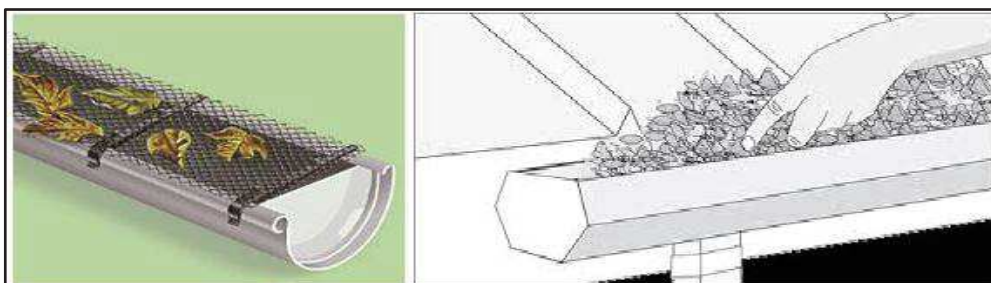


Figura 21: Canales con sistema para evitar la obstrucción de flujo

Tomado de: Fonseca Elsa (2013), "Sistemas integrales para el hogar", editorial Lux, primera edición, p. 34

4.1.2.1 Cálculos de Sistema de acumulación

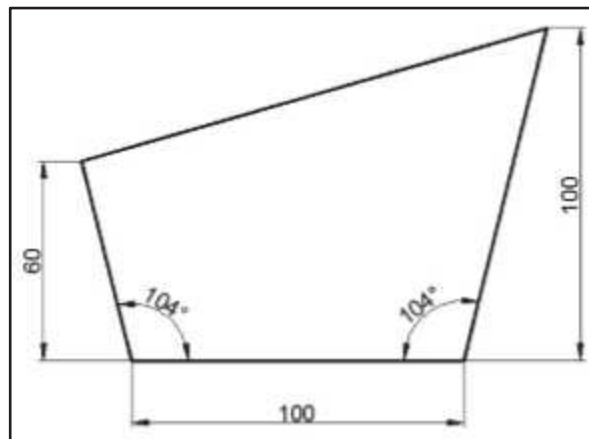


Figura 22: Sección transversal de una canal

Tomado de: Fonseca Elsa (2013), “Sistemas integrales para el hogar”, editorial Lux, primera edición, p. 34

Área transversal de la canal = 0.0065m²

Perímetro mojado = 0.355 m

Tiempo = 24 horas = 86400segundos

Formula de Manning

“Para flujo incompresible permanente, con profundidad constante en un canal abierto prismático, con pendiente de lecho “So” la fórmula de Manning es ampliamente utilizada” (Strecker, 2010, pág. 15).

(Ecuación 2)

$$V = \frac{Cm}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

V = velocidad promedio en la sección transversal

n = coeficiente de rugosidad

Cm = 1.49 y 1 para unidades del SI (Sistema internacional)

R = Radio hidráulico

S = pérdidas por unidad de peso y unidad de longitud de canal

Tabla 7: Coeficiente de rugosidad U de Manning

Materiales	Carreteras	Indicador Carreteras
Metal liso	0.010	-----
Hormigón	0.013	1/60 – 1/75
Revestimiento bituminoso	-----	1/65 – 1/75
Terreno natural en roca lisa	0.035	1/30 – 1/35
Terreno natural en tierra con poca vegetación	0.027	1/25 – 1/30
Terreno natural en tierra con vegetación abundante	0.080	1/20 – 1/25

Tomado de: Fonseca Elsa (2013), “Sistemas integrales para el hogar”, editorial Lux, primera edición, p. 34

“Para flujo uniforme permanente S es igual a S_0 , la pendiente del fondo del canal. Cuando multiplicamos la ecuación de Manning por el espacio de un mecanismo transversal A y la fórmula de Manning ocupa la forma de.” (Streeter, 2010, pág. 28)

(Ecuación 3)

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

“Cuando el área de la sección transversal es conocida, cualquiera de las otras cantidades puede obtenerse de esta ecuación mediante solución directa” (Streeter, 2010, pág. 29)

En algunos casos se requieren soluciones de prueba y error cuando el área de la sección transversal es desconocida.

Radio hidráulico

Área transversal de la canal = 0.0065 m^2 Perímetro mojado = 0.355 m

(Ecuación 4)

$$R = \frac{A}{P}$$

$$R = \frac{0.0065 \text{ m}^2}{0.355 \text{ m}}$$

$$R = 0.0183 \text{ m}$$

Aplicando la fórmula de Manning de la forma:

(Ecuación 5)

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

$$Q = \frac{1}{0.01} \times 0.0065 \times 0.0183^{2/3} \times 0.01^{1/2}$$

$$Q = 0.0045 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Las canales construidas en nuestro medio son capaces de transportar $0.0045 \text{ m}^3/\text{s}$

Caudal precipitado en un día tormentoso:

Datos

Precipitación máxima = 0.04275m

Superficie de captación = 203.461 m²

Tiempo de precipitación = 24 horas = 86400 segundos

(Ecuación 6)

$$Q_P = \frac{v}{t}$$

Q_p = Caudal

v = volumen

t = tiempo

$$v = 0.04275m \times 203.461m$$

$$v = 8.697m^3$$

$$Q_P = \frac{8.697m^3}{86400s}$$

$$Q_P = 1.006 \times 10^{-4}m^3/s$$

Al comparar estos datos nos podemos dar cuenta claramente que las canales se encuentran sobre dimensionadas. Considerando condiciones ideales como flujo permanente.

4.1.3 Dimensionado del interceptor de primeras aguas

Este dispositivo retiene la mayoría de materiales o impurezas que se encuentren en la superficie de captación, al comienzo de la lluvia.

El boceto del mecanismo se debe tener volumen de agua ilusorio para higienizar el techo y que se estime en 1 litro por m² de envoltorio.

Este aparato imposibilita que el material indeseable integre al depósito de acopio y de este carácter disminuir la contaminación del agua recopilada y de la que vaya a acumular subsiguientemente.

El volumen de agua consecuencia del lavado del techo debe ser recogido en un depósito de plástico, el mismo que debe trazarse en función de la superficie del tejado.

I. Cuando la tubería esté colmada, la boya obstruye el paso, arraigándose que el agua modifique la dirección y se envíe al depósito de acumulación.

II. Cuando la tubería se esté colmando, la pelota de jebe empieza a escalar.

III. Cuando la tubería está vacía, se encuentra lista y espera a la próxima precipitación.

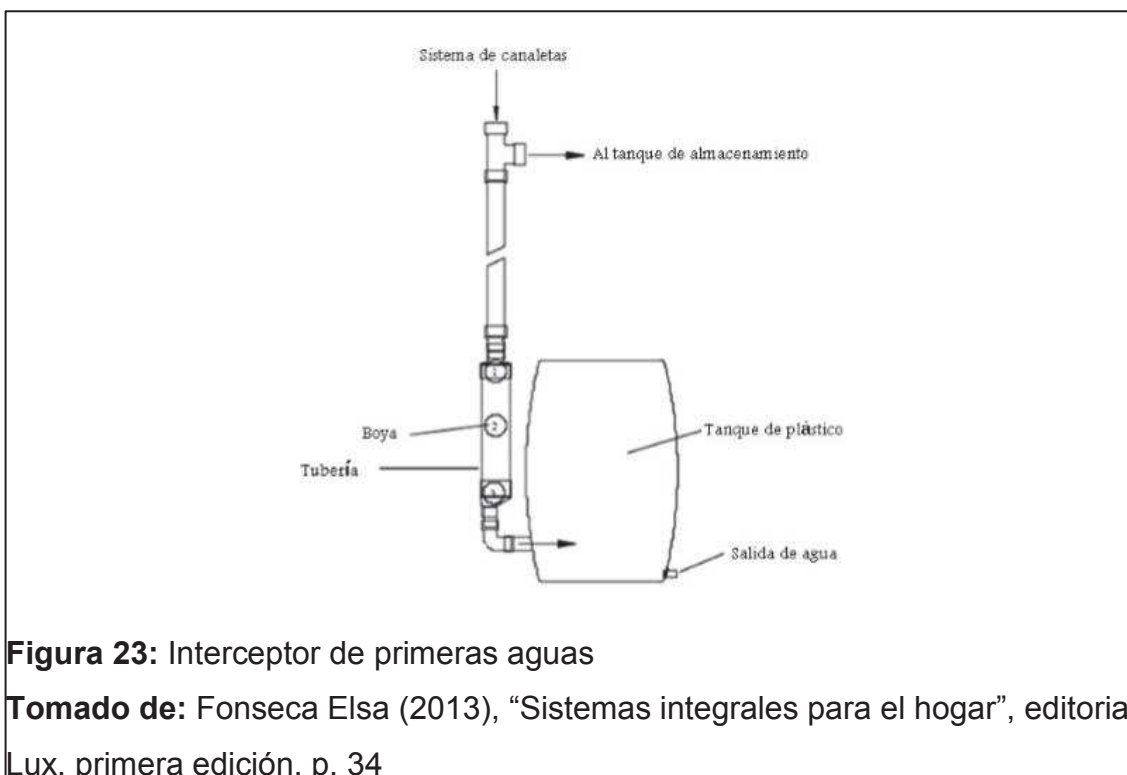


Figura 23: Interceptor de primeras aguas

Tomado de: Fonseca Elsa (2013), "Sistemas integrales para el hogar", editoria Lux, primera edición, p. 34

Cálculos para dimensionar el interceptor de primeras aguas:

Superficie de captación

$$A = 203460500.4568 \text{ mm}^2$$

Como se necesita cubrir toda la superficie de captación por lo menos con un milímetro de altura para poder limpiar.

$$h = 1 \text{ mm}$$

(Ecuación 7)

$$V_i = A \times h$$

Dónde:

V_i = volumen interceptor

A = Superficie de captación

h = altura del nivel de agua deseado

$$v_i = 203460500.4568 \times 1$$

$$v_i = 203460500.4568 \text{ mm}^3$$

$$v_i = 0.2034605 \text{ m}^3$$

Para el interceptor de agua, necesita un recipiente con un capacidad de 0.203 m³ para poder limpiar toda la superficie, comercialmente se puede encontrar tanques de 55 galones lo que equivale a 0.220 m³ por lo tanto tranquilamente se puede usar un tanque de estos.

4.1.4 Dimensionado de la cisterna

Media aritmética de las precipitaciones máximas de cada mes

Tabla 8: Media aritmética de las precipitaciones máximas de cada mes en (mm)

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Quito	9.5	12.5	47	33.5	17.5	16.6	2.5	4	29.5	14	20	17
Valles	21.4	12.5	31	28.9	32.5	41.4	4.5	4.2	21	31.5	22	68.5
Media	15.45	12.5	39	31.2	25	29	3.5	4.1	25.25	22.75	21	42.75

Tomado de: INAMHI, 2014

Precipitación Máxima = 42.75 mm

Precipitación Mínima = 3.5mm

Superficie de captación:

A = 203460500.4568 mm²

(Ecuación 8)

$$v = A \times p$$

v = volumen

A = Superficie de captación

p = precipitación

$$v_{max} = 203460500.4568mm^2 \times 42.75mm$$

$$v_{max} = 8697936394.5282mm^3$$

$$v_{max} = 8.697m^3$$

$$v_{max} = 203460500.4568mm^2 \times 3.5mm$$

$$v_{max} = 712111751.598mm^3$$

$$v_{max} = 0.712m^3$$

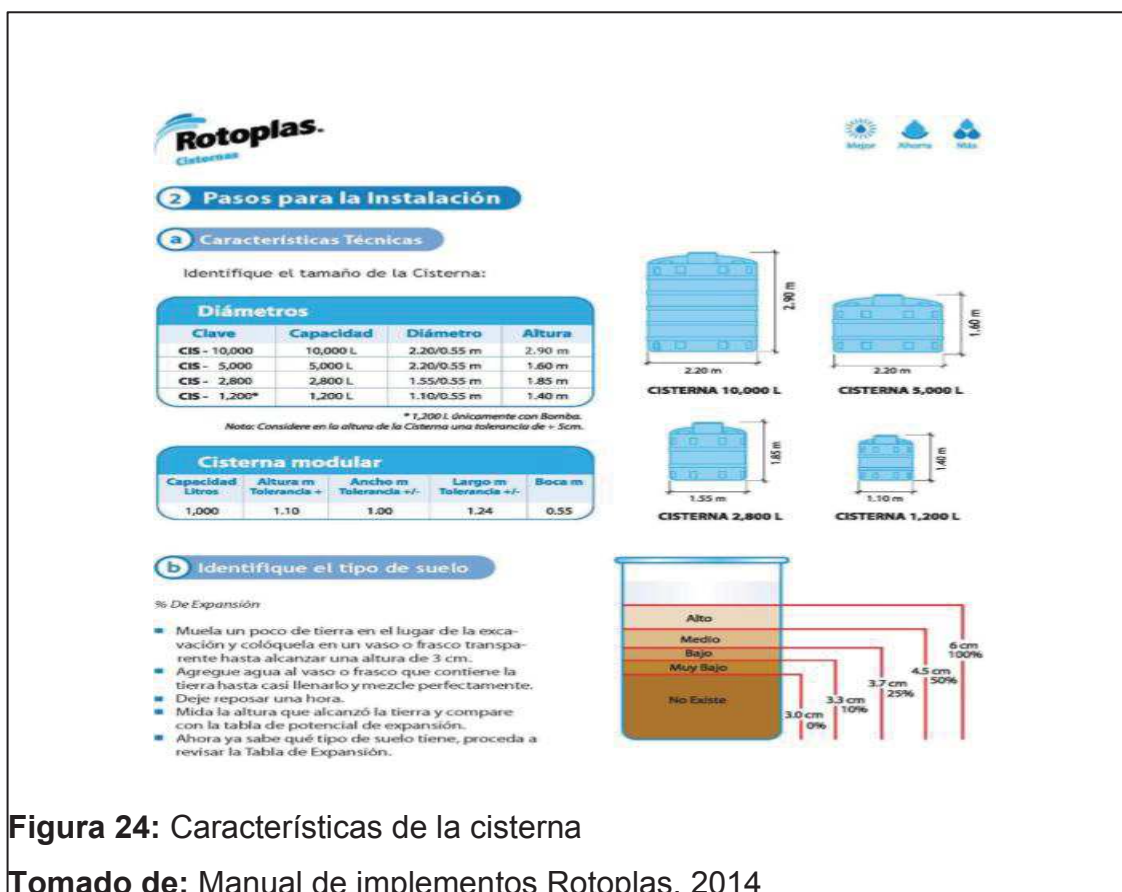


Figura 24: Características de la cisterna

Tomado de: Manual de implementos Rotoplas, 2014

Como el objetivo es almacenar la mayor cantidad de agua lluvia tendremos que seleccionar un tanque que abastezca el volumen máximo de precipitación, y considerando que diariamente se consume aproximadamente 1m^3 de agua en las distintas actividades se ocupara un tanque de 5m^3 .

4.1.5 Dimensionado y ubicación del depósito elevado

“Se utiliza cuando la presión de la red es suficiente para abastecerlo, pero el suministro es intermitente, o bien, cuando se tiene un almacenamiento inferior como una cisterna o pozo. Y se envía el agua hasta el tanque elevado por medio de una bomba.

La localización de dicho tanque puede ser la azotea del edificio, o bien sobre una estructura especial para alojarlo.

La altura a la que se coloca el tanque según el “Reglamento a la Ley de Ejercicio Profesional de la Ingeniería, Registro oficial 257” será por lo menos de

2m desde el mueble sanitario más alto de la instalación, hasta el fondo del tanque.”

Anteriormente se había determinado que el consumo de agua por una persona es 0.166m^3 al día, considerando una familia de 5 personas tenemos un consumo de 0.8279m^3 por lo cual se ocupara un tanque comercial de 1.2m^3

Tabla 9: Dimensiones De los depósitos comerciales

Diámetros			
Clave	Capacidad	Diámetro	Altura
CIS - 10,000	10,000 L	2.20/0.55 m	2.90 m
CIS - 5,000	5,000 L	2.20/0.55 m	1.60 m
CIS - 2,800	2,800 L	1.55/0.55 m	1.85 m
CIS - 1,200*	1,200 L	1.10/0.55 m	1.40 m

Tomado de: Fonseca Elsa (2013), “Sistemas integrales para el hogar”, editorial Lux, primera edición, p. 34

El tanque elevado va a ser colocado sobre una estructura metálica anclada a la estructura del techo.

4.1.5.1 Cálculos de la estructura del depósito elevado

Datos

V_{te} = volumen técnicamente esperado

p = presión

v_{te} = 1.2 m^3

ρ = 999.1 kg./ m^3

\varnothing = 1.1 m

ϑ = 250 Mpa

(Ecuación 9)

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volúmen}}$$

$$999,1 = \frac{\text{masa}}{1.2}$$

$$\text{masa} = 1199,64 \text{ Kg.}$$

Como tenemos dos vigas sobre las cuales se va a asentar la masa queda de:

$$\text{masa} = \frac{1199.64}{2} \text{ Kg}$$

$$\text{masa} = 599.82 \text{ Kg}$$

$$p = 5884.23 \text{ N}$$

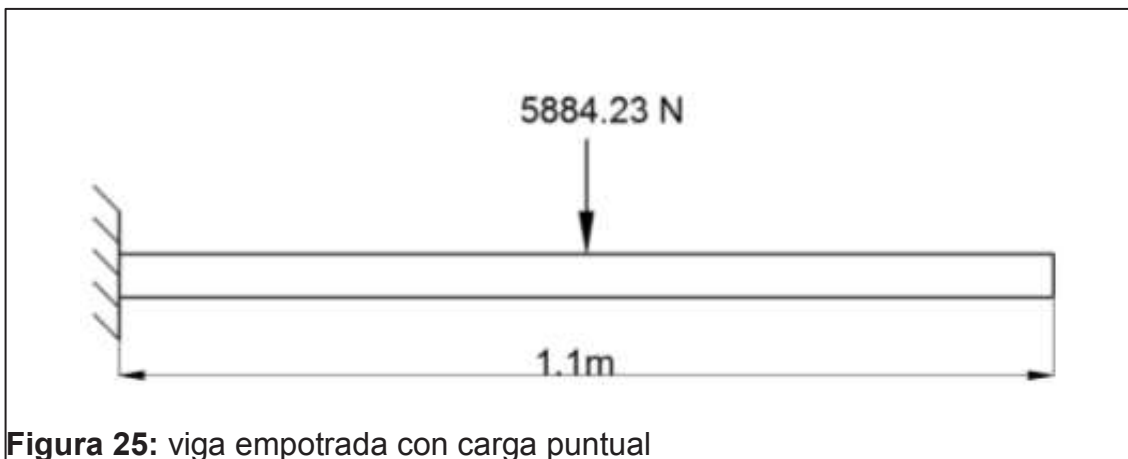


Figura 25: viga empotrada con carga puntual

Datos:

M= masa

p= presión

a= ancho de la viga

(Ecuación 10)

$$M = p * a$$

$$M = 5884.23 * 0.55$$

$$M = 3236.33 \text{ Nm}$$

Módulo de Sección (S)

(Ecuación 11)

$$S = \frac{M}{Fb}$$

$$S = \frac{3236,33}{0.66 * 250 * 10^6}$$


$$S = 1.961 * 10^{-5} m^3$$


$$S = 19.614 \text{ cm}^3$$

Con este módulo de sección escogemos un perfil estructural acorde as un catálogo comercial que maneja las características buscadas en este proyecto:

De acuerdo al catálogo comercial de DIPAC S.A. (empresa que maneja productos como perfiles estructurales). Hemos seleccionado el siguiente perfil:

Correa G 100x50x20 como podemos revisar en el catalogo mostrado a continuación.


DIPAC[®]
 PRODUCTOS DE ACERO




CORREAS "G"

PERFILES ESTRUCTURALES CORREAS "G"


Especificaciones Generales

- Norma**: INEN 1 623: 2000
- Otras calidades**: Previa consulta
- Largo normal**: 6mts
- Otros largos**: Previa consulta
- Espesores**: Desde 1.5mm hasta 12mm
- Acabado**: Natural
- Otro acabado**: Previa consulta



DIMENSIONES				PESOS		SECCION	EJE X-X					
A	B	C	e	6metros	1metro		I	W	I	I	W	I
mm	mm	mm	mm	Kg	Kg	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm
60	30	10	1.5	9.19	1.53	1.95	11.02	3.67	2.38	2.43	1.25	1.12
60	30	10	2	11.94	1.99	2.54	13.98	4.66	2.35	3.01	2.85	1.09
60	30	10	3	16.98	2.83	3.61	18.9	6.3	2.29	3.87	3.69	1.04
80	40	15	1.5	13.18	2.20	2.80	27.43	6.86	3.13	6.39	2.53	1.51
80	40	15	2	16.68	2.78	3.54	35.30	8.81	3.16	8.07	3.18	1.51
80	40	15	3	24.06	4.01	5.11	49.00	12.30	3.10	10.80	4.27	1.46
100	50	15	2	20.40	3.40	4.34	69.20	13.80	4.00	15.00	4.57	1.86
100	50	15	3	29.70	4.95	6.31	97.80	19.60	3.94	20.50	6.25	1.80
100	50	20	4	40.26	6.71	8.55	126.70	25.34	3.85	28.50	9.05	1.83
100	50	25	5	51.12	8.52	10.86	152.51	30.50	3.75	36.52	12.09	1.83
125	50	15	2	22.80	3.80	4.84	116.00	18.60	4.91	16.20	4.69	1.83
125	50	15	3	33.24	5.54	7.06	165.00	26.50	4.84	22.20	6.43	1.77
125	50	20	4	44.99	7.49	9.55	217.00	34.70	4.77	30.90	9.32	1.80
125	50	25	5	57.00	9.50	12.11	264.32	42.29	4.67	39.88	12.46	1.82
125	50	30	6	70.78	11.78	14.73	307.13	49.14	4.56	48.69	15.81	1.81
150	50	15	2	25.14	4.14	5.34	179.00	23.80	5.79	17.10	4.78	1.79
150	50	15	3	36.78	6.13	7.81	255.00	34.00	5.72	23.50	6.56	1.73
150	50	20	4	49.68	8.28	10.50	337.00	44.90	5.65	32.90	9.52	1.77
150	75	25	5	74.70	12.45	15.86	545.36	72.71	5.86	117.22	24.17	2.72
150	75	30	6	93.42	15.57	19.23	641.40	85.52	5.77	114.47	30.57	2.74
175	50	15	2	27.48	4.58	5.84	258.00	29.40	6.64	17.90	4.85	1.75
175	50	15	3	40.32	6.72	8.56	369.00	42.20	6.57	24.60	6.66	1.70
175	75	25	4	65.40	10.9	13.90	653.00	74.60	6.84	105.00	20.90	2.75
175	75	25	5	80.58	13.43	17.11	785.95	89.82	6.78	123.88	24.63	2.69
175	75	30	6	100.74	16.79	20.73	929.39	106.22	6.70	152.84	31.19	2.72
200	50	15	2	29.94	4.99	6.36	356.00	35.60	7.56	18.60	4.85	1.72
200	50	15	3	43.86	7.31	9.31	507.00	50.70	7.45	25.10	6.57	1.65
200	75	25	4	70.20	11.70	14.90	895.00	89.50	7.64	110.00	21.30	2.71
200	75	25	5	86.52	14.42	18.37	1080.00	108.00	7.67	129.62	25.02	2.66
200	75	30	6	108.00	18.00	22.23	1282.17	128.21	7.59	160.15	31.73	2.68
250	75	25	4	79.80	13.30	16.90	1520.00	122.00	9.48	118.00	21.70	2.64
250	100	25	5	109.98	18.33	23.36	2219.24	177.54	9.75	285.26	39.24	3.49
250	100	30	6	135.48	22.58	28.23	2647.38	219.79	9.68	383.54	55.58	3.69
300	100	30	4	100.80	16.80	21.30	2860.00	191.00	11.60	274.00	38.30	3.58
300	100	35	5	126.60	21.10	26.90	3560.00	237.00	11.50	351.00	49.90	3.62
300	100	35	6	154.74	25.79	31.80	4170.00	278.00	11.40	404.00	57.40	3.56

También en galvanizado e inoxidable



www.dipacmonta.com PBX: (02) 2263 750 / Quito - Ecuador

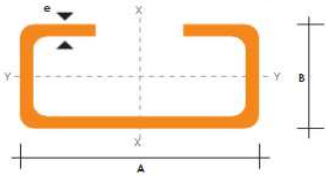


Figura 26: Catálogo DIPAC

Tomado de: <http://es.scribd.com/doc/49974227/CATALOGO-DIPAC>

Recalculamos con la masa del perfil (6.71 Kg/m)

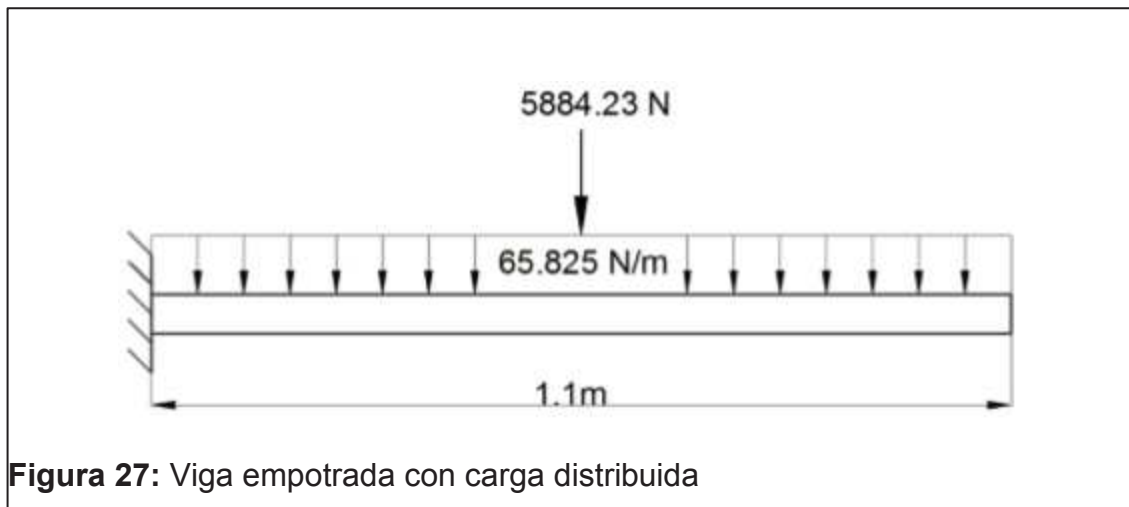


Figura 27: Viga empotrada con carga distribuida

Datos:

M: masa del perfil

w: presión a soportar

L: longitud

P: presión soportada

a: Ancho de la viga

(Ecuación 12)

$$M = \frac{wL^2}{2} + P * a$$

$$M = \frac{65,825 * 1,1^2}{2} + 5884,23 * 0,55$$

$$M = 3276,15$$

(Ecuación 13)

$$S = \frac{M}{Fb}$$

$$S = \frac{3276,15}{0,66 * 250 * 10^6}$$

$$S = 1,9855 * 10^{-5} m^3$$

$$S = 19,855 \text{ cm}^3$$

Si comparamos este último módulo de sección (19.855 cm³) con el del perfil seleccionado (25.34 cm³) podemos darnos cuenta claramente que soportará la carga deseada.

Con los cálculos realizados anteriormente y ya seleccionado el perfil que vamos a utilizar armamos la estructura

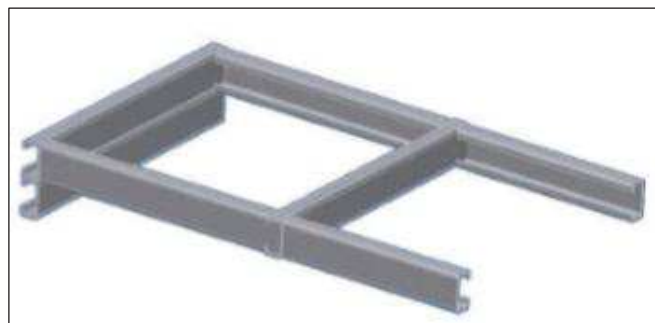


Figura 28: Estructura deposito elevado

Adicionalmente a la estructura se colocara una plancha de 2mm para generar un área para asentar el tanque, también se colocara unos topes a los lados del tanque y una correa de sujeción que rodea todo el tanque, y de esta manera reducimos los riesgos al momento de la instalación.

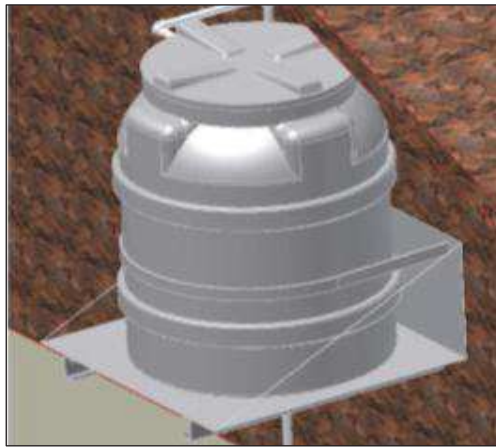


Figura 29: Soporte deposito elevado

La estructura está diseñada para soportar solo al tanque lleno por ningún motivo podrá una persona pararse sobre la estructura con el tanque lleno, para cualquier clase de mantenimiento proporcionado al tanque deberá estar vacío.

4.2 Análisis y selección de una bomba hidráulica

Una bomba es un mecanismo hidráulico generador, que almacena energía mecánica de una fuente externa y la transmuta en una energía de presión transmisible, aumentando la presión de un líquido por la ejercicio de añadir energía al sistema hidráulico, con el propósito de agitar el fluido de un área de pequeña presión o altitud a otra de mayor presión o altitud.

Al ejecutar la energía del fluido, se amplía la presión, su celeridad o su elevación, todas ellas relacionados con el principio de Bernoulli.

4.2.1 Principio de funcionamiento

La presión se consigue al establecer una acción al flujo, es decir que la bomba suministra flujo, que traslada una fuerza al líquido y transmitido a que el flujo de líquido revela resistencia, esta fuerza se torna una presión.

Una bomba debe apalejar una fuente perpetua de líquido disponible en el puerto de acceso para proveer el líquido al sistema. Ya que la bomba incita el líquido mediante del puerto de salida.

El proceso de innovación de energía se comprueba en dos períodos:

I. Aspiración

Al informar energía mecánica a la bomba, ésta comienza a cambiar y con esto se origina una disminución de la presión en el ingreso de la bomba, como el depósito se encuentra sometido a imposición atmosférica, se admite una discrepancia de presiones lo que induce la succión y con ello la lanzamiento hacia la acceso de la bomba.

II. Descarga

Al ingresar el fluido, la bomba lo traslada a la salida y se asevera por la forma favorable que el fluido no retroceda. Por esta razón, el fluido no hallará más opción que adherirse al sistema que es donde se halla espacio disponible, obteniendo una descarga.

4.2.2 Selección de la bomba

Para escoger una bomba teniendo en cuenta que vamos a realizar una función sencilla que es transportar agua de un sitio a otro desde un tanque debemos tener en cuenta dos factores muy importantes que son:

- 1) Calcular la ALTURA TOTAL:** que está compuesta por la sumatoria de dos alturas, la Altura de Succión y la Altura de Descarga.

Altura de Succión (Hs):

Se obtiene midiendo la distancia vertical que existe entre la superficie del agua (tanque), hasta el punto donde se instalará la bomba. Debemos tener en cuenta esta altura ya que no puede superar los límites establecidos por cada bomba, pues de lo contrario la bomba no podría succionar eficientemente.

Altura de Descarga (Hd):

Se obtiene midiendo la distancia vertical (la altura neta) que existe entre el punto donde se instalará la bomba y el punto extremo donde descargará la tubería.

Como un punto extra también se debe tomar en cuenta la distancia ó recorrido en sí (longitud total de la tubería de descarga), así como las conexiones que ésta tenga a lo largo y el material; para que con estos datos podamos calcular un factor llamado "pérdidas por fricción", que debería sumarse a las dos alturas anteriores.

Pero esto se haría realmente necesario para casos en que se requiera de cálculos exigentes, para proyectos donde el diseño debe ser meticuloso. Para casos sencillos de simplemente llevar agua de un sitio a otro, en los que la presión a la descarga no es relevante, no se hace necesario debido a que mayormente el recorrido es de solo metros de distancia y el flujo está referenciado e influido por la caída del agua pluvial y del sistema de bombeo.

2) Calcular el caudal: es la cuantía de agua que brotará por el caño de descarga en un período determinado.

Se obtiene observando las diferentes Curvas de Rendimiento del fabricante de la bomba (cada bomba posee una curva de rendimiento propia).

En donde el eje vertical izquierdo señala las alturas, se escoge el valor de la Altura Total calculado y se desplaza en línea recta hacia la derecha hasta tocar la curva que está dibujada. En ese punto se hace una línea vertical y se desplaza el punto hacia abajo hasta tocar el eje horizontal inferior que señala los caudales.

Este corte señala abajo el valor del caudal que esa bomba específica produce cuando existe una altura total calculada previamente.

4.2.3 Principio de Bernoulli

“Además denominado ecuación de Bernoulli o Trinomio de Bernoulli, refiere al comportamiento de un fluido agitándose a lo largo de una línea de corriente y enuncia que en un fluido ideal (sin viscosidad ni rozamiento) en régimen de circulación por un conducto cerrado, la energía que conserva el fluido persiste constante a lo largo de su recorrido.”

La energía de un fluido manda de tres dispositivos:

1. Cinética: es la energía por la velocidad que genera el fluido.
2. Potencial gravitacional: es la energía que obtiene un líquido a causa de la altitud original que se encuentra.
3. Energía de flujo: es la energía que un líquido obtiene según la presión a la que se expone.

Ecuación acreditada como "Ecuación de Bernoulli"

(Ecuación 14)

$$\frac{v^2\rho}{2} + P + \rho gz = constante$$

Dónde:

$V = velocidad$

$g = gravedad$

$z = altura$

$P = Presion$

Línea de corriente.

“Es una línea imaginaria contigua en todos los puntos al vector velocidad de diferentes partículas en un intervalo dado. Las líneas de corriente consiguen ser convergentes, divergentes o paralelas, pero jamás se cruzan, ya que en un

punto dado coexistieran dos velocidades en un mismo instante, lo cual no es realmente posible.

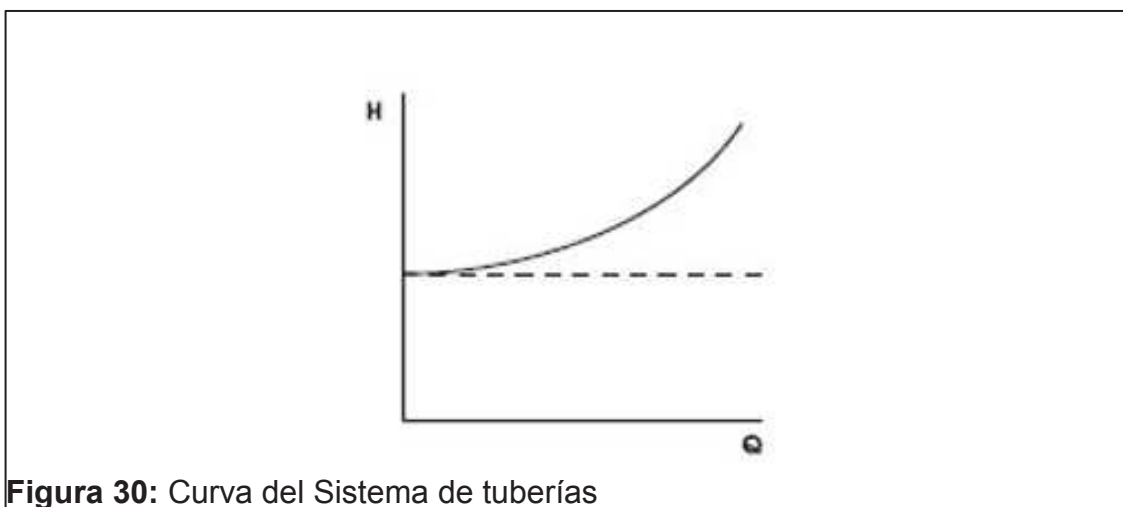
Trayectoria

“Es el camino o la ruta que sigue una partícula líquida a través del tiempo.

4.2.4 Curva del Sistema de tuberías

En la totalidad de las instalaciones similares a este proyecto, el flujo de diseño no es constante; sino que coexisten variaciones diarias, mensuales y estacionales en este flujo. De esta manera no resulta tan fácil, innovar una buena elección del sistema de tuberías y equipos de bombeo convenientes. Por esto, es preferente dibujar curvas del sistema de tuberías con las diferentes opciones de diámetro a seleccionar y compararlas con las curvas de las bombas, intercalándolas a determinando al punto de operación de cada bomba con cada sistema, y seleccionando; la composición sistema bomba que sea idóneo de dar mejor caudal con menos potencia, y que mantenga al mismo tiempo, en las necesidades de variación de flujo anticipadamente desarrolladas.

El punto donde se interseca la curva del procedimiento y la curva de la bomba, se denomina punto de operación.



La presencia de bombas en sistemas de tuberías afectan las líneas de energía total y de gradiente hidráulico del flujo, ya que las bombas son máquinas hidráulicas con objetivo de convertir energía mecánica de movimiento en energía cinética del fluido internamente del procedimiento. “El efecto de dicha conversión es añadir energía por unidad de peso (cabeza de velocidad o cabeza de presión) al flujo. En consecuencia, la bomba debe vencer la cabeza estática más las pérdidas menores y las de fricción en la tubería.”

De la ley inicial de la termodinámica se logra ultimar una ecuación estéticamente semejante a la igualdad de Bernoulli previamente señalada, pero conceptualmente diferente. “La diferencia fundamental yace en los límites de funcionamiento y en la formulación de cada fórmula. La ecuación de Bernoulli es un balance de fuerzas sobre una partícula de fluido que se mueve a través de una línea de corriente, mientras que la primera ley de la termodinámica reside en un balance de energía entre los límites de un volumen de control dado, por lo cual es más general ya que consiente expresar los intercambios energéticos a lo largo de una corriente de fluido”, como lo son las mermas por frote que despojan energía, y las bombas que incrementan energía al acuoso.

El carácter general se la conoce como, representación energética de la ecuación de Bernoulli:

(Ecuación 15)

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + W_B = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + H_{r1-2}$$

Dónde:

P = Presion

γ = peso específico

V = velocidad

g = gravedad

W_B = trabajo de la bomba

H_r = perdidas

4.2.5 Altura dinámica total (TDH)

Conocida también como altura total (HT), representado por la diferencia geométrica del nivel de cotas entre la línea de mar y los tanques de almacenamiento en tierra, las pérdidas de carga totales (fricción, locales y en equipos) desarrolladas durante la succión y descarga, y se resta la presión de bombeo suministrada por las bombas de los B/T.

El conjunto elevador convendrá a vencer la diferencia de nivel entre el depósito de succión y el depósito de descarga, más las mermas de carga en cualquier trayecto y añadirle la presión de llegada, por lo tanto esto es la labor que deberá efectuar la bomba para trasladar un fluido de un depósito al otro.

(Ecuación 16)

$$W_B = HT = TDH$$

$$HT = \left(\frac{P_2}{\gamma} - \frac{P_1}{\gamma} \right) + \left(\frac{V_2^2}{2g} - \frac{V_1^2}{2g} \right) + (z_2 - z_1) + H_{r1-2}$$

4.2.6 Altura Geométrica (Hgeo)

Es la diferencia de niveles del agua entre el depósito de succión y el depósito de descarga, representando los niveles de energía en los depósitos.

La altura geométrica se usa cuando se dimensionan las bombas para una instalación. Representa una parte de la potencia total que la bomba necesita para entregar el agua con presión suficiente a los consumidores.

La altura geométrica (hgeo) es un aspecto particular cuando se dimensionan bombas para edificios muy altos, en estos casos tiene una gran influencia en la ecuación de dimensionamiento.

(Ecuación 17)

$$H_{geo} = \left(\frac{v_2^2}{2g} - \frac{v_1^2}{2g} \right) + (z_2 - z_1)$$

Resolviendo la representación energética de la ecuación de Bernoulli, supliendo obtenemos:

HT = Altura total

ΔP = Variación de la presión

Hgeo = Altura geométrica

(Ecuación 18)

$$HT = \Delta P + H_{geo} + H_{r1-2}$$

$$H_{est} = \Delta P + H_{geo}$$

Reemplazando, además obtenemos:

HT = Altura total

H est = Altura estacional

(Ecuación 19)

$$HT = H_{est} + H_{r1-2}$$

$$HT = H_{est} + \Sigma (hf + hl)$$

$$hf = \left(f \times \frac{L}{d} \times \frac{V^2}{2g} \right)$$

$$hl = \left(k \times \frac{V^2}{2g} \right)$$

Así, que:

(Ecuación 20)

$$HT = H_{est} + \Sigma \left[\left(f \times \frac{L}{d} \times \frac{V^2}{2g} \right) + \left(k \times \frac{V^2}{2g} \right) \right]$$

$$HT = H_{est} + \sum \left[f \times \frac{L}{d} + k \right] \times \frac{V^2}{2g}$$

$$Q = V \times A$$

Así, que:

(Ecuación 21)

$$HT = H_{est} + \sum \left[f \times \frac{L}{d} + k \right] \times \frac{Q^2}{2gA^2}$$

4.2.7 Línea piezométrica y línea de energía

Producto muy pedagógico, e incluso ventajoso, ya que representa descriptivamente las energías.

“El punto 1 no tiene velocidad y queda a presión atmosférica (presión relativa cero). Por ende, su altura está determinada por su cota geométrica. Si se desciende a una cierta profundidad punto 2 parte de la energía potencial se transforma en energía de presión.”

“Al adquirir una velocidad punto 3- surge el término de energía cinética. En el punto 4 ha decaído a altura total a causa a las pérdidas por rozamiento. Como la sección de la tubería es igual que en 3, la velocidad se conserva. Al acrecentar la sección -punto 5- la velocidad disminuye, y con ella la energía cinética. La entrada en el depósito induce la pérdida de la energía cinética que poseía en ese momento en la tubería. La disminución total de altura, las pérdidas por rozamiento y las pérdidas puntuales, constituyen la pérdida de carga, hf” (Strecker, 2010)

La línea que ajusta las alturas sistémicas de los puntos llamados línea de energía. Agregar de la energía potencial y la energía de presión en un mismo punto se distingue como altura piezométrica. La línea que enlaza las alturas piezométricas de todos los puntos se conceptualiza con el nombre de línea piezométrica.

4.2.8 Flujo laminar y turbulento.

Se designa flujo laminar o corriente laminar, a la corriente de un fluido cuando éste es estratificado, metódico y manejable. Un flujo laminar se remueve en láminas paralelas sin entremezclarse y cada partícula de fluido oprime una trayectoria manejable, denominada línea de corriente. En flujos laminares el mecanismo de transporte adyacente es exclusivamente molecular. Se muestra en las duchas eléctricas.

El flujo laminar es especial de líquidos a velocidades descendes o viceversa, mientras que los acuosos de viscosidad baja, celeridad alta o magnos caudales suelen ser alborotadores. El representación de Reynolds es una medida adimensional explicativo en las ecuaciones que refieren en qué contextos el flujo será laminar o escandaloso.

Los flujos logran catalogarse de acuerdo al efecto de las fuerzas de inercia y las comprometidas a la viscosidad, por medio del número de Reynolds, el cual se precisa como:

(Ecuación 22)

$$Re = \frac{Vd}{\xi}$$

Dónde:

V = velocidad (m/s)

d = diámetro (m)

ξ = viscosidad cinemática (m²/s)

El valor de esta cantidad a dimensional indica el tipo de flujo que se presenta en un conducto.

“Aunque no existe un criterio unificado para determinar los valores del número de Reynolds, para determinar el tipo de flujo, se puede utilizar los siguientes rangos, sin olvidar que en la literatura especializada se pueden encontrar algunas diferencias:”

$Re (\text{flujo}) < 2000$; flujo laminar

$Re (\text{flujo}) > 3000$; flujo turbulento

$2000 < Re (\text{flujo}) < 3000$; flujo en transición (no estable)





TUBERIA PARA VAPOR
TUBERIA SIN COSTURA Y ACCESORIOS
GEDULA 40

Especificaciones Generales

Norma	A 2161 A 35 D1 E (para canalación de flujos)
Tecnicidad	Regio o galvanizado
Longitudinal	6 00 m.
Otros largos	Flexión Controlada
Acabado	Normal
Otro acabado	Flexión Controlada

Resistencia Mecánica

Resistencia a la tracción	60000 psi [422 kg/mm ²]
Límite de elasticidad	33000 psi [246 kg/mm ²]
Alargamiento	0.3%



DIA METRO NOMINAL	DIAMETRO		ESPESOR		PRESION/PRUEBA		PESO kg/m l
	mm	pulg	mm	pulg	kg/cm ²	lb/pulg ²	
1/4"	19.70	0.54	2.26	0.09	49	700	0.89
3/8"	17.70	0.57	2.31	0.09	49	700	0.85
1/2"	21.30	0.54	2.27	0.10	49	700	1.27
3/4"	26.70	1.05	2.27	0.11	49	700	1.83
1"	33.40	1.31	2.28	0.12	49	700	2.50
1 1/4"	42.20	1.68	2.36	0.14	91	1300	3.93
1 1/2"	48.90	1.98	2.40	0.14	91	1300	4.35
2"	60.30	2.37	2.51	0.15	178	2500	5.44
2 1/2"	75.00	2.87	2.58	0.20	178	2500	8.82
3"	88.90	3.50	2.69	0.21	178	2500	11.29
4"	114.30	4.50	2.82	0.29	153	2210	18.07
5"	141.30	5.58	2.95	0.29	157	1950	21.73
6"	168.30	6.62	3.11	0.28	125	1730	28.28
8"	219.10	8.62	3.18	0.32	110	1570	42.59
10"	273.00	10.75	3.27	0.38	101	1490	60.29
12"	323.80	12.75	3.31	0.40	94	1340	79.85

Figura 31: Tubería a usar

Tomado de: <http://es.scribd.com/doc/49974227/CATALOGO-DIPAC>

4.2.9 Ecuación de Darcy-Weisbach

“En 1850, Darcy-Weisbach dedujeron experimentalmente una ecuación para calcular las pérdidas por cortante (fricción), en un tubo con flujo permanente y diámetro constante:

(Ecuación 23)

$$hf = f \frac{LV^2}{D2g}$$

Es la ecuación empírica que concierne la pérdida de carga hidráulica (o pérdida de presión) debido a la frote a lo largo de una tubería dada con la velocidad media del flujo del fluido

Donde:

hf = pérdidas por cortante

f = factor de pérdidas

g = aceleración de la gravedad

D = diámetro del tubo

L = longitud del tubo

V = velocidad media en el tubo

Para calcular el factor de pérdidas f en la región laminar Poiseuille propuso en 1846 la siguiente ecuación:

(Ecuación 24)

$$f = \frac{64}{Re}$$

Dónde:

Re = número de Reynolds

Y para el cálculo del factor de pérdidas "f", en régimen turbulento, normalmente se usa la ecuación de Colebrook-White

(Ecuación 25)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon}{3,71D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right)$$

Donde:

ε / D = rugosidad del tubo

A continuación se muestra el desarrollo del método de solución propuesto.

“Este fue mejorando la convergencia hasta llegar a la propuesta final, la cual permite obtener el valor del coeficiente de pérdidas por cortante "f", en cualquier régimen de flujo debido a que simula la unión entre las ecuaciones de Poiseuille y de Colebrook- White, además de que presenta la particularidad de ser explícita, pues como se observa, ecuación de Colebrook-White, esta última es implícita.”

Ecuación modificada de Colebrook - White

Fórmula utilizada en hidráulica para el cálculo del factor de fricción de Darcy λ también llamado coeficiente de rozamiento. Se basa del mismo factor f que surge en la ecuación de Darcy - Weisbach.

“Guerrero (1995, pág. 88), planteó en 1995 la ecuación reestructurada de Colebrook - White, para el cálculo del coeficiente de pérdidas en flujos turbulentos. Ésta es explícita, y los resultados obtenidos con ella se ajustan suficientemente bien a los calculados con la fórmula implícita de Colebrook - White.”

(Ecuación 26)

$$f = \frac{0.25}{\left(\log \left(\frac{\varepsilon}{3.71D} + \frac{G}{Re^T} \right) \right)^2}$$

Donde:

ε / D = rugosidad del tubo

G y T parámetro de ajuste

$$G = 4.555 \quad T = 0.8764 \quad \text{para } 4000 \leq Re \leq 10^5$$

$$G = 6.732 \quad T = 0.9104 \quad \text{para } 10^5 \leq Re \leq 3 \times 10^6$$

$$G = 8.982 \quad T = 0.93 \quad \text{para } 3 \times 10^6 \leq Re \leq 10^8$$

4.2.10 Cavitación

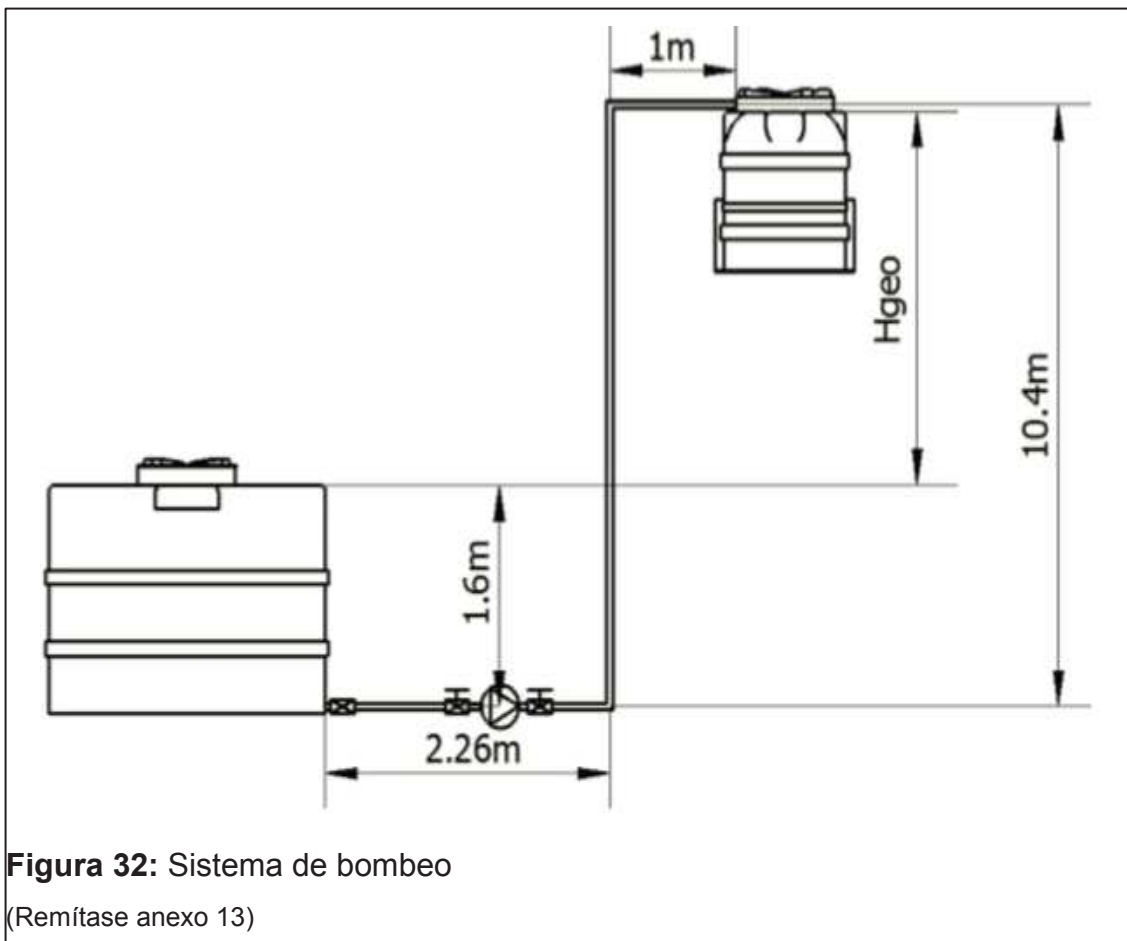
“La cavitación se origina cuando el agua o cualquier tipo de fluido en estado líquido transita a gran velocidad por una arista cortante, provocando una descompresión del fluido. Puede suceder que se alcance la presión de vapor del líquido de tal forma que las moléculas que lo conciertan a cambiar inmediatamente a etapa de vapor, creando burbujas o cavidades. Las burbujas hechas viajan a zonas de mayor presión e implotan (el vapor regresa al estado líquido de modo súbito, destruyéndose bruscamente las burbujas) ocasionando una estela de gas y un arranque de metal de la superficie en la que produce este fenómeno.”

“Además la implosión origina ondas de presión que recorren en el líquido. Estas consiguen disiparse en la corriente del líquido o chocan con una superficie. Si la zona donde colisionan las ondas de presión es la misma, el material se debilita metalúrgicamente e inicia una erosión que puede dañar la superficie, provocando que ésta se convierta en una zona de mayor pérdida de presión y por lo tanto mayor foco de formación de burbujas de vapor.”

Las pompas de vapor se encuentran agrupadas o en unión con una muro sólido cuando implosionan, las potencias cultivadas por el fluido al hundir la cavidad causada por el vapor da lugar a presiones situadas muy altas, estableciendo picaduras en la área sólida.

El anómalo corrientemente va seguido de ruido y agitaciones, estableciendo la opinión de que se presentara de grava que magulla en los desemejantes fragmentos del artefacto.

4.3. Cálculos



Datos:

H_{geo} (Altura de caída) = 9 m

P_d (Presión descenso) = 1 atm

P_s (Presión salida) = 1 atm

$T_{\text{H}_2\text{O}}$ (Temperatura del agua) = 15 °C

ρ (Presión sometida el material) = 999.1 kg/m³

$$D = 1'' \rightarrow 0,0254 \text{ m}$$

$$L_T = 13,66 \text{ m}$$

$$\varepsilon = 1,5 \times 10^{-6} \text{ m} \rightarrow \text{PVC}$$

$$\xi = 1,141 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

SISTEMA DE TUBERÍAS

(Ecuación 27)

$$TDH = H_{\text{geo}} + \left(\frac{P_d}{\gamma} - \frac{P_s}{\gamma} \right) + \Sigma \left[f \frac{L}{D} + K \right] \frac{Q^2}{2gA^2}$$

Pérdidas:

(Ecuación 28)

$$V = 2\sqrt{D}$$

$$V = 0,318 \text{ m/s}$$

$$Q = V \times A$$

$$Q = 0,318 \times \frac{0,0254^2 \pi}{4}$$

$$Q = 1,611 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Calculo de Reynolds

$$Re = \frac{VD}{\xi}$$

$$Re = \frac{0,318(0,0254)}{1,141 \times 10^{-6}}$$

$$Re = 7079,05$$

Obtenemos un flujo turbulento

Aplicando Coolebrook:

(Ecuación 29)

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{\varepsilon}{3,71D} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}}\right)$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\frac{1,5 \times 10^{-6}}{3,7 \times 0,0254} + \frac{2,51}{7079,05\sqrt{f}}\right)$$

$$f = 0,033719$$

Accesorios:

Tabla 10: Pérdidas por accesorios

Accesorios	Cantidad	K	C x K
Codo 90°	2	30(0,023)	1.38
Válvula de compuerta	2	0,2	0.4
		K_{total}	1.78

Reemplazando los datos:

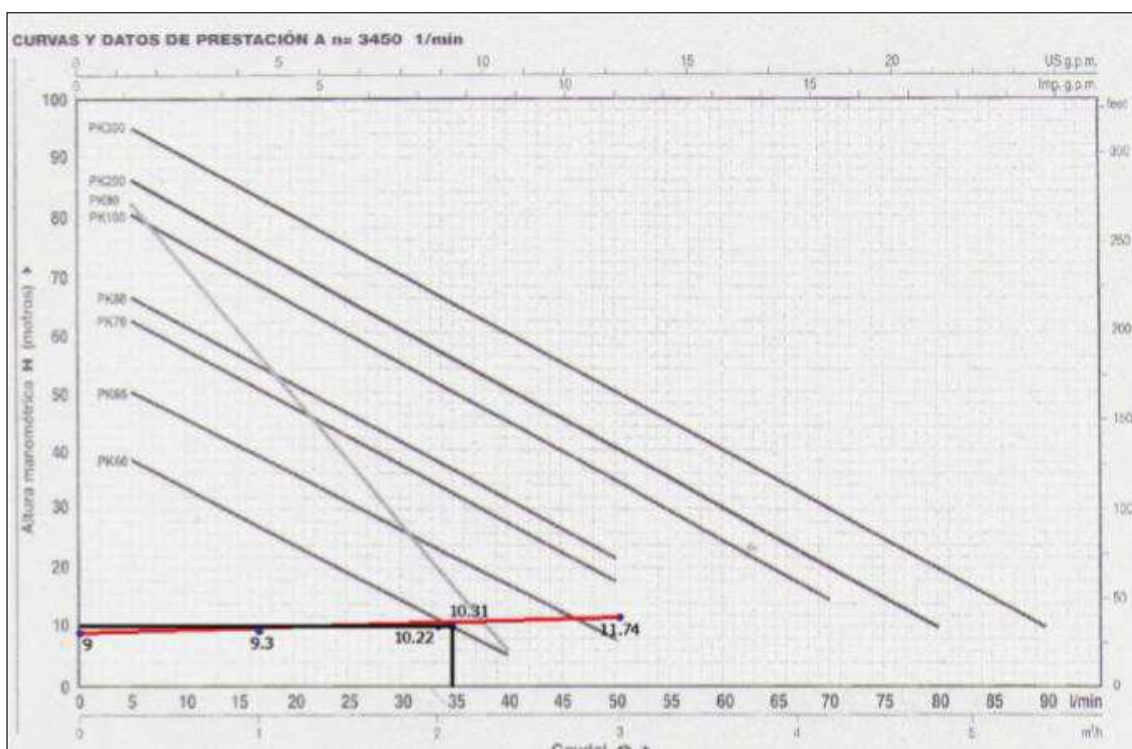
(Ecuación 30)

$$TDH = 9 + \left[0,033719 \left(\frac{13,66}{0,0254} \right) + 1,78 \right] \frac{Q^2}{2(9,81) \left[\frac{\pi(0,0254)^2}{4} \right]^2}$$

$$TDH = 9 + 3.953 \times 10^6 Q^2$$

Se grafica la curva del sistema de tuberías sobre la curva de la bomba para encontrar el punto de operación de la bomba.

Figura 33: Punto de operación de la bomba



Seleccionamos la bomba PK60 debido a que satisface todas las necesidades de bombeo con el mínimo consumo energético.

Cavitación

Datos:

P_o = Presión de origen

P_s = Presión de salida

V = volumen

Y = presión a soportar

$$P_o = P_s = 75\% (1 \text{ atm}) = 76 \text{ KPa}$$

$$P_{\text{sat}@15 \text{ C}} = 1.7057 \text{ KPa}$$

$$H_s = 1.6 \text{ m}$$

$$V = 0,318 \text{ m/s}$$

$$\gamma = 9807.06 \text{ N/m}^3$$

(Ecuación 31)

$$NPSH_D = \frac{P_o - P_{\text{sat}}}{\gamma} - H_s - H_{r_{\text{asp}}}$$

Pérdidas:

$$f = 0,033719$$

(Ecuación 32)

$$H_{r_{\text{asp}}} = h_f + h_l$$

$$H_{r_{\text{asp}}} = \Sigma \left[f \frac{L}{D} + K \right] \frac{V^2}{2g}$$

Accesorios:

Tabla 11: Pérdidas por accesorios en cavitación

Accesorios	Cantidad	K
Válvula Check	1	2.5
Válvula de compuerta	2	0,2
	K_{total}	2.9

Reemplazando los datos:

$$Hr_{asp} = \left[0,033719 \left(\frac{13,66}{0,0254} \right) + 2,7 \right] \frac{0,318^2}{2(9,81)}$$

$$Hr_{asp} = 0,107$$

$$NPSH_D = \frac{76000 - 1705,7}{9807,06} + 1,6 - 0,107$$

$$NPSH_D = 9,06 \text{ m}$$

Se tiene aproximadamente 9 m de presión de agua disponible para la succión, de los cuales se está usando 2.26 m por lo cual se puede decir que la bomba de agua no cavita.



Figura 34: Tubería acorde a las características de la bomba
 Tomado de: <http://es.scribd.com/doc/49974227/CATALOGO-DIPAC>

4.3.1. Viviendas Existentes

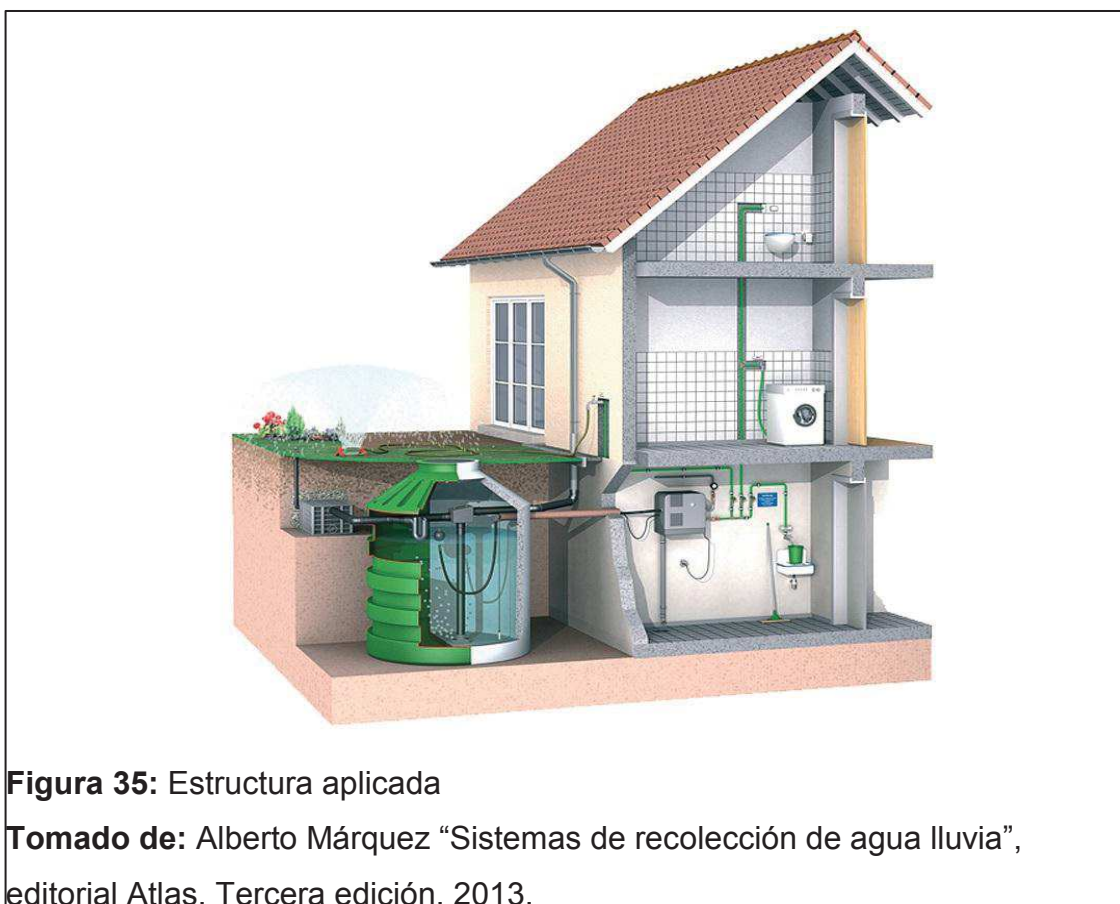


Figura 35: Estructura aplicada

Tomado de: Alberto Márquez "Sistemas de recolección de agua lluvia", editorial Atlas, Tercera edición, 2013.

Para la aplicación del sistema de reciclado de agua en viviendas ya existentes solo se tendrá que eliminar el tanque elevado e instalar un pequeño grupo hidroneumático que está compuesto por:

- Electrobomba
- Presostato
- Manómetro
- Tanque

De acuerdo a las características de la presente investigación se seleccionó el grupo hidroneumático PKm 60- 24CL

Tabla 12: Comparación entre bombas de presión

GRUPOS AUTOMATICOS DE PRESION (AUTOCLAVES)					
					
PRESTACIONES					
MODELO	POTENCIA		CAUDAL (1) litros/min	AJUSTE (2) bar	
	kW	HP			
HYDROFRESH 24 SF					
PKm 60 - 24 SF	0.37	0.50	32	1.4 + 2.8	
PKm 65 - 24 SF	0.50	0.70	40	1.5 + 3.0	
JSWm 1CX - 24 SF	0.37	0.50	45	1.2 + 2.6	
JSWm 1BX - 24 SF	0.50	0.70	50	1.4 + 2.8	
JSWm 1AX - 24 SF	0.60	0.85	50	1.8 + 3.2	
JSWm 10MX - 24 SF	0.75	1	80	1.4 + 2.8	
JSWm 12MX - 24 SF	0.90	1.25	80	2.0 + 3.5	
JSWm 15MX - 24 SF	1.1	1.5	80	2.5 + 4.0	
HYDROFRESH 24 CL					
PKm 60 - 24 CL	0.37	0.50	32	1.4 + 2.8	
PKm 65 - 24 CL	0.50	0.70	40	1.5 + 3.0	
CPm 620 - 24 CL	0.75	1	90	1.8 + 3.2	
CPm 650 - 24 CL	1.1	1.5	120	2.2 + 3.5	
JSWm 1BX - 24 CL	0.50	0.70	50	1.4 + 2.8	
JSWm 1AX - 24 CL	0.60	0.85	50	1.8 + 3.2	
JSWm 10MX - 24 CL	0.75	1	80	1.4 + 2.8	
JSWm 12MX - 24 CL	0.90	1.25	80	2.0 + 3.5	
JSWm 15MX - 24 CL	1.1	1.5	80	2.5 + 4.0	
JCRm 1B - 24 CL	0.50	0.70	50	1.4 + 2.8	
JCRm 1A - 24 CL	0.60	0.85	50	1.8 + 3.2	
JCRm 10M - 24 CL	0.75	1	80	1.4 + 2.8	
JCRm 15M - 24 CL	1.1	1.5	80	2.5 + 4.0	
HYDROFRESH 60 CL					
JSWm 10MX - 60 CL	0.75	1	80	1.4 + 2.8	
JSWm 12MX - 60 CL	0.90	1.25	80	2.0 + 3.5	
JSWm 15MX - 60 CL	1.1	1.5	80	2.5 + 4.0	

Tomado de: <http://es.scribd.com/doc/49974227/CATALOGO-DIPAC>



Figura 36: Grupo hidroneumático

Tomado de: <http://es.scribd.com/doc/49974227/CATALOGO-DIPAC>

Características:

Son encomendadas para bombear agua limpia, sin bazofias y líquidos químicamente no impetuosos.

Por su familiaridad, simplicidad en la utilización y su costo, son aptas para la rutina doméstica y para la distribución de agua interconectadas a pequeños tanques de presión para irrigación de jardines y granjas

La disposición establecerá en zonas cerradas o protegidas del exterior.

Líquido: agua limpia

Uso: doméstico, civil

Tipología: superficie

Familia: centrífugas

Campo de las prestaciones

Caudal hasta **90 l/min** (5.4 m³/h)

Altura manométrica inclusive de **100 m**

Límites de empleo

Altura de aspiración manométrica

hasta 8 m

Temperatura del líquido de -10 °C

hasta +60 °C

Temperatura ambiente

hasta +40 °C (+45 °C para PK 60)

Presión máx. en el cuerpo de la bomba:

- **6.5 bar** para PK 60-65-70-80
- **10 bar** para PK 90-100-200-300

Funcionamiento continuo **S1**

4.4. Análisis financiero

4.4.1. Costo variable unitario

El costo variable unitario son todos los precios de los suministros necesarios para un producto terminado.

A continuación se puntualiza el costo de componentes monopolizados en el sistema de reciclaje, control y utilización de agua lluvia obteniendo un valor aproximado.

Tabla 13: Subterráneo

Rubro	Costo
Excavadora	40.00
Volqueta	200.00
Cemento	500.00
Mallas	40.78
Mano de obra	300.00
Total	1100.78

Tabla 14: Interceptor de primeras aguas

Rubro	Costo
Sensor	100.8
Electroválvula	143.45
Temporizador	44.64
Tanque	50.00
Sello mecánico	25.00
Total	363.89

Tabla 15: Sistema Almacenamiento

Rubro	Costo
Filtro	97.36
Deposito 5m ³	1918.56
Total	2015.92

Tabla 16: Sistema de bombeo

Rubro	Costo
Válvula Check	35.00
Válvulas de compuerta	20.00
Bomba	98.00
Total	153.00

Tabla 17: Sistema de Distribución

Rubro	Costo
Tanque 1m ³	179.44
Perfil G	56.50
Total	235.94

Tabla 18: Sistema Bypass agua potable - agua reciclada

Rubro	Costo
Válvula Or	50.00
Válvula pilotada	81.41
Total	131.41

Tabla 19: Resumen costos totales

Rubro	Costo
Subterráneo	1100.78
Interceptor de primeras aguas	363.89
Almacenamiento	2015.92
Sistema de bombeo	153.00
Sistema de Distribución	235.94
Sistema Baypass	131.41
Total	4000.94

El costo del sistema es de \$4000.94 más el 15% de utilidad, el precio unitario es de \$4601.08

4.4.2. Adquisiciones del producto

Al ser un producto nuevo es muy difícil determinar la acogida en el mercado sin un estudio de salida del producto pero dentro de los referentes pertinentes su adquisición estará explícito por las satisfacciones y preferencias de clientes en generar y obtener un sistema amigable con el medio ambiente al largo plazo.

4.4.3 Estado de pérdidas y ganancias.

El enfoque realizado para el estado de pérdidas y ganancias es desde la observación de la persona que efectúa la instalación, muestra cuanto se ahorra la persona con la instalación y en qué tiempo recupera la inversión.

Datos:

Costo 1 m³ de agua = \$0.48

Volumen consumido = 25 m³/mes = 300 m³/año

Volumen recolectado = 194.305 m³/año

Costo de la instalación del sistema = \$4601.08

Con estos valores se recupera la inversión al cabo de 42.88 años, la garantía de los componentes más importantes y costosos son de 35 años, cabe recalcar el beneficio ecológico que se tiene, al reciclar $194.305 \text{ m}^3/\text{año}$ de agua en una sola vivienda. Lo cual determina que no es un medio que genere rentabilidad, pero que si mantiene un alto nivel de solución ecológica y que de acuerdo a estándares internacionales de responsabilidad ambiental es un producto muy atractivo a nivel social.



Figura 37: Diseño final del sistema de recolección y tratamiento básico de agua lluvia

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El agua es trascendental para la permanencia de todas las representaciones de existencia, siendo un recurso limitado, razón por la cual debemos cuidarla y no desperdiciarla, si suponemos por un instante que el agua desapareciera podríamos asegurar que la vida en la tierra se extinguiese.
- Los malas prácticas de consumo y el ascenso de la metrópoli en el último siglo ha provocado un aumento en la utilización del agua pero la cantidad de agua dulce existente cada vez se reduce más, un claro ejemplo de esto es el descongelamiento de los polos, razón por la cual algunos estudios evalúan cada cinco naciones en vías de desarrollo tendrá conflictos de insuficiencia de agua aproximadamente para el 2030, por esto en las naciones es eminente un mínimo en la utilización de agua y encontrar nuevas fuentes de agua dulce.
- Problemas con el agua ya se experimentan en la actualidad, como es el caso del viejo continente donde el uso del agua es limitado y además el costo del mismo es elevado, nosotros todavía estamos a tiempo de cuidar las fuentes hídricas que poseemos una de las opciones que tenemos es la instalación del sistema propuesta en esta tesis que aprovecha una fuente de agua de excelente calidad que no se está aprovechando cuidando de esta manera a otras fuentes de agua dulce como ríos dejándolos que pasen su ciclo natural regando a plantas en sus orillas y no construyendo plantas de potabilización que dañan al medio ambiente con químicos como son el sulfato de aluminio, el carbonato sódico, hipoclorito sódico etc. y además deforestar para su construcción.
- Los estudios realizados sobre la calidad del agua lluvia indican que es apta para el consumo humano, pero al escurrirse por los tejados arrastran consigo impurezas por lo cual no se puede ingerir, si se pudiera garantizar que los techos estén completamente limpios el agua

recolectada fuese tan limpia que cumpliera las normas de calidad para el agua y por consiguiente se podría ingerir sin ningún proceso de potabilización.

- Normalmente el agua es potabilizada, almacenada y repartida para toda la población, nosotros ocupamos el agua en nuestras necesidades y las desechamos al alcantarillado, después esta agua es nuevamente tratada para disminuir la contaminación al medio ambiente y finalmente devuelta, el sistema planteado interviene antes de la potabilización captando el agua de la lluvia que es muy limpia, almacenándola y con un pequeño proceso de potabilización casero se puede consumir, ahorrándonos la construcción de una planta de potabilización y su impacto ambiental.
- En el análisis del agua de Quito se plasma por medio de medidas requeridas por la normatividad INEN 1529, lo cual nos indica que es apta para el consumo sin ningún tratamiento, esto es muy importante ya que con el debido mantenimiento a la superficie de captación tendríamos agua potable gratuita.
- El costo de instalación de este proyecto es de 4000 dólares el cual es retornable como inversión para una familia 42.88 años lo que determina que no es viable financieramente pero al reciclar 194 .305 m³/año es un medio ambientalmente amigable y que promueve el reciclaje y ahorro del agua comprometiendo de acuerdo a normas internacionales al re uso de los medio líquidos limitados (Acuerdo de Rio de Janeiro 2012)

5.2. RECOMENDACIONES

- Los seres humanos precisamos un techo donde habitar, y es este techo el que funciona como espacio de captación, donde tenemos que aprovecharlo y ayudar al ecosistema, si presumimos que todos los habitantes, tan solo de Quito gozara instalados de este sistema planteado el volumen de agua economizada seria excepcional.
- Los individuos escasean de ideas claras de cómo proceder en el reciclaje de agua para lo cual debe ir de la mano con la instalación de

este proyecto, además una charla de concientización del uso de los recursos hídricos en los hogares ecuatorianos.

- La idea de este proyecto será integradora, por medio de gobiernos autónomos descentralizados (GAD) y las juntas sociales, para que el modelo se concientice en los diversos hogares como una alternativa al consumo tradicional de agua potable al largo plazo.

REFERENCIAS

- Abdulla, Fred (2006) *“Assessment of rainwater roof harvesting systems for household water supply in Jordan”*, p. 291-300.
- Ballén Sara (2009) *“Sistemas de Aprovechamiento de Agua Lluvia para Vivienda Urbana”*. VI SEREA - Seminario Iberoamericano sobre Sistemas de Abastecimiento Urbano de Agua.
- Barrera Jorge (2012), *“Manual de diseño de sistemas de recolección pluvial”*, editorial Sartre, segunda edición, p. 68
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2012), Organización Panamericana de la Salud, and Organización Mundial de la Salud. *“Especificaciones Técnicas Captación de Agua de Lluvia para Consumo Humano”*. p. 39
- Cheng, Ho (2011) *“Regional rainfall level zoning for rainwater harvesting systems in northern Taiwan. Resources, Conservation and Recycling”* p. 428.
- Corcho Robert (2009) *“Acueductos Teoría y Diseño”*. Universidad de Medellín, Medellín. P. 176
- Departamento Nacional de Planeación (2011). *“Determinación de los consumos básicos de agua potable en Ecuador”* p. 189
- Dirección de Agua Potable y Saneamiento Básico (2012). *“Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico- RAS 2000”*. Título B. Sección II. Sistemas de Acueducto. P. 49
- Evans, Harris (2011) *“The effect of weather on the microbial composition of roof-harvested rainwater. Water”* p. 37-44.
- Fonseca Elsa (2013), *“Sistemas integrales para el hogar”*, editorial Lux, primera edición, p. 34.

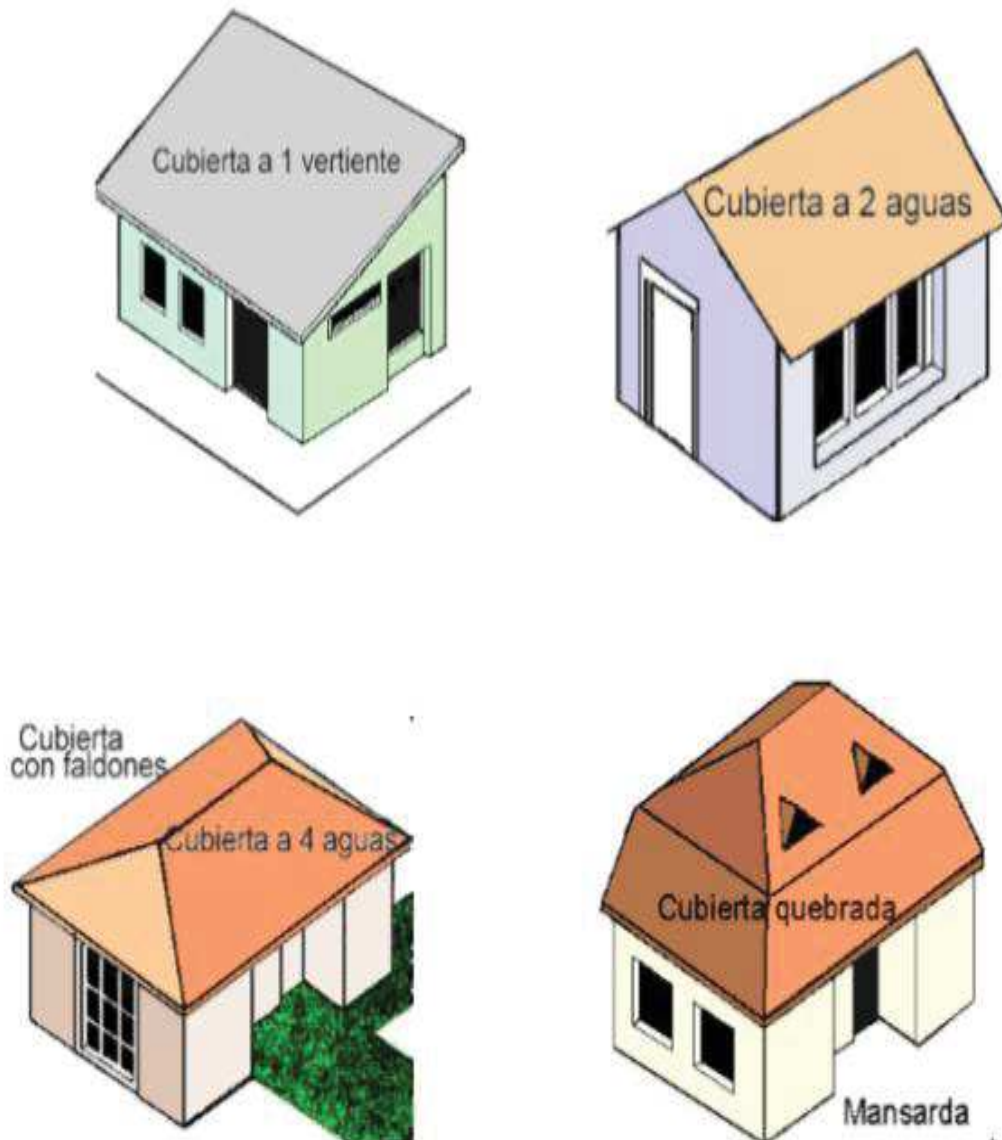
Ghisi, E., Bressan, D., and Martini, M. (2013) "*Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil*". Building and Environment. p. 1654-1666.

Ghisi, E. (2013) "*Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil*". Building and Environment p. 1550.

Hernández Marcelo (2012) "*Captación de agua de lluvia como alternativa para afrontar la escasez del recurso. Manual de capacitación para la participación comunitaria*", p. 193.

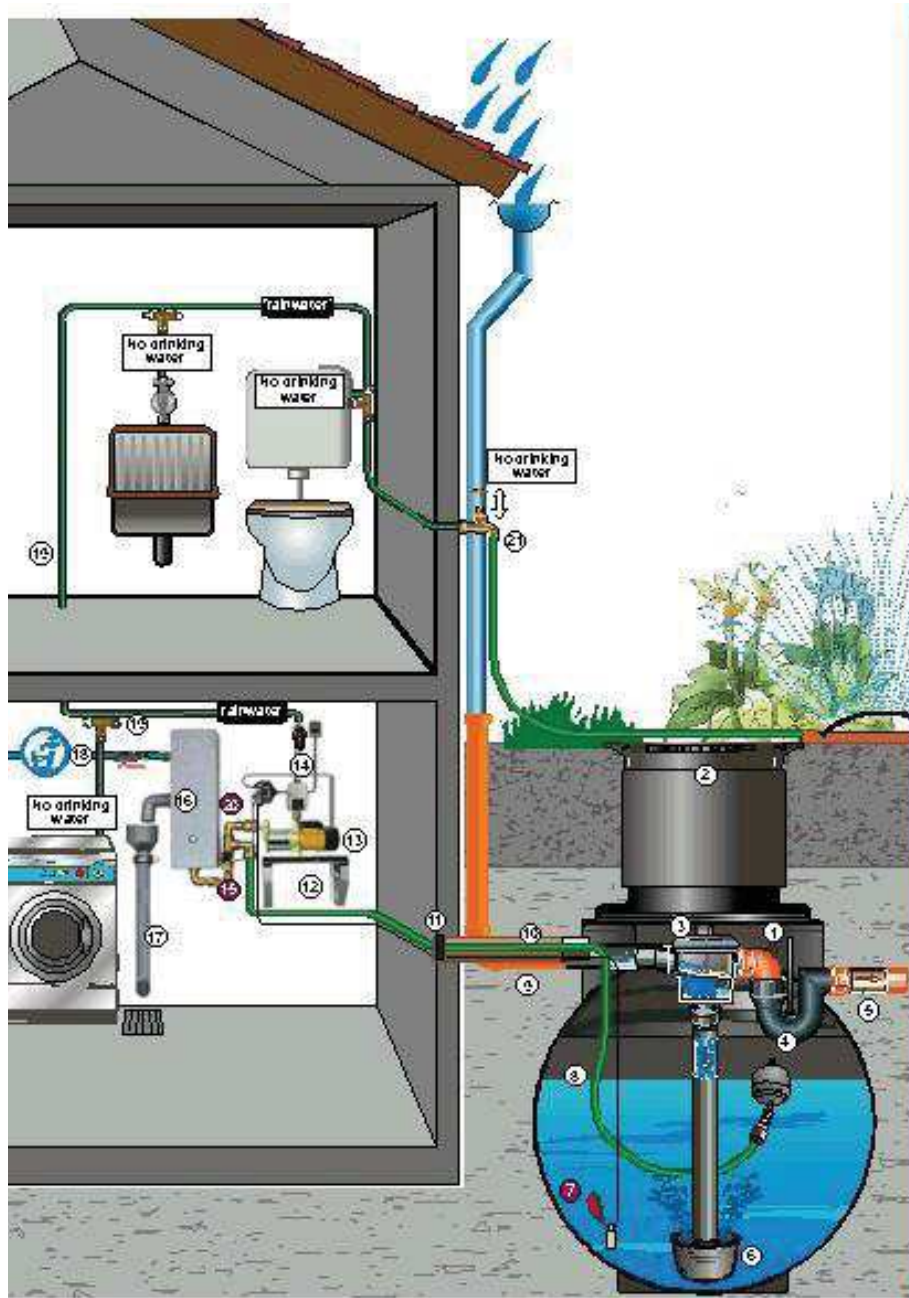
ANEXOS

Anexo 1: Formas de las superficies de captación



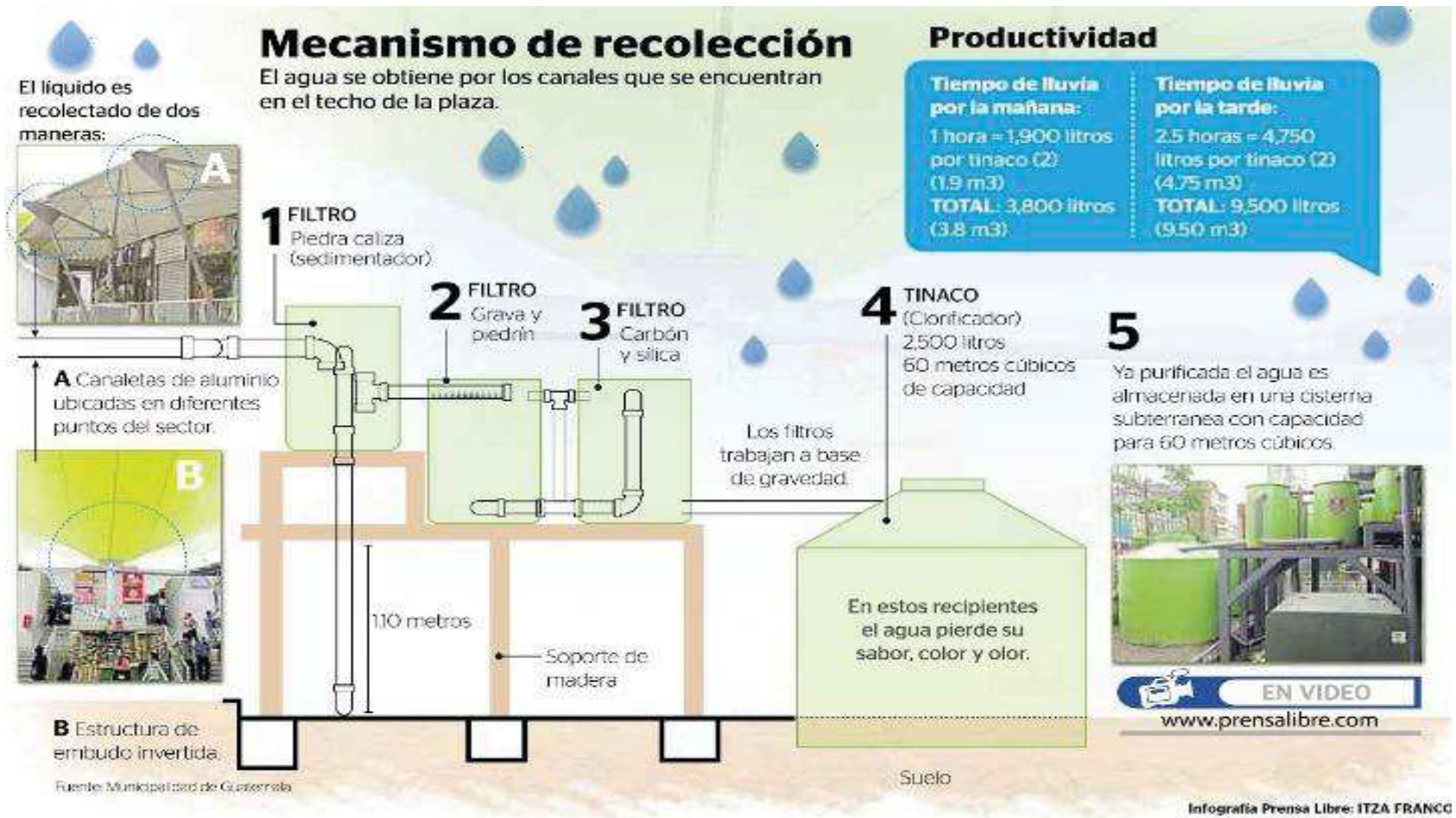
Tomado de: Barrera Jorge (2012), "Manual de diseño de sistemas de recolección pluvial", editorial Sartre, segunda edición, p. 68

Anexo 2: Sistema de almacenaje



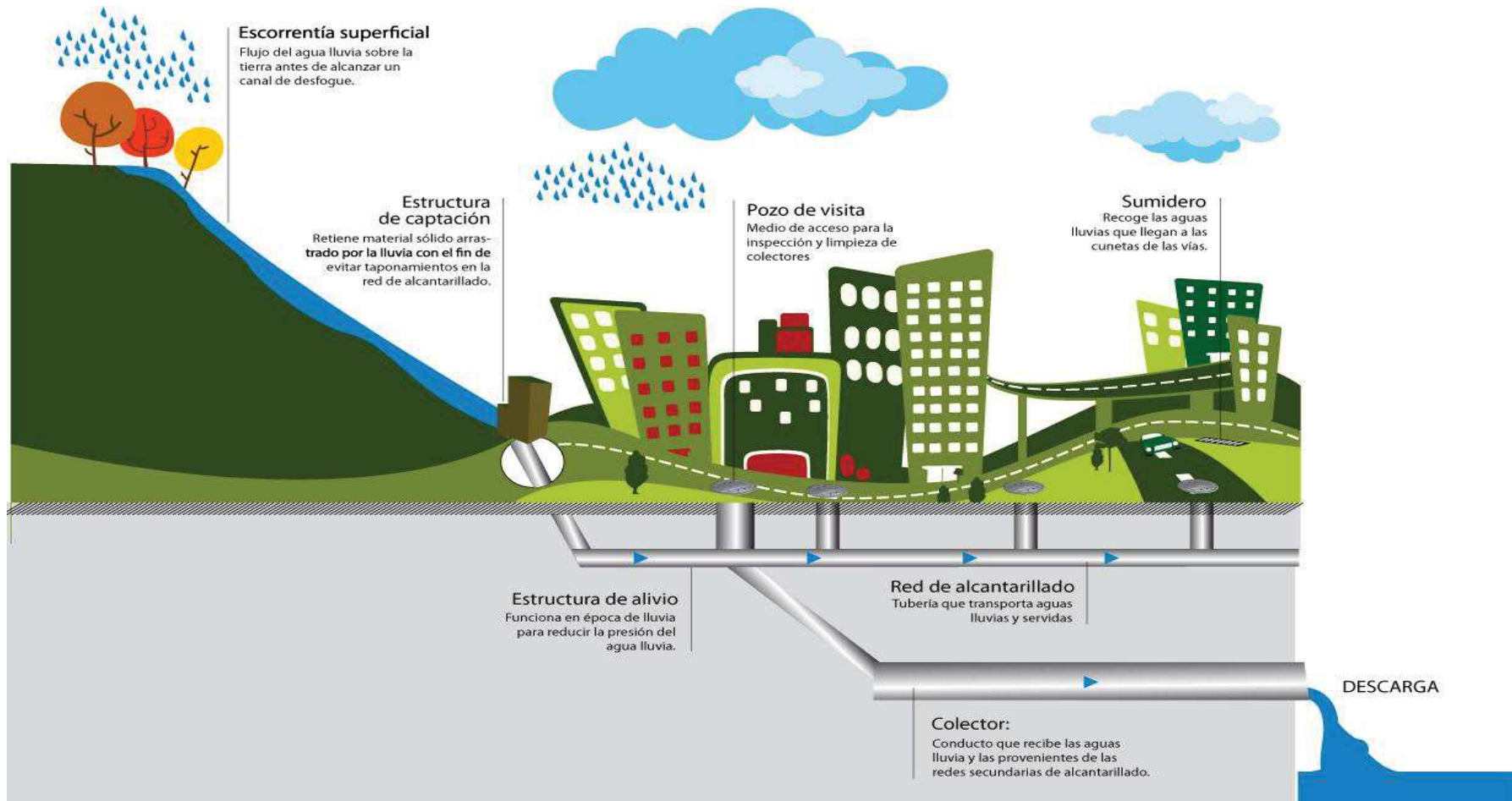
Tomado de: <http://civilambiental.bligoo.com/content/view/277465/Aprovechando-aquellos-dias-Captacion-de-agua-lluvia.html>

Anexo 3: Mecanismo de recolección



Tomado de: Barrera Jorge (2012), "Manual de diseño de sistemas de recolección pluvial", editorial Sartre, segunda edición, p. 68

Anexo 4: Plan Lluvias EPMAPS



Tomado de: <http://www.aguaquito.gob.ec/urgente/epmaps-mantiene-cuatro-ejes-de-prevencion-frente-las-lluvias>

Anexo 5: Resumen de Resultados para lluvias de 1 y 2 horas al 100% y 70%

ID Nodo Aguas Arriba	Longitud (m)	ID de la Forma	Ancho (mm)	Altura (mm)	Tipo de Rugosidad	Rugosidad del Fondo Manning	Pendiente (m/m)	Observaciones			
								sobre sección	sobre dimensiones	sobre manning	sobre pendientes
EMB-02	73.9	BAUL	3200	3200	N	0.014	0.44%	observación de campo	medidos en campo	estimado para hormigón	estudio: Embaul. Río Grande
EMB-03	200.1	BAUL	3400	3400	N	0.014	0.50%	observación de campo	medidos en campo	estimado para hormigón	pendiente mínima estimada
EMB-04	225.6	BAUL	3200	3200	N	0.014	5.01%	observación de campo	medidos en campo	estimado para hormigón	estudio: Ing Nuria Valle
EMB-05	515.2	BAUL	3400	3500	N	0.014	0.51%	observación de campo	medidos en campo	estimado para hormigón	pendiente mínima estimada
EMB-06	233.2	BAUL	3300	3350	N	0.014	0.85%	observación de campo	medidos en campo	estimado para hormigón	modelo hidraRío Machángara F-H
EMB-07	1005.4	SEMIELIPTICO	4400	4400	N	0.014	0.50%	observación de campo	medidos en campo	estimado para hormigón	pendiente mínima estimada
EMB-08	113.5	BAUL	4600	4900	N	0.014	3.35%	observación de campo	medidos en campo	estimado para hormigón	modelo hidraRío Machángara F-H
EMB-09	389.9	BAUL	8000	8000	N	0.014	0.71%	estudio: Embaulamiento Trébol	estudio: Embaulamiento Trébol	estimado para hormigón	estudio: Embaulamiento Trébol
	270.3	SEMIELIPTICO	5440	5440	N	0.014	0.88%				

Tomado de: http://www.aguaquito.gob.ec/sites/default/files/documentos/plan_maestro_alcantarillado.pdf

Anexo 6: Resumen de Resultados para lluvias de 1 y 2 horas al 100% y 70%

EMBAULADO	CRITERIO 1			CALDALES PICO TRABAJO EN TUB					CRITERIO 2		MAXIMA ALTURA DE INUNDACION				
	MAX. CAPACIDAD DE TRANSPORTE (m ³ /s)	AREA DE APORTE HAS	CN	TR5	TR10	TR15	TR25	TR50	PROF. APROX. QUEBRADA AGUAS ARRIBA (m)	TR5	TR10	TR15	TR25	TR50	
				(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)		(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	
LLUVIA 1 HORA, 100%															
02	79	2475	80	26	37	45	55	72	15.0	2.0	2.5	2.8	3.3	4.0	
03	44	3401	75	7	10	12	15	21	10.0	0.7	0.9	1.1	1.2	1.5	
04	118	2878	81	36	50	60	74	95	18.2	1.2	1.4	1.6	2.0	2.8	
05	92	9243	81	20	29	34	43	58	25.0	6.0	6.2	6.4	6.6	7.0	
06	53	10554	81	67	88	99	113	131	23.1	4.8	7.3	8.7	10.9	14.4	
07	69	11732	81	80	92	98	103	110	28.9	9.8	16.3	19.5	23.0	27.1	
08	103	12273	81	96	121	138	158	183	21.8	3.2	5.9	7.6	10.0	13.7	
09	170	12981	81	114	163	197	243	316	36.0	1.6	2.0	2.2	2.6	3.1	
544															
LLUVIA 1 HORAS, 700%															
02	79	2475	80	10	15	17	21	28	15.0	1.1	1.3	1.5	1.7	2.0	
03	44	3401	75	3	4	5	6	7	10.0	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	
04	118	2878	81	14	20	23	29	37	18.2	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	
05	92	9243	81	8	11	13	16	21	25.0	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	
06	53	10554	81	26	38	46	55	69	23.1	1.7	2.2	2.6	3.5	5.1	
07	69	11732	81	34	50	60	70	81	28.9	1.8	2.3	2.8	5.6	10.7	
08	103	12273	81	40	57	67	81	97	21.8	1.2	1.6	1.9	2.4	3.5	
09	170	12981	81	41	59	72	90	119	36.0	0.9	1.1	1.2	1.4	1.6	
544															
LLUVIA 2 HORAS, 100%															
02	79	2475	80	31	45	54	66	86	15.0	2.2	2.8	3.2	3.7	4.5	
03	44	3401	75	8	12	15	18	24	10.0	0.8	1.1	1.2	1.4	1.7	
04	118	2878	81	41	59	70	86	106	18.2	1.3	1.6	1.9	2.4	3.8	
05	92	9243	81	23	33	40	51	70	25.0	6.1	6.4	6.5	6.8	7.4	
06	53	10554	81	76	99	111	127	148	23.1	5.9	8.7	10.6	13.4	17.8	
07	69	11732	81	86	99	104	110	118	28.9	13.3	20.2	23.5	27.4	32.8	
08	103	12273	81	108	140	157	178	207	21.8	4.6	7.7	9.8	12.9	17.4	
09	170	12981	81	131	188	226	279	361	36.0	1.7	2.2	2.4	2.8	3.4	
544															
LLUVIA 2 HORAS, 70%															
02	79	2475	80	12	17	20	25	33	15.0	1.1	1.5	1.6	1.9	2.3	
03	44	3401	75	3	5	5	7	9	10.0	0.5	0.6	0.6	0.7	0.9	
04	118	2878	81	16	22	27	33	43	18.2	0.7	0.9	1.0	1.1	1.3	
05	92	9243	81	9	13	15	19	24	25.0	5.7	5.8	5.9	6.0	6.1	
06	53	10554	81	30	44	52	63	79	23.1	1.8	2.5	3.2	4.4	6.2	
07	69	11732	81	40	57	67	78	88	28.9	2.0	2.7	4.4	8.9	14.2	
08	103	12273	81	47	66	79	95	110	21.8	1.4	1.8	2.2	2.9	5.0	
09	170	12981	81	48	69	84	104	137	36.0	1.0	1.2	1.3	1.5	1.8	
544															

FALTA DE CAPACIDAD DE EMBAULADO

RIESGO DE INUNDACION POR REPRESAMIENTO AGUAS ARRIBA EMBAULLADO

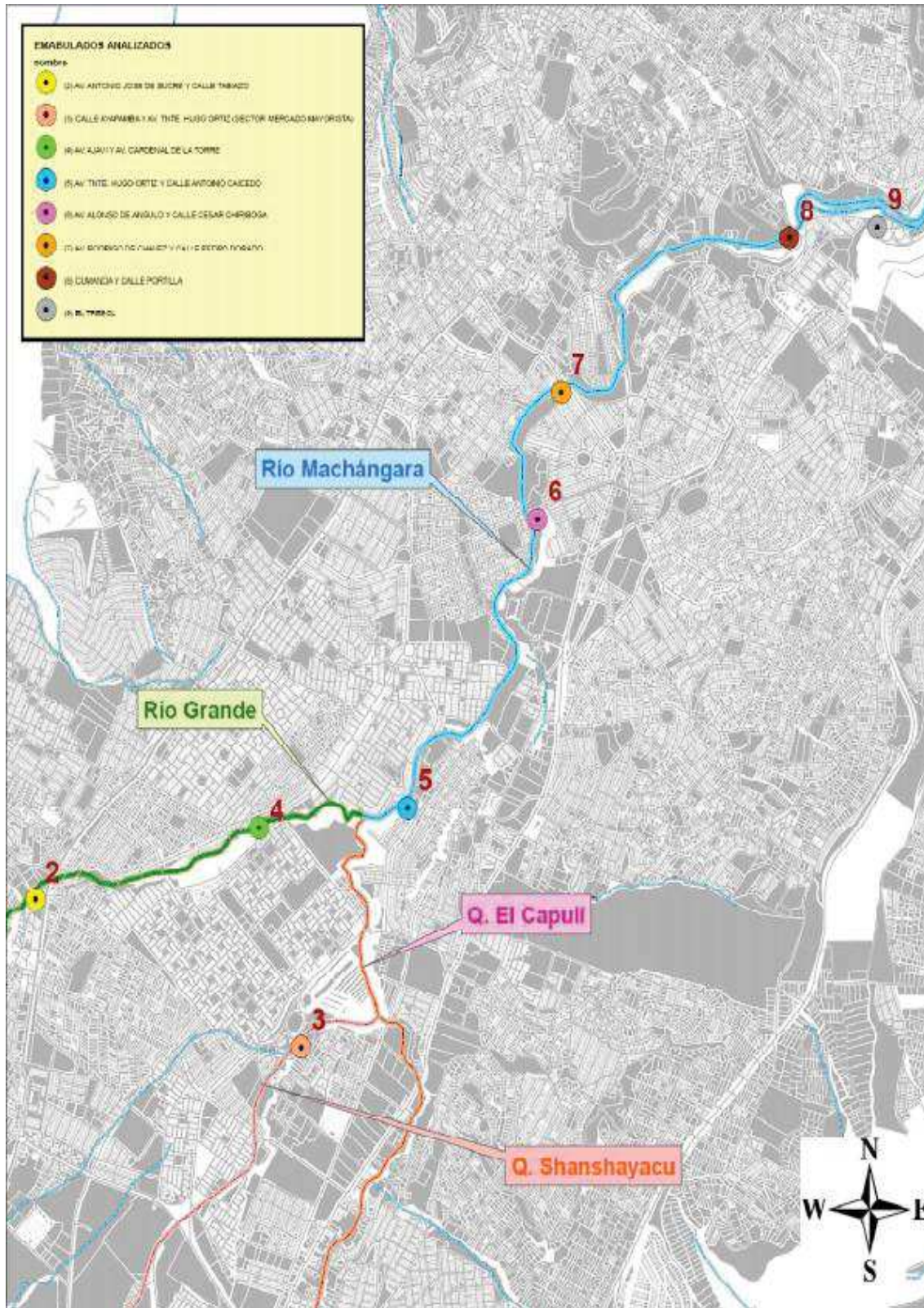


TR_n = Tiempo de recurrencia para "n" años.

Tomado de:

http://www.aguaquito.gob.ec/sites/default/files/documentos/plan_maestro_alcantarillado.pdf

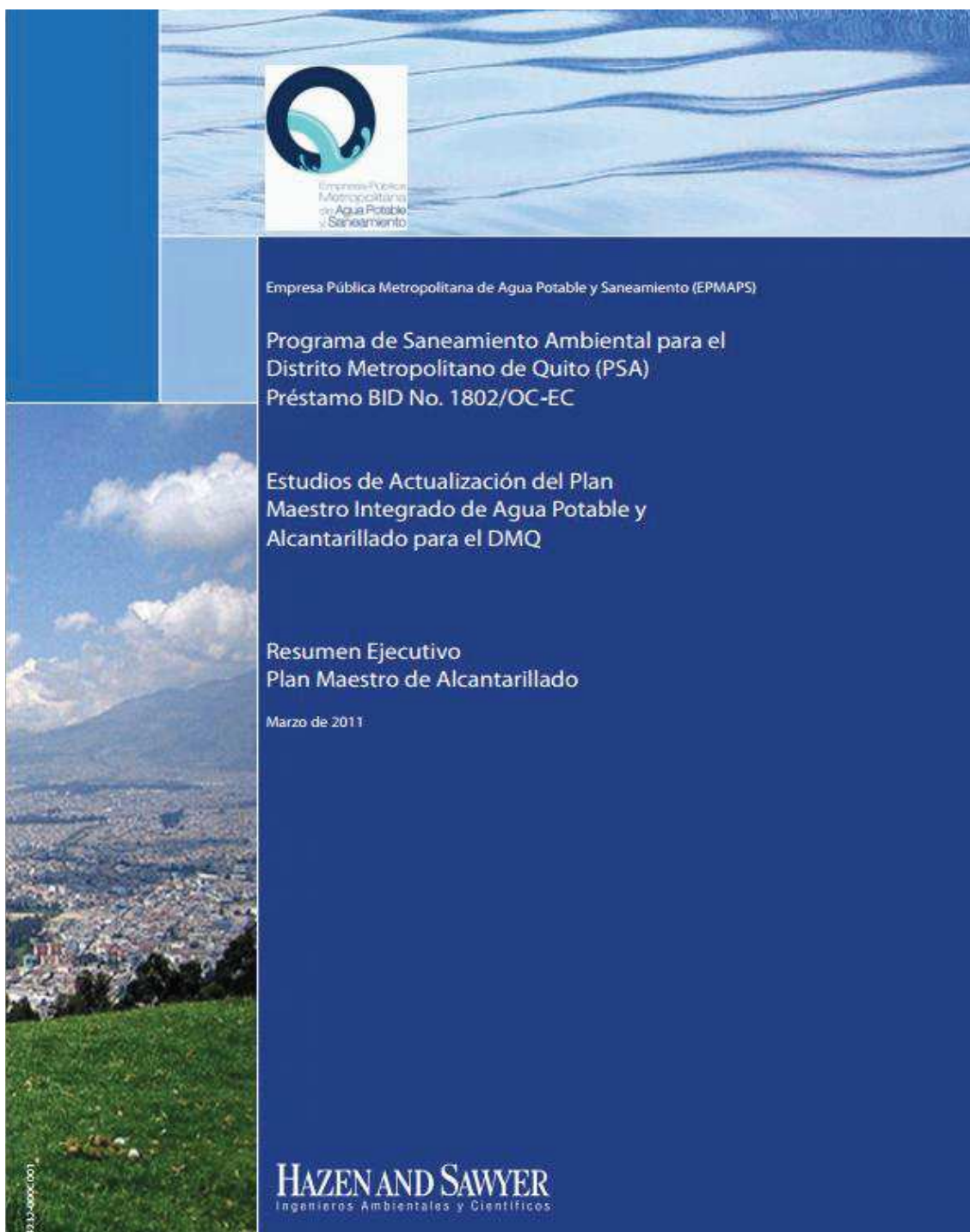
Anexo 7: Ubicación de los Embaulamientos en el Sur de Quito



Tomado de:

http://www.aguaquito.gob.ec/sites/default/files/documentos/plan_maestro_alcantarillado.pdf

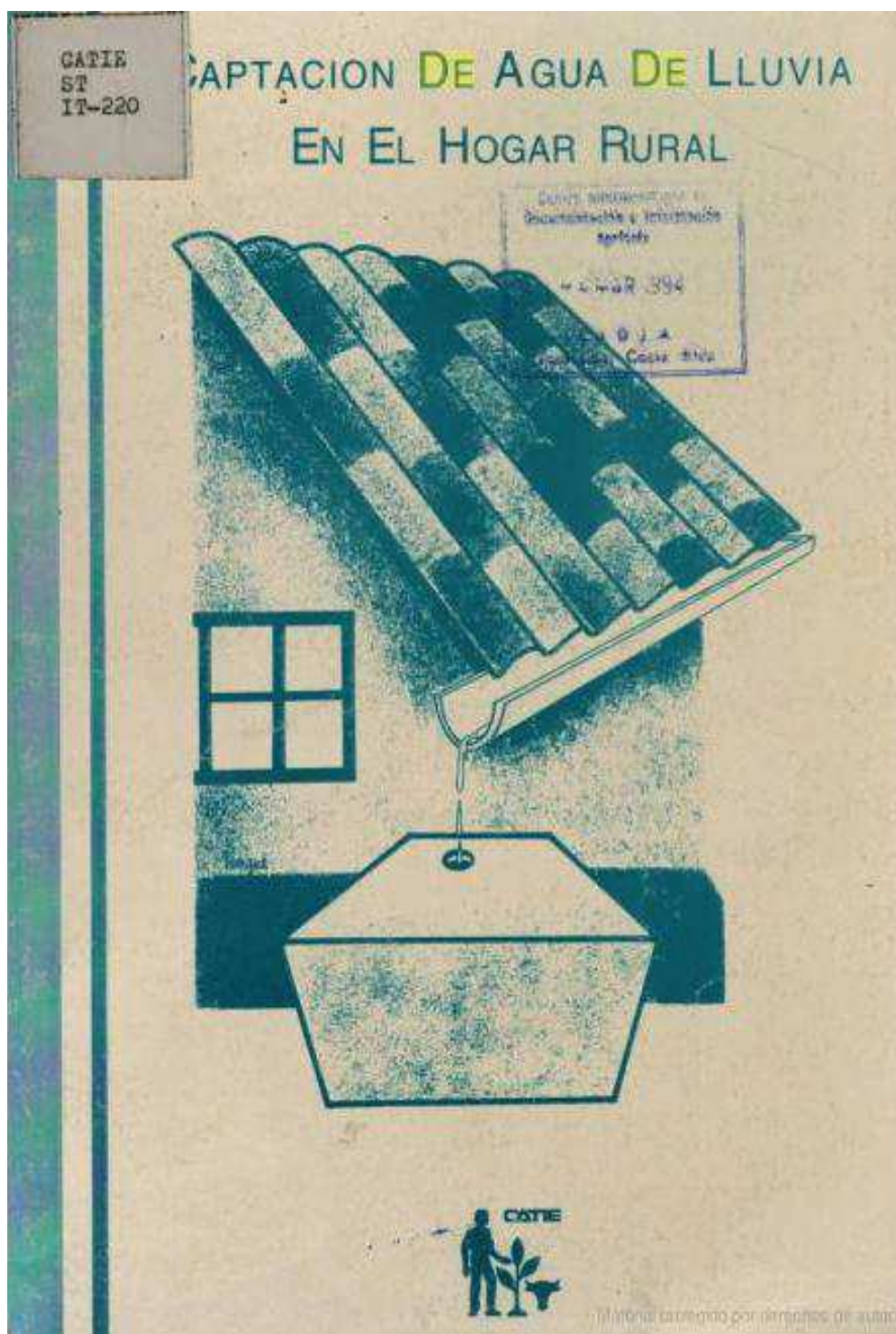
Anexo 8: Estudios de Actualización del Plan Maestro Integrado de Agua Potable y Alcantarillado para el DMQ



Tomado de:

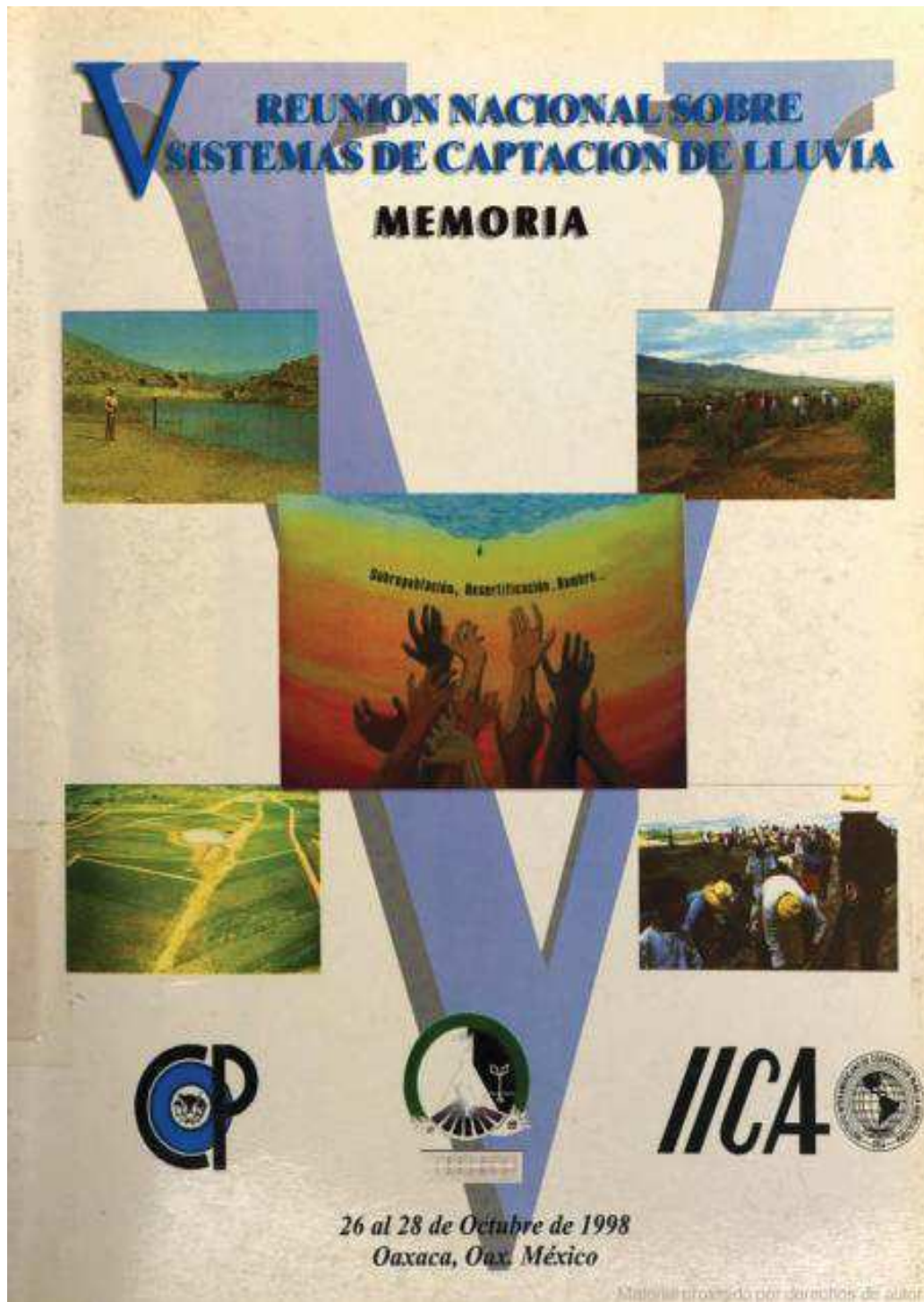
http://www.aguaquito.gob.ec/sites/default/files/documentos/plan_maestro_alcantarillado.pdf

Anexo 9: Captación de agua de lluvia en el hogar rural



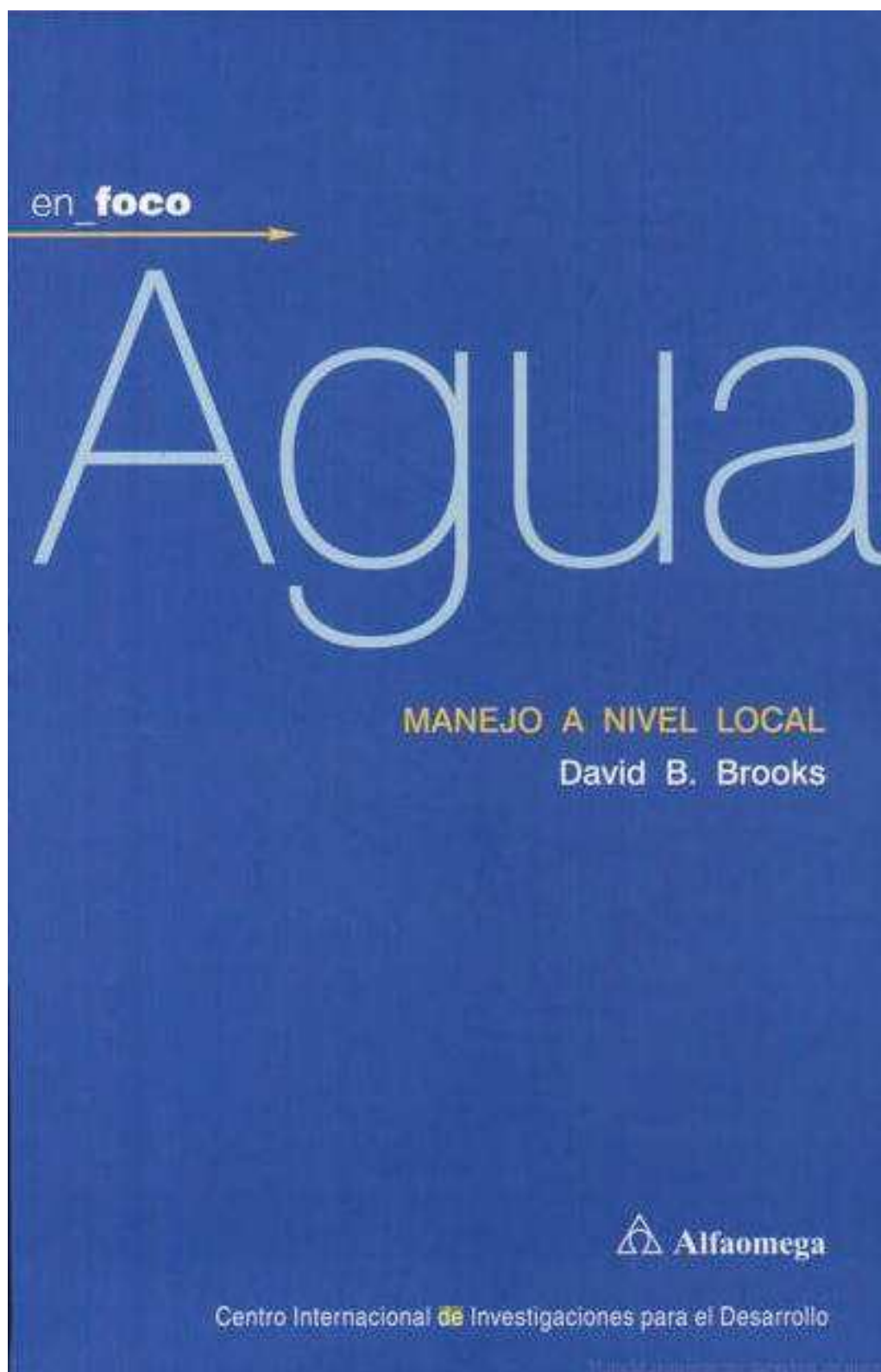
Tomado de: Radulovich Ricardo (1994), "Captación de agua de lluvia en el hogar rural",
Editorial CATIE, Informe Técnico N°220

Anexo 10: V Reunión nacional sobre sistemas de captación de lluvia: memoria



Tomado de: V Reunión nacional sobre sistemas de captación de lluvia (1998), "V Reunión nacional sobre sistemas de captación de lluvia: memoria", Editorial IICA Biblioteca Venezuela, primera edición

Anexo 11: AGUA: Manejo a nivel local



Tomado de: Brooks David (2004), "AGUA: Manejo a nivel local", Editorial Alfaomega, primera edición

Anexo 12: Reunión Nacional sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia

VI

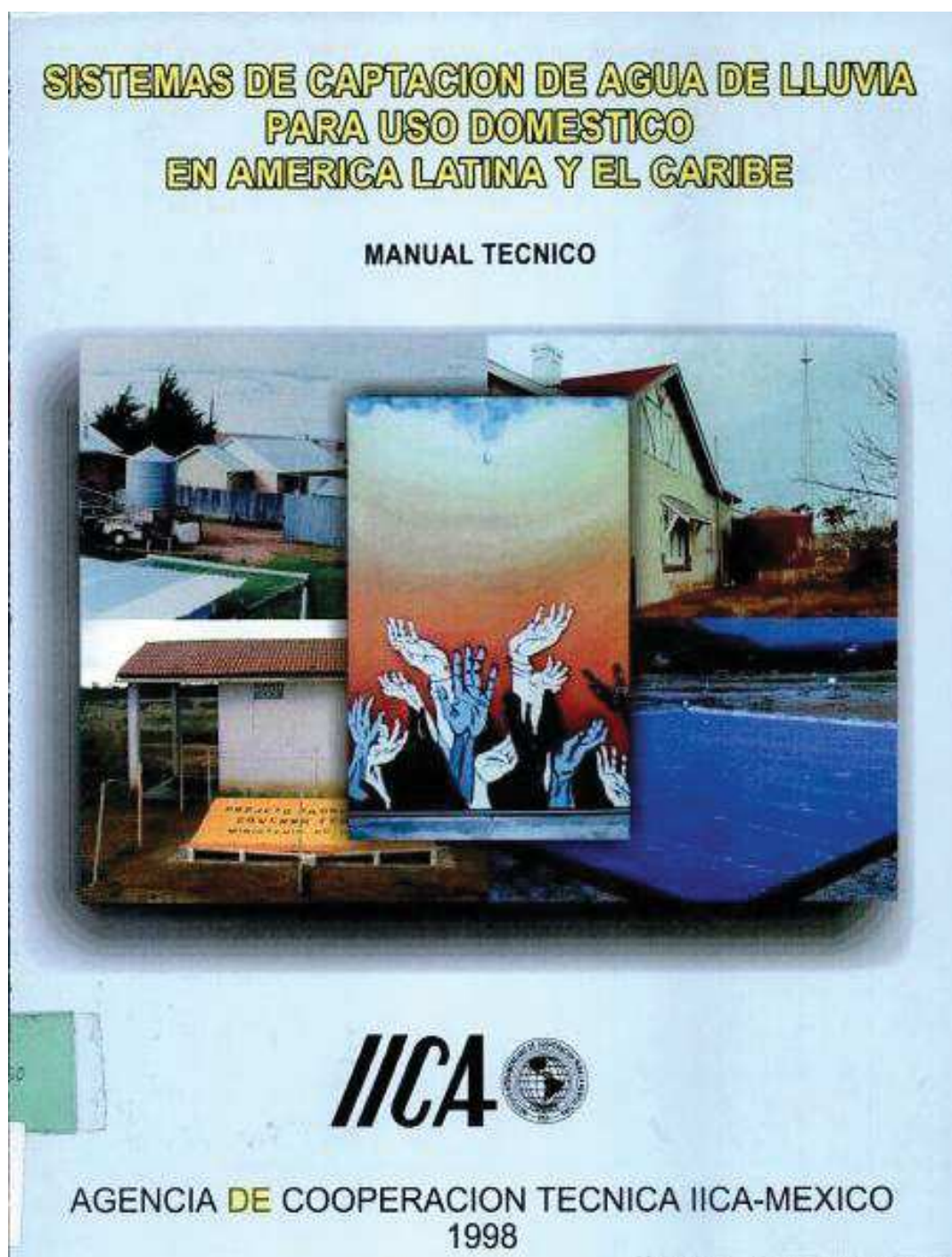
REUNIÓN NACIONAL SOBRE
SISTEMAS DE CAPTACIÓN DE
AGUA DE LLUVIA



25 al 28 de octubre de 1999
Xalapa, Veracruz, México

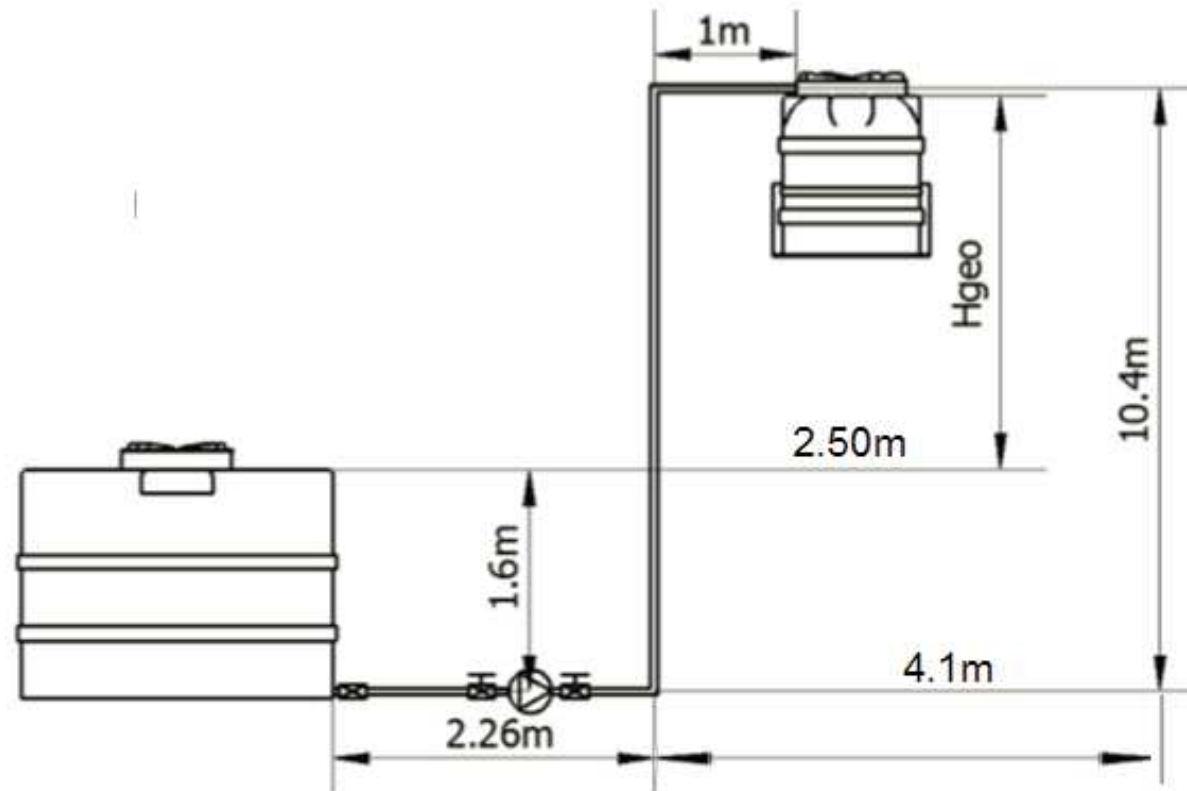
Tomado de: Comité del Instituto de Recursos Naturales de Montecillo (1999), "Reunión Nacional sobre Sistemas de Captación de Agua de Lluvia", Instituto de Recursos Naturales de Montecillo, primera edición


Anexo 13: Sistemas de Captación de Agua de Lluvia para Uso Doméstico en
Latina y el Caribe



Tomado de: Agencia de Cooperación Técnica IICA-México (1998), “Sistemas de Captación de Agua de Lluvia para Uso Doméstico en Latina y el Caribe”, Editorial IICA, primera revisión

Anexo 14: Plano del diseño de recolección y tratamiento básico de agua lluvia para una casa unifamiliar



 <p>UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS CENTRO INTERNACIONAL DE UNIVERSIDADES</p>	Estructura	Cantidad: 1	Material: Varios
	Wilhelm Iván Vizúete Salazar		
	Acotación: mm	Escala: 1:100	Fecha: 12/01/15
	Observaciones: Diseño de estructura de sistema de recolección y tratamiento básico de agua lluvia para una casa unifamiliar		